



ALI SE VADBENA OBMOČJA, DEFINIRANA S PREDHODNIMI TESTIRANJI SKLADNO ODRAŽAJO PRI VADBI VZDRŽLJIVOSTI?

KONČNO VSEBINSKO POROČILO O IZVEDBI PROGRAMA

Avtorji projekta: prof. dr. Anton Ušaj, prof. dr. Jernej Kapus, doc. dr. Boro Štrumbelj, dr. Robert Marčun, dr. med, spec. pulmolog, Josip Radakovič, prof. športne vzgoje in trener

Avtor poročila: prof. dr. Anton Ušaj

UVOD

Glede na zastavljen cilj raziskovalnega projekta, to je odgovor na vprašanje, ki je tudi naslov naloge (zgoraj), smo preverili hipotezo, da se vrednosti kazalcev vzdržljivosti LP (Laktatni Prag) in OBLA (Onset of blood lactate accumulation) preslikajo v podobne ali skladne vrednosti tudi pri vzdržljivostni vadbi, če je uporabljena neprekinjena vadbena metoda, katere cilj je povečanje vzdržljivosti pri teku, kolesarjenju in dolgotrajnem plavanju, kravl.

Potrebo, da vsaka od treh športnih panog zahteva specifičen pristop k reševanju zastavljene naloge smo uresničili tako, da smo uporabili specifične načine testiranja: a) pri teku in kolesarjenju podoben večstopenjski test, toda različno neprekinjeno obremenitev, 1urno pri teku in 2 urno pri kolesarjenju brez pitja napitkov, in b) specifičen test 5x3x200 m (glej odsek PREVERJANJE HIPOTEZE V PLAVANJU), katerega vrednosti smo testirali na razdalji 3000 m plavanja.

PREVERJANJE HIPOTEZE PRI TEKU

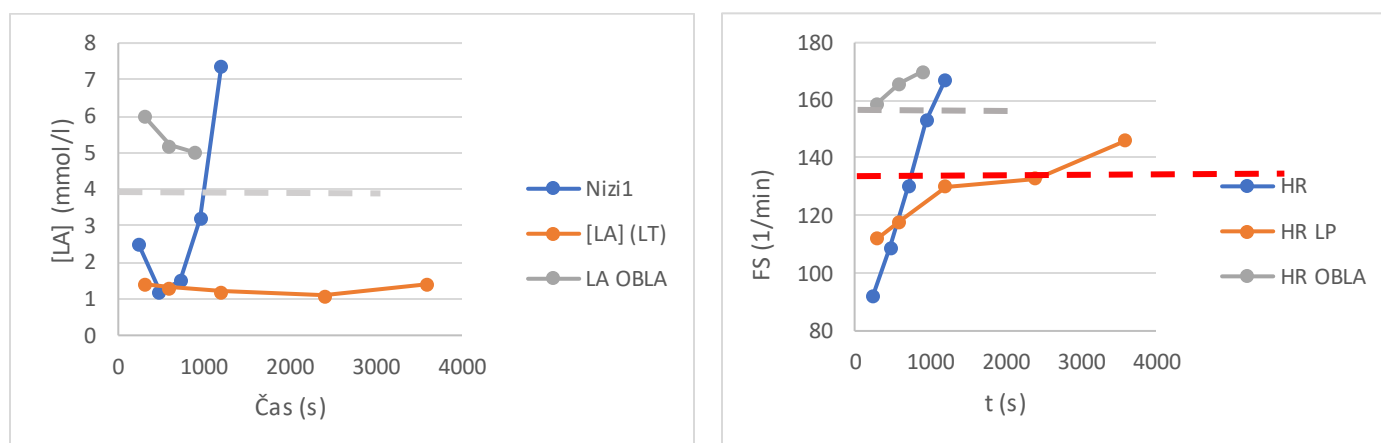
Cilj tega poskusa je bil preveriti hitrosti teka vLP in vOBLA, ki smo ju najprej določili pri večstopenjskem testu. Tega je tvorilo več zaporednih, 4 min tekov, pri katerih se je hitrost stopensko povečavala za 2 km/h.

Ob drugem obisku laboratorija, je najprej preverjena hitrost vLP in sicer tako, da je vsak preiskovanec tekel 1 uro pri tej hitrosti. Tek se je vsakih 20 min prekinil za odvzem vzorcev krvi (vsebnost laktata [LA], in vsebnost glukoze [GLU], ves čas pa so bili merjeni frekvenca srca (FS), in presnovni kazalci, kot so privzem kisika ($\dot{V}O_2$), tvorba CO_2 ($\dot{V}CO_2$) in respiratorni kazalci. Način testiranja je viden na Sliki 1 (leva in desna stran). Če smo hoteli proučevati, kako je ta enurna obremenitev spremenila kazalce v večstopenjskem testu, smo morali ta test še enkrat ponoviti in sicer po približno 5 min odmora za 1 urnim tekom, ne glede na že prisotno utrujenost.

Ob tretjem obisku smo ponovili drugo testiranje, samo pri višji vOBLA hitrosti, za katero je bilo predvideno trajanje do utrujenosti, po 15 do 30 min teka.



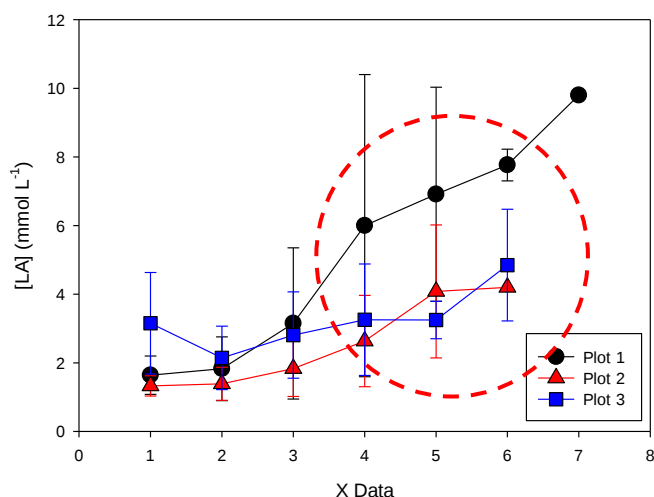
Slika 1 Testiranje pri teku v Laboratoriju za biodinamiko. Za potrebe testiranja sta uporabljeni 2 tekoči preprogi. Na levi so se odvijali neprekinjeni teki, na desni pa večstopenjski testi.



Slika 2 (Levo) Vsebnost laktata med dolgotrajnim neprekinjenim tekom pri hitrosti LP kaže skladen odziv, kot ga določa kriterij LP. Vsebnost laktata, ki ga določa kriterij OBLA in znaša 4 mmol L^{-1} (siva prekinjena črta) pa kaže veliko odstopanje od ciljnih vrednosti (siva polna črta). (Desno) Frekvenca srca na desni sliki se pri LP in OBLA nenehno spreminja (narašča), zato ne ustreza kriteriju. Poleg tega FS v začetnem delu ne dosega ciljne vrednosti, v zadnji polovici teka presega kriterijsko vrednost (Rdeča črta). Frekvenca srca pri testu OBLA pa ves čas narašča in presega kriterijsko vrednosti (siva črta).

Rezultate predstavljamo na tipičnem tekaču, sicer bi bili preveč nepregledni. Iz levega grafikona na Sliki 2 je najprej videti spremembe [LA] in sicer pri večstopenjskem testu (modro, Niz 1) Rdeča črta kaže [LA] pri 1 h teku s hitrostjo vLP in kaže dobro medsebojno ujemanje. Torej drugače kot smo predvideli. Toda, ko pogledamo frekvenco srca (Slika 2 desno) vidimo, da le ta (rdeča črta (FS_{LP})) strmo narašča ves čas in sicer od 118 min^{-1} do 150 min^{-1} po eni uri teka. Ko pa preverimo, kaj se zgodi takoj po 1 urnem teku (Slika 3), rezultati pokažejo, da osnovna hipoteza v vzdržljivostnem teku ne velja in je naša hipoteza veljavna. Videti je, da dolgotrajni tek, kljub temu, da zadošča kriteriju vLP povzroča spremembe, tudi na »laktatni krivulji«, ki tokrat ne kaže nobenega povečanja [LA] (modra in rdeča črta), v primerjavi z

prvim večstopenjskim testom (črna črta). Obe se zaključita tudi pri nižji hitrosti teka zaradi zgodnejše utrujenosti (Slika 3).



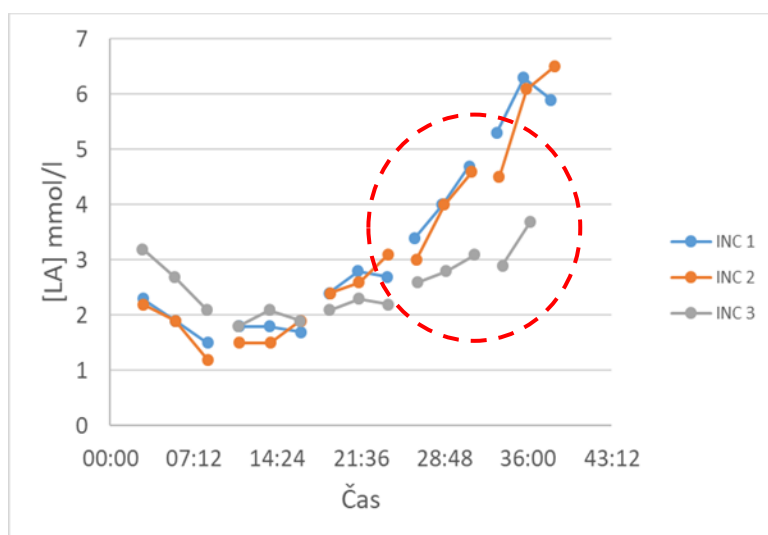
Slika 3 Statistika vseh preiskovancev v skupini tekačev, pri vseh treh večstopenjskih testih: Na začetku (črno), takoj po 1 urnem teku pri intenzivnosti LP) in po 20 min neprekinjenega teka s hitrostjo OBLA. Opaziti je znatne razlike med testi, ki ne podpirajo prakse vzdržljivostne vadbe pri teku (glej besedilo), podpirajo pa hipotezo postavljeno pri tej raziskavi.

PREVERJANJE HIPOTEZE PRI PLAVANJU

Plavanje kravl je relativno kratkotrajna športna disciplina, saj je bilo okrog 30 min najdlje trajajoče 3000 m plavanje pri najnižji hitrosti. Pri izbiri plavalcev smo ugotovili, da je le nekaj plavalcev v Sloveniji, ki lahko plava tako dolgo in z natančno, v naprej definirano hitrostjo. Ker so razdalja testa in razdalja enakomernega plavanja relativno podobni in kratki, smo pričakovali veliko boljše ujemanje med večstopenjskim testom 5x3x200m, ki je dolgotrajnejši od tekaškega in kolesarskega in zato bližje zahtevam. Test pomeni, da je vsak plavalec opravil 3 ponovitve 200 m plavanja z v naprej izbrano, nizko hitrostjo plavanja. Odmor med plavanji je trajal približno 30 do 45 sekund. Potem je serijo 3 ponovitev nadaljeval pri nekoliko višji hitrosti, dokler ni zaključil zadnje ponovitve 200 m teka v peti seriji, pri visoki ne pa najvišji možni hitrosti. Prvič smo za raziskovalne potrebe uporabili neprekinjeno merjenje frekvence srca v vodi (POLAR OH1), med plavanjem (Slika 4).

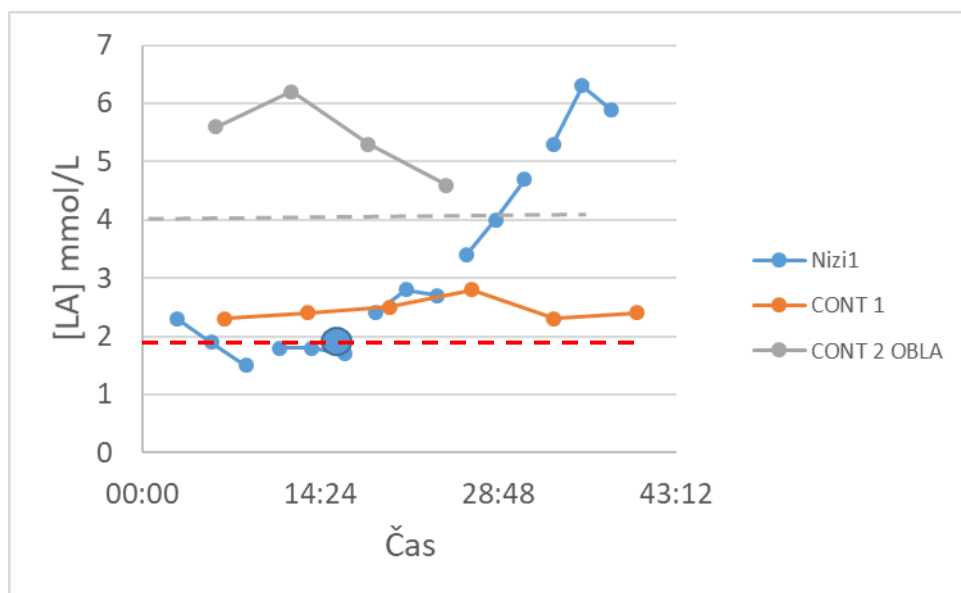


Slika 4. Položaj pulzmetra pritrjenega za očali plavalca, ki je omogočal neprekinjeno snemanje frekvence srca med plavanjem (POLAR OH1) in shranjevanje v spomin računalnika za kasnejše analize.

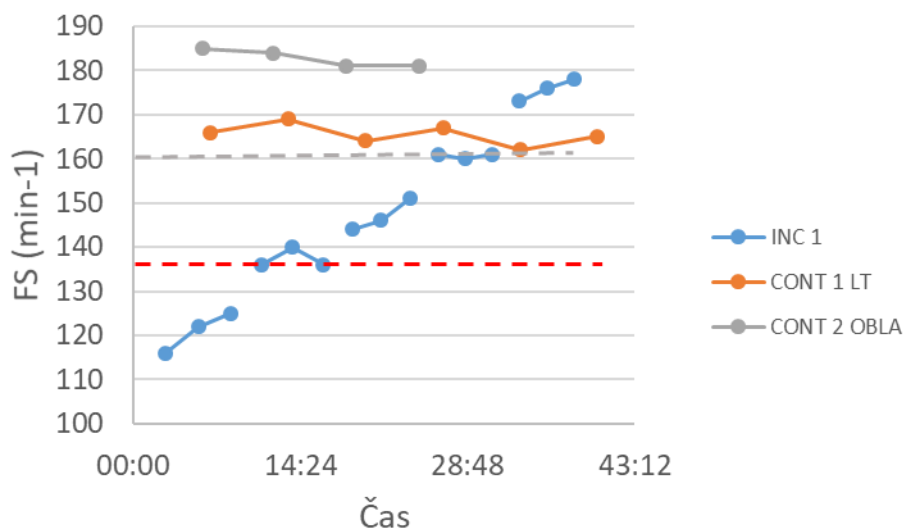


Slika 5 Primerjava večstopenjskih testov 5x3x200 m. Modra črta (INC 1) pomeni prvo testiranje, rdeča rezultat testa po 3000 m s hitrostjo vLP in siva rezultat testa po vOBLA neprekinjenim testom do utrujanja.

Primerjava večstopenjskih testov 5x3x200m: INC 1 (moder) kot referenčni test in INC 2 (rdeč) po 3000 m plavanju pri vLP ne kaže pomembni razlik glede vsebnosti laktata ([LA]). (Slika 5). Vrednosti [LA] med 3000 m plavanjem so sicer nekoliko višje (rdeča črta), kot tiste pri LP (modri krog) (Slika 6) vendar so tudi te razlike majhne. Naša hipoteza v tem delu poskusa ni potrjena za vrednosti [LA], saj obstaja podobnost vrednosti. Slika pa je precej drugačna, če primerjamo [LA], ki jo določa OBLA (4 mmol/l) (Slika 6). Tu naša hipoteza velja, saj obstaja precejšnja razlika med obema načinoma testiranja. Vsebnost laktata pri vOBLA znatno presega 4 mmol/l saj dosega tudi 6 mmol/l (Slika 6).



Slika 6 Preverjanje skladnosti vrednosti [LA] pri LP in OBLA med neprekinjenim plavanjem 3000m.



Slika 7 Preverjanje skladnosti vrednosti FS pri LP in OBLA med neprekinjenim plavanjem 3000m. Zaradi velikih razlik lahko potrdimo, da skladnosti ni.

Frekvenca srca, ki jo določata LP in OBLA v večstopenjskem testu 5x3x200m določa vrednosti 137 min⁻¹ (LP – rdeča prekinjena črta) in 160 min⁻¹ (OBLA – siva prekinjena črta) (Slika 7). Med 3000 m neprekinjenim testom s hitrostjo vLP je FS bistveno višja (rdeča črta) saj fluktuiira med 160 in 170 min⁻¹ (Slika 7). Kriterij OBLA določa vrednost 160 min⁻¹ (Slika 7, siva prekinjena črta). Med neprekinjenim plavanjem s hitrostjo vOBLA FS fluktuiira od vrednosti 185 do 180 min⁻¹ (Slika 7, siva črta). Torej ne gre v nobenem primeru za skladnost FS med obema načinoma plavanja, kar potrjuje našo hipotezo.

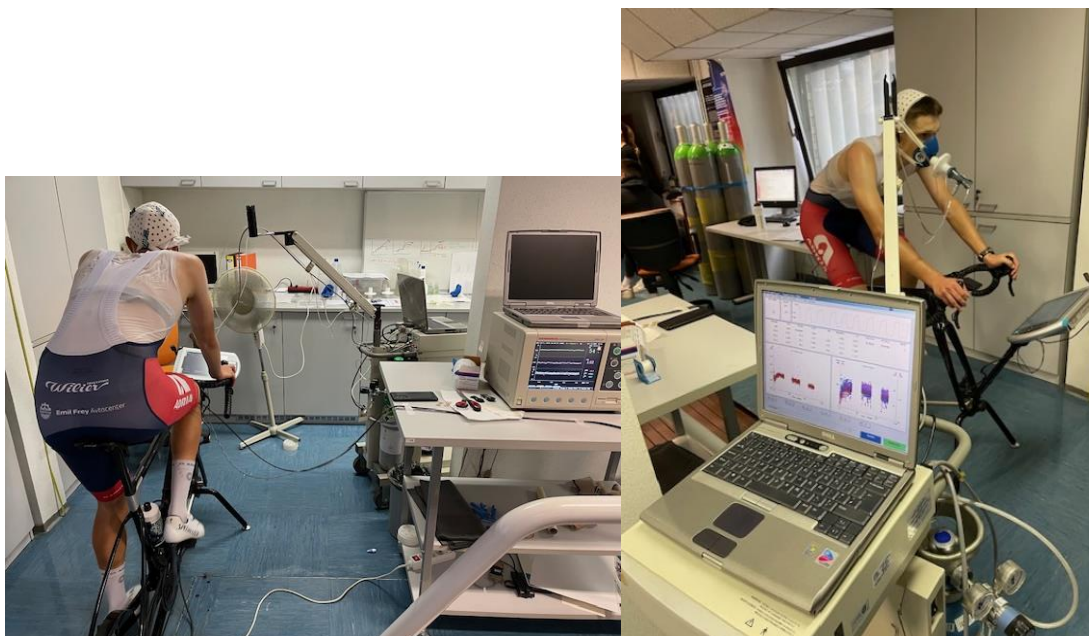


Slika 8 Testiranje v bazenu: levo Anton Ušaj med kratkotrajnim odmorom v testu, desno Boro Štrumbelj (levo) in Jernej Kapus (desno) merita med plavanjem.

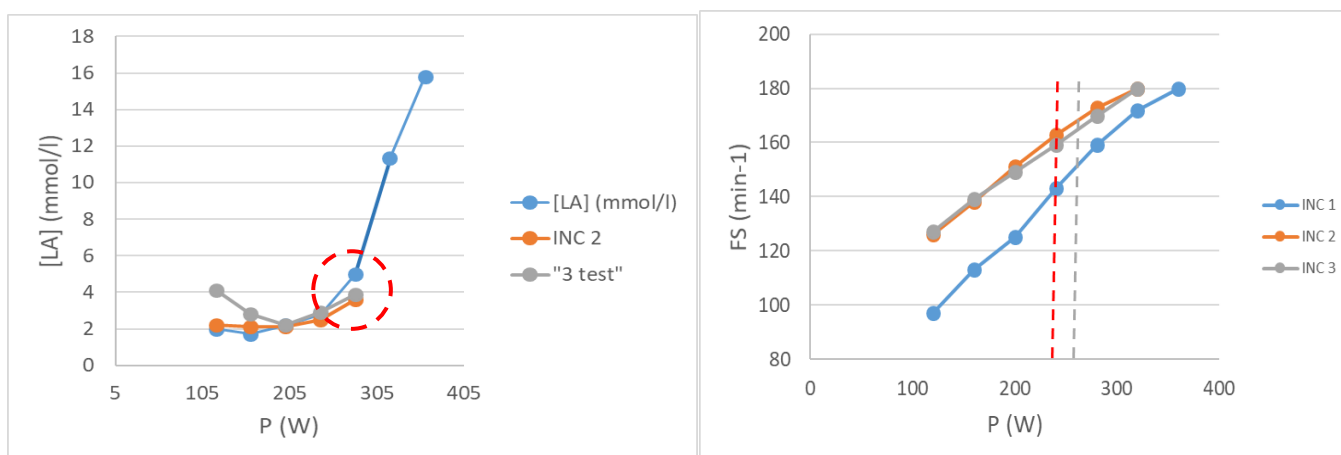
PREVERJANJE HIPOTEZE PRI KOLESARJENJU

Kolesarjenje je med opazovanimi načini obremenjevanja najdalgotrajnejša športna disciplina, pa ne zaradi dolgotrajnih tekmovalj temveč zaradi dolgotrajnih obremenitev pri vadbi. Zato je tudi za preverjanje v tej nalogi izbrano neprekinjeno kolesarjenje 2 uri. Kolesarji so enako, kot preostali dve skupini: tekači in plavalci, opravili referenčni, večstopenjski test. Začetna obremenitev je znašala 120 W in je na vsaki obremenilni stopnji trajala 4 min (Slika 9). Po tem intervalu se je obremenitev povečala vsakokrat za 40 W. Test se je prekinil, ko kolesar ni zmogel premagovati predvidene obremenitve. Izbrani intenzivnosti P_{LP} in P_{OBLA} so kolesarji premagovali pri neprekinjenih testih (Slika 9). P_{LP} so premagovali ciljni 2 uri, nato je sledil 3-5 min odmor in ponovitev večstopenjskega testa. Ciljno obremenitev pa so premagovali do utrujenosti, sledil je zopet 5 min odmor in nato ponovitev večstopenjskega testa.

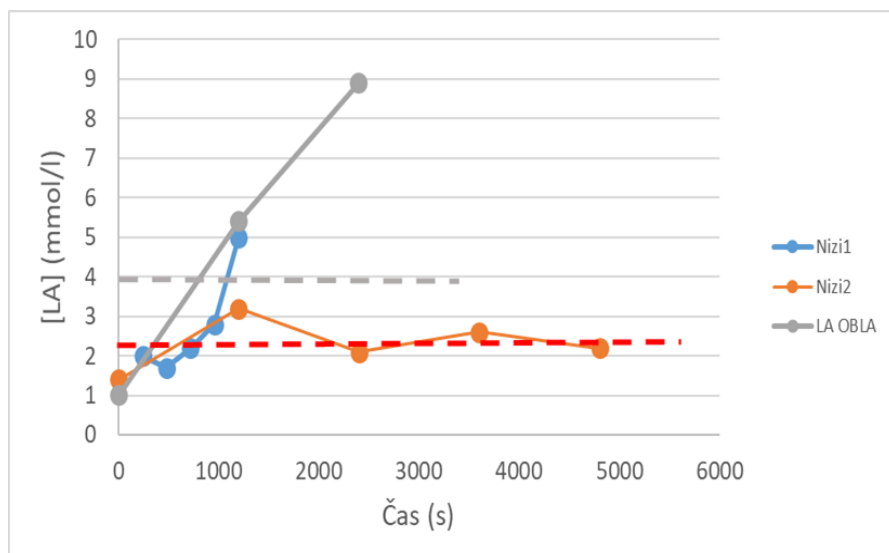
Če primerjamo [LA] med prvim (referenčnim) večstopenjskim testom (Slika 10, modra črta) in testom po 2 h kolesarjenja s P_{LP} (Slika 10, rdeča črta), ugotovimo, da sta krivulji podobni, le da se rdeča črta ne poveča podobno kot modra, temveč ostaja skoraj enaka in zaključí pri nižji hitrosti. Torej se ta test izvaja pri tako nizkih [LA], da sklepamo o pomembno znižanih zalogaj glikogena, čeprav tega nebi mogli sklepati iz vrednosti v neprekinjenem testu 2 h, pri P_{LP} (Slika 11, rdeča črta). Torej je ta pojav mogoče zaznati samo pri ponovljenem večstopenjskem testu po 2h neprekinjenem kolesarjenju. Podobno sliko dobimo tudi po neprekinjenem kolesarjenju P_{OBLA} , ki je seveda bolj intenzivno, toda kratkotrajnejše (Slika 11, siva črta). Frekvenca srca, ki o določata LP in OBLA v referenčnem večstopenjskem testu (Slika 10, desno, rdeča in siva prekinjena črta) kažeta precej višje vrednosti od tistih iz referenčnega testa (Slika 10, desno). Frekvenca srca se namreč nenehno povečuje med vsako od obeh obremenitev (FS lezenje) (Slika 11), kar onemogoča predvidevanje in zato je tudi naša hipoteza pravilna.



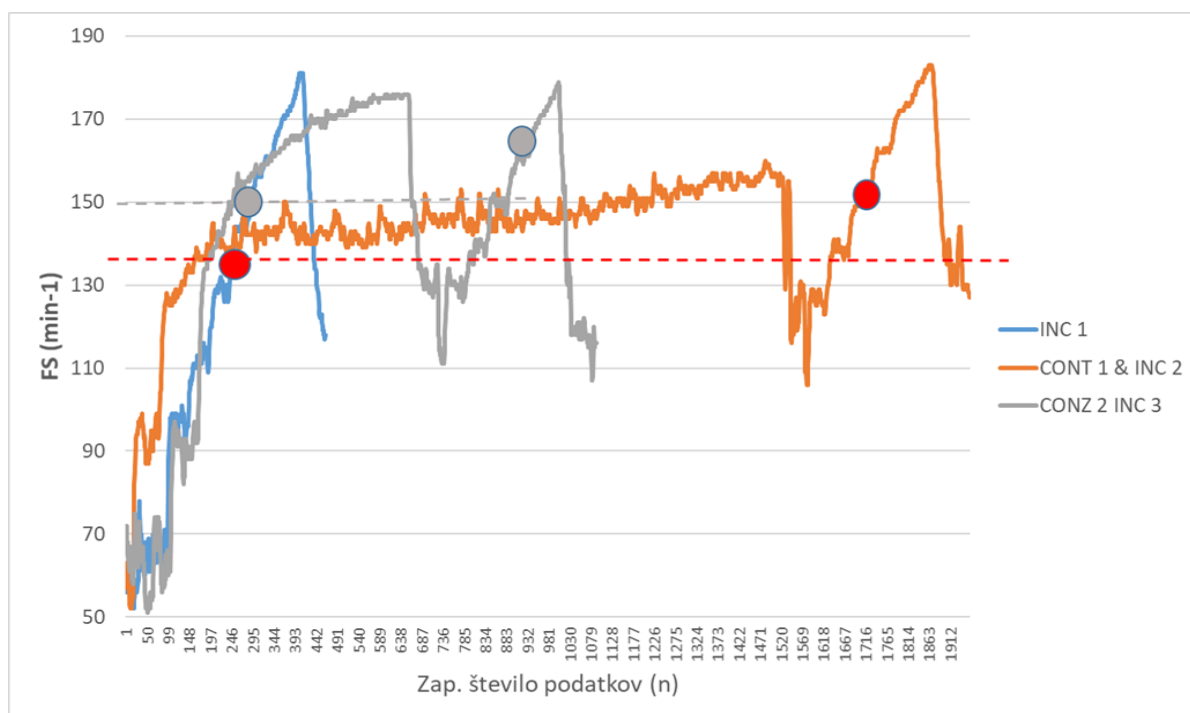
Slika 9 Testiranje kolesarja med večstopenjskim testom, v katerem je obremenitev naraščala s 120 W, po stopnjah 40 W vsake 4 min, do utrujenosti. Obremenitev (P - moč), ki jo je določal Laktatni prag LP so nato ponovili v 2 urnem neprekinjenem kolesarjenju in v neprekinjenem kolesarjenju do utrujenosti pri moči P_{OBLA} .



Slika 10 Primerjava med referenčnim večstopenjskim testom (modra črta), med večstopenjskim testom takoj po 2 urnim neprekinjenem kolesarjenju z močjo pri LP (P_{LP} , rdeča črta) in po neprekinjenem, krajšem kolesarjenju z močjo P_{OBLA} , potem vidimo neskladje v območju rdečega kroga (Slika levo) in še večje neskladje pri frekvencah srca vseh treh testov (Slika desno). Oba testa po neprekinjenem kolesarjenju kažeta višje vrednosti.



Slika 11 Če opazujemo časovni potek [LA] na nivoju LP med 2 urnim kolesarjenju, potem [LA] fluktuirajo okoli vrednosti, ki jih določa LP (rdeči polna in prekinjena črta). Intenzivnost OBLA, ki določa LA = 4 mmol/l (siva prekinjena črta) pa se ne preslika v predvidljive vrednosti (siva polna črta).



Slika 12 Časovni potek frekvence srca (FS) med kolesarjenjem v večstopenjskem testu (modra črta), med neprekinjenim kolesarjenjem skozi 2 uri (rdeča črta) in neprekinjenim kolesarjenjem do utrujenosti z močjo POBLA (siva črta).

ZAKLJUČKI

V vzdržljivostnih športih, kot so tek, kolesarjenje in plavanje obstaja strokovno navodilo, da je primerna intenzivnost pri uporabi dolgotrajne neprekinjene metode uporaba Vadbenega območja 2 (»Training zone 2«), ki ga na spodnji meji intenzivnosti omejuje Laktatni Prag (LP), na zgornji meji pa največje stacionarno stanje za laktat (maxLAss) ali kriterij OBLA (Onset of Blood Lactate Accumulation), ki jih določimo v večstopenjskem obremenilnem testu. To, dokaj preprosto prakso bi bilo mogoče nekritično uporabiti samo, če bi šlo za proces športne vadbe kot statični sistem. Nasprotno od tega pa je proces športne vadbe tipičen dinamski sistem, ki se stalno spreminja. Zato smo dvomili v utemeljeno ozadje te prakse. Zato naša hipoteza nasprotuje praksi v vzdržljivostnih športih in predvideva različne vrednosti. V tem zaključnem poročilu naše ugotovitve povzemamo.

Pri teku se vrednosti LA ponovijo med dolgotrajnim naporom. Toda pri ponovitvi večstopenjskega testa se pokažejo razlike, ki jih ni mogoče predvideti. Vsebnost laktata je nižja. Frekvence srca se še v večji meri razlikujejo. Pri plavanju so razlike na spodnji meji območja majhne, na zgornji meji pa velike, tako da tako z vidika vsebnosti laktata, kot tudi frekvence srca našo hipotezo potrjujemo. Pri kolesarjenju se zgodba ponovi. Tudi tu je pri dolgotrajnem testu vsebnost laktata podobna, toda kasneje pri večstopenjskem testu so vrednosti [LA] nižje, na zgornji meji pa višje od predvidenih. Frekvenca srca znatno presega zastavljene meje. Torej je določanje vadbene intenzivnosti pri vzdržljivostnem teku vprašljiva športna praksa. Vadbene cone nimajo po naših rezultatih dovolj znanstvene podlage, da bi jih uporabili pri vzdržljivostni vadbi. Vloga trajanja preizkusa igra pri tem ključno vlogo po našem mnenju. Pri intenzivnosti LP trajanje omogoča, da se LA zniža, saj poraba prevladuje nad tvorbo. S trajanjem se namreč zmanjšuje vsebnost glikogena v mišicah in povečuje delež maščob. Oboje prispeva k znižanju LA, pa tudi do znižanja vsebnosti glukoze v krvi ([GLU]). Včasih, pri posameznikih nastopi hipoglikemija. S trajanjem pa se stalno povečuje FS in pri nekaterih znižuje [GLU], kljub enaki intenzivnosti.

DOSEDANJA JAVNA STROKOVNA IN ZNANSTVENA PREDSTAVITEV REZULTATOV

V juniju letošnjega leta je prvi del rezultatov in sicer pri teku predstavljen na Evropskem kongresu športne znanosti (Rimini).

Atletskim strokovnjakom in ne znanstvenikom je vsebina pri teku bila predstavljena na posvetu Atletske zveze Slovenije Novembra 2025 v Radencih (Slika 13) z prilagojenim naslovom in vsebino, ki je bolj ustrezala praktičnem interesu poslušalcev.



Slika 13 Predstavitev dela rezultatov z vidika vadbe pri tekačih, ob uporabi neprekinjene metode (Znanstveno – strokovni posvet atletskega trenerjev, Radenci 2025).

STATISTIKA NALOGE

V nalogi je do sedaj sodelovalo:

- 10 tekačev različne kvalitete,
- 12 kolesarjev – mladincev najvišje kvalitete, tudi v mednarodnem merilu
- 6 plavalcev, 2 od teh še morata zaključiti eno testiranje, 2 pa bosta opravila testiranje po Evropskem prvenstvu, ki ravnokar poteka.

Vsak športnik je opravil po načrtu:

- 3 večstopenjska testiranja
- eno testiranje dolgotrajne vzdržljivosti pri Laktatnem pragu: 1 ura neprekinjenega teka, 2 uri neprekinjenega kolesarjenja ali 3000 m neprekinjenega plavanja
- eno testiranje pri 4 mmol/l [LA], označenega kot OBLA, do utrujenosti, ki se je pojavila med 10 in 30 minutami, 20-60 min neprekinjenega kolesarjenja, ko se je pojavila utrujenost in 5 do 15 min, ko se je pojavila utrujenost pri plavanju pri tej intenzivnosti.

Ker je naloga povzročila zanimanje tudi nekoliko širše, načrtujemo dodatna testiranja v letu 2026, v kolikor bodo preiskovanci ali njihovi klubi sofinancirali svoja testiranja.

Reference

Posvet Atletske zveze Slovenije Radenci, November, 2025

Abstract: European congress of sports science, Julij 2025, Rimini, Italija

Datum: 11. 12. 2025

Kraj: Ljubljana