

Vsebinski in tehnološki vidik delovanja Inštituta za šport na Fakulteti za šport





Anton Ušaj

Raziskovalno in strokovno delo v laboratoriju za biodinamiko

Izvleček

V laboratoriju za biodinamiko raziskujemo vzdržljivost z najrazličnejših vidikov, hkrati pa poskušamo z modeli (integrativno) združevati posamezne manjše dele te sposobnosti v večje dele. Tako smo definirali nekatere hitrostne in energijske modele, ki opazovano sposobnost kažejo različno. Pri tem lahko ocenimo aktivnost aerobnih in anaerobnih energijskih procesov z merjenjem porabe kisika. Pri zelo povečani porabi kisika prihaja do znižane saturacije kisika v mišicah. Opazujemo jo z bližnje infrardečim spektroskopom. S simulacijo okoliščin na povišani nadmorski legi opazujemo prilagoditev organizma alpinistov na odpravah v visoka gorstva ali pri drugih športnikih ob višinskih pripravah. Posebej ugotavljamo vzdržljivost med plezanjem. Za pojasnitev super-dolgotrajne vzdržljivosti opazujemo presnovo ogljikovih hidratov s pomočjo metod uporabe stabilnih izotopov ogljika (^{13}C). Ta nam omogoča tudi opazovanje presnove maščob, predvsem pa lahko ločeno opazujemo oksidacijo endogenih in eksogenih ogljikovih hidratov. Vzdržljivost pri višjih, toda kratkotrajnejših naporih opazujemo s pomočjo analize elektrolitov: LA^- , H^+ , K^+ , Na^+ , Cl^- , in Ca^{2+} . Opazovanje že naštetih elektrolitov kot tudi delnih tlakov O_2 in CO_2 nam omogoča oceno sprememb, ki opredelijo učinkovitost dihalnega sistema med naporom, hkrati pa tudi porušenje elektrolitskega in acidobaznega ravnovesja. Uporaba pridobljenega vedenja nam omogoča pomoč trenerjem v vadbenem procesu, s pomočjo testiranja in analize opravljene vadbe.

Glavne besede: vzdržljivost, aerobni procesi, hipoksija, acidoza, elektroliti, analize vadbe.

Research and expert work in the laboratory of biodynamics

Abstract

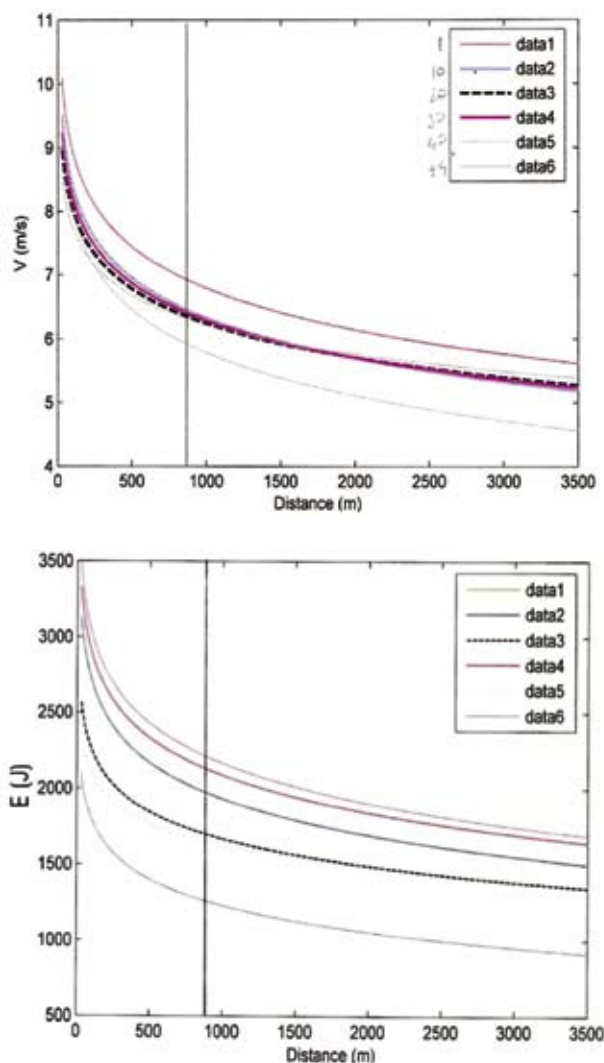
In the Laboratory of Biodynamics, we have investigated endurance from different aspects, while also combining individual aspects of this ability into larger structures, using various integration models. Thus we have succeeded in defining specific speed and energy models that demonstrate this ability in different ways. This enables us to assess the activity of aerobic and anaerobic energy processes by measuring oxygen consumption. When oxygen consumption increases considerably, oxygen saturation in the muscles decreases. This is observed with a near-infrared spectroscope. In simulated high-altitude conditions, how the alpinist's body adjusts to such conditions during a high mountain expedition is observed, as well as how other athletes adjust to them during altitude training. Particular emphasis is put on endurance during climbing. To explain extremely long endurance, the metabolism of carbohydrates was observed by applying the method using stable carbon isotopes (^{13}C). This enables investigation of the metabolism of fats as well as observation of the oxidation of endogenous and exogenous carbohydrates. Endurance during a higher but short strain is explored using the analysis of electrolytes: LA^- , H^+ , K^+ , Na^+ , Cl^- and Ca^{2+} . The observation of these electrolytes along with partial pressure of O_2 and CO_2 enable the assessment of the changes that define the efficiency of the respiratory system during exercise and, simultaneously, the electrolytic and acid-base imbalance. This knowledge can be used to help coaches in the training process by carrying out tests and analysing the completed training.

Key words: endurance, aerobic processes, hypoxia, acidosis, electrolytes, analysis of training.

■ Temeljno raziskovanje vzdržljivosti

Najpogostejše izhodišče za opazovanje vzdržljivosti je obremenitev, ki jo nekdo premaga med naporom. Običajno jo definiramo s hitrostjo, s katero se preiskovanec giblje, in trajanjem te obremenitve. Opazujemo, kakšne spremembe se dogajajo, če je obremenitev podana in jo narekujemo s pomočjo ergometra ali pa če jo skuša preiskovanec sam premagovati in se v odvisnosti od njegovega počutja (utrujenost) spremi-

nja. Ta druga oblika je pravzaprav dogajanje pri vsakodnevni vzdržljivostni vadbi. Pri tem je obremenitev na ciklergometru definirana kot časovni potek moči in opravljeno delo, pri teku pa se v ta namen običajno uporablja hitrost. Ta za raziskovanje vzdržljivosti ne zadošča več, saj tudi tu poizkušamo izračunati moč in opravljeno delo. Obremenitev pri teku je namreč odvisna tudi od telesne mase preiskovanca in njegove specifične porabe energije med tekom. Razlike so pri teku tako velike, da



Grafikon 1. Primerjava hitrostnih in energijskih modelov med šestimi tekači na 800 m, ki so dosegali rezultate v tekih na 800 m od 2:12 do 1:49 min. Levo (hitrostni model) je opaziti veliko manjše razlike med tekači, kakor desno (energijski model).



Slika 1. ABL 5 (plinski analizator) in EML 105 (elektrolitski analizator) uporabljamo že vrsto let pri preiskavah med naporom.

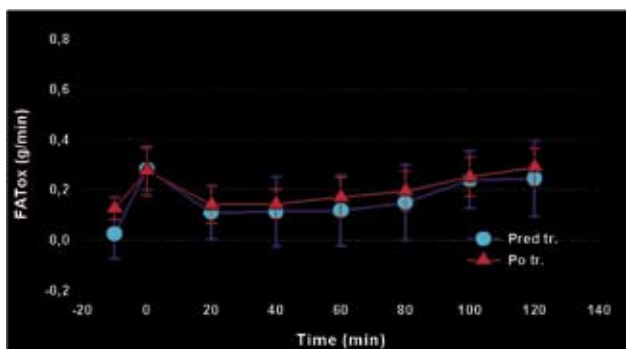
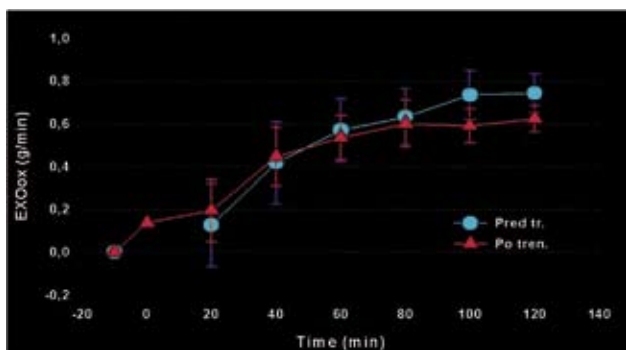
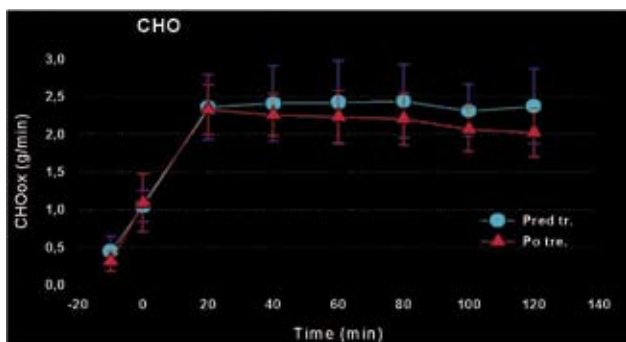
je nanje potrebno računati (grafikon 1; Ušaj, neobjavljeno). Na takšnem temelju poizkušamo danes razumeti vzdržljivost nekoliko drugače.

Kateri so tisti razlogi (omejitveni dejavniki; Ušaj, 1996), ki se pojavijo, ko nekatere spremembe med naporom dosežejo svoje kritične vrednosti, je najpogostejše zastavljeno vprašanje v zvezi z raziskovalnim delom. Raziskave smo namenili proučevanju uravnavanja acido-baznega in elektrolitskega ravnovesja ter proučevanju sprememb vsebnosti laktata v krvi med naporom. To je še danes temelj našega proučevanja. V ta namen uporabljamo plinski analizator ABL 5 (Radiometer, Danska) in elektrolitski analizator EML 105 (Radiometer, Danska) (slika 1).

Odkrili smo, da je vsebnost protonov v krvi ($[H^+]$) boljše pojasnjevala zmogljivost pri teku od vsebnosti laktata (Ušaj in Starc; 1996). Pri proučevanju najvišjega stacionarnega stanja za laktat ($maxLAss$) smo sočasno opazovali tudi protone in dihanje, saj smo predvidevali, da je uravnavanje protonov (zakislenosti v krvi) z dihanjem morebiti pomembno pri tistih vrstah vzdržljivosti, kjer je prisotna nevarnost pojava acidoze (Ušaj in Kandare, 2003). Do sedaj smo odkrili, da obstaja poleg $maxLAss$ tudi najvišje stacionarno stanje za $[H^+]$ ($maxHss$) (Ušaj in Kandare, 2005). Definirali smo območje stacionarnega stanja (OSS). V tej fazi je bilo raziskovanje podprto tudi s strani Ministrstva za šolstvo, znanost in šport (Programska skupina: *Biologija telesne aktivnosti*, 1999–2003 in raziskovalni projekt: *Značilnosti območja stacionarnega stanja pri dolgotrajnem naporu*, 1997–1999). Značilnosti tega območja pri neprekinjenem naporu proučujemo tudi sedaj, saj ga v pomembni meri določa odzivnost ventilacije. Zakaj, predvsem pa kako je povečanje ventilacije povezano s spremembami vsebnosti kalija v krvi (K^+) (Ušaj, 2001), ni še nikomur uspelo ugotoviti. Ali tisti, ki vadijo bolj intenzivno (na primer z intervalno metodo) lahko bolj dinamično povečajo svojo ventilacijo in imajo zato večje območje OSS v primerjavi s tistimi, ki vadijo z neprekinjeno metodo? To je eno ključnih vprašanj, ki ga sedaj proučujemo s pomočjo sofinanciranja Fundacije za šport (projekt: *Diferenciacija učinkov vzdržljivostne vadbe*, 2011). Posebej pomembno vlogo pri uravnavanju acido-baznega statusa ima po naših predvidevanjih ventilacija pri intervalnih naporih. Iščemo dokaze o tem, da bi ta metoda v večji meri povzročala opisan učinek v primerjavi z neprekinjeno metodo. Zato morebitne razlike med neprekinjenim in intervalnim naporom opazujemo skozi učinke vadbe. V letošnjem letu smo tako v okviru dolgoletnega raziskovanja morebitnih diferenciranih učinkov med neprekinjeno metodo in intervalno metodo vadbe opravili obsežen poskus, ki je obsegal večplastno opazovanje. Ozadje tega raziskovanja je odkrivanje načinov, kako se vzdržljivost lahko poveča preko različnih mehanizmov z uporabo različnih vadbenih metod.

Učinku vzdržljivostne vadbe na presnovo ogljikovih hidratov in maščob dajemo poseben poudarek že vrsto let (Friedlander idr., 1999). Metode smo se naučili v ZDA (University of California, Berkeley) v letih 1992 in 1994 ter jo prilagodili za delo z napitki s pomočjo sodelovanja z Odsekom za kemijo okolja (Inštitut Jožef Stefan), saj sami ne premoremo zelo dragih masnih spektrometrov. S tem lahko opazujemo oksidacije skupnih ogljikovih hidratov, posebej eksogenih ogljikovih hidratov in oksidacijo maščob. V preteklih 15. letih smo opravili kar nekaj poskusov, ki kažejo pomembnost tako intenzivnosti kot tudi trajanja obremenitve. Del raziskav je sofinanciralo Ministrstvo

za šolstvo, znanost in šport, in sicer skozi projekt *Učinek metode z neprekinjenim naporom na vzdržljivost* (1999–2001). Vsebnosti ogljikovih hidratov v napitku posvečamo posebno pozornost (Ušaj, 2009). Učinki vadbe z neprekinjeno metodo pri najvišji možni intenzivnosti, ki jo vadeči lahko premagujejo v trajanju 1–2 uri, 3–5 krat tedensko, pokažejo po enemu do dveh mesecih vadbe znižanje deleža oksidacije ogljikovih hidratov in ohranjanje deleža oksidacije maščob. Toda pretežni delež oksidacije ogljikovih hidratov se zniža na račun oksidacije eksogenih ogljikovih hidratov iz napitka in ne iz glikogena v mišicah (Ušaj idr., 2009), kar pa je novost, ki jo potrjujejo tudi nekateri drugi. Pri tem pa ostaja delež energije iz oksidacije ogljikovih hidratov večji od deleža oksidacije maščob, kar ni nikoli omejeno v preprostem razumevanju učinkov vzdržljivostne vadbe.

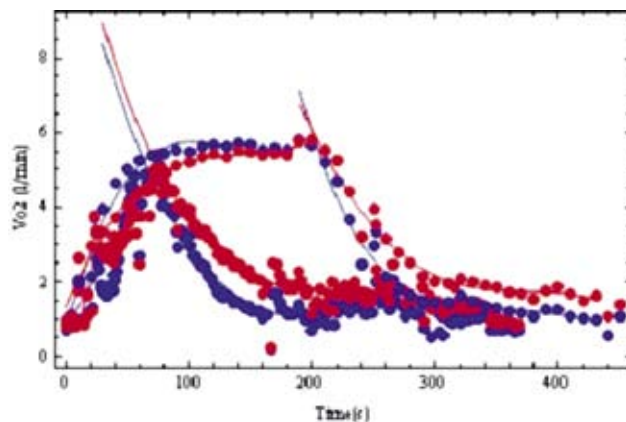


Grafikon 2. Časovni potek oksidacije ogljikovih hidratov (skupnih in eksogenih) in maščob med enournim tekom pred (modre črte) in po dvomesečni vadbi (rdeče črte) z uporabo neprekinjene metode. Rezultati kažejo znižanje oksidacije skupnih ogljikovih hidratov (prva slika), in sicer na račun zmanjšane oksidacije eksogenih ogljikovih hidratov (iz napitka) (srednja slika), medtem ko je oksidacija maščob ostala nespremenjena (spodnja slika) (Ušaj idr., 2009).



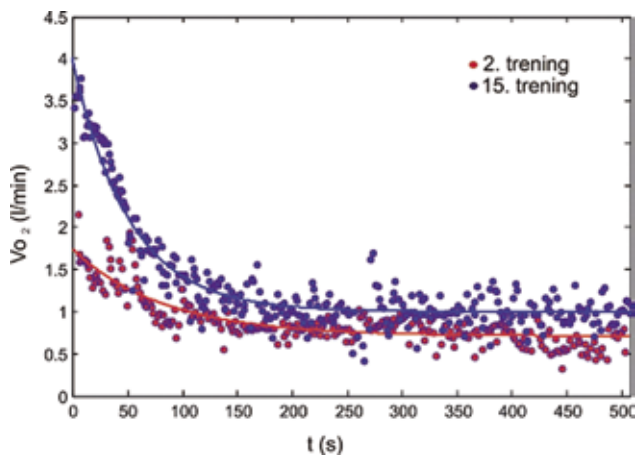
Slika 2. Pitje OH napitka, označenega s ^{13}C (stabilni izotop ogljika) in jemanje vzorca izdihanega zraka za merjenje obogatitve s tem izotopom.

Posebno pozornost namenjamo **prenosu in porabi kisika** med vzdržljivostnim naporom. V ta namen poleg same porabe kisika (VO_2) opazujemo tudi tvorbo CO_2 (VCO_2) in ventilacijo (V_E). Poleg dobro znanih kazalcev, kot je največja poraba kisika, opazujemo tudi, kako se vrednosti omenjenih kazalcev spreminjajo pri različnih naporih (grafikon 3). V ta namen običajno nenadno povečamo ali zmanjšamo intenzivnost obremenitve in opazujemo, kako se kazalci odzivajo (grafikon 3). Tako nam



Grafikon 3. Računanje prostornine porabljenega kisika med največjim 3 min naporom na kajakaškem ergometru tik pred Olimpijskimi igrami v Pekingu, 2008. Opaziti je spreminjanje porabe kisika med tem naporom, ki je bilo pogojeno s spreminjanjem obremenitve. Vrednosti ($15,483 \text{ l}$) porabljenega kisika in največja do sedaj zmerjena vrednosti $\text{VO}_2 = 66 \text{ ml/kg}\cdot\text{min}^{-1}$ pa sta kazali na zelo visok nivo zmogljivosti aerobnih procesov pri kajakašu.

opazovanje **kinetike porabe kisika** pri vsakodnevni vadbi omogoča odkriti zgodnje učinke vadbe z vidika kinetike porabe kisika in proučevanje kisikovega deficita. V ta namen uporabljamo računanje prostornine dejansko porabljenega kisika med naporom (grafikon 3). Ugotavljamo pomembne razlike med preiskovanci, predvsem v ocenjevanja tovrstnega prilagajanja z definiranjem bolj in manj odzivnih preiskovancev na vzdržljivostno vadbo. Ravno tako proučujemo časovni potek porabe kisika v odmoru, tudi z računanjem alaktatnega in laktatnega kisikovega dolga (grafikon 4).



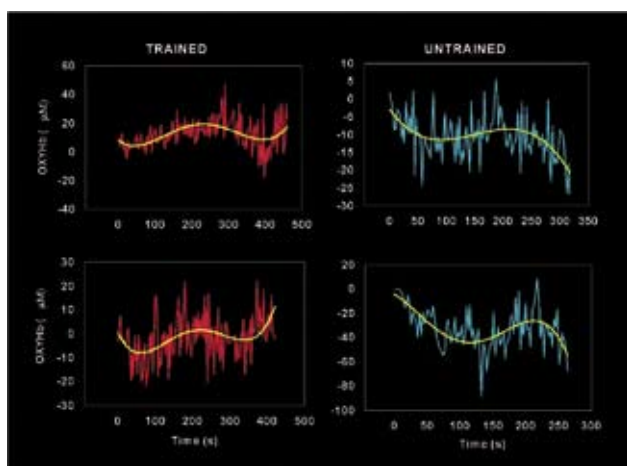
Grafikon 4. Kisikov dolg po 2. in 15. vadbeni enoti pri preiskovancu, ki je ponavljal obremenitev 3.5 W/kg do utrujenosti. Vadbeni poskus je potekal vsakodnevno 16 vadbenih enot. Opaziti je izrazito povečanje kisikovega dolga, ki je sovpadalo s povečanjem trajanja napora do utrujenosti. Alaktatni kisikov dolg se je spremenil z 1.172 l do 2.569 l, laktatni dolg v 5. minutah pa z 3.635 l na 5.457 l.

Predvsem prenos kisika preko pljuč in odziv samega dihanja med naporom sta povezana z nasičenjem arterijske krvi s kisikom (SaO_2). To, pa še poraba v mišicah, določa celoten oksi-

genacijski status v krvi, ki teče skozi mišice, in zato tudi status kisika v samih mišicah. Podobno velja tudi za druge organe. Tako se med naporom izraženo zmanjša oksigenacija mišic, ki pomembno učinkuje na zmogljivost aerobnih energijskih procesov med naporom. Omenjene pojave smo opazovali med kolesarjenjem na ciklergometrih in opazili dejanske razlike med različno vzdržljivimi preiskovanci. Posebej smo opazili razlike v oksigenaciji mišic podlahti med izometričnim in dinamičnim krčenjem, če smo primerjali alpiniste, ki veliko uporabljajo te mišice, in netrenirane (grafikon 5) (Ušaj idr., 2007).

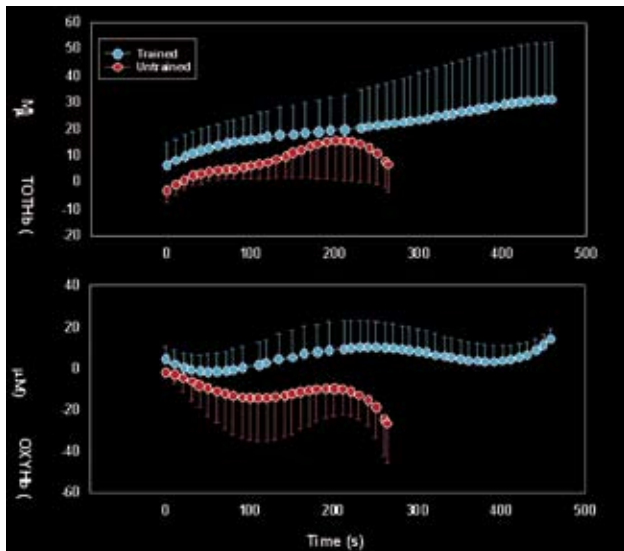


Slika 3. Test visenja na lednih cepinih. Opaziti je mogoče alpinistov oprijem obeh lednih cepinov in oba senzorja NIRS na obeh podlahteh. Samo napravo (NIRO 200, Hamamatsu, Japonska) prikazuje slika desno.



Grafikon 5. Saturacija mišičnega tkiva s kisikom med izometričnim krčenjem pri alpinistu in pri netreniranem posamezniku. Opaziti je mogoče višje relativne vrednosti vsebnosti oksigeniranega hemoglobina (OXYHb) pri treniranem (trained) v primerjavi z manjšimi (bolj negativnimi) vrednostmi pri netreniranem (untrained). Ob zaključku izometričnega krčenja mišice pri netreniranem vrednosti naraščajo, pri netreniranem pa se zmanjšujejo (povečanje v negativni smeri).

Učinek vzdržljivostne vadbe, ki je uporabljala stiskanje gumi-jevih obročev skozi obdobje enega meseca, pokaže manj izraženo znižanje oksigenacije, torej večjo oksigenacijo med izometričnim krčenjem (grafikon 6, Ušaj, 2006). Kljub temu da ta pojav sovпада s podaljšanjem trajanja krčenja mišic podlahti, pa še nismo prepričani, v kolikšni meri je njuna medsebojna povezanost vzročno-posledična.



Grafikon 6. Enomesečna vadba krčenja gumijastih obročkov v zapestju je povzročila povečano prostornino krvi v mišicah podlahti (TOTHb). Ker je tudi vsebnost oksigeniranega hemoglobina in mioglobina v mišici (OXYHb) večja po obdobju vadbe (modre pike in črte), lahko sklepamo, da je boljša oksigenacija verjetno eden tistih dejavnikov, ki lahko prispevajo k podaljšanju tega krčenja, saj je s tem verjetno povečana tudi aerobna presnova.



Slika 4. Test v normoksičnih okoljih laboratorija in hipoksičnih pogojih (simulacija 3500 m nadmorske višine) v »višinski sobi«. Tako dihalni kazalci kot tudi oksigenacija mišice so merjeni neprekinjeno skozi večstopenjski obremenilni test v obeh okoljih.

Poseben izziv za aerobne procese je premagovanje napora v **hipoksičnih okoliščinah**. Alpinistične odprave v visoke gore so zelo primeren dogodek za odgovore na tovrstna vprašanja. Pred nekaj leti smo začeli sistematično proučevati posledice bivanja na višini in učinke vzdržljivostne vadbe, ki jo predstavljata pristop in plezanje v visokih gorah. Ugotovili smo, da je učinek bolj opazen med preiskavami v hipoksičnih okoliščinah (slika 4, Ušaj in Burnik, 2009). Ti so zaznavni še mesec po prihodu z odprav. Razlog je v izraženi aklimatizaciji, saj so alpinisti pred odpravami največkrat neaklimatizirani. Po drugi strani pa se alpinisti pripravljajo na odpravo s primerno vzdržljivostno vadbo. Ta sicer ne poveča aerobne zmogljivosti njihovega organizma, saj so še vedno po tem kazalcu v območju netreniranih. Toda s primerno vadbo povečajo vzdržljivost v moči, ki jo potrebujejo pri plezanju na višini, ki sicer predstavlja nizko intenzivno obremenitev z vidika opravljenega dela. Le redko je mogoče zaznati izboljšanje vzdržljivosti pri alpinistih v pogojih normoksičnega okolja (Ušaj, 2010). To se zgodi le pri slabše treniranih. Izboljša pa se vzdržljivost v hipoksičnih pogojih (Ušaj, 2010). To je tudi razlog, ki omogoča manj treniranim pohodnikom na zmernih višinah (4000–5000 m) dokaj učinkovito premagovanje napora, če se aklimatizirajo.

Višinska vadba na področju vzdržljivosti je atraktivna uporaba aklimatizacije organizma na hipoksijo, ki ne izgine popolnoma ob prenehanju te vadbe. Njen učinek se postopno zmanjšuje. V tem času pa se zmogljivost športnika lahko poveča zaradi še prisotnega aklimatizacijskega učinka na različne organe in ne le na spremembe v krvi in zaradi prenehanja hipoksije. To naj bi povečalo vzdržljivost. Preverjanje navedene hipoteze je cilj številnih raziskav v zadnjih 20-ih letih. Sami smo se srečali s tem problemom v okviru vadbe reprezentance v smučarskem teku (slika 6), in sicer v pripravljalnem obdobju. Ta del raziskav sofinancira Fundacija za šport (Višinski trening – Rogla), del pa podjetje Unitur iz Zreč. Ugotovili smo, da za učinke višinske vadbe ni pomembno le bivanje v hipoksičnih okoliščinah, ki naj bi učinkovale predvsem na hematološke kazalce, temveč predvsem vadba sama, ki pa ni nujno izvedena v hipoksičnih okoliščinah. Naši rezultati kažejo, da je pri smučarskih tekačih najpomembnejši odziv v povečani ventilaciji, ki povzroči manj izraženo acidozo med submaksimalno obremenitvijo (grafikon 6), ne da bi prišlo do kakršnih koli sprememb v krvi ali oksi-

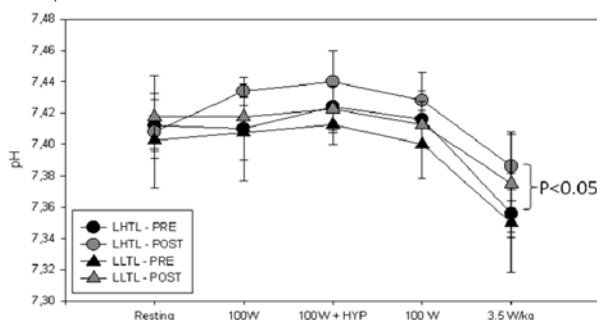


Slika 5. Preizkus odzivnosti preiskovanca na hipoksične okoliščine. Preiskovanka na sliki vdihava »višinski zrak« s 15 % deležem kisika. Na glavi je pritrjen senzor za merjenje oksigenacije v levem frontalnem režnju možganov (NIRO 200, Hamamatsu, Japonska), senzor pulzne oksimetrije pa je pritrjen na ušesni mečici (Biopac, ZDA).

genaciji mišic. Tako nikakor ne moremo potrditi običajnega razmišljanja trenerjev, ki v učinke tovrstnih metod sploh ne dvomijo.



Slika 6. Preizkus vzdržljivosti v okolščinah simulirane tekme na 6 km progi. Tekalci tečejo na rokah v klanec. Pri tem ves čas potekajo meritve dihanja in presnove (K4b, Cosmed, Italija). Pred in po takšnem teku se odvzamejo vzorci za analizo acido-baznega in elektrolitskega statusa krvi in vsebnosti laktata. Hitrost teka se meri z GPS napravami (Polar, Finska).



Grafikon 6. Učinek višinske vadbe LHTL (živi visoko, treniraj nizko) pri visoko treniranih smučarskih tekačih je bilo mogoče zaznati le na povečanem odzivu dihanja, ki je povečalo vrednosti pH krvi (manjša acidoza) med največjim naporom v trajanju okrog 30 min. Sprememba je tako velika, da je z njo mogoče vsaj deloma pojasniti povečano zmogljivost smučarjev tekačev, ki so vadili s to metodo.

Dolgo časa je veljalo, da je tudi v **plavanju** zaradi **omejenega dihanja** (kravlj tehnika) potrebno vaditi v hipoksičnih okolščinah oziroma da je že trening tovrstnega plavanja »hipoksična« vadb. Pokazalo se je, da je pravzaprav pri plavanju večji problem hiperkapnije (Štrumbelj, 2005; Kapus, 2004). V raziskovanju tega problema je prvič potrjena omejena ventilacija kot omejitveni dejavnik (Štrumbelj, 2005), ki povzroči hiperkapnijo in deloma tudi hipoksijo, zaradi katerih plavalci med tekmo povečajo frekvenco dihanja in spremenijo tehniko, kar pomeni poslabšanje hidrodinamike plavalca. Zato, ker povečevanje frekvence zavesljajev in dihanja ne more učinkovati v nedogled, se pojavi omejitev. Plavalec ne more nadalje povečevati dihanja.

Kot možna rešitev je preizkušena vadba dihalnih mišic (Kapus, 2008). Raziskavo je sofinancirala Fundacija za šport (*Učinki vzdržljivostne vadbe z nižjo frekvenco dihanja*). Ta je spremenila spontan način dihanja (povečal se je dihalni volumen med plavanjem), ki je izboljšal tudi hidrodinamiko plavanja z znižano frekvenco dihanja in zato tudi manjše premikanje v vzdolžni osi

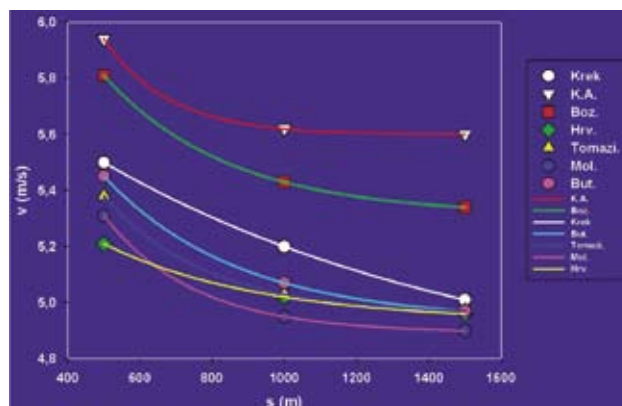
plavalca. Toda to se je zgodilo le v prvi polovici 200 m razdalje plavanja, potem pa so se značilnosti plavanja izenačile s tistimi pred obdobjem vadbe. Torej ni še tistih rezultatov, ki si jih želimo, čeprav so ti že obetajoči.



Slika 7. Meritve pri plavalcih potekajo pred, med in po plavanju. Opažovanje z dihanjem povezanih omejitvenih dejavnikov poteka tako, da plavalci plavajo enkrat običajno in dihaajo, kot jim narekuje tehnika kravlj, drugič pa z dihalno, ki jim omogoča nemoteno dihanje. Razliko v dihanju je mogoče zaznati v delnih tlakih O₂ in CO₂ krvi in v dihalnih kazalcih še nekaj minut po prenehanju dihanja.

■ Uporabne raziskave in razvojno delo

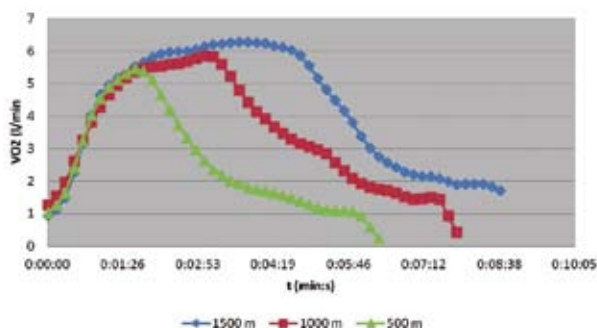
Razvoj novega načina testiranja v vzdržljivostnih športnih panogah: **tek na srednje proge, kajak na mirnih vodah in veslanje** s pomočjo »hitrostnega modela« (Finančna podpora Fundacije za šport, projekt: *Časovni potek učinkov vzdržljivostne vadbe*). V naših analizah smo uporabili način testiranja na treh različnih razdaljah, ki so definirale območje, zanimivo za opažovanje v vsaki od omenjenih športnih panog. Tako smo dobili dovolj ozka območja, ki smo jih opisali z relativno enostavnimi hitrostnimi modeli, in ugotovili njihovo praktično vrednost z enostavnostjo prikaza razlik, bodisi zaradi opazovanja učinkov vadbe bodisi pri primerjavah med posamezniki. Prednost takšne primerjave je, da hkrati zaznamo morebitne razlike na različnih razdaljah in zato tudi različnih sposobnostih (grafikon 7, slika 8). To delo predstavlja magistrska naloga Iztoka Butinarja, ki je v teku. Temu modelu smo določili energijskega pri teku (predstavljen na začetku prispevka, grafikon 1) in energijskega z vidika aktivnosti aerobnih in anaerobnih energijskih procesov.



Grafikon 7. Razlike med veslači v hitrostnem modelu. Veslači se razlikujejo glede položaja, nagiba in oblike interpolacijskih krivulj. Vsaka od naštetih značilnosti lahko pomeni nek drug omejitvenih dejavnik pri veslanju.



Slika 8. Veslač med testom na veslaškem ergometru in kajakašica med testom na kajakaškem ergometru.

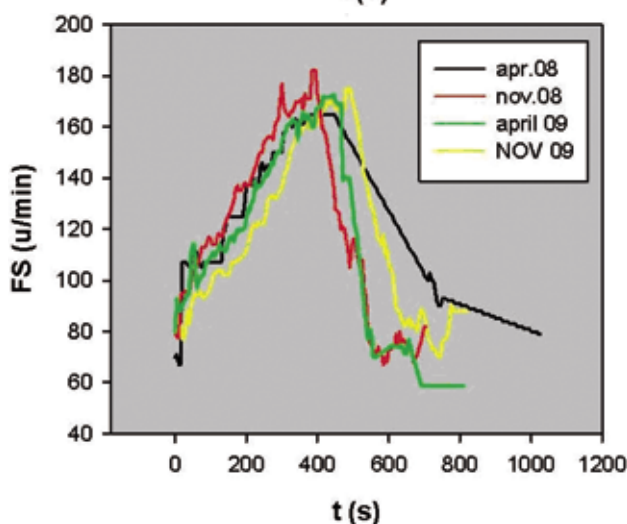
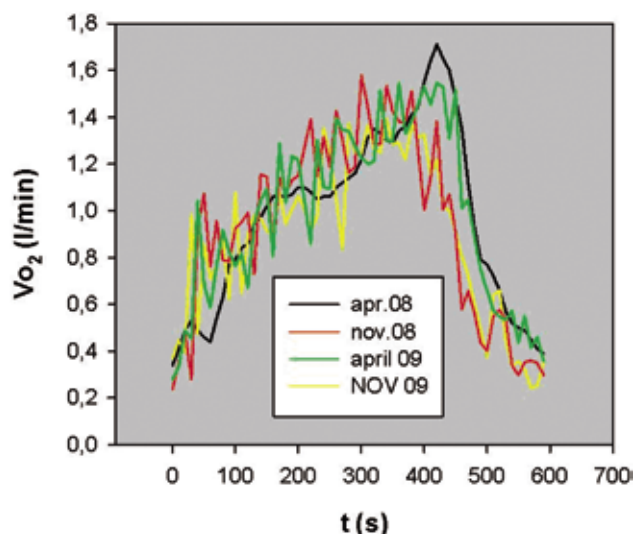


Grafikon 8. Poraba kisika (VO_2) med 500, 1000 in 1500 m simulacijo tekme na veslaškem ergometru. Opaziti je mogoče, da je začetno naraščanje podobno. Le daljše trajanje omogoča aerobnim procesom (VO_2), da na razdalji 1500 m omogoči preiskovancu doseganje VO_{2max} . Torej je s simulacijo teh razdalj mogoče postaviti energijski model za aerobne procese.

Razvoj testiranj v **športnem plezanju**. Eno od vprašanj, ki smo si jih zastavili pri proučevanju alpinistov je, kako vaditi mišice podlahti, da bi postale močnejše in vzdržljivejše. Da bi videli, kako to poteka pri vrhunskih športnih plezalcih, smo jih opazovali skozi tekmovalno sezono s pomočjo v ta namen razvitega testa in ergometra (plezalne stene, pri katerih lahko nagib nadzorovano spreminjamo) (slika 9). Ugotovili smo dva verjetna, med seboj povezana dejavnika (Primož Rant, magistrska naloga, ki poteka). Prvi, pomembnejši, je nizka telesna masa. Drugi, pa manj verjetno pomemben, povečanje moči rok. Predvsem relativno majhna pomembnost drugega nas je presenetila. Toda če upoštevamo vrhunskost tekmovalcev, potem je potrebno ugotoviti, da gre za že kvalitetno trenirane tekmovalce, ki le malo spreminjajo svojo vzdržljivost v moči. Spremembe telesne mase, pa tudi le za kilogram ali dva, pomenijo bistveno spremembo energije, ki jo porabijo roke med plezanjem, saj je njihova mišična masa majhna (grafikon 10).



Slika 9. Nagibna stena s preiskovancem med testom. Naprava omogoča dovolj naporno testiranje športnih plezalcev, saj so ti zaradi majhne telesne mase, deloma pa tudi zaradi relativno velike moči mišic podlahti, sposobni premagovati precej velike nagibe med testom.



Grafikon 10. Učinek vadbe na spremembo porabe kisika in frekvence srca med plezanjem. Ugotovili smo, da je nižja poraba kisika med testom pri enakem naklonu tista, ki sovpada z najboljšimi športnimi dosežki na tekmovalstvu. Hkrati pa plezalec doseže večjo spremembo naklona pri največjem naporu pri večji, včasih pa tudi pri podobni VO_{2max} .

Analiza vadbe v vzdržljivostnih športnih panogah. Uporaba različnih metod za sintezo temeljnih vadbenih podatkov vsake vadbene enote. Analiza predvideva najprej jasno definiranje vadbenega tipa, intenzivnosti in količine vadbe (Ušaj, 2010). Sledi jasna opredelitev beleženja podatkov v vadbenih dnevnikih računalniškega programa EXCEL. Izbran je zato, ker ga lahko uporablja vsak. Tako lahko vsak trener opravi svojo analizo. V laboratoriju za biodinamiko pa mu lahko pomagamo z nadaljnimi analizami: od analize posameznih vadbenih enot do analize ene ali več tekmovalnih sezon (tudi celotne kariere) in s pomočjo izdelave hitrostnih in/ali energijskih modelov (Ušaj A., 2010). Del razvoja tega sistema je sofinancirala Fundacija za šport (projekt: *Vrednotenje športne vadbe v vzdržljivostnih športnih panogah*).

Strokovno delo

Strokovno delo laboratorija obsega predvsem podporo trenerjem v nekaterih vzdržljivostnih športnih panogah. Sodelu-

jemo z: atletsko zvezo (Robi Teršek, Juhart Matej, Puhar Rok), triatlonsko zvezo (Grega Zore), plavalno zvezo (Boro Štrumbelj, Vlado Čermak), smučarsko zvezo – smučarski teki (Janez Vodičar, Marko Gracer, Volodja Korolkevič, Jani Pustovrh), kajakaško zvezo (Andrej Jelenc, Jernej Župančič), športno plezanje pa povezujemo s Tomažem Rantom.

Delo, predvsem njegov obseg, določajo posamezni trenerji. Ti se za sodelovanje odločajo po lastni presoji. Zato je večkrat pomanjkljivo sodelovanje s strokovnega vidika. Sodelovanje temelji pretežno na izvedbi in interpretaciji testiranj športnikov. To je zaradi različnih razlogov nesistematično, razen v občasnih obdobjih.

Poseben vidik strokovnega dela je povezan z alpinističnimi odpravami v visoka gorstva. Tu ne gre za svetovanje alpinistom, saj grejo na takšne odprave le najboljši in najbolj izkušeni alpinisti. V preteklosti smo se učili iz njihovih izkušenj in rezultatov njihove zmogljivosti in aklimatiziranosti. Tako smo danes že enakovreden partner v pogovorih, vezanih na vsebino priprav na takšne odprave. Sodelavca: Stojan Burnik in Iztok Cukjati, izkušena alpinista in člana odprav, prav gotovo pomembno pripomoreta k temu.

Naša ponudba presega povpraševanje trenerjev. V sodelovanju ponujamo najprej pomoč pri izdelavi načrtov in analizi treniranja. Trudimo se, da bi analize potekale kar najbolj enostavno, da bi jih trenerji sami izdelali, mi pa bi servisirali njihova opravila z dodatnimi analizami. Tako bi trenerji imeli hkraten pogled na vsakega varovanca, laboratorij pa baze podatkov za druge analize, ki bi trenerjem morebiti pokazale učinkovitost njihovega dela. Za ta del do sedaj še ni bilo zanimanja, saj trenerji neradi »delijo svoje skrivnosti« z drugimi. Dosedanje izjeme so le redki trenerji vrhunskih tekmovalcev: Andrej Jelenc v kanuju na divjih vodah, Vlado Čermak v plavanju, Albert Šoba v teku na srednje proge, Volodja Korolkevič v smučarskem teku.

Drugi vidik predstavlja sodelovanje s trenerji na področju testiranja. Tu je zanimanje, toda nesistematično in premalo pogosto.

Tretji vidik predstavlja izobraževanje. To poteka v okviru specializiranih organizacij (Olimpijski komite Slovenije, športne zveze ipd.) predvsem na področju temeljev športne vadbe in v športih, s katerimi sicer že sodelujemo.

Reference

1. Friedlander, A L., Casazza, G A., Horning, M A., Ušaj, A., Brooks, G A. (1999). Endurance training increases fatty acid turnover, but not fat oxidation, in young men. *J Appl Physiol*, 86: 6, 2097–2105.
2. Kapus, J (2008). *Učinki vzdržljivostne vadbe z nižjo frekvenco dihanja : doktorska disertacija*. Ljubljana, Fakulteta za šport.
3. Kapus, J (2004). *Vpliv vadbe z manjšim številom vdihov med plavanjem na sposobnost premagovanja maksimalnih naporov pri 200 metrov kravl in pri enakomernih plavalnih kravl do utrujenosti : magistrska naloga*. Ljubljana, Fakulteta za šport.
4. Štrumbelj B. (2005). *Acidoza v plavanju na 200 m prosto: doktorska disertacija*. Ljubljana, Fakulteta za šport.
5. Ušaj A. (1996). *Osnove športnega treniranja*. Fakulteta za šport, Ljubljana.
6. Ušaj, A, Burnik, S (2009). Blood oxygen saturation and heart rate during exercise a month after a high-altitude alpinist expedition. *Kinesiology* (Zagreb). 41, no. 2, str. 156–163.
7. Ušaj, A, Jereb, B, Pritrznik, R, von Duvillard, S P. (2007). The influence of strength-endurance training on the oxygenation of isometrically contracted forearm muscles. *Eur. j. appl. physiol.* 100: 6, 685–692.
8. Ušaj, A, Kandare, F. (2005) Changes in pulmonary ventilation and blood [H+] when the exercise intensity passes maximal lactate steady state. V: *Book of abstracts, 10th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Belgrade, Serbia.
9. Ušaj, A, Kandare, F. (2003) The importance of pulmonary ventilation in H+ regulation during continuous exercise. V: Muller, E (ur.), Schwameder, H (ur.), Zallenger, G (ur.), Fastenbauer, V (ur.). *8th Annual Congress of the European College of Sport Science*, Salzburg – Austria.
10. Ušaj, A, Lojen, S, Kandare, F, von Duvillard, S P. (2009). The influence of two types of endurance training on carbohydrate and fat oxidation rates. *Med. sci. sports exerc.*, 41: 5, S103.
11. Ušaj, A, Starc, V. (1996). Blood pH and lactate kinetics in the assessment of running endurance. *Int. j. sports med.*, 17: 1, 34–40.
12. Ušaj, A. (2010) Testing of alpinists in normoxic and hypoxic conditions, before and after high-altitude expeditions. *Med. Sportiva*, 14: 1, 1–6.
13. Ušaj, A (1996). The increase of duration of isometric contraction may not relate to change of relative oxygenation of forearm muscle. *Pflügers Arch*, 43, R265–6.
14. Ušaj, A. (2001). The relationship of blood potassium and hydrogen ions with pulmonary ventilation during exercise. *Med. sci. sports exerc.*, 33: 5, S343.
15. Ušaj, A. (2010). Vadbene značilnosti, ki so verjetno prispevale k izboljšanju tekmovalnih dosežkov pri tekaču na 800. *Šport*.

prof. dr. Anton Ušaj, prof. šp. vzg.
Univerza v Ljubljani – Katedra za športno treniranje
e-pošta: anton.usaj@fsp.uni-lj.si



Vojko Strojnik,
Igor Štirn, Katja Tomažin, Aleš Dolenec, Petra Prevc

Predstavitev Laboratorija za kineziologijo

Izvleček

Laboratorij za kineziologijo, ki na Fakulteti za šport deluje v sklopu Inštituta za šport, izvaja raziskovalno delo, meritve in svetovanje vrhunskim športnikom, razvoj novih merilnih postopkov, analize obremenitev na delovnem mestu ter analize in razvoj izdelkov s področja ergonomije. Laboratorij za kineziologijo je specializiran za meritve delovanja živčno-mišičnega sistema (ŽMS), ki vključujejo merjenje sile reakcij podlage (tenziometrijska plošča), porazdelitve pritiskov na stopalih (merilni vložki za obuvalo), navore (izometrične in izotonične merilne upornice) in kote (električni goniometri) v posameznih sklepih, električno aktivnost mišic (analiza EMG signalov), hitrost lokomocije in gibanja objektov (radar) ter odzive mišice na električno stimulacijo in vibracije celega telesa. Izmerimo lahko posamezne parametre (npr. tenziometrija) ali pa jih povežemo v celovit sklop (tenziometrija, EMG, kinematika). Poleg meritev v lastnem laboratoriju izvajamo tudi meritve na terenu, saj je vsa oprema mobilna. V pričujočem članku so predstavljeni izbrani merilni postopki, ki jih omenjeni laboratorij uspešno izvaja že vrsto let.

Ključne besede: kineziologija, merilna oprema, merilni postopki.

Presentation of the Laboratory of kinesiology

Abstract

The Laboratory of Kinesiology, which operates within the Institute of Sport at the Faculty of Sport, performs research work and measurements, provides advisory services to elite athletes, develops new measurement procedures, analyses loading in the workplace as well as analysing and developing products pertaining to ergonomics. The Laboratory of Kinesiology specialises in the measurement of the functioning of the neuromuscular system, including the measurement of the ground reaction force (force plate), distribution of pressures over the sole of the foot (measurement inserts for shoes), torque (isometric and isotonic measurement limb supports) and angles (electrical goniometer) in individual joints, electrical activity in muscles (analysis of the EMG signals), velocity of locomotion and movement of objects (radar) as well as the reactions of a muscle to electrical stimulation and the vibrations of the whole body. Individual parameters can be measured (e.g. tenziometry) or integrated in a whole (tenziometry, EMG, kinematics). In addition to the measurements in our own laboratory we also perform measurements on the field. This article presents a selection of the measurement procedures that our laboratory has been conducting for many years.

Key words: kinesiology, measurement equipment, measurement procedures.

Standardne meritve, ki jih izvajamo v laboratoriju so:

- odzivna moč (različni skoki na tenziometrijski plošči);
- hitra moč (skoki z dodatnimi bremen, potegi bremen preko škripca);
- največja izometrična sila mišičnih skupin ali gibov (trenažerji);
- največja hitrost naraščanja izometrične sile;
- moč udarca (borilni športi);
- sila med zaviranim plavanjem;
- športno specifična hitrost reakcije – enostavna, sestavljena; latentni in gibalni časi;
- hitrost sprintanja, meta žoge ipd.;
- ravnotežje;

- pritiski na stopala;
- električna aktivnost mišic med gibanjem (tudi v vodi);
- nivo mišične aktivacije (metoda dvojnega skrčka ali vlaka dodatnih impulzov);
- kontraktilne lastnosti mišic (struktura mišičnih vlaken v mišici);
- utrujanje (centralna, periferna; z EMG);
- evocirani potenciali (miotatični refleks, H refleks);
- vibracije celega telesa.

Ostale meritve:

Poleg standardnih meritev lahko izvedemo skoraj vse ostale meritve, ki se nanašajo na merjenje sil, pospeškov telesnih segmentov, kotov v sklepih in električno aktivnost mišic oziroma

jih združimo z ostalimi meritvami, kot so 2D ali 3D kinematika in fiziologija. S senzori za merjenje sile, pospeškov, poti in kotov lahko opremimo trenažerje in ergometre.

Ostale storitve:

Izvajamo svetovanja za vadbo športnikov in rekreativcev ter oseb s posebnimi potrebami (poškodbe) na področjih:

- vadbe za moč,
- vadbe za gibljivost,
- senzorično-motorične (proprioceptivni) vadbe.

Glavna področja raziskovanja v okviru Laboratorija za kineziologijo so utrujanje živčno-mišičnega sistema, obremenitve gibalnega aparata in učinki vadbe, predvsem v povezavi s problematiko zaščite gibalnega aparata. V laboratoriju smo bili nosilci naslednjih raziskovalnih projektov:

- Vadba za zdravje in rehabilitacijo (2006–2009) s poudarkom na vadbi za starejše osebe in pri kronični bolečini v križu.
- Vadba za starejše osebe in stabilno stopalo (2009–2012).

■ Odrivna moč

Analiza odzivne moči obsega skok iz polčepa (SJ), skok z nasprotnim gibanjem (CMJ) in globinske skoke (DJ) (slika 1). Skoki se izvajajo na tenziometrijski plošči (TP), ki meri silo reakcije podlage v treh smereh in med ostalim omogoča ugotavljanje raznih parametrov odziva, kot so: višina odziva, čas odziva (zaviranja in pospeševanja), največja in povprečna sila odziva, štartna moč, udarci s peto ob tla ipd. Vsak skok predstavlja po-

seben način delovanja ŽMS, zato lahko na njihovi osnovi ugotovimo značilnosti delovanja v različnih pogojih in jih povežemo z učinkovitostjo delovanja posameznih mišičnih skupin v različnih pogojih (podlage, taktične zahteve ...). Na tej osnovi lahko povežemo sposobnosti odziva s tehniko in taktiko gibanja v športni panogi. Za SJ je značilno samo koncentrično mišično naprežanje, kjer lahko gledamo delovanje iztegovalk kolka in iztegovalk kolena oziroma njuno dinamično ravnovesje. Iztegovalke kolka so povezane s trajanjem odziva, grabljenjem pri sprintu, začetnim pomikom trupa ipd. Iztegovalke kolena so v večji meri dogovorne za višino odziva. Pri CMJ opazujemo sposobnost zaviranja, doseganja velikosti in 'timinga' največje sile zaviranja in njen prenos v koncentrično fazo odziva. Tudi tukaj lahko posamezne parametre gibanja povežemo s posameznimi mišičnimi skupinami, s tehniko posameznega športa ... Pri globinskih skokih gledamo sposobnost gležnja za amortizirano gibanje (odsotnost udarca s peto ob podlago), togost trupa in pojavljanje refleksne ojačitve oziroma oslabitve mišičnega naprežanja. Ugotovimo tudi optimalno globino za izvajanje globinskih skokov. Silo odziva lahko merimo za vsako nogo ločeno za morebitno (ne)dominantnost leve in desne noge med odzivom.

■ Hitra moč

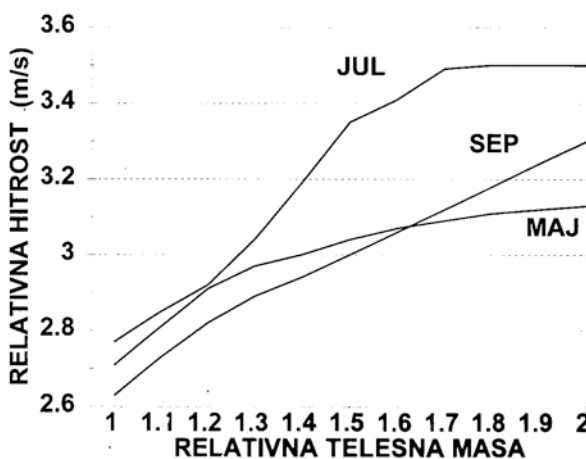
Test hitre moči se nanaša na merjenje odnosa sila – hitrost (Hilova krivulja). Tipični test vključuje skoke iz počepa in poskoke z različno težkimi dodatnimi bremenii, da izmerimo odnos v pogojih koncentričnega in ekscentrično-koncentričnega naprežanja. Poleg skokov izvajamo test tudi za mišice rok v pogojih

Merjenec: Alpski smučar ODRIVNA IN HITRA MOČ

skok	Vodr cm	Codr ms	Hodr m/s	Posp m/s ²	StMoR m/s ³	Sp/z %	Tzav ms	Tpos ms	FpozR m/s ²	FpozR m/s ²	Teza N
SJ	40.54	324.0	2.820	8.705	2.34	97.4	162.5	162.5	7.80	7.60	990
SJ	43.27	319.0	2.914	9.133	3.55	84.9	159.5	159.5	8.71	7.39	990
SJ	43.85	323.0	2.933	9.081	3.86	82.5	161.5	161.5	8.76	7.22	990
SJ	43.70	324.0	2.928	9.038	3.44	87.8	162.5	162.5	8.32	7.31	990
CMJ	45.33	342.0	2.982	13.960	7.68	133.3	121.5	221.5	14.75	10.79	990
CMJ	43.41	332.0	2.918	14.271	8.69	131.1	116.5	216.5	15.62	11.02	990
CMJ	45.48	352.0	2.987	13.315	7.78	150.7	116.5	236.5	14.59	10.83	990
DJ25	37.50	183.0	2.712	26.925	21.66	237.3	62.5	121.5	18.28	22.32	990
DJ25	36.56	188.0	2.678	26.026	17.20	216.8	72.5	116.5	16.87	22.76	990
DJ25	38.04	185.0	2.732	26.740	20.05	241.4	64.5	121.5	17.47	22.39	990
DJ45	40.40	195.0	2.815	29.676	23.58	157.4	75.5	120.5	23.53	23.21	990
DJ45	40.26	191.0	2.811	30.272	23.75	165.6	71.5	120.5	23.73	23.31	990
DJ45	38.73	182.0	2.757	31.472	25.34	180.0	66.5	116.5	22.92	23.55	990
TR_1	36.65	331.7	2.681	8.085							990
TR_2	35.54	201.7	2.641	26.390							
TR_3	34.88	210.0	2.616	25.031							
TR_1	28.06	358.3	2.346	6.548							1190
TR_2	27.28	228.3	2.314	20.408							
TR_3	27.67	228.3	2.330	20.336							
TR_1	23.38	405.0	2.142	5.289							1390
TR_2	21.63	255.0	2.060	16.478							
TR_3	23.74	275.0	2.158	15.339							
TR_1	18.33	458.3	1.897	4.138							1590
TR_2	17.86	296.7	1.872	12.703							
TR_3	19.95	295.0	1.978	13.052							

Slika 1: Izpis rezultatov odzivne moči in hitre moči. Označeni so ključni parametri za interpretacijo odzivne moči.

simulirane tehnike (soročni poteg pri smučarskem teku, plavalni poteg, veslaški poteg ...). Rezultati testa kažejo kondicijsko pripravljenost v območju največje moči, hitre moči (eksplozivnosti) in hitrosti. Sprememba krivulje je občutljiva glede na vrsto vadbe (največja moč, eksplozivnost, hitrost), zato lahko z njeno pomočjo napovedujemo oziroma preverjamo specifičnost vadbe. Primeri rezultatov zaporednih meritev v različnih delih pripravljalnega obdobja enega od smučarjev so predstavljeni na sliki 2. Vidimo lahko, da je v prvem delu pripravljalnega obdobja močno napredoval v območju maksimalne moči, po vrnitvi s poletnega smučanja pa je kondicijsko močno padel in je začel drugi del pripravljalnega ciklusa praktično z istega nivoja kot po koncu sezone.



Slika 2: Rezultati testov hitre moči v različnih obdobjih. Krivulje so izračunane na osnovi izmernih rezultatov, prikazanih na sliki 1 (pod oznako skoka TR). JUL = Julij, SEP = September.

Največja izometrična sila in prirastek sile (eksplozivnost)

V Laboratoriju za kineziologijo imamo na voljo številne senzore, ki nam omogočajo merjenje sile mišic oz. navorov v sklepu. Z omenjeno diagnostiko lahko ugotovljamo nivo treniranosti posameznika in ga usmerimo v ustrezno vadbo. Merjenje sile nam omogoča tako spremljanje učinkov trenažnega procesa, kakor tudi akutnih učinkov vadbe (utrujanja ali potenciacije). Z merjenjem navorov v sklepu lahko ugotovljamo neravnovesja mišičnih skupin (levo/desno ali agonist/antagonist), ki so pogosto vzrok bolečin in poškodb. Kot primer je asimetrija bočnih upogibalk trupa, ki lahko povzroča bolečine v križu, neprimerno razmerje med iztegovačkami in upogibalkami kolena, ki povzroča nestabilnost kolenskega sklepa ...

Večina senzorjev je tlačno-nateznih, kar pomeni, da lahko merijo tako silo potiska, kakor tudi potega. Omenjeni senzori so lahko »prostostoječi« in jih vpneemo z verigo oz. vrvjo, ali pa so nameščeni v izometrične sklepne upornice, ki omogočajo čvrsto fiksacijo merjenca in zelo dober nadzor kotov v izbranih sklepih. S senzorji, ki jih poljubno namestimo, lahko merimo napore v vseh pomembnih sklepih in kinetičnih verigah, v našem laboratoriju najpogosteje merimo izteg in upogib ter bočni upogib trupa, rotacije trupa, izteg in upogib kolka ...

V Laboratoriju za kineziologijo imamo na voljo izometrične in izotonične upornice za merjenje navorov v sledečih sklepih:

- kolenski sklep (izteg in upogib kolena – slika 3),
- skočni sklep (izteg in upogib skočnega sklepa),
- trup (izteg in upogib trupa, bočni upogib trupa),
- komolčni sklep (izteg in upogib komolca).



Slika 3: Merjenje največjega navora pri iztegu kolena v izometrični kolenski upornici.

Z upornicami merimo največje navore/sile oz. maksimalno moč, ali pa kako hitro je merjenec sposoben razviti mišično silo, kjer merjenec teži k čim hitrejšemu prirastku navora/sile (eksplozivnost). Sposobnost hitrega razvoja sile je v mnogih športu velikega pomena (večjega kot največja moč), saj je veliko akcij po svoji naravi balističnih (šprint, skok, met, udarci z nogo in roko ...).

Merjenje sil in navorov lahko prilagodimo zahtevam posamezne športne panoge in simuliramo posamezne gibe. Primeri situacijskih testov, ki smo jih izvajali do sedaj so:

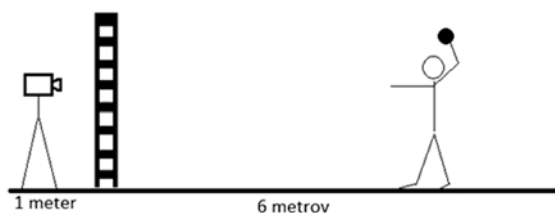
- veslaška moč (kajak in kanu), kjer merjenec simulira položaj in poteg z veslom, ki je vpeto v senzor za merjenje sile ter tako izmerimo največjo izometrično silo zaveslaja v izbranem položaju;
- moči odrida z rokami (tek na smučeh), kjer merjenec simulira soročni odrid z rokami tako, da sunkovito potegne škripec, ki je povezan s senzorjem za silo;
- moč plavalnega potega (plavanje), kjer merjenec simulira soročni poteg z rokami tako, da sunkovito potegne škripec, ki je povezan s senzorjem za silo.

obdelamo. Merilni sistem med meritvijo ne ovira merjenja pri njegovem gibanju.

V športni znanosti je radar uporaben pri analiziranju:

- hoje in teka,
- zaleta pri metu projektila (žoge, kopja itd.),
- zaleta pri skokih (preskok pri gimnastiki, skok v daljino in višino),
- hitrosti projektila (žoga, plošček, krogla, kladivo, kegljaška krogla itd.),
- različna zaviranja in pospeševanja (avtomobili, motorji, kolesa itd.).

Slika 7 prikazuje primer merjenja največje hitrosti žoge pri rokometnem metu. Radar je potrebno nastaviti čim bolj v smeri gibanja projektila (žoge) ter na ustrezno višino (upoštevati višino izmetne točke). V ta namen radar namestimo na trinožno stojalo za rokometnimi vrati, kjer ga mreža ščiti pred neposrednim udarcem. Na digitalnem zaslonu si radar zapomni največjo hitrost projektila.



Slika 7: Skica merjenja največje hitrosti žoge pri metu s tal (Skaza,diplomska naloga, 2011).

Pogosto nas ne zanima samo največja hitrost, ampak hitrost objekta pri nekem zveznem gibanju. V tem primeru radar povežemo z računalnikom, tako da nam računalniški program

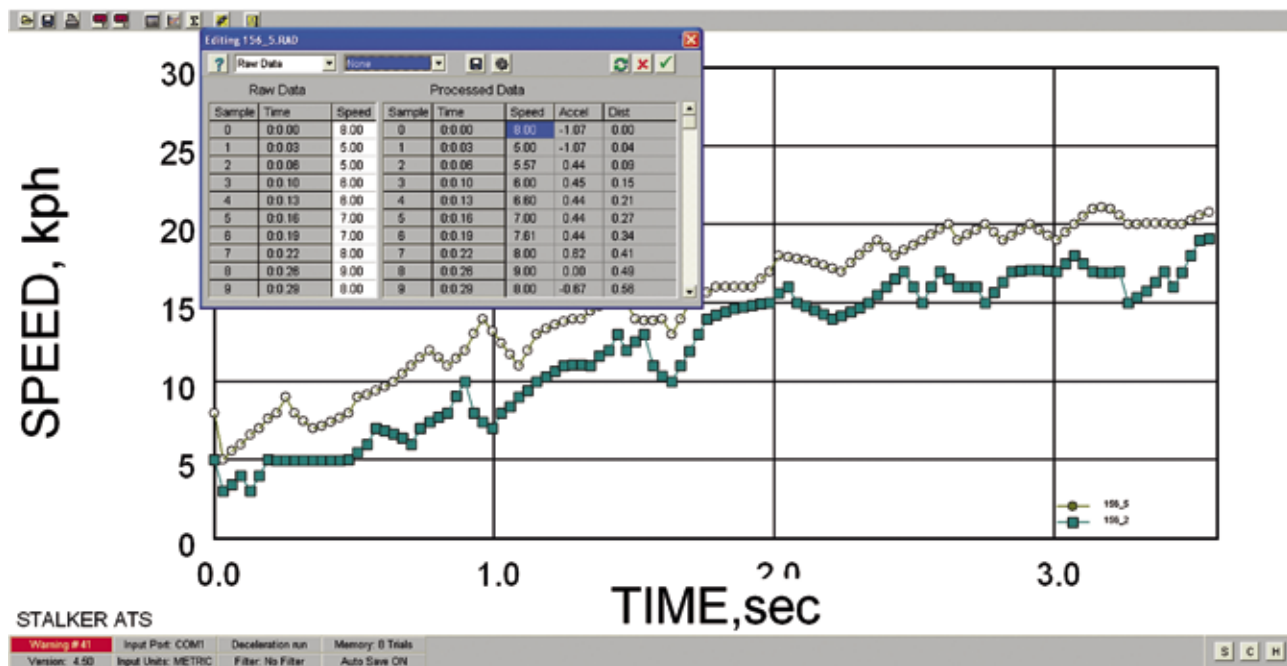
sproti izriše krivuljo hitrosti v odvisnosti od časa in izračuna še pospeške, kot prikazuje primer na sliki 8, ko atlet stopnjuje hitrost zaleta pri dveh metih kopja.

■ Pritisk stopala na podlago

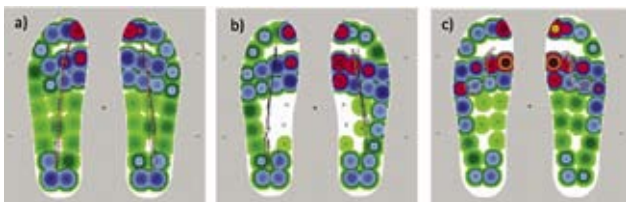
Parotec sistem stopalnih vložkov meri pritisk in razporeditev pritiska stopala v obutvi. S sistemom Parotec je možno primerjati različno obutev med seboj, ustreznost obutve za posameznika in primerjati pritisk na različnih delih stopala pred in po posegu na stopalu ali obutvi (izdelava in uporaba korekcijskih stopalnih vložkov). Sistem Parotec je prenosen in sestavljen iz stopalnih vložkov različnih velikosti (številke od 27 do 44) ter enote za shranjevanje podatkov (slika 9). Med meritvijo sistem ne moti gibanja merjenja. Meritev je lahko med gibanjem ali stoje na mestu. Na sliki 10 so prikazani rezultati meritve teka merjenja s ploskim stopalom, ki teče preko pete, merjenja z normalnih stopalom, ki teče preko pete, in merjenja z normalnim stopalom, ki pri teku postavlja stopalo na srednji del. Na sliki 11 je prikazana meritev porazdelitve pritiska na stopala pri stoji v čevljih z visoko peto in stoji brez povišane pete.



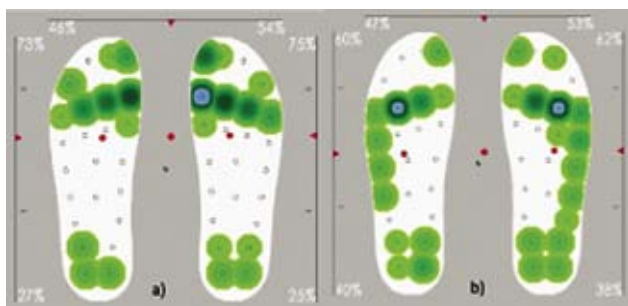
Slika 9: Sistem Parotec.



Slika 8: Grafični in tabelarni prikaz dveh meritev hitrosti zaleta pri metu kopja s sistemom Stalker ATS.



Slika 10: a) Plosko stopalo, tek preko pete. Stopalo pritiska na celotno površino vložka obutve (vsi senzori so obarvani). Težišče telesa potuje preko sredine stopala, kar prikazujejo črte po dolžini stopalnega vložka. b) Normalno stopalo, tek preko pete. Stopalo pritiska na zadnji in sprednji del stopalnega vložka ter na zunanji srednji del. Težišče telesa potuje bolj po zunanjem delu stopala kot pri tekaču s ploskim stopalom. c) Normalno stopalo, tek s postavitvijo noge na srednji del stopala. Težišče telesa potuje od srednjega zunanjega dela stopala proti sredini sprednjega dela stopala.



Slika 11: Rezultati meritve stoje na mestu: a) Stoja v čevljih z visoko peto. Obremenitev stopala je razporejena na sprednji in zadnji del stopala, srednji del stopala pa ne pritiska na stopalne vložke. Težišče telesa (rdeča pika) je pomaknjeno naprej in proti notranjem delu sprednjega dela stopala. b) Stoja na mestu v obutvi brez povišane pete. Obremenitev stopala je razporejena na sprednji in zadnji del ter na zunanji srednji del stopala. Težišče telesa je blizu sredine stopala.

Ravnotežje

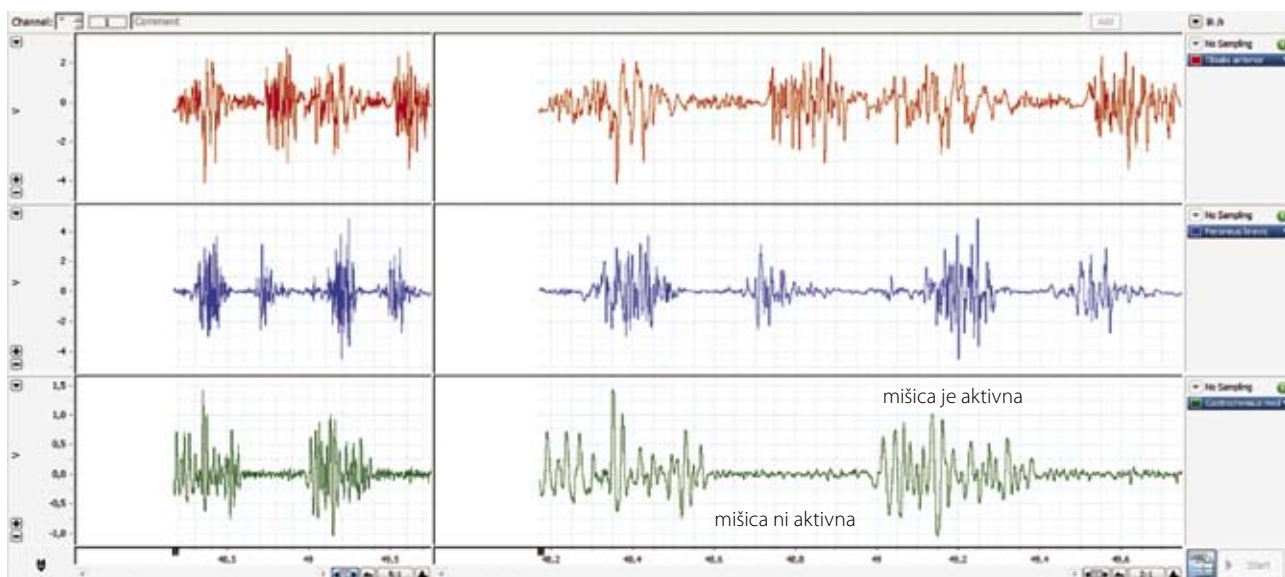
Spodobnost vzpostavljanja in ohranjanja ravnotežja spremljamo z analizo projekcije težišča telesa, ki jo izmerimo s pomočjo

sile reakcije podlage na tenziometrijski plošči. Parametri, ki jih pri tem uporabljamo, so skupna pot projekcije, površina poti projekcije in število hitrih menjav smeri projekcije. Nihanje težišča telesa lahko spremljamo med statičnimi nalogami, kot so npr. enonožna ali sonožna stoja, kakor tudi pri dinamičnih akcijah, kot sta hoja in tek.

Električna aktivnost mišice

Elektromiografski signal, ki ga zajamemo s površinskimi elektrodami, kaže mišično aktivacijo. V kineziološkem laboratoriju izvajamo zajemanje in analizo EMG signala na različnih mišicah med (1) hojo in tekom, (2) veslanjem in kolesarjenjem na ergometru, (3) skoki in poskoki, (4) različnimi oblikami metov, (5) lokostrelstvom, (6) plavanjem, (7) smučanjem itd. Njegovo analizo izvajamo zaradi spremljanja učinkovitosti (1) tehnike, (2) utrujenosti in (3) posebnih vzorcev mišične aktivacije. Spremljanje amplitude EMG signala med gibanjem omogoča natančen vpogled v časovno zaporedje in velikost aktivacije mišic v posameznih fazah tehnike (slika 12), zato nam omogoča zelo natančno odkrivanje pomanjkljivosti delovanja določenih mišic ali mišičnih skupin pri izvedbi športnikovega gibanja. Z analizo EMG signala lahko tudi ugotovimo, katera mišica ali mišična skupina se v določeni kinetični verigi utruja najprej in tako predstavlja najpomembnejši omejitveni dejavnik za učinkovito nadaljevanje gibanja.

Poleg časovne opredelitve in primerjave velikosti aktivacije za isto mišico lahko s pomočjo analize EMG signala spremljamo tudi vzorec aktivacije izbranih mišic. Poseben vzorec aktivacije je pomemben v vseh športnih panogah, kjer je ključen velik prirastek sile, zato v kineziološkem laboratoriju izvajamo tudi analizo vzorca aktivacije izbranih mišic med eksplozivnimi krčenji z (1) izometričnim in (2) koncentričnim mišičnim naprežanjem. Z analizo površinskega EMG signala pa lahko spremljamo tudi poseben vzorec aktivacije med ekscentrično-koncentričnim mišičnim naprežanjem (predaktivacija in refleksna aktivacija), ki jo lahko izmerimo med izvajanjem globinskih skokov in poskokov.



Slika 12: Spremljanje aktivnosti treh različnih mišic z EMG signalom med tekom.

■ Kontraktilne lastnosti mišice

Merjenje kontraktilnih lastnosti mišic (določanje razmerja med počasnimi in hitrimi vlakni) izvajamo v standardiziranih pogojih na posebnih izometričnih opornicah. Sproščeno mišico vzdramo z enojnim supra-maksimalnim električnim dražljajem, hkrati pa spremljamo njen mehanski odziv (navor v sklepu). Parameter, s pomočjo katerega določimo razmerje med hitrimi in počasnimi vlakni, je čas, ki je potreben, da sila skrčka doseže najvišjo vrednost, tj. kontrakcijski čas. Čas naraščanja sile (kontrakcijski čas skrčka) pri človeških mišicah znaša med 50 in 120 ms. Kratke čase opazimo pri sprinterjih, najdaljše pa pri maratoncih. Večina športnikov iz športnih iger ima čase v sredini tega intervala. Meritve kontraktilnih lastnosti je uporabno tudi pri analizi utrujanja posameznih mišic (hitrost regeneracije, trajanje odmorov) in pri začasnem izboljšanju mišične sposobnosti (potenciacija; opazovanje njenega trajanja).

■ Nivo aktivacije

Merjenje nivoja aktivacije mišic izvajamo v standardiziranih pogojih na posebnih izometričnih opornicah. Namen testa je ugotoviti, koliko mišičnega potenciala za razvijanje sile je merjenec sposoben hoteno aktivirati pri največjem hotenem izometričnem mišičnem napreznju. Nivo mišične aktivacije se izmeri na podlagi primerjave največjega navora, ki ga lahko merjenec razvije zavestno, in navora, ki ga dobimo ob maksimalni zavestni mišični kontrakciji ter sočasni električni stimulaciji, ki jo lahko izvajamo z dodatnim vlakom električnih dražljajev ali z dvojnimi električnimi dražljajem (slika 13). Podatek je % mišične aktivacije, ki jo je merjenec sposoben razviti. Podatki so v pomoč pri usmeritvi v vadbo mišične hipertrofije (visok nivo), mišične aktivacije (nizek nivo) ali preverjanju učinkov vadbe za izboljšanje aktivacije.

■ Periferna in centralna utrujenost

Merjenje periferne in centralne utrujenosti pri gibanjih različnega trajanja in intenzivnosti izvajamo v standardiziranih pogojih

na izometričnih opornicah. Diagnostika periferne utrujenosti se izvaja z analiziranjem razmerij navorov, izzvanih z visokimi (100 do 80 Hz) in nizkimi (10 do 20 Hz) frekvencami draženja sproščene mišice. Diagnostiko centralne utrujenosti pa izvajamo z analiziranjem sprememb nivoja mišične aktivacije med hotenim največjim izometričnim mišičnim napreznjem pred in po izbrani gibalni nalogi. Poznavanje vzrokov (centralni ali periferni), ki privedejo do utrujenosti, je pomembno za načrtovanje športne vadbe in tekmovalne taktike.

■ Vibracije

Vibracije celega telesa so nova pridobitev Laboratorija za kineziologijo. Naprava omogoča sinusne vibracije celega telesa v dveh območjih, kjer je mogoče določiti različni največji amplitudi. V območju do 8,2 Hz je lahko največja amplituda nihanja podlage 5 cm (+/- 2,5 cm). V območju do 30 Hz pa do 2 cm. Naprava s svojo konstrukcijo omogoča, da lahko na njej skačemo, ne da bi bistveno spremenili frekvenco in amplitudo vibriranja. Tipična meritev obsega merjenje pospeškov na posameznih delih telesa in gledanje koeficientov dušenja (recimo stabilnost glave pri smučarjih ali gorskih kolesarjih). Izmerimo lahko tudi EMG signale med vibriranjem in s tem sposobnost kontrolirati nivo mišične aktivacije (koaktivacije). Na vibracijsko podlago je mogoče pritrditi različne predmete oziroma športno ali drugo opremo in spremljati njene značilnosti med vibriranjem.

■ Meritve pri plavanju in vaterpolu

Izvajamo naslednje meritve :

- štartni skok,
- zavirano plavanje,
- merjenje pasivnega upora,
- plavanje na sitemu MAD,
- EMG v vodi,



Slika 13: Merjenje nivoja aktivacije s pomočjo dvojnega vrinjenega skrčka.

- neposredno spremljanje velikost sile med (zaviranim) plavanjem na podvodnem monitorju.

Za merjenje sil, ki jih plavalec razvije pri odrajanju s štartnega bloka, nanj montiramo prenosno vodotesno tenziometrijsko ploščo. Na ta način ugotovimo reakcijski čas, čas odraja in spremljamo sile, s katerimi deluje plavalec na ploščo v vseh treh smereh (prečno, vzdolžno in navpično). Poleg velikosti in prirastkov sil lahko določimo tudi kot odraja. Razvijamo sistem, ki bo podatke s tenziometrijske plošče povezal s kamerami, z uporabo katerih bomo lahko ugotovili čas plavalca na 5-ih in 15-ih metrih. Čim krajši čas do razdalje 15 metrov namreč predstavlja glavni parameter oziroma kriterij uspešnosti štartnega skoka. Na ta način bodo lahko plavalci, njihovi trenerji in merilci vadili štartni skok in sproti povezovali dosežene čase s parametri izmerjenimi s tenziometrijsko ploščo.

Zavirano plavanje omogoča merjenje največjih propulzivnih sil, ki jih plavalec ali vaterpolist razvijeta pri plavanju samo z nogami ali rokami oziroma pri celotni tehniki plavanja. Zavirano plavanje ni enako prostemu plavanju, vendar lahko z meritvami, izvedenimi v enakih pogojih v različnih časovnih obdobjih, spremljamo relativne spremembe. Pri plavalcih najpogosteje merimo sile pri kravlu, pri vaterpolistih pa še pri izvajanju sočasnih in izmeničnih vaterpolskih škarij. Slednje predstavljajo enega bistvenih tehničnih elementov vseh igralcev, njihova učinkovitost pa je še posebej pomembna za vratarje, centre in branilce. Močne škarje so pomembne tudi za plavalce prsne tehnike, skladnostne plavalke in reševalce iz vode.

Za merjenje pasivnega upora plavalca uporabljamo vitel, ki ga poganja močan elektromotor, pri čemer je možno hitrost navihanja vitla in s tem vlečenja plavalca natančno kontrolirati. V preteklih letih je bila meritev zelo zanimiva pri testiranju upora, ki ga povzročajo različne kopalk, danes je uporaba visokotehnoloških kopalk prepovedana. Kljub temu lahko plavalci pri tej meritvi preizkušajo različne položaje telesa pri drsenju skozi vodo in pri tem iščejo položaj, ki povzroča najmanjši upor.

Pri sistemu MAD (*Measuring Active Drag*) gre za konstrukcijo, sestavljeno iz upornic, ki so na razdalji kravlovih zaveslajev razporejene v vodi tako, da se plavalec med plavanjem od njih odraja z roko. Vsaka upornica je povezana s senzorjem, ta pa z računalnikom, ki sprejema in hrani podatke. Na tak način lahko izmerimo aktivni upor plavalca. Raziskave so potrdile, da so sile, izmerjene na ta način, povezane z uspešnostjo pri prostem plavanju.

Za merjenje EMG med plavanjem smo obstoječi sistem za zaganjanje signalov prilagodili za uporabo v vodi. Z njim lahko merimo aktivacijo mišic med plavanjem in s tem ocenjujemo tehniko in utrujenost posameznih mišic.

Razvili smo tudi sistem neposrednega spremljanja rezultante propulzivnih sil med plavanjem. Gre za sistem zaviranega plavanja, ki je dopolnjen z računalniškim programom za neposredno spremljanje sile med zaveslajem in podvodnim monitorjem (slika 14). Plavalec torej izvaja zaveslaj (ali udarce) na različne načine in spremlja velikost propulzivne sile, ki jo pri tem razvije na podvodnem monitorju. Meritev je namenjena ugotavljanju optimalne tehnike z vidika razvijanja propulzivne sile.



Slika 14: Neposredno spremljanje sile med zaviranim plavanjem na podvodnem monitorju.

prof. dr. Vojko Strojnik, prof. šp. vzg.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport – Katedra za kineziologijo
e-naslov: vojko.strojnik@fsp.uni-lj.si



Matej Tušak,
Eva Kovač

Psihodiagnostični laboratorij v okviru Inštituta za šport na Fakulteti za šport

Izvleček

Športniki, trenerji in športni delavci se vse bolj zavedajo pomena psihološke pripravljenosti na tekmovanja. Razlike med vrhunskimi športniki so vsako leto manjše in ravno zaradi te izenačenosti in vedno boljših pogojev treniranja je psihološka priprava tista, ki sodi o tem, kako dobro bo posameznik sposoben na tekmi prikazati svoje najboljše sposobnosti. Psihologija v športu zajema različne psihološke fenomene, kot so motivacija, samodisciplina, osebnost, predtekmovalna stanja, samozavest, anksioznost, aktivacija in vznburjenje ter koncentracija in mnogo drugih psiholoških fenomenov. To so za športnika zelo pomembne psihološke lastnosti, ki morajo biti čim bolj netrenirane in dobro razvite, da mu omogočajo dobro spoprijemanje z zahtevami tekmovanj in treningov. V nadaljevanju je obširno predstavljeno delo športnega psihologa, področja njegovega delovanja in pomen psihodiagnostičnega laboratorija. Delo v laboratoriju obsega delo psihologa s športnikom od psihološke diagnostike, psihološkega svetovanja, preko učenja do razvijanja psihološke stabilnosti s pomočjo različnih tehnik in metod ter mentalnega treninga.

Ključne besede: mentalni trening, psihična priprava, psihodiagnostika, psihologija športa, športnik.

Psychodiagnostic laboratory within the Institute of Sport at the Faculty of Sport

Abstract

Athletes, trainers and sports workers are constantly becoming more aware of the meaning of psychological readiness for competitions. Every year, differences among elite athletes are smaller. Because of this equality and always better training conditions, psychological preparation is the one (co)determining how well an individual shall be able to show his/her best ability at the competition. Sport psychology includes various psychological phenomena, such as motivation, self-discipline, personality, pre-competition state, self-esteem, anxiety, activation and arousal, as well as concentration. For an athlete, the latter are very important psychological characteristics which have to be trained at their best and be very well developed in order to enable them to cope well with the demands of competitions and trainings. Psychological characteristics are developed with the help of various techniques and methods, through mental training and different psychological counseling meetings. The following is a comprehensive presentation of the work and activities of sports psychologist and the importance psych-diagnostic laboratory. Working in a laboratory includes work with athletes (or coaches), a psychological diagnosis, psychological counseling, through learning and development of mental stability by the use of various methods and techniques and mental training.

Key words: athletes, mental preparation, mental training, psycho-diagnostics, sport psychology.

Psihodiagnostični laboratorij je eden izmed dveh najstarejših laboratorijev znotraj Inštituta za šport. Skupaj z Laboratorijem za medicino športa je bil ustanovljen v devetdesetih letih in je predstavljal enega od prvih dveh diagnostičnih in svetovalno orientiranih laboratorijev za področje strokovne pomoči športnikom. Z delom je začel v letu 1989, prvi in dolgoletni vodja je bil prof. Maks Tušak. Prve naloge in storitve laboratorija so vključevale diagnostično in svetovalno delo na področju psihologije vrhunškega športa. Danes storitve širimo tudi na

področje rekreativnega športa ter širše, saj pripravljamo programe, ki bodo primerni kot pomoč pri izgubi telesne teže, odvajanju od kajenja in bodo hkrati vključevali kot podporno terapijo športno aktivnost. Za boljše razumevanje dela laboratorija je smiselno opredeliti področje športne psihologije.

Psihologija športa je aplikativna psihološka znanost, ki raziskuje športno dejavnost iz aspekta učinka in stremi k temu, da bi odkrila specifične zakonitosti razvoja te dejavnosti. Praktične naloge psihologije športa naj bi bile:



1. odkrivanje psihofizioloških in psiholoških posebnosti za posamezne športne zvrsti,
2. odkrivanje psihičnih elementov optimalnega športnega dosežka in spremljanje pri doseganju takih uspehov,
3. doseganje soglasja med športnikom in njegovim socialnim okoljem,
4. težnja k optimalni vključitvi v tim,
5. določitev optimalnih objektivnih pogojev okolja ter pogojev, ki jih zastavlja okolje športni dejavnosti s psihološkega vidika.

Bolj ko prebiramo različne opredelitve psihologije športa, bolj se nam vsiljuje lastna opredelitev tega področja. Psihologija športa je aplikativna psihološka disciplina, ki je nastala na stiku med znanostjo o športu in psihologijo (Tušak in Tušak, 1994; 2003). Čeprav so za razvoj pomembni tako dosežki na področju znanosti o športu, kakor tudi dosežki na drugih področjih (medicina, antropologija ...), je psihologija športa psihološka disciplina. Vse bolj je možno psihologijo športa razumeti kot:

1. uporabno vedo s svojim predmetom proučevanja, metodami dela, smotrom in cilji,
2. praktično dejavnost s populacijo, ki ji je namenjena, načini in oblikami praktične dejavnosti, metodami in tehnikami dela ter s cilji in smotri psihološke pomoči,
3. stroko; prej ali slej prihaja do profila športnega psihologa z institucijami, ki bodo te profile nastavljali, in nenazadnje prihaja do potrebe in razvoja moralno-etičnega kodeksa športnega psihologa.

■ Psihologija športa v Sloveniji

Začetek psihologije športa v Sloveniji datira v srednja sedemdeseta leta, ko je Maks Tušak začel s praktičnim delom na področju psihične priprave z vrhunskimi športniki. Pred tem so bile sicer izdane nekatere publikacije, ki so minimalno vključevale spoznanja psihologije na področju športa, vendar so bila to dela, v katerih še ne moremo govoriti o pravi psihologiji športa. V sredini sedemdesetih letih pa je športna praksa prvič začela sistematično uporabljati psihologa (začetek je bil v reprezentanci v smučarskih skokih ter kajaku in kanuju na divjih vodah). Proti koncu osemdesetih let je Maks Tušak ustanovil Laboratorij za psihodiagnostiko na Fakulteti za šport. S tem so bili postavljeni temelji za začetek sistematičnega raziskovanja na področju psihologije športa. Na Fakulteti za šport je bil oblikovan tudi predmet psihologija športa in s tem je psihologija športa začela postajati vedno bolj tudi teoretična psihološka disciplina. Knjiga *Psihologija športa* je bila izdana leta 1994, od takrat naprej je v okviru psihologije športa izšlo kar precej knjig, v zadnjih letih pa tudi preko tristo različnih znanstvenih in strokovnih prispevkov. Razvoj psihologije športa pri nas je v zadnjih 10-ih letih precej hiter, športna praksa pomen psihologije športa sprejema in v njej išče teoretično in praktično pomoč za mnoge probleme na področju učenja, treniranja, pomoč pri realizaciji sposobnosti, premikanju mej realnosti, iskanju rezerv ipd.

Vloga športnih psihologov znotraj psihologije sicer še vedno ni tako velika in pomembna kot je to npr. v klinični psihologiji, vendar podoba športnih psihologov, ki delajo v praksi, raste skupaj z uspehi športnikov, ki so si aktivno pomagali s psihologom. Znotraj športa psihologe praviloma dobro sprejemajo, posebno v individualnih panogah imamo močno tradicijo sodelovanja v strokovnih timih. Trenerji se zavedajo, da na tekmah na koncu odloča psihična priprava, zato temu iz leta v leto posvečajo večjo pozornost. V zadnjih desetih letih poleg psihične priprave in seveda širše psihologije vrhunškega športa začenjamo razvijati še psihologijo športne rekreacije, psihologijo športne vzgoje, psihologijo športa gibalno ali metalno oviranih ipd. Prihodnost psihologije športa je precej svetla, v zadnjem letu smo usposobili številne strokovnjake s področja psihologije športa, ki bodo pridobili tudi licenco športnega psihologa.

■ Vloga športnega psihologa v športnem timu

Sodoben vrhunski šport zaznamujejo izjemni telesni in psihični napor med treningi in še posebno na tekmovanjih. Zaradi tega je potreba po vključevanju športnega psihologa v strokovni tim vedno bolj prisotna in tudi aktualna. Pravilno razumevanje kompleksne športnikove priprave, ki vključuje telesno, tehnično, taktično in psihično pripravo, narekuje, da je – posebno za vrhunske dosežke, neredko pa tudi za premagovanje začasnih platojev pri napredovanju dosežkov – potrebno razmišljati tudi o aktivni vključitvi športnega psihologa v tekmovalčev tim.

Športni psiholog v okviru psihološke obravnave največkrat, posebno v individualnih športih, deluje individualno. Neredko se poslužujemo tudi nekaterih skupinskih seans in pristopov, ka-



Uporaba biofeedback metode v praksi na terenu. Naprava meri fiziološke odzive športnika med športno aktivnostjo in s tem se preverja kako uspešno zna športnik nadzorovati telesna in psihična stanja tudi na terenu.

dar želimo v okviru neke skupine izzvati skupinske učinke motivacije in predvsem takrat, kadar želimo oblikovati ali popravljati čustveno klimo in atmosfero v ekipi, klubu ali reprezentanci. Skupinske seanse so namenjene oblikovanju ciljev, samospoznavanju in reševanju medosebnih konfliktov ter učenju boljše komunikacije. Tudi v individualnih športih jih običajno uporabljamo nekajkrat letno – ob težavah ali tudi preventivno.

V okviru individualnega pristopa skuša psiholog posredovati oz. vplivati v naslednjih glavnih področjih, kjer trenutno še vedno največ dela poteka na prvem:

- analiza predtekmovalega stanja in psihična priprava na nastop,
- procesi motiviranja in postavljanja ciljev,
- procesi spreminjanja osebnostnih lastnosti (povečana kontrola pri težavah) in navad,
- vzgoja določenih lastnosti in značilnosti,
- pomoč pri vključevanju in definiranju vloge staršev v športu,



Biofeedback metoda na osnovi EEG-ja. Športnik na osnovi povratne informacije skuša nadzorovati možganske valove.

- pomoč pri učenju in razvoju tehnike ter popravljanju napak,
- učenje komunikacijskih spretnosti (športnika in trenerja),
- pomoč pri reševanju konfliktov,
- pomoč pri selekcioniranju in orientaciji perspektivnih (diagnostika),
- pomoč pri procesih regeneracije in rehabilitacije po poškodbah,
- pomoč pri pojavu različnih patoloških in nevrotskih simptomov,
- pomoč pri reintegraciji v nešportno sfero oz. v pripravi na športno upokožitev,
- pomoč in svetovanja pri ostalih nešportnih področjih, s katerimi ima opravka športnik tudi tekom športne kariere,
- pomoč pri specifičnih težavah, ki se včasih lahko pojavijo (posebno problemi s koncentracijo, anksioznostjo, depresivnostjo, anoreksijo) itd.

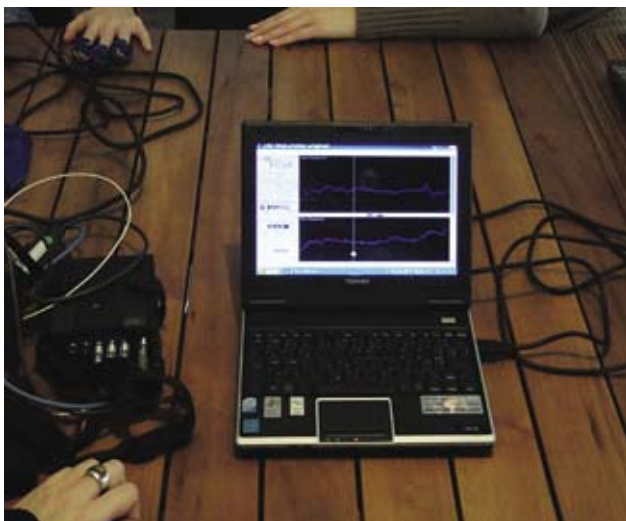
Najpomembnejše področje za enkrat še vedno predstavlja področje psihološke priprave športnika na nastop, ki vključuje analizo prednastopnih stanj (stres in anksioznost, trema, borbena pripravljenost, nastopna apatija, nastopna vročica, prednastopne napetosti in druge individualne značilnosti), diagnostiko prednastopnih stanj (IZOF model, AET model, Ekspertni in drugi modeli psihične priprave), izdelava modela prednastopnih stanj, bazično psihično pripravo (učenje načinov soočanja s stresom in samoobvladovanja, razvijanje odgovornosti do sebe in drugih, doseganje samokontrole (učenje tehnik doseganja kontrole nad samim seboj – telo, misli); tehnike relaksiranja (avtogeni trening, Jacobsonova metoda progresivne relaksacije, tehnike dihanja, hipnoza, avtohipnoza, 'megabrain', 'biofeedback'), tehnike za izboljšanje koncentracije (kratkotrajna, dolgotrajna); učenje izmenjavanja relaksacije in koncentracije, učenje tehnik vizualizacije (pomen in različni nameni uporabe, disocirana in asocirana) – kot način priprave na akcijo, kot sredstvo izboljšanja koncentracije, kot pomoč pri iskanju pravih rešitev in prave pripravljenosti, kot sredstvo za odpravljanje napetosti, kot način psihičnega ogrevanja pred nastopom, učenje senzorizacije (kot oblike poglobljene in razširjene vizualizacije (uporaba sugestije in avtosugestije v pripravi na aktivnosti), uporaba tehnike odstranjevanja negativnih občutkov, strahu in drugih negativnih stanj – sistematična desenzitizacija, učenje kontrole pozitivnih misli, uporaba 'biofeedbacka') in specialno psihično pripravo (izdelavo prednastopnih procedur in strategij, uporabo »sidranja« oz. pogojnega refleksa, razširjanje mej realnosti, spodbujanje stremjenja k popolnosti, uporaba vizualizacije, relaksacije in ostalih tehnik psihične priprave oz. mentalnega treninga za doseganje specialnih ciljev – priprava na nastop na konkretni tekmi s konkretnim ciljem).

Primarni cilj sodelovanja s psihologom je zagotovo pomoč pri športnikovi realizaciji dosežkov s treninga na tekmovanju. Optimalni cilj je '100 fenomen' oz. povečanje zanesljivosti optimalnega nastopa, kar naj bi dosegli sistematično in ne zgolj naključno. Športnikov nastop je namreč posledica niza faktorjev, ki izvirajo tako iz okolja kot iz športnika samega. Prav nastop na tekmovanju je rezultat oz. cilj vsega športnega udejstvovanja. Je rezultat oz. glavni motiv, za katerega športnik črpa ogromno količino energije. Želja športnih psihologov je spoznati in raziskati tak interaktivni model, odkriti pomembne dejavnike, ki



Športni psihologi se udeležujejo tudi velikih tekmovanj, kjer sodelujejo pri psihični pripravi na tekmovanje (Pomoč Petri Majdič na zimskih Olimpijskih igrah 2010).

determinirajo športnikov nastop. Cilj je postaviti ustrezen model, ki pojasni in napoveduje kvaliteto športnikovega nastopa. Sam nastop ne sme biti odvisen od naključnega počutja športnika, ampak je potrebno najti vzrode, s katerimi sistematično vplivamo in povzročimo nastanek tistih tekmovalnih stanj, ki povzročijo športnikom čim boljši nastop.

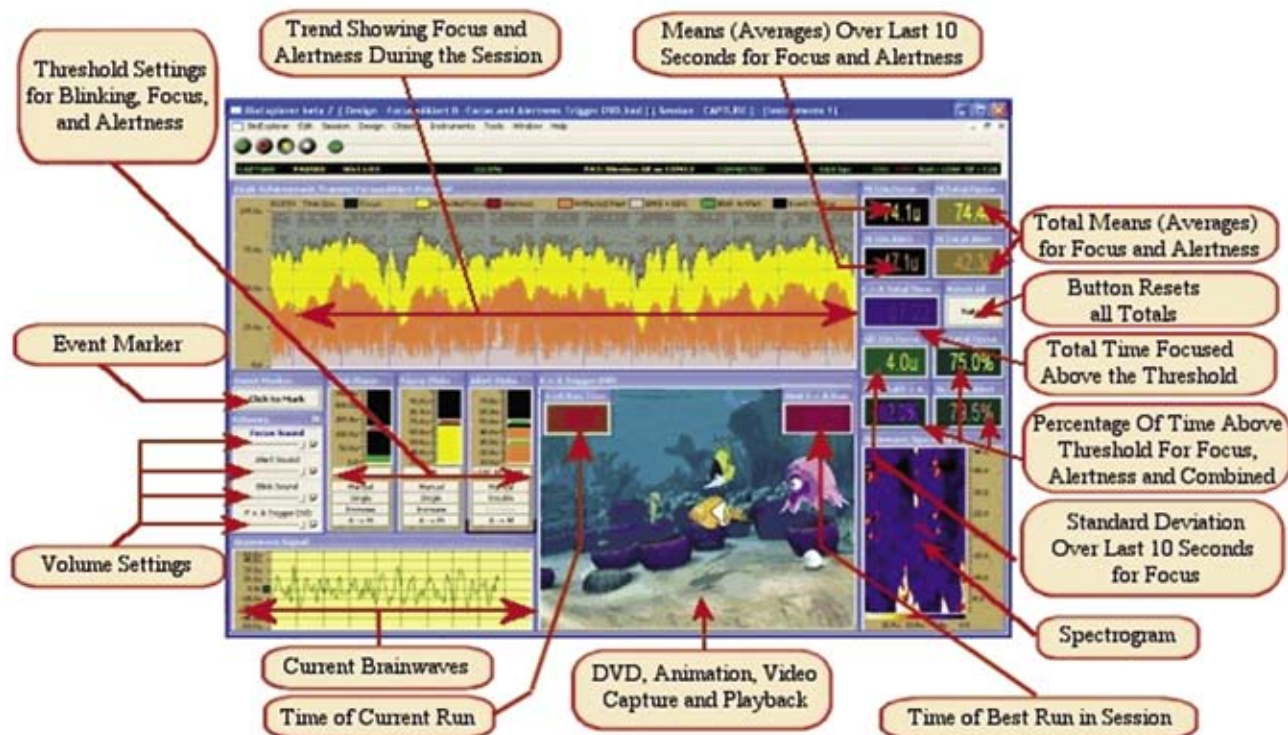


Uporaba 'biofeedback' metode, s katero se športniki učijo nadzorovati lastna telesna stanja s pomočjo relaksacije, aktivacije, koncentracije in dihalnih vaj.

Psihična priprava, ki sledi analizi predtekmovalnega vedenja in analizi športnikovih značilnosti, je vedno precej individualno zasnovana in zato preprosti prenosi spoznanj iz teorije v prakso pogosto niso učinkoviti. Športni psiholog in športnik morata skupaj skozi konstanto delo priti do nekaterih zaključkov in spoznanj (tudi na osnovi poskusov in napak oz. izkušenj), kako zasnovati čim bolj optimalno individualno psihično pripravo. Psiholog v tej vlogi nastopa predvsem kot strokovnjak in svetovalec, športnik pa kot aktivni soudeleženec, ki mora načrtovano psihično pripravo potem tudi izvajati. Pred vsakim resnim načrtom psihične priprave moramo narediti analizo športnikovega vedenja, kjer moramo biti pozorni predvsem na ustreznost aktivacije (ne sme biti ne premočna niti ne prešibka) in nivo samozaupanja pred tekmo. Optimalnost športnikovega vedenja je odvisna od količine stresa, ki deluje nanj, in njegove sposobnosti soočanja s stresom oz. desenzibilizacije t. i. tekmovalne anksioznosti in drugih napetosti, ki se v povišani meri pojavljajo pred začetkom tekmovanja. Po končani analizi vedenja sledi načrt psihične priprave, slednja pa poteka skladno z zastavljenimi cilji. Največkrat večino vaj opravi športnik sam, stalno pa v skupnem sodelovanju s psihologom nadzoruje trenutno stanje, skušata evidentirati potrebe po spremembah programa, če so potrebne, psiholog športnika uči nekaterih vaj, prav tako pa je narava nekaterih vaj taka, da jih mora voditi psiholog. Večino ostale športnikove psihične priprave lahko športnik izvaja samostojno. V tem kontekstu je potrebno zaključiti, da je psihična priprava športnika nujna za doseganje vrhunškega rezultata, sodelovanje s psihologom pa je zelo zaželeno. Res pa je, da ob ustrezno oblikovanem načrtu psihične priprave konstantna srečanja s psihologom niso vedno nujna. Najpomembnejše je, da razumemo fenomen psihične priprave kot izrazito individualne, v kateri precej enakovredno nastopajo tako športnik sam, kot trener in seveda psiholog. Neredko pa v načrt vključujemo tudi starše.

V laboratoriju športnikom in trenerjem ponujamo predvsem tri vrste storitev:





Prikaz PAT metode.

- psihodiagnostične preglede, ki predstavljajo različna testiranja sposobnosti, motivacije in osebnostnih lastnosti, pomembnih za ukvarjanje z nekim športom,
- psihološko svetovanje, v okviru katerega poskušamo športnikom in trenerjem pomagati pri načrtovanju treningov, psihične priprave, forme ipd. ter
- psihološki 'tretman', ki predstavlja najbolj neposredno obliko športnikove priprave na nastop.

S psihodiagnostičnimi pregledi navadno začnemo neko sodelovanje s športnikom. Z njimi poskušamo ugotoviti trenutni nivo motivacije, osebnostne lastnosti, nekatere sposobnosti, hitrost reakcij ipd., po drugi strani pa ti rezultati omogočajo neko predikcijo, kako se bo športnik vedel v bodoče, in pomagajo pri načrtovanju individualnih treningov, saj spoznamo športnikove pomanjkljivosti oz. prednosti. V nekaterih panogah je na tem nivoju tudi zaključen psihološki 'tretman' in sodelovanje s psihologom se omejuje zgolj na psihološke preglede in interpretacijo teh psiholoških pregledov posameznim športnikom in trenerjem. Taka testiranja služijo tudi preverjanju trenutne psihološke pripravljenosti, zato jih včasih delamo ob koncu tekmovalne sezone in pred začetkom nove. Rezultati testiranja potem omogočajo natančnejši vpogled v športnikovo trenutno pripravljenost ter po drugi strani narekujejo, kaj je potrebno do začetka pomembnih tekmovanj še popraviti in čemu posvetiti več pozornosti. Običajno take psihološke preglede kombiniramo še z motoričnimi in npr. antropometrijskimi merjenji, kar da še bolj popolno sliko športnika. Ta vrsta psihološke obravnave športnika torej vključuje kombinacijo pregledov oz. testiranja in tudi svetovanje, kaj in kako naprej. Razlikujemo med malimi in

delnimi ter velikimi in kompleksnimi pregledi. Pri delnem psihološkem pregledu npr. ugotavljamo le njegovo motivacijo, pri kompleksnem pa še odpornost na stres, predtekmovalno anksioznost, osebnostne lastnosti, nekatere sposobnosti, reakcijske čase idr., odvisno od potreb.

Nekateri športniki se odločajo za bolj poglobljeno delo s psihologom. Govorimo o tem, da športnik pride v psihološki 'tretman', v okviru katerega izvajamo dve vrsti priprave: osnovno ali bazično oz. splošno in posebno oz. specialno.

V okviru splošne psihične priprave poskušamo športnika naučiti razvijati samoregulacijske sposobnosti, načine samoobvladovanja in samokontrole, dvigovati poskušamo njegovo samozavest in spodbujati pozitivno mišljenje. Športnik trenira lastno koncentracijo, uči se sproščanja, razmišljanja ipd. Taka priprava poteka običajno 1 krat tedensko. Ker pa za napredovanje športnik potrebuje stalno vadbo in trening, običajno športniku izdelamo plan psihične priprave, ki jo športnik vsakodnevno samostojno izvaja po navodilih psihologa. Splošna psihična priprava se običajno začne hkrati z začetkom priprav za novo sezono.

Nekoliko pogostejše psihično pripravo izvajamo v ciklih; začnemo z nekaj seansami osnovne psihične priprave, nato nadaljujemo intenzivnejše v obdobjih velikih tekmovanj (do 20 krat letno). Največkrat je slednja možnost tudi najbolj sprejemljiva, saj mnogi športniki preživijo veliko časa na pripravah in zato tudi niso vedno dosegljivi, če psiholog ni z njimi konstantno, kar pa pri nas ni navada (največkrat je problem predvsem finančne narave, saj ekipe ne morejo zaposliti psihologa). V zadnjem času pogosto prakticiramo, da skušamo organizirati pomoč in svetovanje psihologov v organiziranih športnih sre-



Tehnika psihične priprave športnika z biofeedback tehniko.

dinah (klubih) na terenu, kar pomeni, da koordiniramo delo tako, da prihaja v klub športni psiholog relativno redno (1 krat tedensko ali 1 krat na 14 dni) in tam sodeluje z zainteresiranimi športniki. Seveda so take oblike sodelovanja odvisne od klubov in njihovih finančnih možnosti.

Še nekoliko bolj pogost način psihične priprave je specialna priprava, kjer športnika pripravljamo na nek konkreten cilj, npr. OI ali SP. Taka priprava vsebuje nekatere posebne tehnike, med katerimi so zelo pogosto uporabljene tehnike vizualizacije in senzorizacije, hipnoza in avtogeni trening. Vsi športniki, ki izvajajo z nami splošno pripravo, se seveda tudi specialno pripravljajo, nekateri pa pridejo k nam le dva do tri mesece pred pomembnim tekmovanjem in potem v tem obdobju poskušamo športnika čim bolj psihično pripraviti na neke specialne cilje (odstranjevanje treme, študiranje in zapomnitev programa, doseganje popolnosti v nastopu, skočiti 200 metrov ipd.). Taka oblika sodelovanja se pogosto obnese kot zelo učinkovit način, saj je celoletno spremljanje največkrat zaradi velikih stroškov prevelik finančni zalogaj za športnika oz. neko panožno zvezo. Res pa je, da je celoletno spremljanje zagotovo najbolj zanesljiva pot do doseganja športnikove popolnosti.

Največkrat me športniki in trenerji sprašujejo, kaj delamo v okviru psihične priprave. Res je, da smo razvili niz tehnik priprave in sestavili mnoge vaje, s katerimi treniramo nekatere pomembne spretnosti in samokontrolo, vendar pa se psihična priprava vedno začne in konča s pogovorom. Slednjega je v takih seansah zagotovo največ. Naš cilj je, da športniku pomagamo spoznati samega sebe, najti njegove notranje rezerve, se jih naučiti koristiti ter slednje v nastopu tudi realizirati. Športni-

ku pomagamo osebnostno rasti in dozoreti, prav to pa je tisto, česar si odrasli športniki tudi najbolj želijo. V takem odnosu je njihova vloga aktivna, učinek pa posledica predvsem njihovega, ne pa psihologovega dela.

V zadnjih dveh letih smo začeli v psihično pripravo vključevati tudi številne tehnične novosti. Imamo dve novi napravi, s katerimi učimo razvijati mentalne sposobnosti in veščine (npr. koncentracijo, sproščanje, aktiviranje, pravilno dihanje, polnjenje z energijo itd.) preko uporabe računalniške simulacije. Uporabljamo tehnologijo 'biofeedbacka', kjer se na osnovi sprememb fizioloških odzivov učimo nadzirati samega sebe preko nadzora misli in čustev. Prav neverjetno je, kako lahko samo z mislimi in kreiranji občutkov v telesu nadzorujemo predtekmovalna stanja in stres.

Na podobni tehnologiji temelji tudi PAT, s katerim treniramo predvsem koncentracijo. Ti sodobni aparati omogočajo tudi kvantificiranje dela športnega psihologa v športni praksi, saj omogočajo neposreden vpogled v to, kaj s pripravo pri športniku dosežemo, hkrati pa potrjujejo, da tudi delo na področju psihologije športa zahteva trening, mentalni trening.

V laboratoriju sledimo novim trendom v psihologiji športa in skušamo uvajati nove storitve, mnoge podprte s sodobno tehnologijo. Želeli bi si tudi razvoja specialne psihodiagnostike, za kar bi sicer morali imeti laboratorij, ki bi ne bil svetovalni, ampak tudi raziskovalni. Teh možnosti za enkrat ni, še vedno pa ostajamo najbolj kompetenten laboratorij na področju psihologije športa na področju držav nekdanje Jugoslavije in vseh sosednjih držav.

prof. dr. Matej Tušak, univ. dipl. psih.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport –
Katedra za psihologijo športa
e-naslov: matej.tusak@fsp.uni-lj.si



Matej Supej

Nova metodologija 3D merjenja v športu s poudarkom na alpskem smučanju: MVN in RTK GNSS

Povzetek

Tridimenzionalne meritve so pomembno orodje v športni znanosti in tudi za tekmovalno alpsko smučanje. Do sedaj so bile kamere edino orodje za takšna merjenja kljub njihovim omejitvam. V študiji predlagamo nov sistem, ki vključuje RTK GNSS za merjenje referenčne trajektorije v sožitju z obleko, ki ima vgrajene inercialne senzorje za relativno merjenje gibanja segmentov telesa. Izvedeni so bili štiri neodvisni eksperimenti, od katerih vsak vključuje več poskusov. Namen je bil preveriti zanesljivost sistema in dokazati njeno uporabnost. Sistem je pokazal visoko veljavnost referenčne krivulje skozi celotno smučarsko progo. Za veljavnost gibanja segmentov pa je bilo ugotovljeno, da je odvisna od frekvence gibanja in je imela visoko natančnost pri 10 s trajajočih meritvah, medtem ko točnost rahlo upade v 35 s trajajočih meritvah. Dokazanih je bilo več prednosti nove metode merjenja glede na ustaljeni sistem kamer. Z novim sistemom je mogoče izmeriti celotno smučarsko progo in to z manj delovne sile in z nižjimi stroški. V prispevku so predstavljeni primeri možnih analiz tehnike. Sistem je uporaben tudi v drugih sorodnih aktivnostih, ker omogoča meritve na večjem merilnem področju od starih sistemov pri pogoju, da so meritve izvedene zunaj.

Ključne besede: biomehanika, 3D meritve, pospeškometer, globalni satelitski navigacijski sistem, GPS, inercialna obleka za zajem gibanja.

■ Uvod

Tekmovanja v športu in še posebej smučarske tekme se odločajo na ravni delčkov sekunde. To povečuje pomembnost meritev v športu in hkrati težavnost njihove izvedbe. V preteklosti so se v alpskem smučanju uporabljale tridimenzionalne (3D) meritve gibanja z uporabo kamer. Najstarejši zanesljiv sistem uporablja strojno sinhronizirane kamere, ki s pomočjo prekrivanja posameznih podprostorov omogočajo zajem vsaj enega zavoja s sprejemljivo natančnostjo (Supej idr., 2005). Pri uporabi takega sistema je umerjanje prostora in sinhronizacija

New 3D measurement methodology for sport with emphasis on alpine skiing: MVN and RTK GNSS

Abstract

Three dimensional measurements are an important tool in the science of sports as well as in alpine ski racing. Up to now, camcorders have been the measurement device of choice in spite of their limitations. This study proposes a novel system involving a GNSS RTK system that returns a reference trajectory with a suit, imbedded with inertial sensors, to reveal subject segment motion. Four independent experiments, involving several trials, were performed to validate the system and to demonstrate possible usage. The system exhibited a high validity with regards to the reference trajectory throughout an entire ski race course. Segment movement validity was found to be dependent on the frequency of motion, with high accuracy for 10 s, while accuracy decreased slightly during 35 s of data collection. Several advantages over camcorder based measurements have been shown. The system is capable of measuring an entire ski course with less manpower and therefore lower costs. Examples of possible technique analysis are presented and discussed. The system as presented could be used for similar activities as it enables motion measurement in large open environments which have been a serious limitation of previous camcorder based measurements.

Keywords: biomechanics, 3D measurements, accelerometer, global navigation satellite system, GPS, inertial sensor motion capture suit.

razmeroma zapletena in dolgotrajna. V zadnjem času so se za 3D merjenje uveljavili tudi sistemi, kjer kamere smučarja lahko sledijo (*"pan-tilt-zoom"*) in s tem zaobidejo problem sinhronizacije velikega števila sinhroniziranih kamer, saj lahko par kamer na tak način pokrije večji merilni prostor (Moessner idr., 1995, 1996; Nachbauer idr., 1996). Na žalost pa se v tem primeru umeritev kamer in merilnega prostora še bolj zaplete. Ob tem na robovih merilnega območja prihaja do nepravokotne postavitve kamer, kar negativno vpliva na natančnost meritve v globinski koordinati.



Ročna digitalizacija točk sklepov iz video posnetkov zahteva precej anatomskega znanja, zbranosti in je za povrh vsega časovno izjemno potratna. Takšna sistema sta npr. APAS (*Ariel Dynamics Inc.*, CA USA) in Simi Motion (*SIMI Reality Motion Systems GmbH*, Germany). Posledica tega je izjemno dolg čas med meritvami in rezultati, cena meritev pa visoka. Alternativa tej metodi je nameščanje reflektivnih markerjev na merjenca, ki jih lahko primerno programsko orodje prepozna avtomatsko. Sistema, ki delujeta na takem principu, sta npr. Elite in Smart (BTS Bioengineering, Italy) ter Vicon MX (OMG, UK). Ker markerji niso "vgrajeni" v sklep, lahko pričakujemo sistematično napako, ki jo je možno rešiti s povečanim številom markerjev na segment, kar pa dodatno oteži meritev. Potencialno večjo število markerjev poveča potrebo po številu kamer, ker obstaja večja možnost, da je kakšen od markerjev neviden zaradi njihove postavitve okoli segmentov. Ob tem imajo sistemi z avtomatsko digitalizacijo reflektivnih markerjev zelo velike težave pri razpoznavi na neposredni sočni svetlobi, kar pomeni, da so za smučanje precej neuporabni.

Nizka ločljivost konvencionalnih kamer je problematična, kar se izvaja meritve na večjem merilnem prostoru. Uporaba novih kamer z visoko natančnostjo to nekoliko izboljša, zato pa bistveno poveča potrebo po višjih zmogljivostih računalnikov za obdelavo. Po drugi strani pa hitro naletimo tudi na težave pri frekvenci zajemanja, ki so mnogokrat prenizke. Povečevanje frekvence zajema brez povečevanja natančnosti meritve pa ne obrodi želenih ciljev, saj se relativna napaka sorazmerno povečuje.

V zadnjem času so se začeli uveljavljati sistemi z aktivnimi markerji (npr. Optotrak Certus, Northern Digital Inc., Canada; CODA – Codamotion Cx1, Charnwood Dynamics Ltd., United Kingdom). Sistemi so razmeroma enostavni za uporabo, imajo veli-

ko natančnost in frekvenco zajema, zato pa imajo zelo omejen merilni prostor. Ob tem pa so na žalost tudi skoraj neuporabni na sočni svetlobi.

Vse te pomanjkljivosti obstoječih sistemov so nas vodile k iskanju novih rešitev 3D meritev. Uporaba naprav Globalnega satelitskega pozicioniranja (GPS) je postala precej popularna v športnih meritvah (Ai in He, 1999; Larsson in Henriksson-Larsen, 2001; Larsson idr., 2002; Seifriz idr., 2002; Larsson, 2003; Skalous in Limpach, 2003; Karboviak, 2005; Larsson in Henriksson-Larsen, 2005; Rodriguez idr., 2005; Edgecomb in Norton, 2006; Ermes idr., 2008; Larsson in Henriksson-Larsen, 2008; Townshend idr., 2008; Troped idr., 2008). Res pa je, da je pri alpskem smučanju zaradi hitrega gibanja in sprememb smeri potrebna zelo visoka ločljivost, ki jo najboljši sistemi sicer omogočajo, problem pa je, da meritev z GPS tehnologijo zajame le eno točko (antene) in še ta ni težišče telesa. Po pravilih mednarodne smučarske zveze (FIS) je najmanjša razlika med smernimi vratci 6 m (FIS, 2008). Že iz tega ugotovimo, da bi pri 1 % natančnosti določitev vratc in relativnega gibanja smučarja potrebovali vsaj 6 cm natančnost. Takšno natančnost presežejo sistemi, ki delujejo na principu dveh frekvenc L1/L2 z načinom "kinematike v realnem času" (*Real Time Kinematics*; RTK), ki so tudi že bili uporabljeni v preteklih raziskavah (Skalous in Limpach, 2003). Kot smo že ugotovili, imajo GPS naprave omejitve, da zajamejo le točko antene v 3D prostoru, pa še ta ne more biti poljubna zaradi omejitev pri vidljivosti satelitov, saj npr. človeško telo (roka, dlan, glava) zakrije signal, ki prihaja iz satelitov. Brodie idr. (2008a) je prestavil sistem, ki deluje na fuziji senzorjev, ki zajamejo relativno gibanje segmentov telesa, GPS sprejemnika in vložkov pritiska. Žal pa je bil sistem omejen na absolutno natančnost 10 m, čeprav avtorji "pričakujejo" natančnost okoli 1.5 m. Takšna natančnost pa ne zadošča zahtevnosti meritev v tekmovalnem alpskem smučanju.

Druga možnost je inercialna obleka "MVN motion capture suit" (Xsens Technologies, Enschede, The Netherlands), ki sestoji iz 17 inercialnih senzorjev (MTx). Vsak senzor zajame 3D pospešek, 3D kotno hitrost in 3D magnetno polje. Skupaj lahko zajamejo gibanje 23 telesnih segmentov v realnem času. Kljub temu pa sistem ne omogoča avtonomnega merjenja alpskega smučanja, ker potrebuje ravno podlago z "nepremičnimi" stiki, kot jo imamo npr. pri hoji., česar pa nimamo pri kotaljenju ali pa drsenju po podlagi. Če pa bi MVN obleki dodali RTK Globalni navigacijski satelitski sistem (GNSS), bi obe tehnologiji skupaj lahko predstavljali zanesljiv in natančen sistem za 3D meritve v alpskem smučanju.

Zato je bil prvi cilj te raziskave preveriti natančnost posameznega senzorja obleke, ki meri gibanje posameznega segmenta. Drug cilj je bil izvesti meritve, ki bi zajela celo smučarsko progo, in ob tem preveriti globalno natančnost ter zaobiti glavne ovire obstoječih merilnih sistemov, ki delujejo na sistemu kamer.

Metode dela

Izpeljani so bili štiri neodvisni eksperimenti. Prva dva sta bila izvedena za preverjanje natančnosti MVN obleke (preglednica 1) in tretji za natančnost globalne pozicije RTK GNSS sistema

Preglednica 1: Izbrane tehnične lastnosti MVN obleke.

	MVN obleka
Meritev	Celo telo v 6 DOF
Model človeka	23 segmentov, 22 sklepov
Število senzorjev	17 MTx
Shranjevalnik podatkov (Xbus master)	Brezžično hranjenje v realnem času (Bluetooth 2.0) v območju do 150 m
Max. frekvenca zajemanja	120 Hz
Teža	Skupna teža na športniku: 1.9 kg, MTx senzor: 30 g
Dimenzije	MTx senzor: 38 × 53 × 21 mm, Xbus master 100 × 150 × 40 mm
3D natančnost orientacije	0.05°
Natančnost pospeška	2 mg
Natančnost kotne hitrosti	0.6 %/s

Preglednica 2: Izbrane tehnične lastnosti za Leica GX1230 GG sprejemnik in Leica GNSS AX1202 anteno.

	Leica GX1230 GG sprejemnik
Tip	Dvofrekvenčni (L1+L2), GNSS, geodetski, RTK sprejemnik
Št. Kanalov	72 kanalov: 14 L1+14L2 GPS, 2 SBAS, 12 L1+12 L2 GLONASS
Statična natančnost (rms)	Horizontalna: 5 mm + 0.5 ppm; Vertikalna: 10 mm + 0.5 ppm
RTK natančnost (rms)	Horizontalna: 10 mm + 0.5 ppm; Vertikalna: 20 mm + 0.5 ppm
Maks. frekvenca zajem.	20 Hz
Zanesljivost	99.99%
Latenca	30 ms
Dimenzija	0.212 m × 0.166 m × 0.079 m
Teža	1.2 kg
	Leica AX1202 GG antena
Tip	L1/L2 dvofrekvenčna, GPS+GLONASS antena
Dimenzija	170 mm × 62 mm (premer × višina)
Teža	0.44 kg

Opomba: Merilna natančnost je odvisna od števila vidnih satelitov, njihove konstalacije, čas zajema, pogojev v ionosferi, itd. Podatki v preglednici predvidevajo normalne in dobre pogoje. GPS in GLONASS sateliti skupaj lahko povečajo zmogljivosti in natančnost do 30% v primerjavi s samo GPS sateliti.

(preglednica 2). Zadnji eksperiment je bil izveden kot primer za uporabo v alpskem smučanju.

Eksperiment 1: Vsiljeno nihanje

Za preverjanje lezenja signala MTx senzorja, ki sestavlja MVN obleko, je bil izveden test z vsiljenim nihanjem. Pri tem je bil senzor pričvrščen na 70 cm dolgo in togo leseno nihalo, ki je vsebovalo posebno ročko za ročno vsiljevanje nihanja. Os rotacije je bila 5 cm z vrha navzdol, MTx senzor pa je bil pričvrščen 15 cm pod osjo rotacije in nastavljen na zajem pri 120 Hz.

Za referenčni zajem gibanja je bila uporabljena Sony DVCAM DSR-300 PK kamera, ki je bila postavljena pravokotno na nihanje nihala in je snemala pri 50 Hz v ločljivosti PAL. Za digitalizacijo sta bila uporabljena dva reflektivna markerja v obliki polsfere in s premerom 1 cm (BTS Bioengineering, Italy). Eden je bil pritrjen na vrh, drugi pa na spodnji del nihala. Položaji markerjev so bili avtomatsko digitalizirani v programu Avi AD Measure v2.4 (ISC s. p., Slovenia). Koti so bili izračunani s pomočjo osnovnih trigonometričnih funkcij. Napaka meritev zaradi velikosti pikice video posnetka je bila ocenjena na $< 1^\circ$.

Nihalo se je štirikrat ročno poganjalo za 35 s pri treh različnih frekvencah 2, 1, in 0.5 Hz. Amplitude nihanja so bile med 40 in 70°. Kot iz MTx senzorja je bil izračunan s pomočjo numerične integracije surove kotne hitrosti. Koti so bili nato pretvorjeni v 50 Hz za ujemanje z referenčno meritvijo. Na koncu so bile izračunane razlike v kotu, dobljene s pomočjo kamere in s pomočjo MTx senzorja. Obdelave so bile izvedene v programskem paketu Matlab R2007a (Mathworks, Natick, MA, USA).

Eksperiment 2: Hoja

Za preverjanje magnetne deklinacije MVN obleke v primerjavi z globalno orientacijo je bil izveden eksperiment s hojo. Dva smučarja (višina = 164 in 167 cm; masa = 61 in 64 kg) sta bila oblečena v MVN obleko izvedla tri hoje. Pri vsaki sta imela isti začetni položaj, iz katerega sta 15 m hodila po črti v eno smer in nato še nazaj. Pred vsako meritvijo sta izvedla običajno umeritev MVN obleke. Štartna/končna točka in točka obrata sta bila izmerjena tudi z RTK GNSS sistemom za določitev magnetne deklinacije.

Rover (merilna enota RTK GNSS sistema) in referenčna postaja (enota RTK GNSS sistema, ki oddaja korekcije v realnem času) sta bila sestavljena iz enakih strojnih delov: RTK GNSS sprejemnik Leica GX1230GG, antena in radijski modem (preglednica 2). Referenčna postaja je bila postavljena na nepremično stojalo v bližini meritve, antena roverja pa je bila na 2 m dolgi geodetski palici. V času meritev je bilo vidnih najmanj 8 satelitov z elevacijskim kotom $> 15^\circ$. V tem primeru se je uporabilo le zemljepisno širino in dolžino, ki je bila izmerjena s 5 mm natančnostjo.

Tudi iz MVN obleke so bile vzete le horizontalne koordinate vratu. Razlika med začetno in končno točko je bila uporabljena za izračun natančnosti lezenja sistema. Linearni regresiji iz trajektorije gibanja MVN obleke in iz RTK GNSS meritve pa sta bili uporabljeni za računanje smeri gibanja in razlike v orientaciji sistema.

Eksperiment 3: Postavitve vratc

Eksperiment postavitve vratc je bil izveden za preverjanje natančnosti in ponovljivosti globalnega pozicioniranja RTK GNSS sistema. Ta in zadnji eksperiment sta bila izvedena na ledeniku. Postavljena je bila proga iz 20 smernih vratc. Oddaljenost med vratci je bila 14 m ($SD = 0.87$). Prvih 8 vratc je bilo postavljenih na 24° terenu, nato pa je med 9. in 11. vratci naklon padel na 12° in ostal približno nespremenjen do konca proge.

Referenčna postaja RTK GNSS sistema je bila postavljena neposredno ob startu proge. Antena roverja je bila za meritev zopet na geodetski palici, s katero so bile izmerjene pozicije vratc zjutraj pred treningom v statičnem načinu merjenja. Tri ure kasneje so bila vratca posneta v RTK načinu pri frekvenci zajemanja 20 Hz. Vsaka vratca so bila zajeta vsaj 100 krat. V času meritev je bilo vidnih 8–12 satelitov z elevacijskim kotom večjim od 15°. Za vsaka vratca so bile nato izračunane razlike v poziciji med statično in RTK izmerjenimi podatki.

Eksperiment 4: Smučanje

Dva smučarja, opisana v eksperimentu hoje, sta oblekla MVN obleko pod svoj tekmovalni kombinezon (slika 1) in vsak odpeljala po pet voženj skozi postavitev, predstavljeno v eksperimentu 3. Meritev z obleko je bila izvedena v načinu stalne medenice ("pelvis fixed"), ki relativno premika vse segmente na stalno točko.



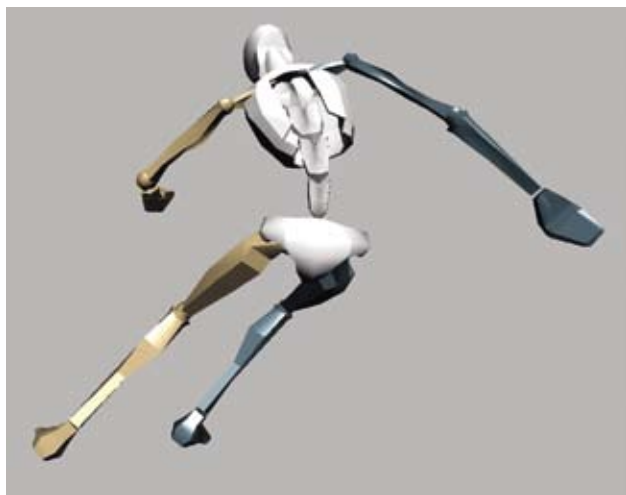
Slika 1: MVN obleka, ki se stoji iz 17 MTx senzorjev, ki jo je smučar oblekel pod tekmovalni kombinezon. RTK GNSS sprejemnik, shranjevalnik podatkov (Xbus master) in antena so spravljani v majhen nahrbtnik, ki ga nosi smučar.

RTK GNSS sistem (preglednica 2) je bil podobno pripravljen kot v eksperimentu 3 z razliko, da je bil rover spravljen v majhen nahrbtnik (slika 1) z anteno v neposredni bližini ramenskega obroča. Zajemanje je bilo pri 20 Hz z natančnostjo 5–7 mm horizontalno in 12–15 mm vertikalno.

Pred vsako meritvijo je bila izvedena standardna umeritev z MVN obleko, pred samim štartom pa je smučar izvedel eksploziven počep za sinhronizacijo merilne opreme. Vremenski in snežni pogoji so bili idealni za izvedbo meritev. Vsi podatki so bili uvoženi v Matlab R2007a, kjer so se signali s pomočjo posebej prirejenih programskih rutin polavtomatsko sinhronizirali in sestavili v skupno gibanje.

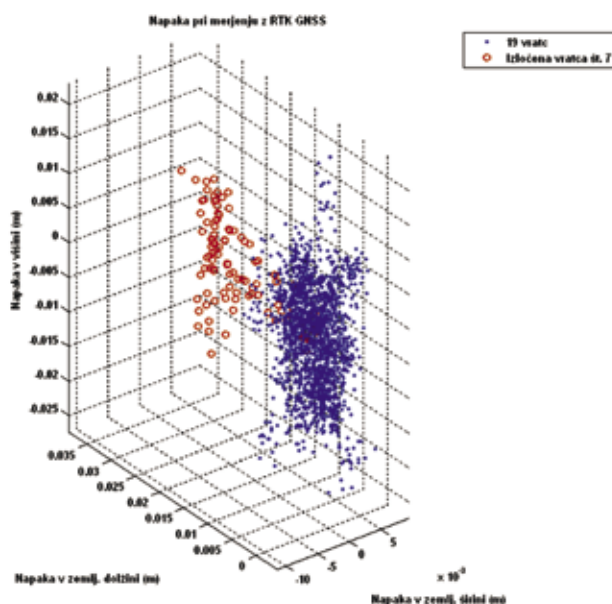
Ko je bila meritev sinhronizirana, je bila RTK GNSS trajektorija poglajena z dvosmernim Kalman filtrom (Murphy, 2003). Natančnost meritve, ki je standardno dobljena iz RTK GNSS sprejemnika za vsako izmerjeno točko, je bila uporabljena za nastavitve stopnje filtriranja s pogojem, da se nobena od točk ne premakne za več kot je njena izmerjena natančnost. S pomočjo kubične interpolacije je bila meritev RTK GNSS pretvorjena v višjo frekvenco, da so se podatki ujeli z meritvami MVN obleke. Takšna RTK GNSS trajektorija je predstavljala gibanje

sredine ramenskega obroča (položaj antene), ki je bila vnesena v meritev MVN obleke. S pomočjo superponiranja pa so bile dobljene še ostale točke gibanja telesa, ki skupaj predstavljajo celotno 3D gibanje (slika 2). Sklopljena meritev za najboljšo vožnjo je bila uvožena v KinSki 3.1 sistem (Supej idr., 2005), kjer so bili izračunani podatki za lateralni upogib v kolenu in kolku ter hitrost gibanja težišča telesa in smuči.



Slika 2: Model človeka, ki ga uporablja MVN obleko.

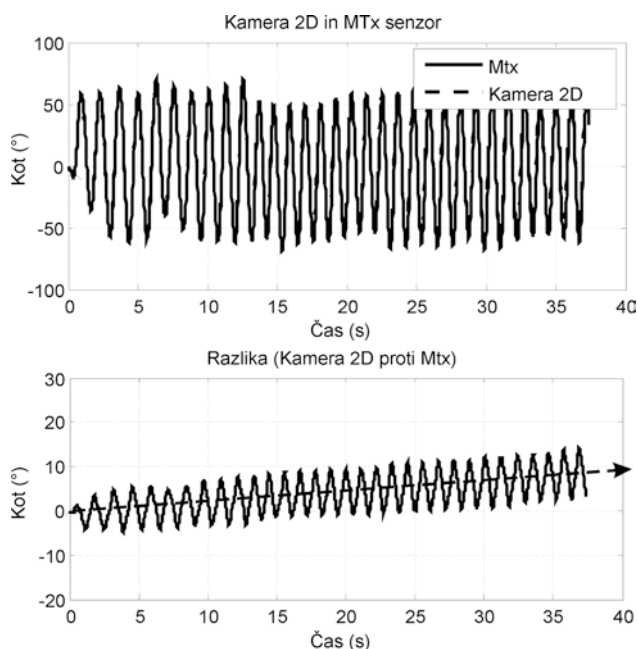
Vožnje so bile posnete tudi s PAL kamero JVC GR-DV4000. S pomočjo VirtualDub 1.51 in AviSynth 2.4 programa so bili posnetki pretvorjeni v 60 Hz. Tako dobljeni posnetki so bili uporabljeni za kvalitativno primerjavo s 3D animacijami dobljenimi v sistemu MVN.



Slika 4: RTK GNSS izmerki iste točke v treh dimenzijah: zemljepisna višina, zemljepisna širina in višina. Podatki za 19 vrtec so označeni s pikicami, izločena vrstica št. 7 pa so označena s krogi. Opomba: raztresenost podatkov predstavlja nenatančnost meritve.

Rezultati

Primer lezenja senzorjev v eksperimentu vsiljenega nihanja je prikazan na sliki 3 za vsiljeno nihanje 1 Hz. Naj spomnimo, da takšno gibanje ustreza dvema zavojema na sekundo. Na prvi pogled razlik med MTx meritvijo in video meritvijo ni (slika 3a). Če izrišemo razlike v kotu, pa se razlike med sistemoma bolj nazorno pokažejo (slika 3b). Lezenja so bila opazna pri vseh meritvah. Po 10 s je bilo povprečno lezenje 0.8° ($SD = 0.6^\circ$), pri 35 s pa 2.1° ($SD = 1.7^\circ$) za 0.5 Hz, 3.3° ($SD = 2.2^\circ$) za 1 Hz in 4.2° ($SD = 2.9^\circ$) za 2 Hz, kar je v skladu z drugimi raziskavami (Cutti idr., 2007a, 2007b; Luinge idr., 2007; Visser idr., 2007; Brodie idr., 2008b). Opazili smo tudi sistematično razliko med meritvami v maksimumih in minimumih v primerjavi z meritvijo s kamero v velikosti $2.1\text{--}2.7^\circ$ (slika 3b).



Slika 3: Kot, izmerjen med vsiljenim nihanjem nihala s pomočjo kamere in s pomočjo MTx senzorja (zgoraj), in razlika v izmerjenem kotu med obema sistemoma (spodaj).

Bolj kompleksen test lezenja je bil izveden pri hoji, kjer vsi segmenti skupaj določijo skupno lezenje pozicije. Po 15 m hoje gor in dol je bila razlika v položaju 6.3 cm ($SD = 7.2\text{ cm}$). Razlika v orientaciji sistemov, dobljena s pomočjo hoje (eksperiment 2), je znašala 3.1° ($SD = 0.7^\circ$). Ta razlika v orientaciji pa je zelo podobna geosekularni magnetni variaciji, kot jo predvidi mednarodni model zemeljskega magnetnega polja ("The 10th Generation International Geomagnetic Reference Field model") (Maus idr., 2005), ki predvidi 2.6° deklinacije za čas in položaj izvedbe meritev. Isti model je predvidel 0.85° deklinacije za meritev na ledeniku, ki je bila uporabljena za korekcijo pri združevanju podatkov.

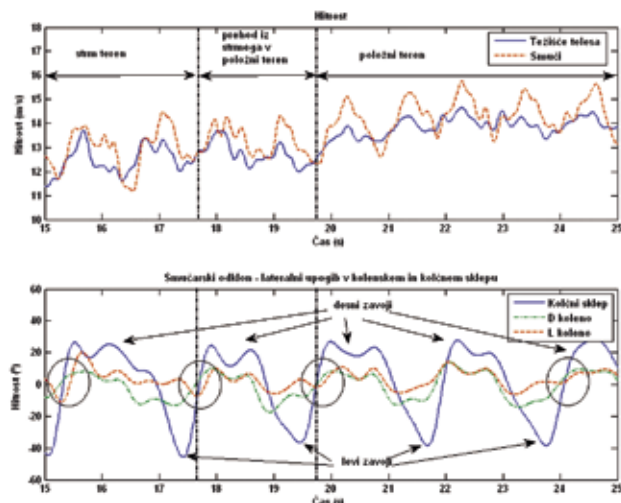
V tretjem eksperimentu se je preverilo natančnost RTK merjenja z uporabljeno GNSS opremo. Povprečna razlika za 19 vrtec (vsaka izmerjena 100 krat) je bila 0.008 m ($SD = 0.0044\text{ m}$) z maksimumom 0.029 m . Slika 4 prikazuje porazdelitev razlik za vse tri izmerjene koordinate. Ker so ena vrata med treningom izpadla in so bila ponovno postavljena, so prikazana ločeno. Ker so imela statistično večjo napako od ostalih, so bila iz analize

izložena. Zemljepisna širina in višina sta imela približno trikrat manjšo napako kot višina.

Zadnji eksperiment je bil v celoti izveden v 4 urah s pomočjo enega merilca in enega pomočnika. Pri tem je bila zajeta celotna postavitev. Podatki so bili pripravljeni za vhod v program za analizo v istem dnevu. Slika 5 prikazuje primerjavo video posnetka in animacijskih slik, dobljenih iz MVN sistema. Pri tem so animacije prikazane iz dveh različnih kotov. Na sliki 6 so prikazane hitrosti težišča telesa v odvisnosti od časa za izbran odsek. Hitrost težišča telesa se je gibala med 11.4 in 13.8 m/s na strmem terenu, medtem ko je bila v prehodu iz strmega na položen teren med 12.1 in 13.9 m/s. Najvišja izmerjena hitrost je bila med 13.7 in 14.6 m/s na položnem delu. Hitrosti smuči so ob količku višje od težišča telesa zaradi daljše poti, v fazi prenosa teže pa sta si ti dve hitrosti bolj podobne.



Slika 5: Izbrani položaji smučarjev v enem od izmerjenih zavojev. Zgornje dve vrsti slik predstavljajo meritve z MVN obleko, spodnja pa video posnetek.



Slika 6: Hitrost težišča telesa smučarja in smuči (zgoraj) ter lateralni upogib v obeh kolenskih sklepih in v kolčnem sklepu (spodaj). Oba diagrama predstavljata 9 zavojev srednjega dela proge. Črtkane vertikalne črte prikazujejo območje, kjer se zgodi največja sprememba v naklonu proge (iz strme v položno). Krogi na spodnjem diagramu prikazujejo začetke zavojev, kjer lateralni upogib v kolenskem sklepu zamuja.

Izračunana sta bila tudi lateralni upogib v kolenskem in kolčnem sklepu (smučarski odklon) v programu KinSki (slika 6). Na sliki 6 je lepo vidna asimetrija v smučarskem odklonu, ki ni posledica postavitve ali terena. Poleg tega so imeli koti v levem kolčnem sklepu enojni lateralni upogib, ki je imel maksimum v območju med 38 in 45° (kot nič pomeni nič smučarskega odklona). Po drugi strani pa se je odklon v desnem kolčnem sklepu obnašal tako, da ima je imel dva vrhova v območju med 24 in 27°. V štirih od petih desnih zavojev se je zgodil lateralni

upogib v kolenu pred lateralnim upogibom v kolčnem sklepu, medtem ko lateralni upogib kolenskega sklepa v levih zavojih vedno zamuja lateralnemu upogibu v kolčnem sklepu, kar pa ni ugodno za smučanje brez oddrsavanja (Supej idr., 2005). Smučar ima tudi podoben lateralni upogib obeh kolen v desnih zavojih, medtem ko ima v levih zavojih upogib različen (t. i. X ali A položaj nog).

Diskusija

3D meritve z uporabo kamer imajo vrsto omejitev, kadar se jih uporablja na konfiguracijsko zapletenih terenih in kadar se potrebuje veliko merilno območje, kot je primer alpskega smučanja. Z uporabo inercialnih senzorjev za meritev gibanja lokomotornega sistema v povezavi z RTK GNSS sistemom se mnogo teh pomanjkljivosti zaobide. Čas priprave se bistveno skrajša, zmanjša se potreba po številu ljudi, ki delajo na meritvah, in izjemno pomembno, zmanjša se čas od meritev do rezultatov.

Ker MVN obleka in RTK GNSS delujeta avtonomno, so bile tudi meritve natančnosti izvedene ločeno za vsak sistem. Eksperiment z vsiljenim nihanjem je bil namenjen preverjanju natančnosti meritve segmentov. Opazili smo le majhno lezenje signala v 10 s trajajočih meritvah. Potrebno je poudariti, da je 10 s trajajoča meritev zgornja meja tega, kar bi v smučanju teoretično lahko pomerili s sistemom kamer (#d meritve) zaradi omejitve velikosti prostora. Po 35 s trajanja neprekinjenih močnih oscilacijah so bila lezenja sicer nekaj večja, vendar ne višja, kot so napake pri običajnih sistemih, delujočih na osnovi kamer v smučarskih razmerah. Ker se je pojavilo večje lezenje signala pri 35 s meritvah pri višjih frekvencah, pa to vzbuja določeno skrb za meritve slaloma, kjer je frekvenca gibanja večja. Po drugi strani pa je skrb manjša za veleslalom, super veleslalom in smuk, kjer so zavoji bistveno daljši in trajajo dlje časa.

Razmeroma majhna relativna napaka, ki jo dobimo z integracijo kotne hitrosti, izmerjene z MTx senzorji (MVN obleka), kaže na to, da so kotne hitrosti (prvi diferencial) in kotni pospeški (drugi diferencial) bolj natančno izmerjeni kot s sistemom kamer. To zelo verjetno drži, saj so kotne hitrosti in pospeški neposredno izmerjeni parametri v MVN obleki, s sistemom kamer pa jih moramo izračunati z diferenciacijo.

Majhno in sistematično razliko v izmerjenem kotu pri vsiljenem nihanju, dobljeno z MTx senzorjem in kamero, lahko pripišemo nižji frekvenci zajemanja s kamero in napakam leč pri kameri. Majhno izmerjeno lezenje pri eksperimentu hoje (0.2 %; SD = 0.45) pa je najverjetneje posledica razmeroma kompleksnega modela človeka v MVN obleki, ki uporablja 17 senzorjev in vključuje 23 segmentov (Contini idr., 1963; Drillis, 1963; Drillis idr., 1964), kar nakazuje na natančno merjenje posameznih senzorjev.

Razliko v orientaciji med MVN obleko in RTK GNSS točkami v drugem eksperimentu lahko v največji meri pripišemo geomagnetni sekularni variaciji na zemeljski polobli. Izkazalo se je, da za ta smučarski eksperiment popravek zaradi razlike v orientaciji ni bil potreben. Na drugem mestu in/ali ob drugem času pa bi ta korekcija lahko bila potrebna, saj so razlike zaradi geomagnetne sekularne variacije lahko velike tudi 10°.

Primerjave med 3D animacijo in video posnetki predstavljajo le kvalitativno analizo (slika 5). Kljub temu pa so položaji smučarja skoraj identični, saj niti smučarski strokovnjaki niso uspeli najti pomembnih razlik med njimi. Na žalost v tem trenutku boljšega preverjanja ni bilo možno izvesti, čeprav bi bilo to v bodoče priporočljivo. Tak eksperiment bi moral v prihodnosti vsebovati meritve na več odsekih proge: npr. na začetku, na sredini in proti koncu, saj bi le tako lahko dobili celotno primerjavo delovanja sistemov. Ob tem pa je preverjanje s primerjavo s sistemom kamer vprašljivo, saj 3D meritve s sistemom kamer v smučanju niso ravno zlati standard. Četudi lahko dobimo razmeroma natančno pozicijo na omejenem delu proge, pa je večji problem pri diferencialnih parametrih, kot so hitrosti, kotne hitrosti, pospeški itd. Na koncu je potrebno poudariti, da je zanesljivost referenčne trajektorije, izmerjene z RTK GNSS, 99,99 % z veliko natančnostjo na celotni smučarski progi (slika 4).

Nov sistem, ki sestoji iz MVN obleke in iz RTK GNSS sistema, kot kaže predstavlja zelo dobro alternativo meritev v alpskem smučanju in vseh športih, ki se izvajajo v kompleksnih naravnih pogojih na velikem merilnem območju. To je še posebej pomembno takrat, kadar obstaja veliko različnih strategij gibanja v prostoru, kot smo jim priča v smučanju zaradi razlik v konfiguraciji terena, različnih postavitev prog, snežnih pogojev itd. Če se izmeri le en ali dva zavoja, kot se jih izmeri s pomočjo sistema kamer, se lahko veliko različic gibanja izmakne meritvam zaradi majhnega števila zaporedno izmerjenih zavojev. Npr., če bi bil izmerjen le drugi levi zavoj v 4. eksperimentu (slika 6b) ali pa še en zavoj za tem, problemi v lateralnem upogibu v kolenskem sklepu pri smučarju ni bi bili opaženi. Podobno velja tudi za lateralni upogib v kolčnem sklepu, saj je za razliko med levim in desnim zavojem potrebno izmeriti več zaporednih zavojev, da se vzorec gibanja potrdi. V nasprotnem primeru gre lahko le za slučaj kot posledico pogojev (slika 6b). Predstavljeni sistem se lahko uporabi za meritve na velikem merilnem območju in tako omogoča merjenje različnih kombinacij vratc, preučevanje prehodov med različnimi kombinacijami, preučevanje sprememb v terenu itd., kar pa je vse pomembno za razumevanje dobrega tekmovalnega smučanja. S tem pa se lahko zelo natančno preučuje tekmovalno taktiko, ki se je izkazala za eno od ključnih stvari pri doseganju vrhunskih rezultatov (Supej in Cernigoj, 2006). Te prednosti skupaj z razmeroma nizko ceno dela in zmanjšanim časom med meritvami in rezultati naredijo ta sistem idealen za preučevanje tehnike in taktike v vrhunskem tekmovalnem alpskem smučanju.

Ena od omejitev, ki se je na teh meritvah izrazila, je, da lahko sistem smučarja nekoliko moti. To omejitev moramo v perspektivi primerjati s sistemom, ki uporablja reflektivne markerje, ki ravno tako lahko motijo smučarja. Glede na prednosti, predstavljene v tej študiji, lahko zaključimo, da sistem predstavlja dobro možnost za znanstvenike in strokovnjake pri proučevanju gibanja na prostem. To še posebno tam, kjer se šport odvija ne veliki razdalji, športnik pri izvajanju svojega športa nima fiksnih kontaktov s podlago in po možnosti podlaga ni ravna. To so ob alpskem smučanju še npr. tek na smučeh, drsanje, rolanje, veslanje, kolesarjenje itd.

Reference

1. Ai K in He S. (1999). Development of the speed measuring system with GPS technology for rowing and canoeing. *Sports Science/Tiyu Kexue* 19, 56–58.
2. Brodie M, Walmsley A in Page W. (2008a). Fusion motion capture: A prototype system using inertial measurement units and GPS for the biomechanical analysis of ski racing. *Sports Technology* 1(1), 17–28.
3. Brodie MA, Walmsley A in Page W. (2008b). Dynamic accuracy of inertial measurement units during simple pendulum motion, pp. 235–242. Taylor & Francis.
4. Contini R, Drillis RJ in Bluestein M. (1963). Determination of Body Segment Parameters. *Human Factors* 5, 493–504.
5. Cutti AG, Giovanardi A, Garofalo P, Rocchi L in Davalli A. (2007a). Motion analysis of the upper-limb based on inertial sensors: Part 2 - Preliminary validation of a novel protocol. *Journal of Biomechanics* 40, S544.
6. Cutti AG, Giovanardi A, Garofalo P, Rocchi L in Davalli A. (2007b). Motion analysis of the upper-limb based on inertial sensors: Part 3 - Assessment of instrumental accuracy for a new protocol. *Journal of Biomechanics* 40, S545.
7. Drillis R, Contini R in Bluestein M. (1964). Body Segment Parameters; a Survey of Measurement Techniques. *Artificial Limbs* 25, 44–66.
8. Drillis RJ. (1963). Folk Norms and Biomechanics. *Human Factors* 5, 427–441.
9. Edgecomb S in Norton K. (2006). Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport* 9, 25–32.
10. Ermes M, Parkka J, Mantyjarvi J in Korhonen I. (2008). Detection of daily activities and sports with wearable sensors in controlled and uncontrolled conditions. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 12, 20–26.
11. FIS. (2008). International ski competition rules: Joint regulations for alpine skiing Book IV, 2008 edn.
12. Karbaviak RJ. (2005). Using GPS Technology to Monitor Intensity, Speed, and Training Volume in Outdoor Athletes. *Strength & Conditioning Journal* 27, 24–25.
13. Larsson P. (2003). Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Medicine* 33, 1093–1101.
14. Larsson P, Burlin L, Jakobsson E in Henriksson-Larsen K. (2002). Analysis of performance in orienteering with treadmill tests and physiological field tests using a differential global positioning system. *Journal of Sports Sciences* 20, 529–535.
15. Larsson P in Henriksson-Larsen K. (2001). The use of dGPS and simultaneous metabolic measurements during orienteering. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33, 1919–1924.
16. Larsson P in Henriksson-Larsen K. (2005). Combined metabolic gas analyser and dGPS analysis of performance in cross-country skiing. *Journal of Sports Sciences* 23, 861–870.
17. Larsson P in Henriksson-Larsen K. (2008). Body Composition and Performance in Cross-Country Skiing. *International Journal of Sports Medicine*.
18. Luinge HJ, Veltink PH in Baten CT. (2007). Ambulatory measurement of arm orientation. *Journal of Biomechanics* 40, 78–85.
19. Maus S, Macmillan S, Chernova T, Choi S, Dater D, Golovkov V, Lesur V, Lowes F, Lühr H, Mai W, McLean S, Olsen N, Rother M, Sabaka T, Thomson A in Zvereva T. (2005). The 10th-Generation International Geomagnetic Reference Field, pp. 561–565.
20. Moessner M, Kaps P in Nachbauer W. (1995). Smoothing the DLT-parameters for moved cameras. In *In, Hakkinen, K (ed) et al, XVth Congress of*

- the International Society of Biomechanics, July 2–6, 1995, Jyväskylä: book of abstracts, Jyväskylä, University of Jyväskylä, 1995, p 642–643. Finland.*
21. Moessner M, Kaps P in Nachbauer W. (1996). A method for obtaining 3-D data in Alpine skiing using pan and tilt cameras with zoom lenses. In *Ski Trauma and Skiing safety: ASTM STP 1266*, eds. C.D. Mote RJJ, W. hauser, and P.S. Schaft, pp. 155–164. Philadelphia: American Society for Testing and Materials (ASTM).
 22. Murphy K. (2003). Kalman filter toolbox for Matlab.
 23. Nachbauer W, Kaps P, Nigg B, Brunner F, Lutz A, Obkircher G in Moessner M. (1996). A video technique for obtaining 3-D coordinates in alpine skiing. *Journal of Applied Biomechanics* 12, 104–115.
 24. Rodriguez DA, Brown AL in Troped PJ. (2005). Portable Global Positioning Units to Complement Accelerometry-Based Physical Activity Monitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37, S572–s581.
 25. Seifriz F, Mester J, Kraemer A in Roth R. (2002). The use of GPS for continuous measurement of kinematic data and for the validation of a model in alpine skiing. In *In International Association of Computer Science in Sport, 8th Workshop on »Computer Science and Sport«: full papers Carl von Ossietzky University in Oldenburg, June 2002, Wien, International Association of Computer Science in Sport, c2002, p90–95. Austria.*
 26. Skaloud J in Limpach P. (2003). Synergy of CP-DGPS, Accelerometry and Magnetic Sensors for Precise Trajectory in Ski Racing. In *ION GPS GNSS*.
 27. Supej M in Cernigoi M. (2006). Relations between different technical and tactical approaches and overall time at men's world cup giant slalom races. *Kinesiology Slovenica* 12, 63–69.
 28. Supej M, Kugovnik O in Nemec B. (2005). Advanced analysis of alpine skiing based on 3D kinematic measurements. In *Science and skiing III* eds. E. Müller DB, R. Klika, S. Lindinger, H. Schwameder, pp. 216–227. Oxford: Meyer & Meyer Sport, Aspen Snowmass.
 29. Townshend AD, Worringham CJ in Stewart IB. (2008). Assessment of speed and position during human locomotion using nondifferential GPS. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40, 124–132.
 30. Troped PJ, Oliveira MS, Matthews CE, Cromley EK, Melly SJ in Craig BA. (2008). Prediction of Activity Mode with Global Positioning System and Accelerometer Data. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40, 972–978.
 31. Visser JMA, Willon AM in Payne RC. (2007). 3d analysis of upper body movements in bilateral amputee gait using inertial sensors. *Journal of Biomechanics* 40, S509.

Matej Supej
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Šport
Laboratorij za Biomehaniko
e-pošta: matej.supej@fsp.uni-lj.si



Nadja Podmenik,
Matej Supej, Frane Erčulj

Kako se tehnika meta na koš spreminja glede na oddaljenost od koša

Izvleček

Cilj raziskave je bil določiti, kako se tehnika meta na koš pri metu iz skoka spreminja glede na oddaljenost od koša. Meritve so bile izmerjene z merilnim sistemom MVN. V vzorec smo vključili 3 igralce, ki igrajo v prvi slovenski kadetski ligi. Povprečna starost ($\pm$ S.O.) je bila $14,33 \pm 0,58$ let, višina pa $184,8 \pm 2,16$ cm. Metali so iz treh razdalj (3,75 m; 5,25 m; 6,75 m). Rezultati so pokazali, da se z večanjem razdalje od koša višina skoka zmanjšuje. Kljub temu to ne velja za izmetno višino, ki je na 1. in 2. razdalji podobna in je posledica izmeta, ki se zgodi v različnih fazah leta. To potrjujejo tudi časi, ki se s povečevanjem razdalje glede na izmet zmanjšujejo. Merjenci imajo pri metu na koš iz srednje razdalje najdaljši skok proti košu. Pri tretji razdalji se je pokazal odmik v levo, ki je pri doskoku pri vseh spremenljivkah statistično značilno višji od 1. in 2. razdalje. Tako so si meti iz 2. in 3. razdalje po koordinati X podobnejši (Slika 3), z razliko, da je skok pri srednji razdalji višji. Pri odstopanju v levo stran pa so si podobnejši meta iz 1. in 2. razdalje (Slika 4).

Ključne besede: košarka, met iz skoka, tehnika meta, oddaljenost od koša.

How the technique of throwing at the basket changes with distance from the basket

Abstract

This study aimed at establishing how the throwing technique during a jump shot changes with distance from the basket. The measurements were conducted using the MVN measurement system. The sample included three players playing for the first Slovenian cadet men's league. Their average age ($\pm$ SD) was 14.33 ± 0.58 years and average weight 184.8 ± 2.16 cm. They were throwing at the basket from three different distances (3.75 m, 5.25 m and 6.75 m). The results showed that the greater the distance from the basket, the smaller the jump height. Nevertheless, this does not apply to the ball release height, which is similar for the first and second distance and is a result of the release that occurs in different flight phases. This is also confirmed by the time results, as they decrease with the increase of the distance with respect to the release. The longest jump towards the basket was recorded with the subjects throwing at the basket from a medium distance. A deviation to the left was seen in the third distance which, in the landing phase, was statistically significantly higher compared to the first and second distance in terms of all variables. Thus, the throws from the second and third distance are more similar in terms of the X co-ordinate (Figure 3), the only difference being that the jump was higher at the medium distance. As regards the deviation to the left, the throws from the first and second distance were more similar (Figure 4).

Key words: basketball, jump shot, throwing technique, distance from the basket.

Uvod

V košarki se zelo pogosto uporablja met iz skoka. Z njim se doseže 41 % vseh točk na tekmi (Baloncesto, 1997, v Tang in Shung, 2005). Pri tem metu vržemo žogo na koš v skoku po odzivu, torej v zraku.

O uspešnosti meta iz skoka ne odloča le en dejavnik, ampak prava kombinacija vseh (Rojas, Cepero, Onã in Gutierrez, 2000).



Slika 1. Osnovni dejavniki, ki določajo uspešnost meta (Miller in Bartlett, 1993).



S tem se strinja tudi Satti (2004). Natančne analize izmetnih pogojev, ki omogočajo analizo velikega števila metov v zelo kratkem času, lahko pridobimo tudi s pomočjo računalniških simulacij (Silverberg, Tran, Adcock, 2003; Tran in Silverberg, 2008; Okubo in Hubbard, 2006).

Natančnost meta na koš je zelo zapletena operacija, ki je odvisna od učinkovitosti centra za analizo motoričnega področja v velikih možganih. Ta mora v zelo kratkem času obdelati informacije, ki so pridobljene s pomočjo kinestetičnih, vidnih, akustičnih in ostalih receptorjev. Je tudi genetsko pogojena z značajem igralca. To dokazuje različna učinkovitost (odstotek) uspešnih metov pri najkvalitetnejših igralcih na najvišjem nivoju (Jovanović-Golubović, Jovanović, 2003). Natančnost meta na koš je tudi povezana z izokinetično močjo. Met na koš za 2 točki (3,225 m) je pozitivno povezan z izokinetično močjo zapestja, met za 3 točke pa z izokinetično močjo iztegovalk komolca (W.-T. Tang in H.M. Shung, 2005). Z močjo pa je povezana sama tehnika meta na koš. Štihec (1985) je pri opazovanju otrok opazil razlike v obvladovanju tehnike meta na koš glede na različno oddaljenost od koša. Od blizu mečejo s pravilno tehniko, če pa mečejo od daleč, se tehnika spremeni oz. prilagaja novim pogojem izvedbe in je vedno slabša. Vzrok je najverjetneje v pomanjkanju moči. Mladi košarkarji in košarkarice vključujejo tudi tiste mišične skupine, ki sicer pri pravilni tehniki meta na koš ne sodelujejo v tolikšni meri. Hkrati je ugotovil, da bo tisti igralec, ki se manj napreza pri metu (ima več moči), uspešnejši.

Telesna višina ne vpliva na tehniko meta (Okazaki V, Okazaki F, Lima in Kopp, 2008). Pri nižjih igralcih se samo nakazuje, da bolje izkoriščajo nasprotno gibanje v komolcu in zapestju ter tako ustvarijo dodatno silo pri izmetu. Miller in Bartlett (1996) sta ugotovila, da so igralci na igralnem mestu branilca pokazali najbolj enakomerne spremembe tehnike meta kinematičnih vzorcev glede na oddaljenost od koša, prav tako pa so to igralci, ki se največkrat odločijo za mete iz večje oddaljenosti (Trninič, 1996). Na podlagi teh ugotovitev smo v našo analizo vključili samo branilce. V raziskavi se bomo osredotočili na gibanje omenjenih spremenljivk tekom celotnega meta na koš. Glavna naloga je ugotoviti razlike, ki se pojavijo pri metu na koš glede na oddaljenost od obroča.

Metode

Meritve smo izvajali na Fakulteti za šport. V vzorec smo zajeli 3 igralce na igralnem mestu branilca. Povprečna starost ($\pm$ S.O.) je bila $14,33 \pm 0,58$; višina pa $184,8 \pm 2,16$. Vsi merjenci so bili desničarji, njihova odrivna noga pa leva. Met iz skoka smo merili s sistemom MVN – *Inertial motion capture* (Xsense, Enschede, Netherlands), ki meri s 120 slikami na sekundo. Hkrati je bilo celotno dogajanje posneto z dvema kamerama. Trenutka, ko žoga zapusti roko, ni mogoče določiti v programu MVN in to je bil tudi namen kamere št. 1 (Casio Exilim – F1), torej določiti natančen izmet žoge. Kamera št. 2 (AXIS P5534 Network Camera) je snemala celoten potek meritev.

Merjenci so metali neovirano iz treh razdalj, ki ležijo na vzdolžni srednjici igrišča in so med sabo oddaljena 1,5 m. Navodila so bila, da izvajajo met iz skoka, ki je približek meta, ki ga uporabljajo na treningih in tekmah. Najprej so metali iz 1. razdalje, nato iz 2. razdalje in nazadnje iz 3. razdalje. Prva razdalja je bila od centra obroča oddaljena 3,75 m, druga razdalja 5,25 m in tretja 6,75 m; slednja je v območju, kjer je uspešen met ovrednoten s tremi točkami. Omenjene razdalje smo izbrali z namenom, da bi bili vključeni tako meti iz kratkih kot meti iz daljših razdalj. Ker je cilj raziskave določiti tehniko meta v splošnih okoliščinah, so merjenci metali na koš vsakih 10 sekund. Med razdaljami so bili dovoljeni poskusni meti. Med veljavnimi meritvami so stali na mestu, kjer jim je bilo dovoljeno imeti eno nogo rahlo v zakoraku. Merjencem je bilo naročeno, naj mečejo direktno na koš brez dotika table. Da se je merjenec lahko osredotočil samo na met, je žogo pobirala tretja oseba, ki mu je dala tudi znak za met.

Vsakemu merjencu smo iz posamezne razdalje pripisali 4 uspešne mete, skupno 36 metov. Ker so merjenci različno veliki, je rezultat v tabelah v smeri Z izražen v odstotkih telesne višine. Vse ostale spremenljivke so izražene v metrih. V analizo smo vključili sledeče spremenljivke: medenico (točka na sredini med levim in desnim kolkom), desno in levo ramo (glenohumeralni sklep), desni in levi komolec, desno in levo zapestje, desni in levi kolk, desno in levo koleno, desni in levi gleženj, prsti na desni in levi nogi (na sredini metatarzalov) in težišče telesa. Vsak met je razdeljen na 4 faze, ki smo jih določili v MVN in s pomočjo kamere št. 1:

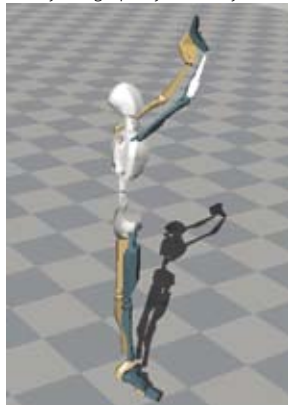
- 1. faza: zadnja noga priključi k stojni,
- 2. faza: odriv (trenutek, ko obe nogi zapustita tla),
- 3. faza: izmet (trenutek, ko žoga zapusti roko),
- 4. faza: doskok (prva noga dotakne tal).



Zadnja noga priključi h stojni.



Odriv od tal.



Izmet.



Doskok.

Slika 2. Faze meta.

S pomočjo lastno razvitega programa Moven2Excel smo podatke iz programa MVN prenesli v Excel datoteko. Koordinatni sistem je desnoročni, kjer X kaže v smeri bočne črte, Y v smeri

čelne črte, Z pa pravokotno na ploskev, ki jo določata X in Y os. Izhodišče koordinatnega sistema je gleženj stojne noge v trenutku prve faze. Določili smo čas 0, ki je v trenutku izmeta.

Za ugotavljanje razlik med posameznimi spremenljivkami glede na razdaljo smo uporabili enosmerno analizo variance ANOVO. Kjer je prihajalo do statistično značilnih razlik, smo za natančnejšo analizo uporabili Tukey test (test mnogoterih primerjav), s katerim smo ugotovili, katere razdalje se med seboj razlikujejo.

Rezultati in razlaga

Tako kot sta ugotovila že Miller in Bartlett (1996), se čas od 1. faze pa do izmeta glede na povečevanje oddaljenosti od koša zmanjšuje. Po izmetu pa se čas do doskoka podaljšuje. Kljub temu razlike v časih niso pri nobeni fazi statistično značilne med 2. in 3. razdaljo.

Na sliki 3 je prikazana povprečna absolutna višina levega gležnja med metom glede na razdaljo proti košu. Točka v obliki kroga predstavlja trenutek izmeta. Maksimalna skočna višina se z oddaljenostjo od koša zmanjšuje, kar sta ugotovila že Erčulj in Supej (2006). Kljub temu pa se izmetna višina med 1. in 2. razdaljo ne zmanjša, saj se izmet zgodi v različni fazi skoka. Na Sliki 3 je lepo razvidno, da se pri 1. razdalji zgodi izmet v fazi padanja, pri 3. razdalji pa v fazi dvigovanja. Največjo izmetno višino gleženj doseže na 2. razdalji, kjer se izmet zgodi v najvišji točki krivulje. Upoštevajoč povprečno višino gležnja, ki znaša 8 cm, merjenci na 2. razdalji v trenutku izmeta skočijo 22,8 cm v višino. Pri metu za tri točke se skok povprečno zniža na 20,8 cm, vendar razlike niso statistično značilne. Omenjene ugotovitve nam pojasnijo tudi razlike v časih, ki se pojavijo med posameznimi fazami (Tabela 1).

Na sliki 3 je lepo razvidna tudi razdalja, ki jo merjenci opravijo s skokom proti košu. Na 1. razdalji znaša povprečno 37 cm, na 2. in 3. razdalji pa povprečno 56 cm. Kakor bomo videli tudi

Tabela 1. Čas (s), v katerem se zgodi določena faza (faza 3 je čas 0).

Faze	Razdalja (m)			Tukey test		
	3,75	5,25	6,75	Sig. (F)		
	M ± SD	M ± SD	M ± SD	1↔2	1↔3	2↔3
Faza 1	-0,478 ± 0,048	-0,419 ± 0,066	-0,374 ± 0,039	0,026	0,000	0,102
Faza 2	-0,183 ± 0,063	-0,149 ± 0,064	-0,11 ± 0,047	0,357	0,013	0,251
Faza 4	0,23 ± 0,037	0,292 ± 0,06	0,338 ± 0,046	0,011	0,000	0,070

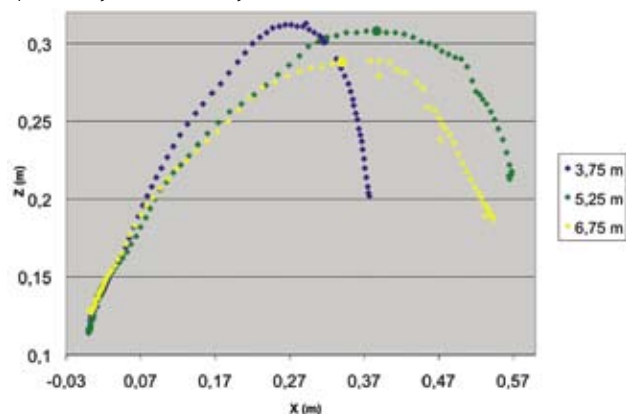
Legenda: Sig. – pomembnost parametra F; 1↔2 – primerjava 1 in 2 razdalje; 1↔3 – primerjava 1 in 3 razdalje; 2↔3 – primerjava 2 in 3 razdalje.

Tabela 2. Prikaz spremenljivk, kjer je prihajalo do statistično značilnih razlik med razdaljami v fazi 1.

Spremenljivka	Smer	Razdalja (m)			Tukey test		
		3,75	5,25	6,75	Sig. (F)		
		M ± SD	M ± SD	M ± SD	1↔2	1↔3	2↔3
Desni komolec	X	0,180 ± 0,023	0,228 ± 0,038	0,247 ± 0,033	0,002	0,000	0,296
Desno zapestje	X	0,334 ± 0,029	0,371 ± 0,043	0,399 ± 0,043	0,061	0,001	0,213
Levi komolec	X	0,130 ± 0,041	0,174 ± 0,045	0,168 ± 0,024	0,020	0,044	0,940
Levi komolec	Y	0,208 ± 0,018	0,225 ± 0,022	0,260 ± 0,034	0,247	0,000	0,006
Prsti leve noge	Y	0,057 ± 0,019	0,05 ± 0,033	0,079 ± 0,018	0,773	0,077	0,016

Legenda: Sig. – pomembnost parametra F; 1↔2 – primerjava 1 in 2 razdalje; 1↔3 – primerjava 1 in 3 razdalje; 2↔3 – primerjava 2 in 3 razdalje.

pri fazi 4, se vse merjene spremenljivke po koordinati X največ spremenijo na 2. razdalji.

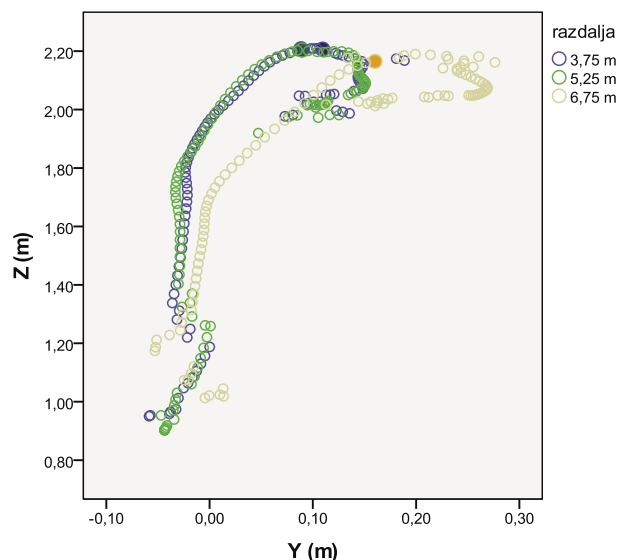


Slika 3. Povprečno gibanje levega gležnja med metom na koš iz različnih razdalj.

Faza 1

Raziskava Millerja in Bartletta (1993) je pokazala, da je leva noga obrnjena rahlo navzven, noga na strani izmetne roke pa je obrnjena proti košu. Ta položaj nog naj bi med samim metom dal še dodatno stabilnost. To se je pokazalo tudi v naši raziskavi. Še posebej pa se ta rotacija leve noge na ven poveča pri metih iz 3. razdalje, ki je tudi statistično značilno večja od 1. in 2. razdalje. Desničarji imajo desno nogo rahlo pred levo. Palubinskas (2004) navaja, da mora biti ta razdalja 5 cm, medtem ko sta Miller in Bartlett (1993) ugotovila, da je razdalja med levo in desno nogo v smeri X na oddaljenosti do 3,66 m od koša 17 cm. V naši raziskavi je bila ta razdalja na najkrajši razdalji 12,5 cm in se je z oddaljenostjo od koša povečevala. Na 3. razdalji je znašala 16,4 cm.

Ista avtorja navajata tudi razdaljo med levo in desno nogo v smeri Y, ki znaša na razdalji nad 5,49 m $0,36 \pm 0,1$ m. Rezultati naše raziskave so pokazali iz 3 razdalje manjšo razdaljo in sicer $0,21 \pm 0,07$ m.



Slika 4. Povprečno gibanje desnega zapestja med metom na koš iz različnih razdalj.

Do statističnih razlik po koordinati X med razdaljami prihaja še pri komolcu leve in desne roke ter pri zapestju desne. Pri komolcu leve roke se z razdaljo povečuje tudi odmik v levo.

Faza 2

V smeri X po razdaljah naraščajo vse spremenljivke, razen spremenljivka levega gležnja (posledično tudi prsti na levi nogi), ki predstavlja izhodišče koordinatnega sistema in se v drugi fazi še ne more bistveno spremeniti. Prihaja pa do prvih sprememb v višino. Vidimo, da se višina celotne izmetne roke (razen zapestja) z razdaljo statistično značilno zniža. Prav tako se nakazuje odklon celotnega telesa v levo, kar potrjuje točka težišča telesa.

Časovni zamik med levo in desno nogo se pri odzivu z večanjem razdalje zmanjšuje. Pri manjših razdaljah je vedno leva

Tabela 3. Prikaz spremenljivk, kjer je prihajalo do statistično značilnih razlik med razdaljami v smeri Y in Z v fazi 2.

Spremenljivka	Smer	Razdalja (m)			Tukey test Sig. (F)		
		3,75	5,25	6,75			
		M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	M $\pm$ SD	1 $\leftrightarrow$ 2	1 $\leftrightarrow$ 3	2 $\leftrightarrow$ 3
Medenica	Y	-0,008 $\pm$ 0,035	-0,002 $\pm$ 0,034	0,055 $\pm$ 0,04	0,897	0,000	0,001
Desna rama	Y	-0,160 $\pm$ 0,054	-0,162 $\pm$ 0,063	-0,098 $\pm$ 0,062	0,999	0,042	0,037
Desna rama	Z	0,924 $\pm$ 0,004	0,923 $\pm$ 0,006	0,913 $\pm$ 0,007	0,946	0,000	0,001
Desni komolec	Z	0,952 $\pm$ 0,02	0,94 $\pm$ 0,017	0,925 $\pm$ 0,009	0,212	0,001	0,075
Levi komolec	Y	0,218 $\pm$ 0,063	0,221 $\pm$ 0,054	0,298 $\pm$ 0,045	0,991	0,003	0,004
Levo zapestje	Y	0,125 $\pm$ 0,052	0,133 $\pm$ 0,051	0,215 $\pm$ 0,052	0,929	0,000	0,001
Levo zapestje	Z	1,109 $\pm$ 0,025	1,1 $\pm$ 0,021	1,075 $\pm$ 0,009	0,442	0,000	0,012
Desni kolk	Y	-0,09 $\pm$ 0,038	-0,079 $\pm$ 0,043	-0,021 $\pm$ 0,043	0,771	0,001	0,005
Desno koleno	Y	-0,138 $\pm$ 0,041	-0,133 $\pm$ 0,032	-0,084 $\pm$ 0,043	0,958	0,005	0,011
Levi kolk	Y	0,075 $\pm$ 0,033	0,079 $\pm$ 0,027	0,135 $\pm$ 0,037	0,964	0,000	0,001
Levo koleno	Y	0,072 $\pm$ 0,023	0,071 $\pm$ 0,035	0,117 $\pm$ 0,021	0,999	0,001	0,001
Levi gleženj	Y	0,055 $\pm$ 0,01	0,05 $\pm$ 0,022	0,076 $\pm$ 0,009	0,759	0,005	0,001
Težišče telesa	Y	-0,009 $\pm$ 0,038	-0,007 $\pm$ 0,046	0,049 $\pm$ 0,044	0,995	0,007	0,009

Legenda: Sig. – pomembnost parametra F; 1 $\leftrightarrow$ 2 – primerjava 1 in 2 razdalje; 1 $\leftrightarrow$ 3 – primerjava 1 in 3 razdalje; 2 $\leftrightarrow$ 3 – primerjava 2 in 3 razdalje.

noga tista, ki zadnja zapusti tla, medtem ko se pri 3. razdalji odriv zgodi skoraj istočasno. Le redko je prihajalo do situacije, da je desna noga zadnja zapustila tla.

Faza 3

Premik proti košu povsod statistično značilno narašča, razen pri levem komolcu ter levi in desni nogi od kolena navzdol. Glede na ugotovitev, da se izmet zgodi v različni fazi skoka, je koordinata Z v fazi 3 neverodostojna. Tako je tudi presenetljivo, da do statistično značilnih razlik prihajamo samo pri dveh spremenljivkah. Odmik v levo je najmanjši na 2. razdalji.

Tabela 4: Prikaz spremenljivk, kjer je prihajalo do statistično značilnih razlik med razdaljami v smeri Y in Z v fazi 3.

Spremenljivka	Smer	Razdalja (m)			Tukey test Sig. (F)		
		3,75	5,25	6,75	1↔2	1↔3	2↔3
		M ± SD	M ± SD	M ± SD			
Medenica	Y	0,044 ± 0,054	0,031 ± 0,045	0,094 ± 0,037	0,790	0,028	0,005
Desni komolec	Z	1,089 ± 0,019	1,089 ± 0,017	1,070 ± 0,013	1	0,027	0,025
Desno zapestje	Z	1,194 ± 0,021	1,192 ± 0,016	1,172 ± 0,022	0,973	0,024	0,040
Levo zapestje	Y	0,207 ± 0,053	0,19 ± 0,067	0,284 ± 0,064	0,773	0,013	0,002
Desni kolk	Y	-0,036 ± 0,057	-0,046 ± 0,051	0,016 ± 0,04	0,862	0,041	0,012
Levi kolk	Y	0,123 ± 0,05	0,109 ± 0,041	0,169 ± 0,036	0,682	0,034	0,004
Levo koleno	Y	0,12 ± 0,034	0,104 ± 0,043	0,159 ± 0,035	0,576	0,038	0,003
Težišče telesa	Y	0,056 ± 0,057	0,039 ± 0,061	0,099 ± 0,053	0,736	0,176	0,038

Legenda: Sig. – pomembnost parametra F; 1↔2 – primerjava 1 in 2 razdalje; 1↔3 – primerjava 1 in 3 razdalje; 2↔3 – primerjava 2 in 3 razdalje.

Polna točka predstavlja trenutek izmeta. Gibanje zapestja med 1. in 2. razdaljo je zelo podobno, saj se krivulji med seboj prekrivata. Izmet se zgodi na podobni višini, razlika je le v odmiku, kjer se iz 2. razdalje izmet zgodi bolj desno glede na sredinsko ravnino. Povprečno je v trenutku izmeta desno zapestje pri 3. razdalji 7 cm bolj levo kakor pri 2. razdalji.

Izmetna višina je najnižja pri 3. razdalji. V raziskavi Miller in Bartlett (1996) so branilci in krila najnižjo višino izmeta dosegli na srednji razdalji. Razlika med raziskavama je ta, da so pri Millerju in Bartlettu metali iz razdalje 2,74; 4,57; 6,4 (krajše razdalje) in da je bila raziskava opravljena na članih, kjer je bila povprečna starost 24,8 let. To pojasni razlike v rezultatih, saj so člani metali iz krajše razdalje, hkrati pa so še fizično močnejši.

Faza 4

Pri doskoku se je pri vseh merjenjih tal najprej dotaknila leva noga. Skok proti košu (koordinata X) je najdaljši iz 2. razdalje, najkrajši pa iz 1. razdalje. Med omenjenima razdaljama prihaja tudi do statistično značilnih razlik pri vseh spremenljivkah. Krivulja, prikazana na Sliki 3, je tako značilna za vse spremenljivke.

Če odmik v levo (koordinata Y) pri vseh spremenljivkah ni bil statistično značilen v prejšnjih fazah, se to zgodi v 4. Te razlike so statistično značilno višje pri 3. razdalji glede na 1. in 2. razdaljo, medtem ko med 1. in 2. razdaljo pri nobeni spremenljivki ne prihaja do statistično značilnih razlik. Izjema je celotna desna noga, kjer odmik narašča postopoma. Takšna razlika v krivuljah (Slika 4) je značilna za vse opazovane spremenljivke. To je pomemben podatek pri razumevanju, saj pri največji oddaljenosti

sti od koša prihaja do odstopanja v levo pri celotnem telesu. K temu je morda pripomogla premaknitev črte za tri točke iz 6,25 m na 6,75 m. Ta razlika je povzročila, da merjenci pri metu iz skoka iz večje oddaljenosti od koša niso več sposobni ohraniti enakih gibalnih vzorcev, kot pri metih iz krajše oddaljenosti.

Pri šestih spremenljivkah med razdaljami prihaja do statistično značilnih razlik v višini (smer Z). Razlika je minimalna, povsod znaša manj kot 1 cm, zato podatkov nismo posebej prikazovali v tabeli.

Sklep

V sezoni 2010/2011 se je mednarodna košarkarska organizacija FIBA odločila za spremembe pravil. K tem spremembam je bila vključena tudi črta za 3 točke, ki se je iz 6,25 m povečala na 6,75 m. Smiselno je pričakovati, da se bo tehnika meta nekoliko spremenila. To velja še posebej za igralce, ki so telesno šibkejši. Tako so rezultati pokazali, da prihaja iz 3. razdalje do občutnega odmika celega telesa v levo stran. Ker je ta raziskava prva, ki zajema omenjeni problem, žal ne vemo, če je do podobnega odmika v levo prihajalo tudi na razdalji 6,25 m (prejšnja oddaljenost meta za tri točke).

Tako kot pri vsakih merilnih napravah lahko tudi pri sistemu MVN prihaja do določenih napak, še posebej pri dolgih, neprekinjenih meritvah (Supej, 2010; Krüger in Edelmann-Nusser, 2010). Potrebno je poudariti, da je bil vzorec majhen, sestavljen iz mladih košarkarjev, pri katerih tehnika še ni dokončna in avtomatizirana. Prav tako obstajajo razlike med merjenci, saj ima vsak svoj stil in način metanja. Kljub raznolikosti merjencev so se pokazale smernice, ki ponazarjajo razlike med meti iz različne oddaljenosti. Ugotovili smo, da so si meti iz 2. in 3. razdalje po koordinati X podobni, z razliko, da je skok pri srednji razdalji višji. Po koordinati Y, torej glede odstopanja v levo, pa so si podobni meti iz 1. in 2. razdalje. Če torej vzamemo met iz srednje razdalje ugotovimo, da se proti košu skoči podobno kot iz največje razdalje, medtem ko je odmik v levo najmanjši in s tem bližje metu iz prve razdalje.

Met na koš je pogosto obravnavana tema v dvokoordinatnem sistemu, kjer se najpogosteje osredotočajo na parametre pri

izmetu. Seveda so ustrezne izmetne vrednosti pogoj za uspešnost meta. Vendar je potrebno poznati samo tehniko in izvedbo, da do idealnih izmetnih pogojev sploh lahko pride. Tehniko meta kot temo smo zasledili samo v člankih, kjer rezultati in priporočila niso znanstveno preverjena. Tretja koordinata, ki jo v raziskavah pri metu na koš še nismo zasledili, je koordinata v smeri čelne črte. V naši raziskavi to koordinato ponazarja koordinata Y. Natančno pozicijo spremenljivk smo s pričujočo raziskavo definirali, vendar bi bilo potrebno še nadaljnjo raziskovanje, ki bi definiralo ostale parametre (hitrost, pospešek, kotna hitrost ...) sklepov in segmentov tekom celotne akcije meta na koš. Tako bomo razumeli, kaj se dogaja med metom iz skoka in kako se tehnika meta glede na oddaljenost od koša spreminja.

■ Literatura

1. Erčulj, F. in Supej, M. (2006). Vpliv utrujenosti na natančnost pri metu na koš iz velike razdalje. *Šport*, 54(4), 22–26.
2. Jovanović-Golubović, D. in Jovanović, I. (2003). *Antropološke osnove košarke*. Niš: Univerzitet u Nišu, Fakultet fizičke kulture.
3. Krüger, A. in Edelman-Nusser J. (2010). Application of a Full Body Inertial Measurement System in Alpine Skiing: A Comparison With an Optical Video Based System. *Journal of Applied Biomechanics*, 26, 516–521.
4. Miller, S. in Bartlett, R. (1993). The effects of increased shooting distance in the basketball jump shot. *Journal of sport Sciences*, 11, 285–293.
5. Miller, S. in Bartlett, R. (1996). The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of sport Sciences*, 14, 243–253.
6. Okazaki, V.H.A, Okazaki, F.H.A, Lima, E.S. in Kopp, N. (2008). Basketball shoot and players height. *The FIEP Bulletin*, 78, 627–630.
7. Okubo, H. in Hubbard, M. (2006). Dynamics of the basketball shot with application to the free throw. *Journal of Sports Sciences*, 24(12), 1303–1314.
8. Palubinskas, E. (2004). The jump shot. *Fiba assist magazine*, 7, 6–11.
9. Rojas, F. M., Cepero, M., Onã, A. in Gutierrez, M. (2000). Kinematic adjustments in the basketball jump shot against an opponent. *Ergonomics*, 43(10), 1651–1660.
10. Satti, S. (2004). *The Perfect Basketball Shot*. Neobjavljeno delo.
11. Silverberg, L. M., Tran, C.M. in Adcock, M.F. (2003). Numerical analysis of the basketball shot. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 125, 531–540.
12. Supej, M. (2010). 3D measurements of alpine skiing with an inertial sensor motion capture suit and GNSS RTK system. *Journal of Sport Sciences*, 28(7), 759–769.
13. Štihec, J. (1985). *Razlike v strukturi nekaterih morfoloških značilnosti in motoričnih sposobnosti, ki vplivajo na rezultate v preciznosti zadevanja, glede na oddaljenost od koša*. Diplomsko delo, Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja, Fakulteta za telesno kulturo.
14. Tran, C.M. in Silverberg, L. M. (2008). Optimal release conditions for the free throw in men's basketball. *Journal of Sports Sciences*, 26(11), 1147–1155.
15. Trninić, S. (1996). *Analiza i učenje košarkarske igre*. Pula: Vikta.
16. Tang, W. T. in Shung H. M. (2005). Relationship between isokinetic strength and shooting accuracy at different shooting ranges in Taiwanese elite high school basketball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 13, 169–174.

Zahvala

Raziskavo je finančno podprla Fundacija za financiranje športnih organizacij v Republiki Sloveniji. Nastala je v okviru raziskovalnega programa Kineziologija monostrukturnih, polistrukturnih in konvencionalnih športov pod vodstvom dr. Milana Čoha. Avtorji članka se za sodelovanje zahvaljujejo Košarkarski zvezi Slovenije, kakor tudi merjencem in njihovim trenerjem.

Nadja Podmenik, prof. šp. vzg.
Krištandolska cesta 4a; 1431 Dol pri Hrastniku
e-pošta: npodmenik@gmail.com



Stanko Štuhec,
Rok Vertič, Matej Supej

Uporaba kolesarskega ergometra za spremljanje tehnike kolesarjenja

Izvleček

Z namenom ocene uporabnosti kolesarskega ergometra Wattbike smo s stopnjevalnim testom izmerili nekatere biomehanske spremenljivke slovenskega vrhunškega kolesarja, člana slovenske cestno kolesarske reprezentance. Z izračunanimi spremenljivkami (frekvenca obračanja pedalov (kadenca), hitrost kolesarjenja, sila na obrat, moč na obrat in kot do največje sile za levo in desno nogo) smo ugotavljali spremembo tehnike pri povečevanju upora. Ob tem smo ugotavljali še simetrijo med levo in desno nogo. Ergometer se je izkazal za natančen in koristen pripomoček za treniranje, spremljanje športne forme in nadzor učinkov procesa treninga ter s tem izboljšanje zmogljivosti kolesarja.

Ključne besede: kolesarska zmogljivost, ergometer, biomehanika.

Use of a cycling ergometer in cycling technique monitoring

Summary

In order to assess the usefulness of cycling ergometer Wattbike we measured some biomechanical variables of a Slovenian top cyclist, member of the national road cycling team with a test that included increasing resistance. Using calculated variables (frequency (cadence), velocity (Estimated road bike velocity), force per revolution, power per revolution and angle to force peak for left and right leg) we determined the change in technique during increasing resistance. Furthermore, we have observed symmetry between left and right leg. Wattbike has proved to be accurate and useful tool for training, monitoring sports form and to control the training process, thereby improving the performance of cyclist.

Key words: cycling performance, ergometer, biomechanics.

■ Uvod

Sodobni način treninga vrhunskih športnikov vključuje različne merilne tehnologije in postopke. Te tehnologije morajo biti enostavne za uporabo, natančne in zanesljive, hkrati pa morajo nuditi zelo hitro povratno informacijo o izmerjenih spremenljivkah. Na ta način lahko športnik najhitreje nadgrajuje izvedbo gibanja in prepreči nastanek poškodbe. Neposreden nadzor spremenljivk s takojšnjo povratno informacijo nam zagotavlja učinkovitejšo gibalno učenje, spremljanje tehnike in nadzorovano rehabilitacijo.

Kolesarski ergometri nam nudijo številne kombinacije merilnih tehnologij. Njihova uporaba je zelo razširjena, saj omogoča nadzorovan način vadbe in meritev. Glede na namen uporabe so proizvajalci razvili več različnih tipov, ki se razlikujejo po na-

činu določanja upora in po merilni tehnologiji, s katero lahko spremljamo različne mehanske spremenljivke.

Eden od takih je tudi Wattbike kolesarski ergometer (slika 1), ki za povečevanje napora uporablja dva načina zaviranja. Prvi način deluje po principu magnetne zavore, drugi pa za zaviranje uporablja zračni upor, ki ga spreminja z odpiranjem in zapiranjem zračne lopute komore, kjer se vrti vetrnica. Učinek takega določanja upora je zelo podoben realnim pogojem v naravi, saj zračni upor na vetrnici simulira zračni upor na kolesarja. Magnetno zavoro se uporablja za simulacijo kolesarjenja v hrib, zračno zavoro pa za simulacijo kolesarjenja po ravnini pri različnih prestavnih razmerjih. Hkrati omogoča še spremljanje in zajem biomehanskih spremenljivk, ki nudijo vpogled v tehniko kolesarjenja. Ebert, Dingley, Staneff in Plowmann (2009) so ugotovili, da ima ergometer Wattbike veliko natanč-

nost izmerjene sile tako pri nižjih kot pri višjih stopnjah upora oz. prestavnega razmerja.

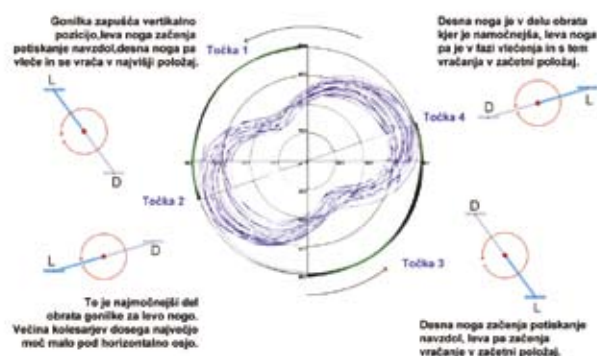


Slika 1: Kolesarki ergometer Wattbike.

Direktna meritev mehanskih spremenljivk omogoča: optimizacijo nastavitve kolesa (višina in globina sedeža, višina, globina in naklon krmila) in položaja kolesarja (položaj rok, trupa in stopala) ter preizkus različnih kolesarskih čevljev.

Polarni prikaz izmerjenih podatkov natančno prikazuje, kako kolesar pritiska na pedala skozi celoten obrat. Obrat je sestavljen iz faze potiskanja in faze vlečenja, ki je prikazan na sliki 2 (Training Guide, 2011). Podobne podatke o kotu gonilke ob največji sili sta izmerila tudi Broker in Gregor (v Gregor, J. R. in Conconi, F., 2000).

Cilj raziskave je bil pokazati uporabnost kolesarskega ergometra Wattbike za analizo tehnike in spremljanja sprememb pri povečevanju upora.



Slika 2: Moč leve in desne noge in opis položajev leve in desne gonilke.

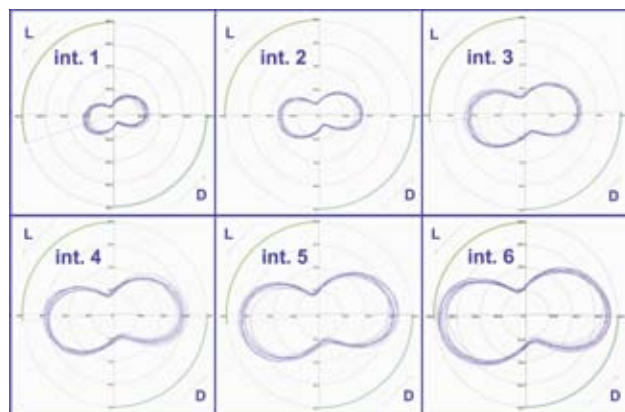
Metode

Test je bil izveden v Laboratoriju za biomehaniko na Fakulteti za šport. Merjenec je bil vrhunski kolesar, ki je član slovenske cestno kolesarske reprezentance. Meritev smo izvedli na kolesarskem ergometru Wattbike s SPD (Shimano Pedaling Dynamics) pedali. Ergometer uporablja natezni merilnik za merjenje napetosti v verigi med kolesarjenjem, kar ob podatku o po-

ložaju in hitrosti verige omogoča izračun ostalih spremenljivk (kot leve in desne gonilke, frekvenca, hitrost kolesarjenja, sila, moč in druge). Frekvenca zajema podatkov je bila 100 Hz. Zanimale so nas razlike v izbranih biomehanskih spremenljivkah pri povečevanju upora. Tekmovalec se je na ergometru predhodno petnajst minut ogreval. Način obremenitve je bil stopnjevally brez prekinitve. Obremenitev je bila sestavljena iz šestih stopenj, ki so trajale po eno minuto in so se povečevale povprečno po 50 W, pri tem pa smo prvo stopnjo uporabili kot dodatno ogrevanje. Celotni test je tekmovalcu predstavljal submaksimalno obremenitev. Kadenca je bila 90 obratov na minuto. Vse biomehanske spremenljivke so bile spremljane v realnem času s programskim paketom Wattbike Expert in shranjene za kasnejšo analizo. Podatki so bili nato obdelani še s programskim paketom MS Excel 14. V dodatni obdelavi smo se osredotočili na naslednje spremenljivke: frekvenca obračanja pedalov (kadenca), hitrost kolesarjenja, sila na obrat, moč na obrat in kot do največje sile za levo in desno nogo.

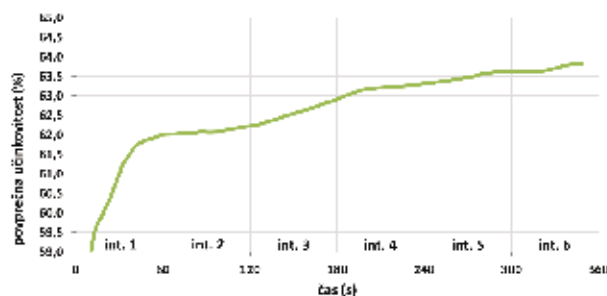
Rezultati

S stopnjevanjem upora med intervali se površina znotraj krivulje povečuje, kar pomeni povečevanje povprečne moči na obrat. Prvi interval je predstavljal dodatno ogrevanje, preostalih pet pa stopnjevanje napora, ki pa je tudi v zadnjem intervalu predstavljal submaksimalno obremenitev za kolesarja (slika 3).



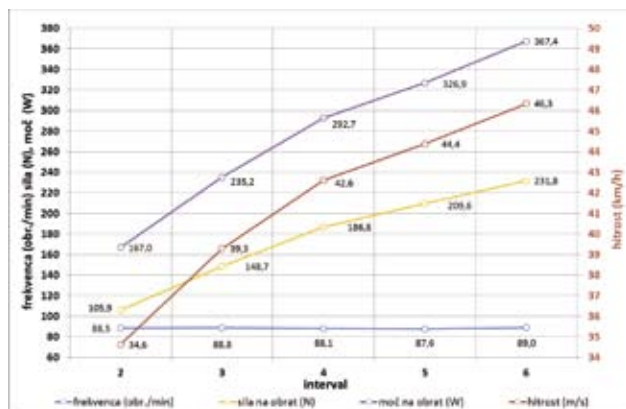
Slika 3: Polarni prikaz stopnjevanja moči po intervalih za levo in desno nogo.

Ob povečevanju napora se je optimizirala tudi faza vlečenja, kar se vidi v relativno manjšem upadu sile ob zaključku potiskanja ene in vlečenja druge noge na sliki 3 ter v povečevanju povprečne učinkovitosti, izračunane s programom Wattbike Expert čez vseh 6 intervalov (slika 4).



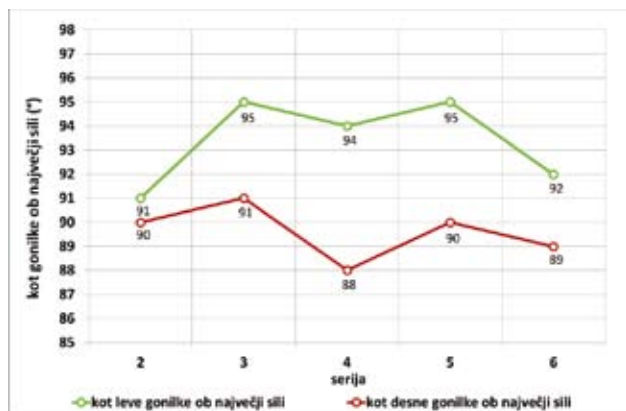
Slika 4: Povprečna učinkovitost kolesarjenja čez celoten test.

Na sliki 5 so prikazane spremenljivke, izmerjene na petih intervalih. Kolesar je imel navodilo kolesariti pri enakomerni frekvenci 90 obratov. Ta naloga mu je v povprečju delno uspela z minimalnim odstopanjem navzdol (88,4 obr/min). S povečevanjem upora med intervali smo izmerili povečevanje sile na obrat, moči na obrat in hitrost kolesarjenja.



Slika 5: Frekvenca, povprečna sila, povprečna moč in hitrost v intervalih od dva do šest.

Izmerili smo tudi rahlo asimetrijo med levo in desno nogo, saj je bil kot gonilke ob največji sili leve noge v povprečju 93°, ob največji sili desne noge pa 90° (slika 6).



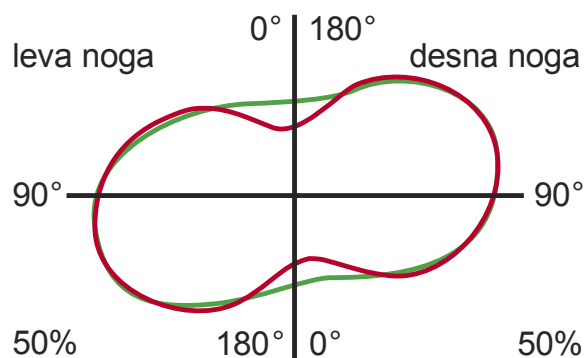
Slika 6: Kot gonilke po intervalih ob največji sili za levo in desno nogo.

Razprava

Wattbike je koristen pripomoček za treniranje, spremljanje športne forme in nadzor učinkov procesa treninga. Kljub dejstvu da se meritev sile ne izvaja na stopalkah, ampak v verigi, je polarni način predstavitve izmerjenih spremenljivk zelo natančen in omogoča ugotavljanje simetrije med levo in desno nogo (povprečna moč na obrat). Ravno tako nam kot do največje sile za levo in desno nogo natančno pokaže razlike v simetriji kolesarjenja, ki je bila tri stopinje. Podobne podatke o kotu gonilke ob največji sili na verigo (95,8°) so izmerili tudi Coyle idr. (1991). Pri analizi spreminjanja oblike krivulje sile med povečevanjem napora lahko sklepamo na učinkovitost tehnike glede na stopnjo obremenitve.

Tehniko lahko izboljšamo s poudarkom na fazi vlečenja in s tem povečamo moč v spodnjem in zgornjem položaju pedala, kjer prihaja do njenega zmanjšanja. Na sliki 7 je z zeleno krivuljo

prikazana izboljšana tehnika glede na rdečo krivuljo, kjer ni bilo toliko poudarka na fazi vlečenja.



Slika 7: Primer izboljšane tehnike, prikazan z idealizirano krivuljo moči za levo in desno nogo (Training Guide, 2011).

Spremenljivke čas obrata, tempo na en kilometer, število obratov, frekvenca, hitrost pedala, preračunana pot na cesti, preračunana hitrost na cesti, sila, navor, delo, moč, moč na kg, učinkovitost, čas do največje sile in kot do največje sile lahko dodatno preračunamo in prikazemo v obliki povprečja na obrat, največje vrednosti na obrat, razmerja med levo in desno nogo ter povprečne vrednosti v seriji. To nam omogoča razvoj novih protokolov meritev, ki lahko pripomorejo k izboljšanju tehnike kolesarjenja na kolesarskem ergometru, posledično pa tudi na kolesu. Zato je tak ergometer koristen pripomoček za treniranje, spremljanje športne forme in nadzor učinkov procesa treninga ter s tem izboljšanje zmogljivosti kolesarja.

Literatura

- Coyle, E. F., Feltner, M. E., Kautz, S. A., Hamilton, M. T., Montain, S. J., Baylor, A. M., Abraham, L. D. in Petrek, G. W. (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine and science in sports and exercise* 23(1), 93–107.
- Ebert, T. R., Dingley, A., Stanek, T. in Plowmann, J. (2009). Accuracy and Reliability of the Wattbike Ergometer: An Australian Perspective. *Proceedings of the Satellite Program Applied Physiology Conference 2009 at the National Elite Sports Council 2009 Athlete Services Forum High Performance Programming for Success* (str. 38). Canberra: Australian Institute of Sport.
- Gregor, J. R. in Conconi, F. (2000). *Handbook of Sports Medicine and Science: Road Cycling*. Blackwell Science Ltd: Oxford.
- Training Guide – Guide – Wattbike UK. (24.10.2011). Nottingham: Wattbike. pridobljeno 24.10.2011, iz <http://wattbike.com/uk/guide>.

Stanko Štuhec
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport, Gortanova 22
e-pošta: Stanko.Stuhec@fsp.uni-lj.si



Petra Zaletel,
Goran Vučkovič, Aljoša Rebula, Meta Zagorc

Analiza obremenitve plesnih parov v latinskoameriških plesih s pomočjo sledilnega sistema SAGIT

Izveček

Na vzorcu treh članskih parov športnega plesa smo s sledilnim sistemom SAGIT analizirali obremenitev plesalk in plesalcev v latinskoameriških (LA) plesih. Želeli smo tudi ugotoviti, ali obstajajo razlike v obremenitvi plesalk in plesalcev med različnimi LA plesi.

Vsi pari so istočasno odplesali vseh pet LA plesov (samba, ča-ča-ča, rumba, pasodoble in džajv). Plesalce smo posneli neposredno na DVD z eno kamero ob frekvenci 25 slik na sekundo. Posnetke smo obdelali s sledilnim sistemom SAGIT. V raziskavi so nas zanimale poti in povprečne hitrosti gibanja plesalcev v LA plesih.

Rezultati kažejo, da je pri LA plesih potrebno slediti plesalko in plesalca posebej, saj se trajektorije in hitrosti gibanja plesalke ter plesalca razlikujejo. Prav tako smo v preučevanih dimenzijah ugotovili očitne razlike med različnimi plesi. Samba in passodoble sta se izkazala za bolj dinamična plesa, kjer plesalke in plesalci potujejo v plesni smeri po krožnici, medtem ko so ča-ča-ča, rumba in džajv izrazito stacionarni, neprogresivni plesi, ki se plešejo na določenem delu plesnega prostora.

Podobno kažejo tudi rezultati povprečnih hitrosti in poti plesalk ter plesalcev, saj so največje oziroma najdaljše v sambi in passodoblu, sledita jima ča-ča-ča in džajv, medtem ko se je rumba izkazala za izrazito stacionaren ples. Razlike med posameznimi plesnimi pari v povprečnih hitrostih so minimalne, kar kaže na posebnosti v koreografijah. Prihaja do minimalnih razlik v poti in hitrosti znotraj posameznega para, torej med plesalko in plesalcem, vendar se te pri različnih plesih razlikujejo. Samo v sambi so plesalci vseh parov opravili večjo distanco ter imeli tudi višjo hitrost gibanja.

Ključne besede: ples, pot gibanja, hitrost gibanja, sagit, latinskoameriški plesi.

Analysis of dance couples' loading during selected standard and latin-american dances using the sagit tracking system

Abstract

The SAGIT tracking system was used on a sample of three senior-category couples of sport dancers so as to analyse the loading on male and female dancers practicing Latin-American (LA) dances. We also wanted to identify any differences in the male and female dancers' loading during various LA dances. The results showed that in LA dances male and female dancers must be tracked separately since the trajectory and velocity of movement of the two was different. In terms of the studied dimensions, obvious differences were also identified among the different dances. Samba and passodoble were found to be more dynamic dances as male and female dancers travel in the dancing direction following a circular line, whereas cha cha cha, rumba and jive were extremely stationary, non-progressive dances performed on a specific area of the dance floor. The highest values of average velocity and trajectory by male and female dancers were observed in samba and passodoble, followed by cha-cha-cha and jive, whereas rumba turned out to be an extremely stationary dance. The differences between the individual dance couples in terms of average velocity were minimum, thus pointing to specificities of the choreography. Some minimum differences were observed within individual couples in terms of trajectory and velocity, although they differed with dances.

Key words: dance, trajectory, movement velocity, SAGIT, Latin-American dances.

■ Uvod

V plesu se nenehno izmenjujejo principi športa in umetnosti. Zagorčeva (2000) piše, da gre pri plesu v vrhunski obliki za virtuosno obvladovanje svojega telesa v določenem ritmu, ki ga pogojuje zvrst glasbe, in za hkratno usklajenost s soplesalko ali soplesalcem. Ples je umetnost, ki se odvija v času in prostoru (Da Silva in Bonorino, 2008). Plesalci s svojim gibanjem izražajo senzibilnost glede na karakter plesa in estetsko interpretacijo (Dantas, 1999). V plesu si v določenem glasbenem ritmu sledijo geste, koraki in gibi telesa, ki izražajo določena čustvena stanja (Catarino, 2002). Bolj ko postaja ples perfekcija, manj smo zmožni razlikovati njegove elemente (trud, gravitacijo, telo, mišično moč, objekte, zvok) (Zucolloto in Freire, 2003). Hkrati pa je plesna predstava, bodisi na tekmovalnem bodisi gledališkem odru, tudi zabava, glamur (Vermey, 1994), prikaz vsebine za gledalce – »show«.

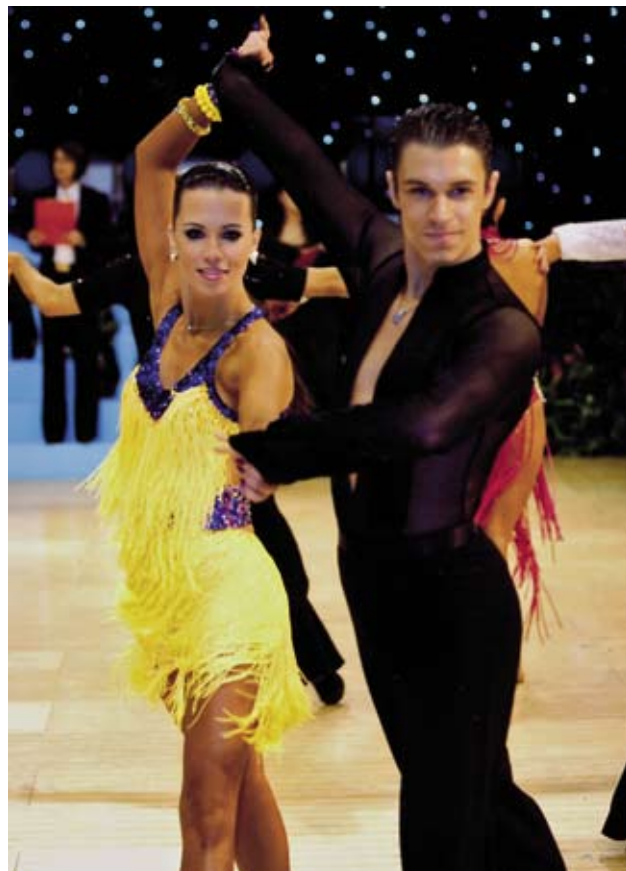
Športni ples sestavlja pet standardnih plesov (ST) in pet latinoameriških plesov (LA). Plesni pari lahko tekmujejo v kombinaciji desetih plesov ali v vsaki skupini posebej. Koreografije tekmovalcev so dolge 1min 40sec. Koreografije LA plesov (samba, ča-ča-ča, rumba, pasodoble in džajv) so sestavljene iz množice obratov in hitrih sprememb smeri ter elementov ravnotežja v paru. Ples se odvija v različnih smereh – levo, desno, naprej in nazaj, diagonalno po prostoru, velikokrat tudi na mestu. Drža plesnega para je odprta, plesalka in plesalec velikokrat plešeta sama, narazen in obrnjena stran drug od drugega, kar pomeni za sinhronizacijo in za usklajeno plesno predstavitev, ki je podlaga tekmovalne uspešnosti v LA plesih, še dodatno obremenitev.

V plesu sta čas in prostor glavna parametra plesalčeve izraznosti (Minvielle-Moncla, Audiffren, Macar in Vallet, 2008). Odličnost plesne tehnike se izraža v točnosti izvedbe gibalnih struktur in akcij v plesu. Plesalci pogosto prilagodijo pravočasnost gibanja na spremljajočo glasbo in na partnerjevo gibanje. Hitrost izvedbe posameznih korakov, gibalnih struktur in plesnih figur je izrednega pomena za uspešnost plesnega para.

Z namenom doseganja vrhunskih rezultatov v športnem plesu potekajo različna testiranja, s katerimi želijo plesalci, trenerji in raziskovalci pridobiti tiste relevantne informacije, ki jih je potrebno upoštevati v procesu treniranja s ciljem nadaljnega izpopolnjevanja. Doslej je bilo pri nas opravljenih kar nekaj raziskav medsebojne povezanosti in odvisnosti posameznih razsežnosti psihosomatičnega statusa plesalk in plesalcev in vplivov okolja na njihov uspeh: raziskava morfoloških in motoričnih sposobnosti plesalcev LA, ST in rokenrola, preučevanje psiholoških dimenzij plesalcev in primerjave z drugimi vrhunskimi športniki (osebnost, motivacija, vrednote, samopodoba, medosebne spretnosti) (Zagorc in Zaletel, 1996; Zaletel, Tušak, Tušak in Zagorc, 2004; Zaletel, Tušak in Zagorc, 2007).

Poleg estetskega gibanja in morfoloških lastnosti (Da Silva in Bonorino, 2008; Claessens, Nuyts, Lefevre in Wellens, 1987) so za plesalke in plesalce športnega plesa pomembne tudi številne druge sposobnosti in lastnosti (Brown, Martinez in Parsons, 2006; Zagorc, 2000). Raziskave kažejo visoko fiziološko obremenitev plesalcev športnega plesa (Jaray in Wanner, 1984; Hollmann in Hettinger, 2000; Zagorc, Karpljuk in Friedl, 1999).

Telesne zahteve plesalk in plesalcev, ki jih narekujejo trenutne koreografije in urniki tekmovalni, postavljajo v ospredje tako



Maja Geršak in Peter Majzelj (osebni arhiv).

njihovo telesno pripravljenost, kot tudi razvoj gibalnih sposobnosti. Zadnji podatki raziskav plesalk in plesalcev kažejo, da dodatna vadba lahko vodi do izboljšanja aerobne moči, mišične moči, kostne integritete in znižanja možnosti plesnih poškodb, ne da bi pri tem ogrozila umetniške in estetske kriterije (Koutedakis in Jamurtas, 2004).

Preučevanje obremenitev v kompleksnih športih je pomembno z vidika ustrezne kondicijske in tehnično-taktične priprave. Zato je v znanstveni literaturi zaslediti veliko raziskav katerih osnovni namen je bil preučiti obremenitev športnikov v nogometu (Bangsbo, Mohr in Krstrup, 2006), košarki (Ben Abdelkrim, El Fazaa in El Ati, 2007), ragbiju (Deutsch, Kearney in Rehner, 2007), rokometu (Šibila, Vuleta in Pori, 2004), odbojki (Mauthner, Koch, Tilp in Bischof, 2007) in squashu (Hughes, Franks in Nagelkerke, 1989). Kljub izjemni popularnosti plesa pa v literaturi nismo zasledili raziskave, katere predmet bi bil preučevanje gibanja plesalcev po prostoru ter obsega in hitrosti gibanja v dvodimenzionalnem prostoru. Tako smo s pričujočo raziskavo želeli preučiti obremenitev na tri članske plesne pare v petih LA plesih in ugotoviti, ali obstajajo razlike v obremenitvi plesalcev in plesalk med različnimi LA plesi.

■ Metode dela

Vzorec merjencev so sestavljali trije članski plesni pari, ki se s plesom ukvarjajo že 10 let, trenirajo vsak dan, tudi večkrat na dan, in tekmujejo v mednarodnem tekmovalnem razredu. Vsi pari so istočasno odplesali pet LA plesov (samba, ča-ča-ča,

rumba, pasodoble in džajv), zaporedno enega za drugim, vsak je trajal 1 min 30 sec, med posameznimi plesi so imeli 30 sekund odmora.

Raziskava je potekala v športni dvorani Slovan v Ljubljani. Plesalce smo posneli neposredno na DVD z eno kamero (Ultrak CCD Color KC 7501 CP, Japan) ob frekvenci 25 slik na sekundo. Kamera je bila pritrjena na strop dvorane in omogoča snemanje v pravokotni projekciji na plesno površino. S pomočjo širokokotnega objektiv (Ultrak KL2814IS, Japan) smo zajeli celotno plesno površino.

Posnetke smo kasneje prenesli v računalnik in jih obdelali s sledilnim sistemom SAGIT, ki predstavlja v kontekstu sledenja ljudi merilni sistem (Perš, 2001). Sledilni sistem temelji na tehnologiji računalniškega vida (Perš, Bon, Kovačič, Šibila in Dežman, 2002), ki se ukvarja z metodami in algoritmi, ki služijo pridobivanju uporabne informacije iz digitalnih slik in posnetkov s pomočjo računalnika. Sistem je bil večkrat uspešno uporabljen za preučevanje obremenitev športnikov v rokometu (Bon, 2001), košarki (Erčulj, Vučković, Perš, Perše in Kristan, 2007), squashu (Vučković, Perš, James in Hughes, 2010) in tenisu (Filipčič, 2008).

Sledilni sistem ima različne module, ki so namenjeni kalibraciji sistema, sledenju športnikov, anotiranju različnih aktivnosti in vmesnik za grafični prikaz rezultatov ter izvoz kvantitativnih podatkov v druge aplikacije (Excel za Windows).

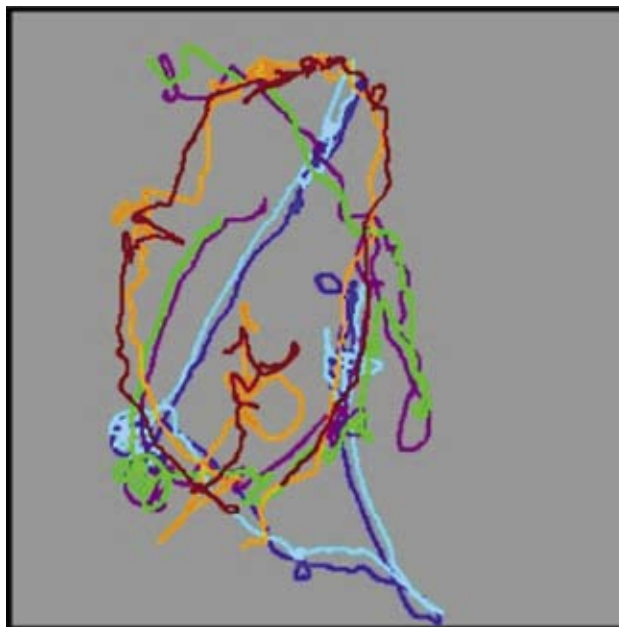
V raziskavi so nas zanimale poti in povprečne hitrosti gibanja plesalcev pri LA plesih.

■ Rezultati in razprava

Po svoji naravi so LA plesi zelo svobodni in odprti, plešejo se v različnih plesnih držah, gibanje je veliko bolj prosto in usmerjeno v gibalno izraznost celega telesa. Zato je pomembno slediti plesnim trajektorijam plesalke in plesalca posebej, saj s svojimi koraki, držo in plesnimi figurami včasih ustvarjata različno pot na plesišču, prav tako so njune hitrosti gibanja različne. Tako ustvarjata različne gibalne strukture, se izmenjujeta v vlogi uprizarjanja mehke, strasti, drame, moči, igrivosti ipd. Tehnika je namreč močno podrejena glasbi in njeni ritmični strukturi, tako da v skupnem sozvočju plesalci ustvarjajo zanimive strukture korakov in gibov s pridihom eksotičnih dežel.

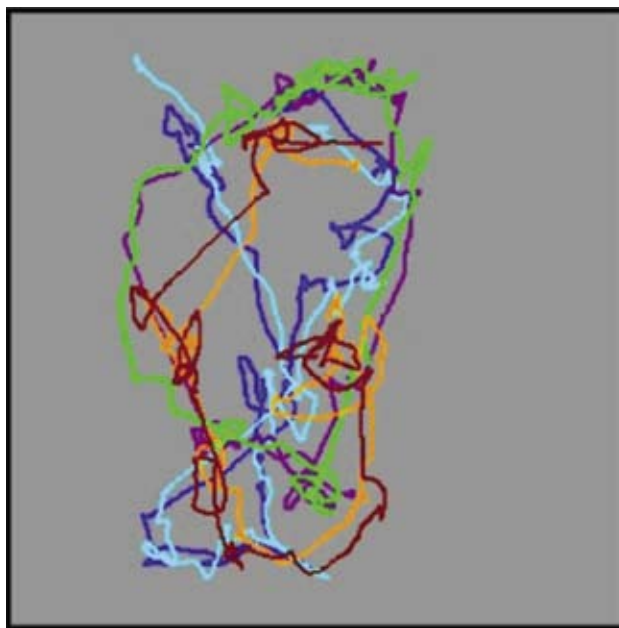
Samba in passodoble spadata v skupino dinamičnih oziroma progresivnih plesov in sta vezana na gibanje v plesni smeri, ki je nasprotna urinemu kazalcu (sliki 1 in 2). Koreografija v sambi vsebuje veliko rotacij in premikov v prostoru, kar spominja na karneval. Po svoji naravi je samba lahkoten, vesel in igriv ples, v katerem so prevladujoče akcije ovijanje, krčenje in raztezanje ter prenos teže, ki omogoča prepletanje koreografskih elementov. Trajektorije v sambi kažejo na relativno enakost, harmonijo in mehko gibanje ter veliko krožnih gibanj v prostoru.

Trajektorije v passodoblu še vedno nakazujejo gibanje v plesni smeri (nasprotno smeri urinega kazalca) vendar je gibanje bolj odrezano, manj mehko. Plesalec z rokami, komolci, zapestjem in prsti v povezavi z nogami in trupom oblikuje značilen okvir telesa in ritmične strukture. Med posameznimi deli telesa v povezavi s tlemi in med partnerjema se ustvarja določena napetost, ki zapolnjuje prostor in ustvarja moč ponosa ter dostojanstva. Značilne ritmične fraze v passodoblu ustvarjajo dra-



Slika 1: Trajektorije plesnih parov v sambi.

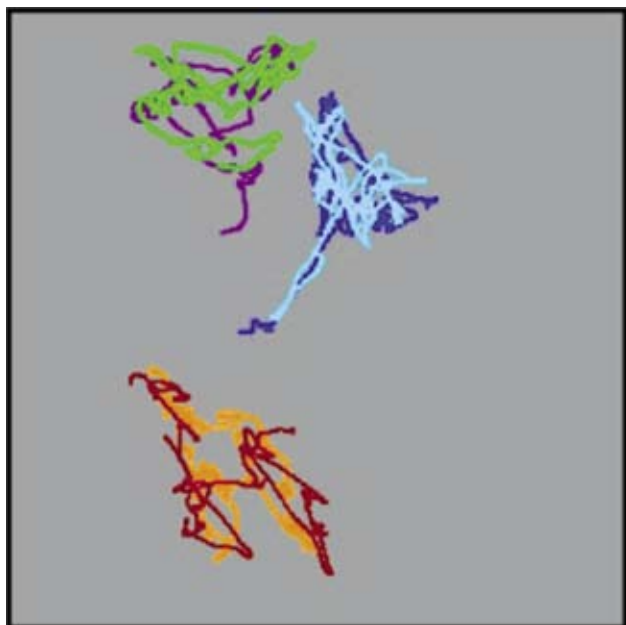
matično napetost znotraj plesa, kar se odraža tudi na uporabi smeri v prostoru, ostrih kotov, obratov, močnega, nenadnega gibanja v omenjenem plesu, ki sledi zadržanim gibom.



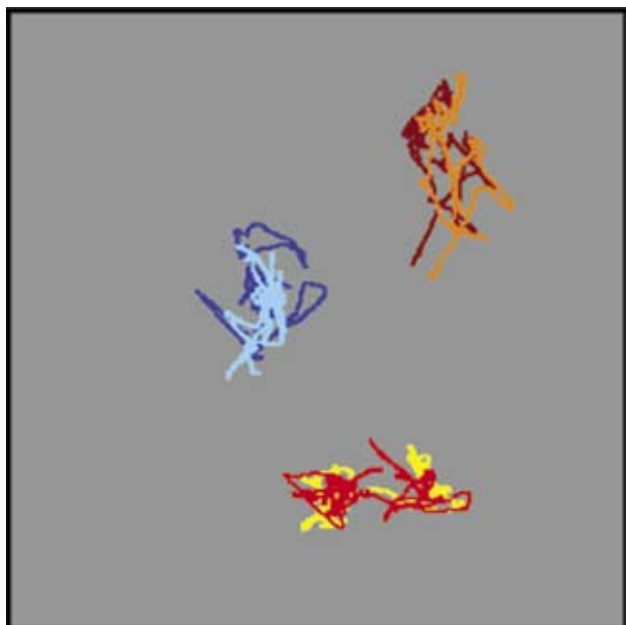
Slika 2: Trajektorije plesnih parov v passodoblu.

Naslednje tri slike prikazujejo ples na odrejenem mestu na plesnem prostoru, ki je bolj statičen in neprogresiven, kar pomeni, da ne potujejo v plesni smeri po krožnici. Ča-ča-ča in rumba imata podobno ritmično strukturo plesa, pri čemer je ča-ča-ča hitrejši ples z bolj igrivim karakterjem, rumba pa počasnejši ples z značilnim karakterjem zapeljevanja plesalcev. Trajektorije v ča-ča-ča-ju (slika 3) kažejo nekoliko več gibanja v plesnem prostoru, veliko tudi v odprti drži brez stika s partnerjem, ko vsak (plesalka in plesalec) izvaja plesne figure sama brez opore plesnega partnerja, medtem ko je rumba izrazito stacionaren

ples (slika 4), za katerega je najbolj pomembna bočna akcija, prenašanje teže preko stopala, akcije ovijanja in rotacije.



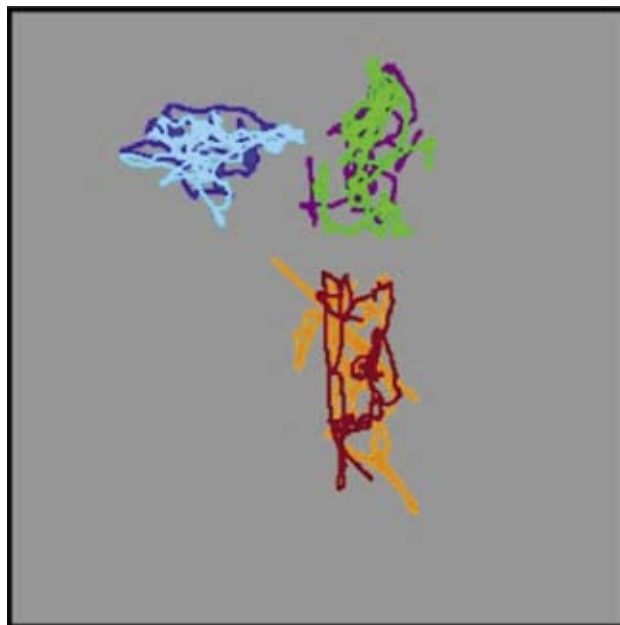
Slika 3: Trajektorije plesnih parov v ča-ča-ča-ju.



Slika 4: Trajektorije plesnih parov v rumbi.

V rumbi se plesalca gibata okrog skupnega centra, se približujeta, oddaljujeta, drsita drug mimo drugega in se prepletata v različnih zahtevnih elementih, ki zahtevajo izjemno gibljivost in preciznost izvedbe. Poudarek je na telesnih linijah in oblikah, ki se z različno dinamiko povezujejo v koreografijo.

Džajv je izredno hiter in poskočen ples, pri katerem ima gestikuliranje velik pomen. Poudarek v gibanju je na izrazitem gibanju kolen, trupa in bokov. Podobno, kot pri ča-ča-ča-ju in rumbi, je tudi džajv vezan na določen prostor (slika 5), gibanje obeh plesalcev izhaja iz centralne točke, ki jo ustvarita z držo (roka v roki).



Slika 5: Trajektorije plesnih parov v džajvu.

Tabela 1: Povprečne hitrosti plesalk in plesalcev v LA plesih.

ples	1. par		2. par		3. par		povprečna hitrost (m/s)
	plesalec	plesalka	plesalec	plesalka	plesalec	plesalka	vsi
Samba	0,81	0,8	0,91	0,73	0,95	0,78	0,83
Ča ča ča	0,67	0,65	0,63	0,66	0,61	0,63	0,64
Rumba	0,53	0,66	0,54	0,44	0,57	0,51	0,54
Pasodoble	0,88	0,83	0,89	0,84	0,8	0,86	0,85
Džajv	0,66	0,66	0,68	0,67	0,73	0,59	0,67

Tabela 2: Povprečne poti plesalk in plesalcev v LA plesih.

ples	1. par		2. par		3. par		povprečna pot (m)
	plesalec	plesalka	plesalec	plesalka	plesalec	plesalka	vsi
Samba	74.18	73.70	83.59	67.40	87.74	71.90	76,42
Ča ča ča	60.06	57.42	55.99	59.07	54.24	56.05	57,14
Rumba	43.85	54.50	44.58	36.45	46.92	42.54	44,81
Paso doble	76.31	72.30	77.30	73.42	69.24	75.14	73,95
Džajv	58.57	58.42	60.09	59.32	65.27	52.53	59,03

Iz Tabel 1 in 2 je razvidno, da so povprečne hitrosti in poti plesalk ter plesalcev največje oziroma najdaljše v sambi in passodoblu, ki sta tudi najbolj dinamična plesa, s konstantno tekočim gibanjem in daljšo razdaljo. Sledita jima ča-ča-ča in džajv, medtem ko se je rumba izkazala za izrazito stacionaren ples. Že pretekle raziskave (Zaletel, Vučković, Rebula in Zagorc, 2010) kažejo, da imajo manj kvalitetni pari med plesanjem rumbe višje povprečne hitrosti gibanja, kot vrhunski pari. Dejstvo je, da imajo boljši plesalci bolj gibalno zahtevne plesne figure, s katerimi kažejo obvladovanje svojega telesa. Tako v počasnih figurah (velikokrat pozah) prihaja do izraza moč, gibljivost in ravnotežje.

je. Tovrstni plesni liki so izredno težki, zahtevajo kontrolo stabilizatorjev trupa ter usklajenost plesnih partnerjev. Nižja hitrost gibanja pri rumbi tako pomeni večjo vrhunskost.

Razlike med posameznimi plesnimi pari v povprečnih hitrostih so minimalne, kar kaže na posebnosti v koreografijah. Prihajajo do minimalnih razlik v poti in hitrosti znotraj posameznega para, torej med plesalko in plesalcem, vendar se te pri različnih plesih razlikujejo. Samo v sambi so plesalci vseh parov opravili večjo distanco ter imeli tudi višjo hitrost gibanja.

Če primerjamo hitrosti v LA plesih s tistimi v ST (Zaletel, Vučković, Rebula in Zagorc, 2010), ugotovimo, da so hitrosti v slednjih veliko višje. Gibanje v ST plesih je usmerjeno skozi prostor, koraki so veliko progresivni, v LA plesih pa pride do izraza veliko bolj dinamika izvedbe plesnih figur na mestu.

■ Zaključek

Na področju plesa je bila do sedaj opravljena podobna raziskava obremenitve plesalk in plesalcev na področju standardnih plesov, medtem ko so bile v LA plesih opravljene raziskave obremenitve plesalk in plesalcev predvsem z vidika uporabe merilcev srčnega utripa. Pričujoča raziskava odkriva pot h konkretnemu raziskovanju na tem področju. Izkazalo se je, da sledilni sistem SAGIT zadovoljivo kaže pot in hitrost plesalke ter plesalca športnega plesa in daje s tem številne informacije o njuni obremenitvi med plesom.

Raziskave in podatki vedno bolj kažejo, da je za športni ples pomembna **estetska izkušnja**, ki jo skuša poleg gledalca osvestiti tudi plesalec. Zagorčeva (2000) piše, da nosi vsakdo v sebi tudi potrebo po estetskem oblikovanju in doživljanju lepega, po simbolični transformaciji realnega dojetanja – po ustvarjanju. Skozi gibanje v dvoje lahko sprožimo komuniciranje, spontanost in dobro počutje. Še posebej športni ples nosi v sebi prvinsko veselje do gibanja, stapljanja giba in glasbe.

Zato je potrebno najti način, kako dognane podatke uskladiti hkrati z estetsko komponento, ki je v plesu izrednega pomena. V prihodnje nameravamo poleg sledilnega modula uporabiti tudi anotacijski modul sistema SAGIT, ki bo omogočal analizo vseh posamičnih plesnih figur in drobnih gibov z rokami, glavo ipd. Tako bo možno ugotoviti ne samo frekvenco pojavljanja teh elementov, temveč tudi njihovo zaporedje. Prav tako bo zanimivo ugotoviti, kakšna je dinamika gibanja plesalke in plesalca ob izvajanju estetsko dovršenih plesnih figur posameznega plesa. Čeprav se našete plesne akcije dogajajo velikokrat na mestu, vseeno predstavljajo pomemben delež končne ocene uspešnosti plesnega para.

■ Viri

- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24 (7), 665–674.
- Bon, M. (2001). *Kvantificirano vrednotenje obremenitev in spremljanje frekvence srca igralcev rokometu med tekmo*. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Brown, S., Martinez, M.J., & Pearsons, L.M. (2006). The neural basis of human dance. *Life sciences & medicine, Cerebral Cortex*. 16(8), 1157–67.
- Catarino, M. (2002). Historia da dança. Pridobljeno iz: <http://gape.ist.utl.pt>
- Claessens, A.L., Nuyts, M.M., Lefevre, J.A., & Wellens, R.I. (1987). Body structure, somatotype, maturation of adolescent and professional classical ballet dancers. *J Sports Med Phys Fitness*. 29, 157–62.
- Da Silva, A.H., Bonorino, K.C. (2008). BMI and flexibility in ballerinas of contemporary dance and classical ballet. *Fit Perf J*. 7(1), 48–51.
- Dantas, E.H.M. (1999). *Flexibilidade: alongamento e flexionamento*. 4th ed. Rio de Janeiro: Shape.
- Erčulj, F., Vučković, G., Perš, J., Perše, M., & Kristan, M. (2007). Establishing basketball players' velocity and distance covered during a basketball match with the sagit computer tracking system. *Journal of Coimbra network on exercise sciences*, 4, 50–59.
- Filipčič, T. (2008). *Igralne značilnosti gibalno oviranih v tenisu na vozičku in njihov vpliv na uspešnost igranja*. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Hollmann, W., & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin, Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart: Schattauer Verlag. 4. Auflage, 339, 477 ff.
- Hughes, M., Franks, I.M., & Nagelkerke, P. (1989). A video-system for the quantitative motion analysis of athletes in competitive sport. *Journal of Human Movement Studies*, 17, 217–227.
- Jaray, F., & Wanner, H.U. (1984). Heart rate and dance rhythm during dance tournament. *Schweiz Z Sportmed*. 32(2), 44–8.
- Koutedakis, Y., & Jamurtas, A. (2004). The dancer as a performing athlete: physiological considerations. *Sports Medicine* (Auckland, N.Z.), 34(10): 651–61.
- Minvielle-Moncla, J., Audiffren, M., Macar, F., & Vallet, C. (2008). Overproduction timing errors in expert dancers. *Journal of Motor Behaviour*, 40(4), 291–300.
- Perš, J. (2001). *Sledenje ljudi z metodami računalniškega vida*. Magistersko delo. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko.
- Perš, J., Bon, M., Kovačič, S., Šibila, M., & Dežman, B. (2002). Observation and analysis of large-scale human motion. *Human Movement Science*, 21, 295–311.
- Šibila, M., Vuleta, D., & Pori, P. (2004). Position-related differences in volume and intensity of large-scale cyclic movements of male players in handball. *Kinesiology*, 36, 1, 58–68.
- Vermey, R. (1994). *Latin. Thinking, sensing and doing in latin american dancing*. Trento: Kastell Verlag.
- Vučković, G., Perš, J., James, N., & Hughes, M. (2010). Measurement error associated with the SAGIT/squash computer tracking software. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 129–140.
- Zagorc, M. (2000). *Družabni in športni ples*. Ljubljana: PZS, ZPVUT.
- Zagorc, M., Karpljuk, D., & Friedl, M. (1999). Analysis of functional loads of top sport dancers. V: Milanović (ur.), *Kinesiology for the 21th century. Proceedings book, Dubrovnik*, (240–244). Zagreb, Fakultet za fizičko kulturo.
- Zagorc, M., & Zaletel, P. (1996). *Primerjava nekaterih morfoloških značilnosti in motoričnih sposobnosti plesalcev in plesalk športnega plesa in akrobatskega rock'n'rolla*. Ljubljana: Plesna zveza Slovenije.
- Zaletel, P., Tušak, M., & Zagorc, M. (2007). Plesalec – športnik in umetnik: znanstvena monografija. Ljubljana: Fakulteta za šport in ARRS.
- Zaletel, P., Tušak, M., Tušak, M., & Zagorc, M. (2004). Pomen medsebojnih odnosov v športnem plesu. *Anthropos*. 36, 1/4, 73–88.
- Zaletel, P., Vučković, G., Rebula, A., & Zagorc, M. Analiza obremenitve plesnih parov pri izbranih standardnih in latinskoameriških plesih s pomočjo sledilnega sistema SAGIT. *Šport*, 2010, 58 (3/4), 85–91.
- Zucolotto, A., & Freire, A.L.G. (2003). A divina dança. Pridobljeno iz: www.idance.com.br

dr. Petra Zaletel, Frenkova pot 14, 1261 Ljubljana - Dobrunje
Fakulteta za šport, Gortanova 22, 1000 Ljubljana
petra.zaletel@fsp.uni-lj.si