

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Športno treniranje

**POVEZANOST BIOMEHANSKIH KAZALCEV
PLAVALNEGA STARTNEGA SKOKA S ČASOM NA PETIH
IN PETNAJSTIH METRIH**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:

doc. dr. Igor Štirn, prof. šp. vzg.

RECENZENT:

doc. dr. Boro Štrumbelj, prof. šp. vzg.

Avtor dela:

JURE ČEBOKLI

Ljubljana, 2014

ZAHVALA

Rad bi se zahvalil svojemu mentorju doc. dr. Igorju Štirnu, recenzentu doc. dr. Boru Štrumblju ter doc.dr. Jerneju Kapusu za pomoč pri meritvah, strokovno svetovanje, veliko potrpežljivosti in spodbudo pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvalil bi se tudi svoji zaročenki in mojim domačim za vso podporo in pomoč pri študiju.

Ključne besede: Odrivna hitrost, odzivni čas, plavalne tehnike, tenziometrija.

POVEZANOST BIOMEHANSKIH KAZALCEV PLAVALNEGA STARTNEGA SKOKA S ČASOM NA PETIH IN PETNAJSTIH METRIH

Jure Čebokli

IZVLEČEK

Namen diplomskega dela je bil dokazati razlike v času do 15 metrov, ki predstavlja kazalec uspešnosti plavalnega starta, med tremi plavalnimi tehnikami (kravl, prsno, delfin).

S tem namenom je 45 plavalcev (24 deklet in 21 fantov, povprečna starost $15,7 \pm 2,2$ let) izvedlo 6 startov, po dva za vsako tehniko (kravl, prsno in delfin). Plavalci so start izvedli na startnem bloku, ki je bil montiran na tenziometrijsko ploščo, s katero smo merili silo reakcije podlage med odzivom, iz katere smo nato izračunali parametre: hitrost odziva, kot odziva, čas odziva, reakcijski čas, gibalni čas, ter vodoravno in navpično hitrost odziva. Start smo posneli s kamero (25Hz) in s pomočjo videoposnetka izmerili čas od startnega signala do 15 metrov (Č15).

Rezultati enosmerne ANOVE za ponovljene meritve so pokazali, da obstajajo razlike v Č15 med tremi tehnikami pri dekletih, fantih in obeh vzorcih skupaj. Rezultati t-testov so pokazali, razliko med spoloma pri vseh merjenih kazalcih, razen pri reakcijskem času. Razlog za to je v mišični masi, ki jo imajo fantje več. Ta je povezana z razvojem mišične sile in posledično omogoča večjo odzivno hitrost.

Od spremljanih kazalcev, izmerjenih s tenziometrijsko ploščo, smo med tehnikami našli razlike v navpični hitrosti ($p=0,042$), medtem ko so razlike v kotu odziva zelo blizu statistične značilnosti ($p=0,053$).

Končna ugotovitev je, da čeprav obstajajo statistične razlike v Č15 med različnimi tehnikami, razlik v odzivnih kazalcih, razen v hitrosti v navpični smeri in posledično kotu odziva, nismo našli. To pomeni, da so odzivni kazalci ne glede na tehniko precej stabilni, ter, da je potrebno vzroke za razlike v Č15 iskati v drugih kazalcih, kot so vpadni kot v vodo, globina, tehnika in dolžina podvodnega plavanja.

ABSTRACT

Key words: takeoff speed, takeoff time, swimming techniques, tensiometric measurements

THE RELATION OF BIOMECHANICAL PARAMETERS OF A SWIMMING START WITH THE TIME AT 5 AND 15 METRES

The aim of my thesis was to demonstrate the differences in time at 15 metres between three techniques (crawl, breaststroke and butterfly), which represents the general performance indicator of a swimming start.

For this purpose, 45 swimmers (24 females and 21 males) performed six swimming starts, two in each technique (crawl, breaststroke, and butterfly). Starts were performed on a starting block mounted on a force plate measuring ground reaction force during the takeoff, which enabled us to define key parameters: takeoff velocity, angle, push-off time, reaction time, and movement time, horizontal and vertical takeoff velocity. Starts were recorded by a camera (25Hz) which enabled us measure the time between the start signal and 15 metres (T15).

The results of one-way ANOVA for repeated measures have shown differences in T15 between the three swimming techniques in females and males and both samples together. The results of t-tests have shown performance differences between genders in all measured parameters, except in reaction time. This is due to the fact that males have more muscle mass, which is associated with the development of muscular strength. The greater it is the higher takeoff velocity the swimmer achieves.

Among the parameters measured by force plate we found differences between techniques in vertical velocity ($p=0,042$), whereas differences in angle were very close to statistical significance ($p=0,053$).

Finally, we can conclude that although some statistically significant differences in T15 between techniques do exist, the differences in takeoff parameters except in vertical velocity and consequently in takeoff angle, were not found. This means that takeoff parameters are rather stable irrespective of the swimming technique. Therefore, the reasons for T15 should be looked for in other parameters - the angle at which the swimmer enters the water, the depth, technique and the length of underwater swimming.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	7
1.1 ZGODOVINA PLAVANJA PO SVETU IN V SLOVENIJI	7
1.1.1 ZGODOVINA PLAVANJA V SVETU	7
1.1.2 ZGODOVINA PLAVANJA V SLOVENIJI.....	7
1.2 PLAVALNI START.....	8
1.2.1 GRAB START.....	8
1.2.2 ATLETSKI START (Track start).....	8
1.2.3 VISEČI ALI LETEČI START	9
1.2.4. FAZE PLAVALNEGA STARTA	9
1.2.5 STARTNI SKOK.....	9
1.2.6 DOSEDANJE RAZISKAVE POVEZANE S STARTNIM SKOKOM	11
1.3 PROBLEM DIPLOMSKEGA DELA.....	12
1.4 CILJI.....	12
1.5 HIPOTEZE	12
2 METODE DE LA.....	13
2.1 PREIZKUŠANCI	13
2.2 PRIPOMOČKI.....	13
2.3 POSTOPEK.....	13
3 REZULTATI.....	17
4 RAZPRAVA	21
5 SKLEP.....	23
6 VIRI.....	24

KAZALO SLIK

Slika 1. Track start ali atletske start (lasten arhiv).....	9
Slika 2. Plavalni startni blok (http://swim.isport.com/swimming-guides/swimming-pool-dimensions , 2014).	10
Slika 3. Odvisnost pospeška od naklona pri startnem bloku (Rhett Alain, 2012).....	10
Slika 4. Primerjava grab in atletske start (Murrell, Dragunas, 2012).	12
Slika 5. Nekateri pripomočki (lasten arhiv).	13
Slika 6. Tenziometrijska plošča pod startnim blokom (lasten arhiv).	14
Slika 7. Kamere postavljene vzdolž bazena (lasten arhiv).....	14
Slika 8. Startna luč obrnjena proti kameri (lastni arhiv).	15
Slika 9. Kinematična obdelava posnetka. (lasten arhiv).	16

KAZALO TABEL

Tabela 1.....	17
Tabela 2.....	18
Tabela 3.....	18
Tabela 4.....	19

KAZALO GRAFOV

Graf 1.....	19
Graf 2.....	20
Graf 3.....	20

1 UVOD

1.1 ZGODOVINA PLAVANJA PO SVETU IN V SLOVENIJI

1.1.1 ZGODOVINA PLAVANJA V SVETU

Človek in voda sta nerazdružljiva vse od nastanka človeštva. Prav voda je razlog za razvoj prvih večjih civilizacij. Ljudje so se morali hitro prilagoditi na vodo, če so hoteli živeti v njeni bližini. Kapus s sodelavci je svetovno zgodovino plavalnega razvoja razdelil v tri obdobja. Prvo je bilo najdaljše in je trajalo od človekovega prvega spoznavanja z vodo v prazgodovini. Voda je takrat pomenila predvsem vir hrane in zaščito. Vzpodbujala pa je tudi fantazijo, saj je zaradi neraziskanosti vzbujala občutek mističnosti. Višek je to obdobje doseglo v času rimskega cesarstva, zaključilo pa naj bi se v srednjem veku, ko človek začne zavračati vodo in zanemarjati svoje telo.

Drugo obdobje je bilo mnogo krajše od prvega, saj je trajalo le nekaj stoletij. Začelo se je ob prehodu iz 15. v 16. stoletje v obdobju renesanse. Družba takrat ponovno uvidi smisel v starogrški kulturi in se začne bolj posvečati svojemu telesu. V tem obdobju nastanejo tudi prve knjige na temo plavanja. Plavanje so začeli uvajati v šole; v vodi pa so želeli predvsem posnemati razne živali, ki so jih najpogosteje videli plavati. To obdobje svoj vrhunec doseže v drugi polovici 19. stoletja z začetkom razvoja tekmovalnega plavanja med aristokracijo v Evropi.

Zadnje, najmlajše obdobje razvoja plavanja pa označuje tekmovalno plavanje. Za začetek tega obdobja je značilno rojevanje novih, hitrejših tehnik plavanja. Tako so se z leti razvile tehnike kot jih poznamo danes in startni skok.

Vsako od teh obdobji ima svojo osnovno značilnost. V prvem obdobju je bila to težnja, da človek obvlada vodo in da svoje telo ohranja na vodni gladini. Osnovna značilnost v drugem obdobju je bila, da se človek na nek način nauči plavati. Težnja zadnjega obdobja pa je, kdo bo plaval hitreje oziroma bolje. Kapus idr. (2002)

1.1.2 ZGODOVINA PLAVANJA V SLOVENIJI

V svetu in na področju današnje Slovenije se je plavanje pojavljalo v vzgojni, rekreativni in tekmovalni obliki. Temelj vseh treh oblik je »oplavanjevanje«, ki pa je bilo v preteklosti in seveda tudi danes odvisno od vodnih površin za plavanje in od strokovnih delavcev. Prva kopališča na področju Slovenije, če ne upoštevamo tistih iz Antike, so bila zgrajena v 18. in 19. stoletju.

Do začetka 2. svetovne vojne je potekala sploh prva jugoslovanska plavalna šola za vse starostne skupine. Na teh tečajih so se izobraževali tudi bodoči vaditelji in učitelji plavanja. Zaradi veliko utopitev se je po 2. svetovni vojni po celotni takratni Jugoslaviji začela akcija oplavanjevanja otrok, ki v Sloveniji poteka še danes. Kapus idr. (2002)

1.2 PLAVALNI START

Plavalni start je gibanje, ki traja od startnega signala do trenutka, ko plavalec z glavo priplava do 15 metrov.

Plavalni start iz startnega bloka plavalec izvede pri treh disciplinah in sicer prosti tehniki ali kravlu, prsni in tehniki delfin. Pri hrbtni tehniki pa plavalec starta v vodi.

Z dobrim startnim skokom lahko plavalec na kratkih, sprinterskih razdaljah ogromno pridobi, prav tako pa lahko za plavalca slab start posledično pomeni tudi slabši rezultat. Velikokrat o zmagovalcu odločajo stotinke, ki jih lahko pridobimo z dobrim startnim skokom.

Plavalni start pri najboljših plavalcih traja okrog 6,0 sekund, najboljši časi plavanja na 50 m pa okrog 21 sekund, kar pomeni da startna akcija predstavlja 30% skupnega časa (Haljand, 2014).

Zato je pomembno, da so starti, obrati in prihodi v cilj sestavni del treninga vsakega plavalca.

1.2.1 GRAB START

Gre za starejšo verzijo plavalnega starta, ki se dandanes skorajda ne uporablja več. Plavalec stoji s stopali v širini bokov, v predklonu na startnem bloku. S prsti nog zagrabi rob startnega bloka, z dlanmi pa se prime za startni blok spredaj. Noge ima v kolenu pokrčene tako, da je v kolenu kot od 110 do 150 stopinj; kot v bokih pa je od 30 do 60 stopinj. Glava je med rokama v podaljšku trupa, plavalec gleda proti prstom na nogi. Težišče telesa je nad oporiščem, ki je na sprednjem delu stopal. Kapus idr. (2002)

1.2.2 ATLETSKI START (Track start)

Atletski start (slika 1) so uporabljali plavalci v meritvah za moje diplomsko delo. Gre za tehniko starta, ki je modificiran grab start, pri katerem simuliramo start iz blokov na atletskih tekmovanjih. Od tam tudi izpeljanka imena starta. Plavalec stoji predkoračno, s prsti sprednje noge zagrabi sprednji rob startnega bloka. Zadnja noga je nekoliko bolj pokrčena. Novejši modeli startnih blokov imajo zadnji del dvignjen, da lahko plavalci naslonijo zadnjo nogo pod kotom 90 stopinj in se zato lažje odrinejo. Glava je tudi tu v podaljšku trupa med rokama.

Po začetnem položaju sledi rušenje ravnotežnega položaja, odriv iz startnega bloka, faza leta, prehod v vodo, drsenje pod vodo s podvodnimi gibi in podvodnim brcanjem ter izplavanjem na vodno gladino.



Slika 1. Track start ali atletski start (lasten arhiv).

1.2.3 VISEČI ALI LETEČI START

Se uporablja pri štafetah. Pri plavalcu, ki je pri štafeti na vrsti kot drugi, tretji ali zadnji, morajo biti stopala pri startnem skoku na bloku toliko časa, dokler se plavalec, ki mu štafeto predaja, ne dotakne stene bazena. Lahko pa izvede zamah z rokama nazaj, tako da dobi pri skoku še dodatno hitrost prav v trenutku, ko se plavalec v vodi dotakne ciljne stene bazena. Kapus idr. (2002)

1.2.4. FAZE PLAVALNEGA STARTA

Plavalni start je sestavljen iz startnega skoka (odrivni čas in faza leta) in plavanja do 15 metrov, ki je nekaj časa s telesom in glavo pod vodo, nato pa nad njo.

Odrivni čas, ki je sestavljen iz reakcijskega časa (traja od signala za start do začetka premikanja merjenca) in gibalnega časa (traja od začetka gibanja merjenca do trenutka, ko merjenec zapusti startni blok) ter faza leta (od trenutka, ko merjenec zapusti startni blok do prvega stika merjenca z vodo) sta sestavna dela startnega skoka.

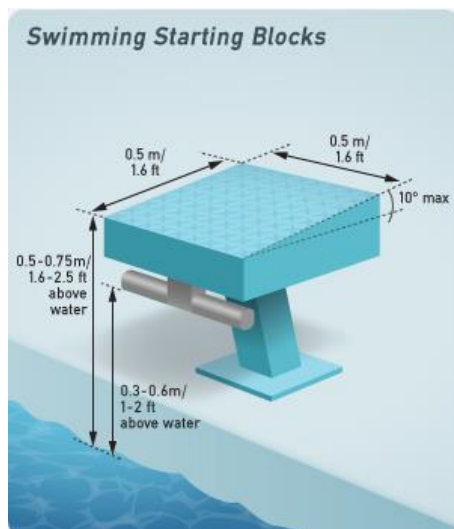
1.2.5 STARTNI SKOK

a) STARTNA POVELJA PRI STARTNEM SKOKU V VODO

Starter najprej podaljšano zažvižga in plavalci pri tehnikah kravl, prsno in delfin takrat stopijo na startni blok, pri hrbtne tehniki pa plavalci skočijo v vodo. Sledi povelje: »Na svoja mesta«, takrat se plavalci pripravijo na skok. Plavalci pri tehnikah, kjer stojijo na startnem bloku, zavzamejo svoj položaj za tako imenovani »grab start« ali pa »atletski start«. Plavalci pri tehniki hrbtne, ki so v vodi, pa se na to povelje pritegnejo iz vode proti startnemu bloku. Noge imajo pokrčene na steni bazena s stopali pod vodno gladino. Sledi samo še zvočni signal, pri katerem plavalci odrinejo v vodo.

Pri startnem skoku plavalca v vodo je v fazi odriva pomembnih kar nekaj kazalcev. Nekaj teh kazalcev sem s pomočjo tenziometrijske plošče pri plavalcih izmeril tudi sam.

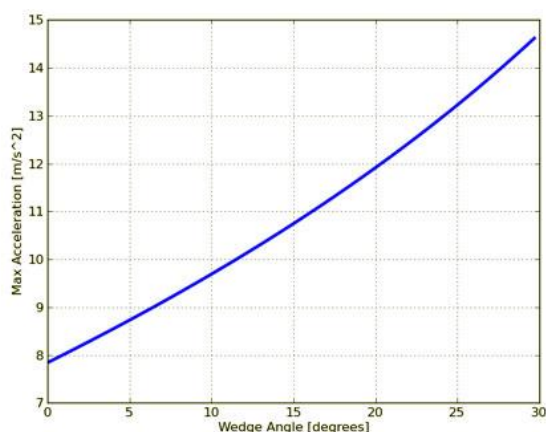
b) PLAVALNI STARTNI BLOK



Slika 2. Plavalni startni blok (<http://swim.isport.com/swimming-guides/swimming-pool-dimensions>, 2014).

Startni bloki danes so različnih oblik. Vendar naj bi imeli vsi nekaj skupnih točk. Sprednji del je nad vodo dvignjen od 0,5 do 0,75 metra. Največji dovoljen naklon plošče bloka pa je 10 stopinj.

Zadnjih nekaj let so na tržišču startni bloki, ki imajo ploščo, na kateri stojijo plavalci pod naklonom glede na tla tako, da je zadnji del startnega bloka dvignjen. Na zadnjem delu startnega bloka pa je naslonjalo za zadnjo nogo pri »atletskem startu«.



Slika 3. Odvisnost največjega pospeška (navpična os) od naklona pri startnem bloku (Rhett Alain, 2012).

Iz grafa (slika 3) lahko razberemo, da naklon pomaga pri pospešku plavalca ob odzivu iz startnega bloka. Prav tako pa zaradi naklona več pospeška proizvedemo zaradi rok. Plavalec se lahko pri atletskem startu na startnem bloku, nagnjenem pod določenim kotom, bolj odrine tudi z rokama in tako pride do večjega pospeška pri odzivu. Prav tako se lahko plavalec pred

odrivom nagne bolj nazaj, to pa podaljša čas razvijanja sile med odrievanjem, ki tekmovalca potisne naprej. Poveča se tudi sila trenja, ki prav tako omogoča razvoj večjega startnega pospeška. Rhett (2012)

1.2.6 DOSEDANJE RAZISKAVE POVEZANE S STARTNIM SKOKOM

Izpostavil bom dve raziskavi.

Prva raziskava je bila narejena v Združenem kraljestvu na univerzi v Loughboroughu. Namen raziskave je bil določiti povezave med testi na kopnem in startnim skokom plavalcev. Posamično testiranih je bilo 6 britanskih plavalcev z mednarodnimi izkušnjami. Testirali so se na suhem s tenziometrijsko ploščo (skoki z nasprotnim gibanjem), ter v bazenu, kjer so iz startnega bloka skakali s tehniko atletskega starta, tako, da so menjavali sprednjo nogo.

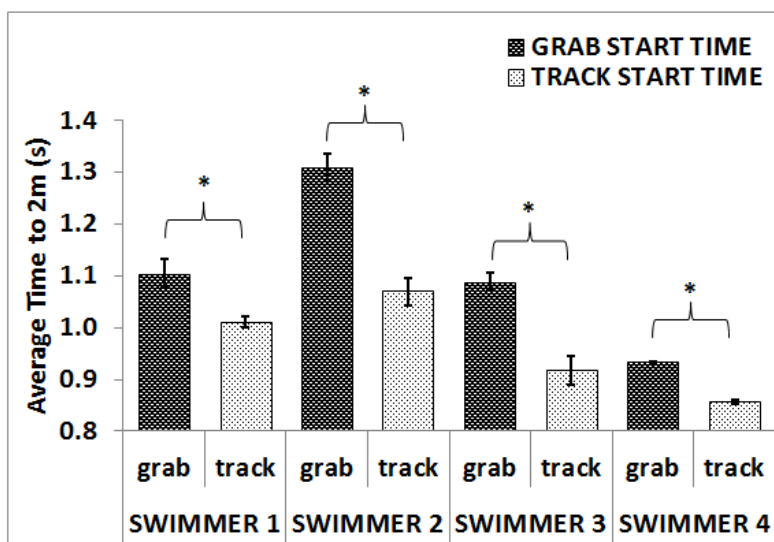
Cossor, Slawson, Shillabeer, Conway in West (2011) so ugotovili, da je Pearsonov korelacijski koeficient pokazal močno povezanost med največjimi silami med navpičnimi skoki na tenziometrijski plošči na kopnem in ekvivalentnimi silami na tenziometrijski plošči na startnem bloku. Testi niso pokazali vidnejših razlik v reakcijskem času pri levi ali desni nogi spredaj. Opazili so povezanost med največjo globino plavalca po skoku v vodo in višino skoka na suhem z največjo silo, ki so jo plavalci razvili na suhem. Merjenje skokov na suhem so plavalci izvajali na tenziometrijski plošči s skoki z nasprotnim gibanjem. Merjenje skokov v bazen so merjenci opravili tako, da so pri atletskega startu menjali nogo spredaj oziroma zadaj.

Te ugotovitve nakazujejo na to, da so lahko testi na suhem dober nadomestek meritev startnega skoka v bazen. Za meritve tako lahko porabimo precej manj časa, rezultati meritev pa so praktično enaki. Ponovitve skokov na suhem in v bazenu so merjenci, tako kot pri naših meritvah izvajali po naključnem izboru.

Druga raziskava je potekala na University of Western Ontairo v Kanadi. Murrell in Dragunas (2012) sta primerjala učinkovitost tehnik plavalnega starta (grab in atletskega start) na kopiji startnega bloka Omega OSB11. Ugotoviti sta želela, če je atletskega start pri vsakem merjencu hitrejši od grab starta.

Merjenci so bili dve ženski in dva moška. Merila sta čas, ki ga bodo merjenci porabili od startnega bloka do dveh metrov. Protokol meritev je bil sestavljen iz šestih skokov, trije s tehniko grab start in trije s tehniko atletskega starta. Vrstni red skokov je bil naključen. Raziskovalca sta uporabljala tenziometrijsko ploščo za zbiranje podatkov o kazalcih, kot so navpična in vodoravna komponenta hitrosti, odrivni čas, sile in tako naprej. Za analizo podatkov sta uporabila t-test za odvisne vzorce.

Rezultati analize meritev (slika 4) so pokazali, da so bili vsi 4 merjenci z atletskega startom hitrejši na točki dveh metrov od starta. Ti rezultati nakazujejo na to, da bi bilo bolje, če bi tekmovalci na teh startnih blokih uporabljali atletskega start, saj jim le ta lahko krepko popravi rezultat.



Slika 4. Primerjava grab in atletskega starta (Murrell, Dragunas, 2012). Na navpični osi je označen povprečni čas do dveh metrov, na vodoravni pa tehnika pri različnih plavalcih. Temni stolpci predstavljajo rezultate za grab start, svetli pa za atletskega start.

1.3 PROBLEM DIPLOMSKEGA DELA

V svojem diplomskem delu želim obravnavati plavalni start. Glavni kriterij za oceno uspešnosti plavalnega starta je startni čas oziroma čas do 15 metrov. Ta čas je odvisen od uspešnosti akcije na startnem bloku in od plavanja pod vodo, medtem, ko je čas do 5 metrov v največji meri odvisen od odzivne akcije startnega skoka.

Namen mojega diplomskega dela je ugotavljanje razlik pri nekaterih kazalcih startnega skoka, izmerjenih s tenziometrijsko ploščo, med startno akcijo pri različnih plavalnih tehnikah.

1.4 CILJI

Cilj moje diplomske naloge je ugotoviti razlike v nekaterih biomehanskih kazalcih kot so hitrost, kot, čas odziva, s startnim časom na petih in petnajstih metrih, pri treh različnih plavalnih tehnikah: kravl, prsno, delfin.

Ugotoviti želim tudi razlike med spoloma, če obstajajo in pri kateri tehniki.

1.5 HIPOTEZE

H1: Biomehanski kazalci startnega skoka, izmerjeni s tenziometrijsko ploščo, se bodo razlikovali glede na plavalno tehniko po skoku.

H2: Razlike biomehanskih kazalcev pri različnih tehnikah se ne bodo razlikovale glede na spol.

2 METODE DELA

2.1 PREIZKUŠANCI

V svojem diplomskem delu sem za vzorec vzel 45 plavalcev različnih plavalnih klubov. Plavalci so dekleta in fantje stari od 13 do 25 let, povprečna starost plavalcev v vzorcu je $15,7 \pm 2,2$ leti. Vsi se s tekmovalnim plavanjem ukvarjajo že najmanj 5 let in so že večkrat bili na plavalnih tekmovanjih. Velika večina je plavalcev na kratke razdalje (50, 100 metrov), tekmujejo pa tudi na drugih razdaljah in v različnih tehnikah.

2.2 PRIPOMOČKI

Uporabili smo opremo Kineziološkega laboratorija fakultete za šport v Ljubljani: tenziometrijska plošča (Kistler, Švica), startni blok prilagojen za tenziometrijsko ploščo, prenosni računalnik, računalniški program Daisylab (National Instruments), ojačevalec signala, startna klapa, štiri podvodne kamere (Swim pro, Australia).



Slika 5. Nekateri pripomočki (lasten arhiv).

2.3 POSTOPEK

Vsakega plavalca smo najprej prosili za osebne podatke, podatke o letu rojstva in najljubši plavalni tehniki ter razdalji, jih stehtali in jim določili šifre za kasnejšo lažjo obdelavo podatkov. Preden so merjenci odšli na ogrevanje, smo jim razložil potek dela. Po ogrevanju so eden za drugim najprej izvedli tri preizkusne skoke s plavanjem (kravl, prsno in delfin) do petnajstih metrov, da so izmerili razdaljo na startnem bloku med sprednjo in zadnjo nogo za najbolj optimalen odriv. Cilj oziroma 15 metrov so označevale zastavice, ki plavalcu po navadi pomagajo pri obratu v hrbtni tehniki.

Meritev sile podlage smo merili s tenziometrijsko ploščo, čas plavalca na petih in petnajstih metrih pa z uporabo kamer, ki so zajemale sliko s hitrostjo 25 sličic na sekundo.

Po ogrevalnih skokih in nastavitvi startnega bloka so merjenci izvedli 6 skokov – po dva za vsako tehniko, pri čemer je bil vrstni red tehnik izbran naključno.



Slika 6. Tenziometrijska plošča pod startnim blokom (lasten arhiv).

Merjenec je zavzel startni položaj na startnem bloku s tenziometrijsko ploščo. Na znak: »Na svoja mesta« se je pripravil in po sekundi oziroma dveh je bil dan znak s startno klapo. Startna klapa je bila sinhronizirana z računalnikom; ko se je klapa zaprla, je ustvarila zvočni signal, na katerega je plavalec startal, hkrati pa se je sklenil električni tokokrog, ki je vključil lučko, obrnjeno proti kameri in istočasno poslal signal v računalnik.

Lučka je pri analizi časov plavalcev pomenila začetek merjenja časa. Pri meritvah smo imeli postavljene štiri kamere. Dve sta bili v vodi na stranski steni bazena, ena na metru in pol, druga pa na petih metrih od startnega bloka. Za potrebe določanja časa na petih metrih smo pred meritvami umerili prostor z uporabo žrdi, na katero smo v liniji plavanja na razdaljo 5 metrov od roba bazena obesili 1 cm debelo vrv.



Slika 7. Kamere postavljene vzdolž bazena (lasten arhiv).

Dve kameri sta bili postavljeni na kopnem in sicer na začetku (ta je snemala start in lučko) ter na petnajstih metrih, kjer je merjenec končal s plavanjem.

Vsako od tehnik so odplavali dvakrat. Tehnike so bile izbrane naključno, da bi izključili utrujenost ali katerekoli druge možne sistemske vplive na rezultate.

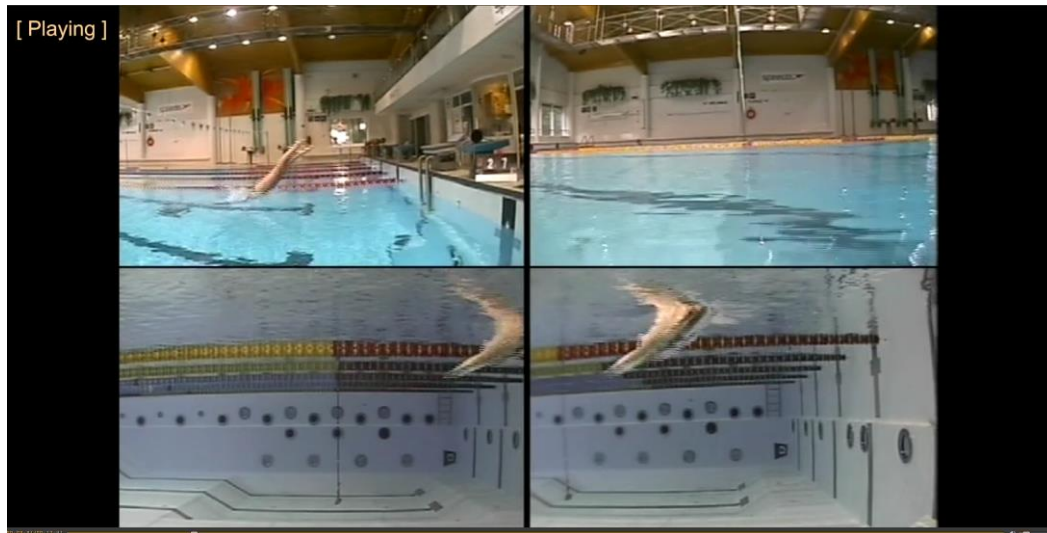


Slika 8. Startna luč obrnjena proti kameri (lastni arhiv).

Za določanje časa na 5 in 15 metrih sta bili uporabljeni točno na 5m (1 m pod vodo) in 15 m postavljeni in pravokotno na vzdolžni rob bazena usmerjeni videokameri ter viseča vrv oziroma fiksirana oznaka na plavalni progi. Za orientacijo plavalcev so bile ob bazenu postavljene tudi zastavice, ki so v pomoč plavalcu hrbtne tehnike pri obratu. Čas do 5 in 15 metrov smo dobili z uporabo videoposnetka, tako, da smo premikali sličice od trenutka, ko je zasvetila lučka, do trenutka, ko je plavec z glavo priplaval do linije petnajstih metrov označene s fiksirano oznako. Število sličic smo pomnožili z 0,04 sekunde.

Za nadaljnjo obravnavo smo upošteval le najboljši čas na 15 metrih od vsake izmed tehnik pri merjencih. Podatke iz tenziometrijske plošče smo obdelali s prirejenim računalniškim programom SKOK (Strojnik in Colja, 1992).

Statistično analizo smo opravili s programom SPSS (IBM) in jih analizirali z enosmerno analizo variance za ponovljene meritve.



Slika 9. Kinematična obdelava posnetka. Levo zgoraj nadvodna kamera, ki snema startni skok, desno zgoraj nadvodna kamera, postavljena točno na petnajstih metrih, desno spodaj podvodna kamera od startnega roba bazena postavljena meter in pol, levo spodaj podvodna kamera postavljena pet metrov od startnega roba bazena (lasten arhiv).

3 REZULTATI

Osnovni statistični podatki glede na tri opazovane tehnike (kravl, prsno, delfin) so predstavljeni v tabeli 1.

Zaradi močnega vrtnčenja vode in (pre)slabe resolucije uporabljene podvodne kamere nismo mogli z dovolj veliko zanesljivostjo določiti časa na petih metrih, zato je v nadaljevanju predstavljen samo glavni kriterijski čas na 15 metrih.

Z meritvijo smo opazovali kazalce startnega skoka in sicer: hitrost odriva, kot odriva, čas odriva, reakcijski čas, gibalni čas, vodoravno in navpično hitrost odriva in čas na petnajstih metrih.

Hitrost odriva se pri vseh treh plavalnih tehnikah ni spremenila, najmanjša je bila 3,35 m/s, najdaljša pa 4,75 m/s. Kot odriva je najbolj variiral, in sicer od $-16,86^\circ$ vse do $15,82^\circ$. Čas odriva, ki je sestavljen iz reakcijskega in gibalnega časa, je bil skoraj popolnoma enak pri vseh treh plavalnih tehnikah. Navpična in vodoravna odrivna hitrost sta bili pri vseh treh tehnikah približno enaki. Drugi kazalec, ki je prav tako močno variiral, kar pa smo pričakovali, je bil čas dosežen na petnajstih metrih.

Najkrajši časi so bili doseženi pri tehniki kravl, najdaljši pa pri tehniki prsno. Najpočasnejši merjenec je potreboval 11,28 sekunde, najhitrejši pa le 6.28 sekunde.

KAZALCI	KRAVL		PRSNO		DELFIN	
	Povprečna vrednost	Std. odk.	Povprečna vrednost	Std. odk.	Povprečna vrednost	Std. odk.
Hitrost (m/s)	4,02	0,29	4,04	0,28	4,05	0,27
Kot (°)	0,88	7,42	1,56	7,60	0,72	7,18
Čas odriva (ms)	744,93	65,78	747,11	62,86	745,89	65,70
Reakcijski čas (ms)	143,84	32,09	138,84	29,05	146,11	30,11
Gibalni čas (ms)	601,09	56,71	608,27	54,43	599,78	58,20
Hitrost vodoravna(m/s)	3,99	0,29	4,00	0,28	4,02	0,27
Hitrost navpična(m/s)	0,08	0,51	0,11	0,53	0,05	0,51
Čas 15m (s)	7,80	0,73	9,45	0,78	8,05	0,80

Tabela 1. Opisuje surove statistične podatke in sicer aritmetično sredino in standardni odklon pri kazalcih v vseh treh tehnikah za vse opravljene skoke (n=135).

Primerjava osnovnih statističnih podatkov po spolu oziroma rezultati t-testa za ugotavljanje razlik v merjenih kazalcih med spoloma so prikazani v tabeli 2.

Edini kazalec, kjer nismo našli razlik med spoloma, je reakcijski čas.

	SPOL	N	povprečje	std. odklon	p (stat.znač)
HITROST ODRIVA	1	63	4,18	0,26	0,000
	2	72	3,91	0,22	
KOT ODRIVA	1	63	4,39	5,43	0,000
	2	72	-1,87	7,60	
ČAS ODRIVA	1	63	721,44	66,94	0,000
	2	72	767,44	53,78	
REAKCIJSKI ČAS	1	63	139,06	35,2	0,167
	2	72	146,32	25,17	0,177
GIBALNI ČAS	1	63	582,38	56,53	0,000
	2	72	621,13	49,53	
HITROST VODORAVNA	1	63	4,15	0,27	0,000
	2	72	3,87	0,21	
HITROST VERTIKALNA	1	63	0,32	0,39	0,000
	2	72	-0,13	0,52	
ČAS 15m	1	63	7,93	0,94	0,000
	2	72	8,87	0,96	

Tabela 2. Prikazuje razlike med dekleti in fanti pri merjenih kazalcih. Razlike so se pokazale pri vseh kazalcih, razen pri reakcijskem času. (1 so fantje in 2 dekleta).

Rezultati ANOVA testiranja so pokazali, da obstajajo razlike v času na 15 metrih med tremi tehnikami pri dekletih, fantih in obeh vzorcih skupaj. Statistično značilne razlike obstajajo tudi pri navpični hitrosti odniva, merjeni na tenziometrijski plošči, pri obeh spolih skupaj.

Nakazane statistične razlike ($p=0,053$) so še pri kotu odniva pri vseh merjenjih skupaj in pri kotu odniva pri dekletih ($p=0,066$).

	SKUPAJ	FANTJE	DEKLETA
Čas 15m	0,000*	0,000*	0,000*
Hitrost odniva	0,363	0,436	0,646
Kot	0,053 +	0,338	0,066 +
Čas odniva	0,932	0,700	0,498
Reakcijski čas	0,355	0,181	0,095
Gibalni čas	0,161	0,123	0,808
Vodoravna hitrost	1,699	0,446	0,521
Navpična hitrost	0,042*	0,257	0,09

Tabela 3. Prikazuje vrednosti p pri ugotavljanju razlik med tehnikami, pri biomehanskih kazalcih, merjenih s tenziometrijsko ploščo, za vsak spol posebej in oba spola skupaj. (* $p<0,05$; + $p =$ približno 0,05).

V primerih, ko smo s testom ANOVA za ponovljene meritve dobili statistično značilne razlike med merjenimi parametri, smo s POST HOC analizo (po Bonferoniju) odkrivali razlike med tehnikami.

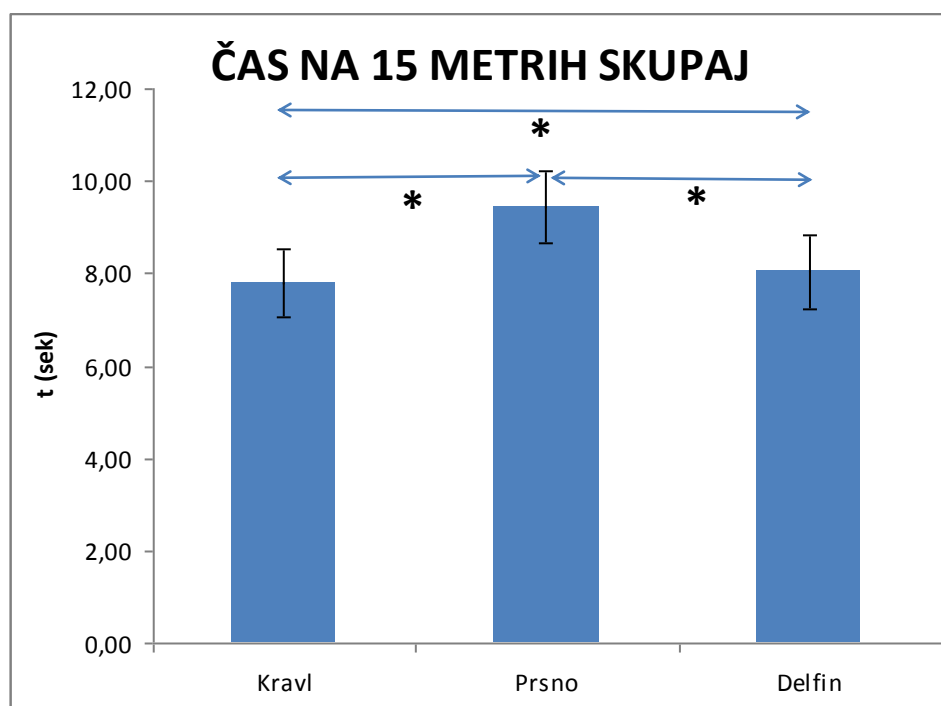
Do statistično značilnih razlik pride le pri času na petnajstih metrih in sicer pri primerjavi vseh plavalnih tehnik med seboj, tako skupaj, kot za fante in dekleta posebej.

Pri primerjanju tehnik prsno in delfin s POST HOC testom smo ugotovili nakazane razlike pri obeh spolih skupaj in sicer pri kotu odziva iz startnega bloka in navpični hitrosti na startnem bloku.

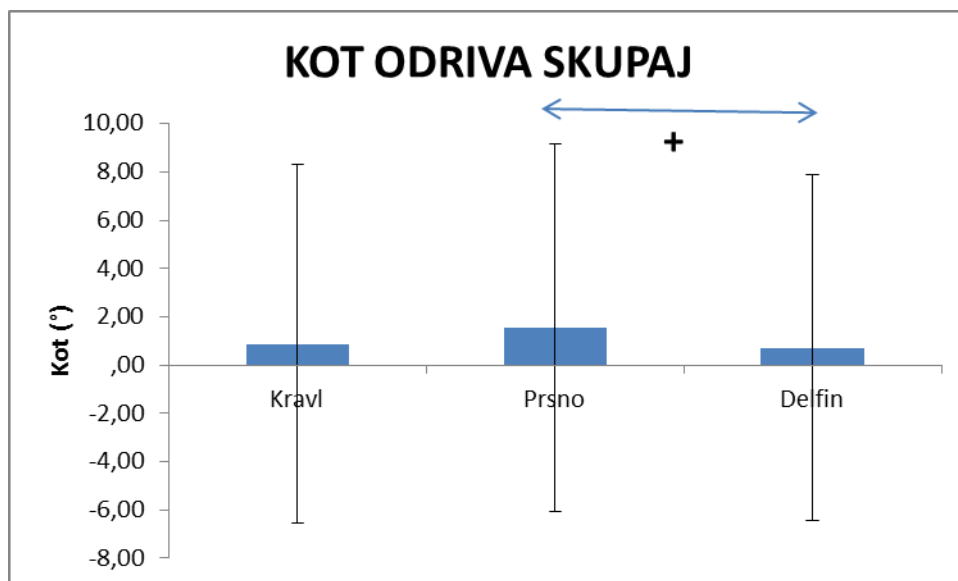
	Skupaj (n=135)			Dekleta (n=72)			Fantje (n=63)		
	kravl-prsno	kravl-delfin	prsno-delfin	kravl-prsno	kravl-delfin	prsno-delfin	kravl-prsno	kravl-delfin	prsno-delfin
Čas 15m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000
Kot	0,143	1,000	<u>0,088</u>						
Hitrost navpična	0,242	0,926	<u>0,058</u>						

Tabela 4. Prikazuje rezultate post hoc testov za tiste teste, kjer smo z ANOVO za ponovljene vzorce (glej tabelo 3) ugotovili razlike.

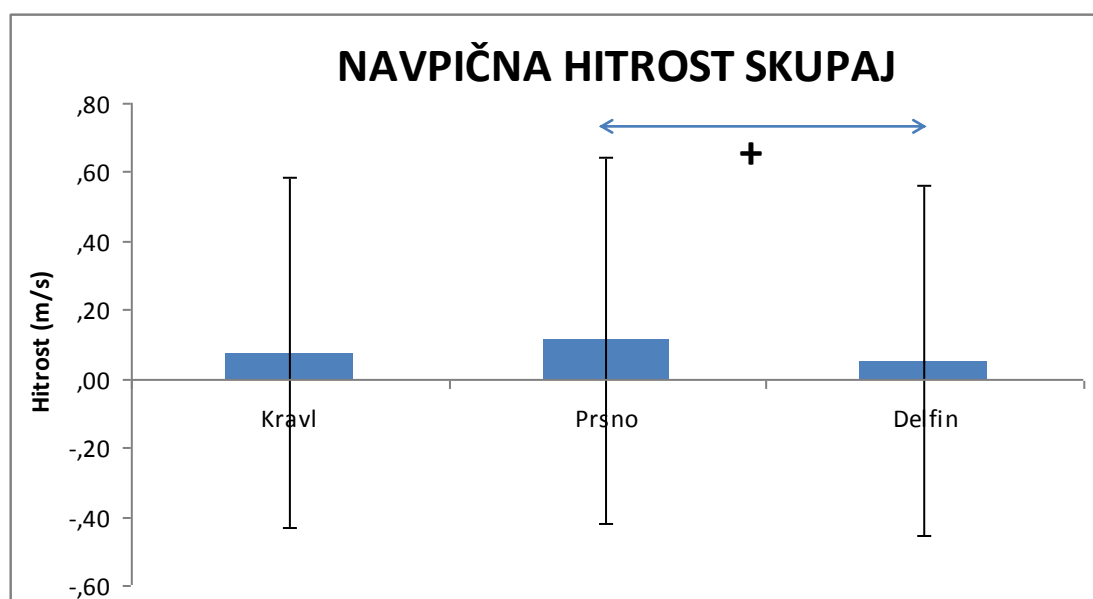
Vrednosti kazalcev, kjer smo ugotovili statistično značilne razlike glede na tehniko starta za vse merjence skupaj, so grafično prikazane na grafih 1, 2 in 3.



Graf 1. Prikazuje povprečne vrednosti in standardni odklon za čas na 15 metrih pri vseh treh plavalnih tehnikah. Statistično značilne razlike so med vsemi tremi tehnikami. Zvezdica (*) kaže na statistično značilnost ($p < 0,05$).



Graf 2. Prikazuje aritmetično sredino in standardni odklon za kot odriva na tenziometrijski plošči pri vseh treh plavalnih tehnikah. Nakazana statistična značilnost je med prsnim in delfinom. Znak plus (+) kaže, kje je nakazana statistična značilnost.



Graf 1. Prikazuje aritmetično sredino in standardni odklon za navpično hitrost na tenziometrijski plošči pri vseh treh plavalnih tehnikah. Nakazana statistična značilnost je med prsnim in delfinom. Znak plus (+) kaže, kje je nakazana statistična značilnost (p je zelo blizu mejne vrednosti 0,05).

4 RAZPRAVA

Pri meritvah smo dobili podatke za 135 skokov. Analiza biomehanskih kazalcev je dala nekaj zanimivih ugotovitev.

Dobljeni časi (Č15) so nekoliko slabši kot časi dobljeni v nekaterih drugih raziskavah. Mullen (2014) je pri sprinterjih izmeril povprečni čas od 6,07 do 6,57 sekunde, Issurin in Verbitsky (2002) pa pri sprinterjih 5,78 sekunde, pri plavalcih, ki tekmujejo na dolge razdalje pa 6,74 sekunde. Razlike so pričakovane, saj sta obe raziskavi preučevali samo najboljše plavalce, medtem, ko je bil naš vzorec bolj raznolik, tako po spolu, tehnikah in tekmovalnih razdaljah, za katere so merjenci specializirani.

Razpon hitrosti odriva je segal od 3,3 m/s do 4,75 m/s. Takšne razlike so se pojavile zaradi velikega razpona starosti vzorca in tudi kvalitete plavalcev; na eni strani smo imeli polnoletnega tekmovalca (4,75 m/s) na drugi strani pa 13 letno deklico (3,3 m/s). Rezultati so primerljivi z rezultati meritev, ki so jih opravili Jorgič idr. (2010) pri 6 mladih plavalcih (15,4 let \pm 0,2 meseca). Njihovi merjenci so dosegli povprečno hitrosti 3,80 m/s.

Večina merjencev se je iz startnega bloka odpravila pod kotom okrog povprečne vrednosti 1° , kar pomeni, skoraj vodoraven odziv. Iz tega razloga so vrednosti vodoravne hitrosti zelo podobne rezultanti hitrosti, saj je povprečna vertikalna komponenta zelo majhna (0,080 m/s). Smo pa opazili statistično značilno razliko med dekletimi in fanti ($p=0,000$); povprečni kot odriva je pri fantih znašal $4,39^\circ$ pri dekletih pa $-1,87^\circ$, sicer pa so se vrednosti gibale med $16,9^\circ$ in $15,8^\circ$. Plavalec, ki je pri odzivu dosegel največji kot, ni dosegel najboljšega rezultata (Č15). Lahko pa kot odriva povežemo z razvojem mišične sile, ki je povezana z velikostjo mišične mase, za katero vemo, da jo imajo fantje več. Predvidevamo torej, da so zaradi večje mišične mase in posledično večje moči fantje iz startnega bloka bili sposobni odpraviti za nekaj stopinj navzgor, medtem, ko so očitno nekatera dekleta zaradi pomanjkanja moči enostavno padle navzdol v vodo.

Reakcijski čas je edini kazalec, ki se med dekletimi in fanti ni razlikoval, kar je povsem logično, ker ni odvisen od mišične moči. Povprečni reakcijski čas fantov je znašal 139,06 ms, deklet pa 146,32 ms. Gre za zanemarljivo in statistično neznačilno razliko, ki ne vpliva na končne rezultate.

Mullen (2014) je pri sprinterjih ugotovil, da je njihov povprečni odzivni čas približno 860 ms, kar je za 13% več kot rezultati naših plavalcev, ki so dosegali povprečni odzivni čas $746 \text{ ms} \pm 64 \text{ ms}$.

Ugotovili smo, da se Č15 med tremi tehnikami razlikujejo. Najhitrejši je kravl, sledi delfin, najpočasnejši pa so starti pri prsni tehniki. Rezultati meritev so pričakovani, saj je tudi splošno tehnika kravl hitrejša od delfina in prsne tehnike. Moški svetovni rekord na 50 metrov prosto v 50 metrskih znaša 20,91 sekunde, delfin 22,43 s, prsno pa 26,67 s. (FINA World Swimming Records, 2014).

Kljub temu se večina kazalcev, izmerjenih s tenziometrijsko ploščo, med tehnikami ne razlikuje. Do značilnih statističnih razlik pride pri času na petnajstih metrih. Iz tega lahko sklepamo, da je startna akcija precej stabilno gibanje in da do razlik očitno pride v

nadaljevanju, torej pri vstopu v vodo (razdalja od roba bazena do vstopne točke, nadvodni in podvodni vstopni kot), globini plavanja pod vodo, načinu in dolžini plavanja pod vodo.

V raziskavi, narejeni na Evropskem mladinskem prvenstvu v Antwerpnu leta 2012, je Haljand (2014) objavil čase plavalcev na petnajst metrov. Najhitrejši plavalec je v tehniki kravl v finalu na 50 metrov s petnajstmetrsko razdaljo opravil v 5,6 sekunde, najhitrejša plavalka pa v 6,3 sekunde. Naš najboljši merjenec je na 15 metrov kravl dosegel čas 6,28, plavalka pa 7,36 sekunde. Pri najpočasnejši tehniki (prsno) je najpočasnejši plavalec v finalu najkrajše discipline petnajst metrov preplaval v 6,9 sekunde, najpočasnejša plavalka pa v 8,6 sekunde. Naš najpočasnejši merjenec v tehniki prsno je 15 metrov preplaval v 10,72 sekunde, najpočasnejša merjenka pa v času 11,28 sekunde.

Iz primerjave rezultatov lahko razberemo, da naši merjenci za rezultati najboljših mladincev in mladink v Evropi zaostajajo, a se je obenem potrebno zavedati, da so na takih tekmovanjih zbrani vsi najboljši tekmovalci iz cele Evrope.

Prvo hipotezo, da se bodo biomehanski kazalci startnega skoka, izmerjeni s tenziometrijsko ploščo, razlikovali glede na plavalno tehniko, lahko glede na dobljene rezultate v večji meri ovržemo, saj se ne razlikujejo. Edina razlika je bila pri kotu odriva plavalk in plavalcev. Pri analizi smo dobili enako odzivno hitrost tako, da je razlika v Č15m najbrž v podvodnem plavanju po startnem skoku do petnajstih metrov.

Drugo hipotezo, da se razlike biomehanskih kazalcev pri različnih tehnikah ne bodo razlikovale glede na spol, smo ovrgli, z izjemo reakcijskega časa. To je bilo pričakovano, saj se reakcijski čas pri treniranih plavalcih ne bi smel dosti spreminjati.

Čas na petnajstih metrih pri plavanju vključuje startni skok, plavanje pod vodo in velikokrat plavanje. S kamerami nismo pokrili prostora, kjer bi plavalci prišli na površje in začeli plavati. Zato nismo izvedeli, koliko časa po startnem skoku traja plavanje pod vodo in nato še plavanje do petnajstih metrov. Te meritve bi se lahko bolj poglobljeno preučilo v prihodnje.

Prav tako bi raziskavi lahko bolj vključili »podvodni kameri«, ne le za spremljanje plavalca pri plavanju do petnajstih metrov, ampak tudi za merjenje globine skoka in na primer točke vstopa v vodo.

Menim, da je bila raziskava uspešna, saj je dala veliko odgovorov v povezavi s skokom v vodo in plavanjem do petnajstih metrov. Odprla pa je tudi vrata za nadaljnje raziskovalno delo, ki bo v pomoč tako plavalcem kot trenerjem.

Do razlike Č15m med merjenci očitno prihaja nekaj zaradi različnega kota odriva, nekaj pa zaradi podvodnega plavanja od točke dotika vodne gladine do 15 metrov.

5 SKLEP

Pri opravljenih meritvah smo spremljali biomehanske kazalce starta plavalcev, izmerjene s tenziometrijsko ploščo (čas do 15m, hitrost odriva, kot odriva, reakcijski čas, gibalni čas, vodoravna hitrost, navpična hitrost) in čas na 15 metrih, ki smo ga izmerili s kinematiko. Zastavili smo si dve ključni hipotezi; prvo, da se bodo biomehanski kazalci startnega skoka, izmerjeni s tenziometrijsko ploščo, razlikovali glede na plavalno tehniko in drugo hipotezo, da se razlike biomehanskih kazalcev pri različnih tehnikah ne bodo razlikovale glede na spol.

Pri našem vzorcu 135 startnih skokov je raziskava pokazala razlike pri Č15 in sicer pri različnih tehnikah plavanja in med spoloma. Kljub razlikam v Č15, se parametri startnega skoka, pridobljeni s tenziometrijsko ploščo med oddivanjem, med tehnikami niso razlikovali, razen navpične odrivne hitrosti in kota odriva. Razpon hitrosti odriva je bil med dekleti in fanti kar precejšen. To lahko pripišemo razliki v kvaliteti med plavalci. Večina naših merjencev je iz startnega bloka v vodo odpravala skoraj vodoravno. Najvišji in najnižji kot odriva v bazen se je pri tekmovalcih močno razlikoval. Dobljeni rezultati reakcijskega časa se med dekleti in fanti niso razlikovali, kar je sprejemljivo in povsem logično, saj hitrost reakcije ni odvisna od mišične mase.

Razlike, ki se pojavljajo v končnem delu plavalnega starta in sicer od točke dotika vode plavalca po skoku do 15 metrov, nismo izmerili, zato bo za ta zanimiv del plavanja potrebno izvesti kakšno samostojno meritev, da bomo ugotovili od česa točno je odvisen Č15. Raziskava se deloma lahko nanaša na našo, ki je podala veliko zanimivih ugotovitev, vendar bi lahko v prihodnje izmerili globino, ki jo doseže plavalec po startnem skoku, čas pri katerem plavalec doseže razdaljo petih metrov in točko vpada v vodo po startnem skoku. Vsi ti dodatni kazalci bi še bolj razjasnili, kje se nahajajo razlike med uspešnejšimi, hitrejšimi plavalci in tistimi, ki so na Č15 počasnejši.

6 VIRI

- Cossor, J., Slawson, S., Shillabeer, B., Conway, P., West A. (2011). Are land tests a good predictor of swim start performance?. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, 11(2), 183-186.
- Haljand, R. (2014). *Antwerp 2012 European Junior Swimming Championships July 2012*. Pridobljeno iz http://swim.ee/competition/2012_antwerp/antwerp2012.html
- Issurin, B V., Verbitsky O., (junij 2002). Track start vs. grab start: Evidence of the Sydney Olympic games. Referat predstavljen leta 2002 na simpoziju Biomechanics and Medicine in Swimming IX. Izvleček pridobljen iz http://tx.technion.ac.il/~olegbm/paper_18.pdf
- Jorgić, B., Puletić, M., Stanković, R., Okičić, T., Bubanj, S., Bubanj, R. (2010). The kinematic analysis of the grab and track start in swimming. *Facta Universitatis: Phisycal Education and Sport*, 8(1), 31-36.
- Kapus, V., Štrumbelj, B., Kapus, J., Jurak, G., Šajber Pincolič, D., Vute, R., ... Čermak, V. (2002). *Plavanje, učenje*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Mullen, J. (2014). *Swimming Starts in elite Sprinters*. *Swimming Science*. Pridobljeno iz <http://www.swimmingscience.net/2010/02/swimming-starts-in-elite-sprinters.html#>
- Murrell, D., Dragunas, A. (2012). *A comparison of two swimming start techniques from the Omega OSB11 starting block* (Raziskovalno poročilo). London, Ontario: Western Undergraduate Research Journal: Health and Natural Sciences.
- Rhett, A. (28. 7. 2012). *Olympics Physics: New Platform Is No Chip Off the Old Starting Block*. *Wired*. Pridobljeno iz <http://www.wired.com/2012/07/olympics-physics-swimming-starting-blocks/>
- Swimming pool dimensions*. (2014). iSport swimming. Pridobljeno iz <http://swim.isport.com/swimming-guides/swimming-pool-dimensions>
- World Swimming Records*. (2014). Fina water is our world. Pridobljeno iz http://www.fina.org/H2O/index.php?option=com_content&view=article&id=1271&Itemid=633