

Povezanost respiracijskih, energetskih i metaboličkih pokazatelja s fizičkom učinkovitosti veslača na veslačkom ergometru

Marinović, Mladen

Doctoral thesis / Disertacija

2011

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:948931>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**KINEZIOLOŠKI FAKULTET
SVEUČILIŠTE U SPLITU**

DOKTORSKI STUDIJ

MR. SC. MLADEN MARINOVIĆ

**POVEZANOST RESPIRACIJSKIH,
ENERGETSKIH I METABOLIČKIH
POKAZATELJA S FIZIČKOM
UČINKOVITOSTI VESLAČA NA
VESLAČKOM ERGOMETRU**

DOKTORSKA DISERTACIJA

MENTOR: PROF. DR. SC. LJERKA OSTOJIĆ

SPLIT, 2011.

Dana 22. prosinca 2011. godine mr.sc. Mladen Marinović **OBRANIO** je doktorsku disertaciju pod naslovom:

**POVEZANOST RESPIRACIJSKIH, ENERGETSKIH I METABOLIČKIH
POKAZATELJA S FIZIČKOM UČINKOVITOŠĆU VESLAČA
NA VESLAČKOM ERGOMETRU**

mentora dr.sc. Ljerke Ostojić, izvanrednog profesora
na Kineziološkom fakultetu u Splitu

javnom obranom pred stručnim povjerenstvom u sastavu:

1. dr.sc. Damir Sekulić, redoviti profesor Kineziološkog fakulteta u Splitu, predsjednik
2. dr.sc. Ivan Palada, viši znanstveni suradnik Doma zdravlja Splitsko-dalmatinske županije, član
3. dr.sc. Branka Matković, redoviti profesor Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, član
4. dr.sc. Ratko Katić, redoviti profesor u trajnom zvanju Kineziološkog fakulteta u Splitu, član
5. dr.sc. Mario Jeličić, izvanredni profesor Kineziološkog fakulteta u Splitu, član

Izvešće Povjerenstva za ocjenu disertacije prihvaćeno na sjednici Fakultetskog vijeća od 30. studenog 2011. godine.

ZAHVALA

Ova disertacija je ostvarena na rezultatima mjerenja veslača provedenim u Dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta u Zagrebu i Respiracijskom laboratoriju Plućnog odjela Kliničke bolnice Split.

Za mogućnost provođenja ovog rada posebnu zahvalnost iskazujem dvjema osobama:

Gospodinu Zdravku Fainu, predsjedniku Hrvatskog veslačkog saveza (1993 – 2000), koji mi je ukazao povjerenje birajući me na funkciju Direktora veslačke reprezentacije Hrvatske u dva mandata. Na taj način mi je pružio mogućnost da ostvarim ono što je želja, usuđujem se kazati i san svakog znanstvenika u području sporta – biti u mogućnosti mjerenjima podvrgnuti najbolje sportaše u promatranom sportu.

Prof. dr. sc. Jadranki Tocilj iskazujem izuzetnu zahvalnost što mi je pružila mogućnost i iskazala izuzetno strpljenje, da na veslačima Hrvatske, po prvi put u povijesti veslanja u Hrvatskoj, primjenimo plinsku analizu krvi pod opterećenjem. Dobiveni podaci predstavljali su novu spoznaju i iskustvo, koje je znatno doprinjelo ostvarenju vrhunskih rezultata hrvatskog veslanja u promatranom periodu.

Ovaj rad posvećujem onima koji su uvijek bili oslonac na životnom putu – svojoj obitelji.

Sažetak:

U cilju ustanovljenja respiracijsko-metaboličkih karakteristika hrvatskih veslača, i povezanosti tih karakteristikama s uspješnošću na veslačkom ergometru, provedeno je testiranje 180 hrvatskih veslača (82 juniora, 98 seniora), među kojima je bilo i 109 reprezentativaca. Testiranja su provedena u dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta u Zagrebu i u respiracijskom laboratoriju Plućnog odjela kliničke bolnice u Splitu. U oba lokaliteta primijenjen je istovjetan progresivni diskontinuirani metod opterećenja. Značajnost razlike rezultata veslača različitih dobnih kategorija (juniori / seniori), kao i veslača različite uspješnosti, provjeravao se multivarijatnom analizom varijance. Povezanost respiracijskih i metaboličkih karakteristika s uspješnošću u veslanju, ustanovila se primjenom regresijske analiza, pri čemu su se respiracijske i metaboličke karakteristike tretirale kao prediktorske, a izvršeni rad na ergometru kao kriterijska varijabla. Ustanovljena je statistički značajna povezanost između respiracijskih i metaboličkih karakteristika s uspješnošću u veslanju, mjerenom izvršenjem rada na veslačkom ergometru. Skup varijabli mjerenih u Splitu, objašnjava polovinu varijabiliteta sportske uspješnosti na veslačkom ergometru. Skup varijabli mjerenih u Zagrebu, objašnjava 63% varijabiliteta kriterijske varijable u juniora i 39% varijabiliteta kriterijske varijable u seniora. Veslači reprezentativci, u oba uzrasta, postižu značajno bolje rezultate na veslačkom ergometru što se prioritetno vezuje za veću tjelesnu visinu i posebno za veću tjelesnu masu. Navedeni parametri predikcijom za sebe vezuju i veće parametre respiracijskih karakteristika i maksimalnu potrošnju kisika. Prezentirani u relaciji prema predikciji, odnosno u relativnom maksimalnom primitku kisika, ovi podaci ne ukazuju na razliku među veslačima različitog uzrasta. Obrazloženje za bolje rezultate treba tražiti u specifičnosti motoričkog učenje pri izvođenju kompleksnog pokreta veslačkog zaveslaja. Temeljem dobivenih rezultata izvodi se prijedlog da se sa sustavnom dijagnostikom u veslanju započne najkasnije u zadnjoj godini koja prethodi juniorskom uzrastu – juniori B (16 godina).

Marinovic, M. (2011). Correlation between respiratory, energetic, and metabolical indicators with the physical efficiency of the rowers on a rowing ergometer. Ph.D. thesis. University of Split, Faculty of Kinesiology. Mentor: prof. dr. Ljerka Ostojić

Summary:

The aim of this study is to determine respiratory-metabolic characteristic of the Croatian rowers and a connection of these features with the success in rowing ergometer. The study was conducted on a sample of 180 Croatian rowers (82 juniors, 98 seniors), among which 109 representatives. Tests were conducted in the diagnostic centre of the Faculty of Kinesiology in Zagreb and in the respiratory department of the lung department, Clinical hospital centre Split. The same discontinuous method load was applied in both centres. The multivariate analysis of variance was used to show different results between the rowers of different ages (juniors / seniors) and those with different performance. Correlation of respiratory and metabolic properties, with success in rowing, was established using the regression analysis. Respiratory and metabolic characteristics were treated as predictor and the work done on the treadmill as a criterion variable. After the completion of the exercise done on the rowing ergometer, a significant association between respiratory and metabolic characteristics, with success in rowing, was established. The set of variables measured in Split, explains half of the variability in sport performance excellency on the rowing ergometer. The set of variables measured in Zagreb, explains 63% of the variability in the criterion variables measured in juniors and 39% of the variability in the criterion variables measured in seniors. Rowing team, in both age groups, achieves significantly better results on the rowing ergometer which can be associated to the higher body height and higher body mass. These parameters indicate increased respiratory parameters and the maximum oxygen consumption. Presented in the relation to the prediction, that is, in the relatively maximum oxygen consumption, these data indicate no difference among rowers of different ages. The specifics of motor learning when performing complex rowing stroke movements should offer the explanation for better results. The conclusion, based on these results, is that one should start with the systematic diagnosis in rowing at the latest in the year preceding the juniors - Junior B (16-years-old).

SADRŽAJ:

		str:
1.	Uvod	4
2.	Dosadašnje spoznaje	5
	2.1. Dosadašnja istraživanja	5
	2.1.1 Energetske zahtjevnosti veslanja	5
	2.1.2. Aerobni metabolizam	10
	2.1.3. Anaerobni metabolizam	11
	2.1.4. Ventilacija	13
	2.1.5. Trening	14
	2.2. Iskustva autora	15
3.	Problem	17
4.	Cilj rada	17
5.	Hipoteze	18
6.	Metode rada	18
	6.1. Uzorak ispitanika	18
	6.2. Uzorak varijabli	19
	6.3. Metode obrade rezultata	22
7.	Rezultati	23
	7.1. Juniori – seniori	36
	7.2. Juniori prema kvaliteti	47
	7.3. Seniori prema kvaliteti	56
	7.4. Regresijska analiza	64
8.	Rasprava	69
9.	Zaključci	72
10.	Literatura	74
	Prilog 1	82
	Prilog 2	91

Uvod

Kvalitetni sportski rezultati danas su u gotovo svim granama i disciplinama posljedica najrazličitijih uticaja, a najmanje slučaja. Značaj sporta i sportskih rezultata, u širem smislu, znatno premašuje usku domenu pojedine sportske grane. Imajući u vidu taj aspekt sporta, kao i aspekt prirodne ljudske težnje ka boljem, kvalitetnijem, shvatljive su trenutno sve više prisutne težnje da se iznađu osnovni činioci uspjeha, efikasnosti u sportu.

Zasigurno, od kada je sporta postoji i želja za što boljim i kvalitetnijim rezultatom. Progresija sportskih rezultata tijekom vremena prisutna je u svim sportskim granama, negdje više negdje manje. Do Olimpijskih igara u Montreala, kvalitetniji sportski rezultati postizali su se, zbog objektivnih razloga - nedostatak egzaktnih informacija, isključivo na temelju iskustvenih saznanja i subjektivnih procjena stručnjaka, trenera. Uspješnost takvog, zapravo jedino mogućeg načina rada, nikako se ne može u potpunosti negirati, tim više što je spomenutom metodom ostvareno mnogo kvalitetnih sportskih rezultata, te formirano niz vrhunskih sportaša. Može se samo pretpostaviti s velikom vjerojatnošću, da bi primjena objektivnih metoda praćenja učinaka sportskih aktivnosti, te egzaktne spoznaje, ne samo iz domena sporta, u mnogome pojednostavnilo ostvarenje kvalitetnih rezultata. Egzaktna saznanja omogućila bi u potpunosti racionalizaciju postupaka, kao i definiranje sportskog treninga, procesa selekcije, te smanjila mogućnost pogreške pri predviđanju i utvrđivanju stanja razvoja sportaša i sportskog rezultata. Upravo se u tom smjeru zadnjih godina, zbog važnosti problema, kreću znanstvena istraživanja u domeni sporta.

Proteklih godina rezultati postignuti na natjecanjima razvijali su se izuzetno brzo. Naročito su Olimpijske igre od 1976. godine postavile više norme i naznačile novu etapu u razvoju međunarodnog veslačkog sporta.

Sve veće značenje natjecateljskog sporta, sve veća materijalna i idejna ulaganja, uvođenje znanstveno-tehničkih spoznaja u povećanje natjecateljskih sposobnosti i poboljšane metode odabira i poticanja podmlatka, djelovale su na dinamični razvoj natjecateljskih sposobnosti u međunarodnom veslačkom sportu. Taj se razvoj očituje u smanjenju vremena vožnje, odnosno povećanju brzine čamaca i u povećanoj koncentraciji natjecateljskih rezultata. Za očekivati je da će se natjecateljski rezultati i dalje poboljšavati.

1. Dosadašnje spoznaje

1.1. Dosadašnja istraživanja

2.1.1.. Energetske zahtjevnosti veslanja

Kao i svaki sport, i veslanje se odlikuje specifičnošću strukturalno-morfološkim zahtjevnostima građe veslača, kao i fiziološkim procesima, kojima se zadovoljavaju energetske zahtjevnosti veslačkog natjecanja. Karakteristični tip ritmičnog mišićnog rada, veslanje uvodi u grupaciju monostrukturalnih cikličkih sportova. Za ispunjenje različitih zadataka (brzina kontrakcije, trajanje, intezitet opterećenja itd.) u mišićima postoje različite strukture (vrste mišićnih vlakana), vrste metaboličnih izvora energije (alaktacidni, laktacidni, aerobni), te supstrati (glikogen, mast, bjelančevina). Isto je tako važno s kojim se stupnjem učinkovitosti kemijska energija oslobođena u mišiću pretvara u mehaničke učinke veslanja.

Dobro trenirani i u međunarodnim okvirima uspješni veslači postižu, na primjer, intezitet rada od oko 400 W (oko 40 kpm·s⁻¹) u fazi staze, i do 700 W (oko 70 kpm·s⁻¹) u fazi starta (Köerner i Schwanitz, 1985; Secher, 1992a; Steinacker, 1993; Secher, Voliantis & Jürimäe, 2007). Mehanički učinak je u najužoj vezi s metaboličnim procesima u mišićnoj stanici. Stoga je, u svrhu postizanja veće kompetitivnosti veslača, istraživanje specifičnih fizioloških procesa u središtu interesa.

Za vrijeme opterećenja natjecanja brzokontraahirajuća mišićna vlakna (fast twitch fibers - FTF) se aktiviraju samo djelomično, i to u fazi starta zbog zahtjeva za maksimalnom snagom i brzinom u toj fazi trke. Mišićna vlakna s karakteristikom spore kontrakcije (slow twitch fibers - STF) dominiraju za vrijeme savladavanja glavnog dijela natjecateljske staze - naročito u fazi staze (85 - 90% vremena natjecanja) – kada sposobnost izdržljivosti postaje najznačajnija. To se između ostalog očituje i u činjenici da se za vrijeme natjecanja razina glikogena smanjuje isključivo u ST – vlaknima (Köerner i Schwanitz, 1985., Jürimäe i sur., 2007).

Specifično opterećenje veslačkog natjecanja, koje se odvija u trajanju između 5,5 i 7,0 minuta, određeno je visokim intenzitetima snage provlaka zaveslaja (tijekom faze starta) i srednjim intenzitetima provlaka zaveslaja (tijekom faze staze). Frekvencija veslačkih pokreta, koja je u usporedbi s drugim sportovima relativno niska, uglavnom se podudara s kontraktilnim i metaboličnim svojstvima ST vlakana. Taj je tip vlakana prevladavajući, pa stoga nije čudo što se muskulatura veslača odlikuje pretežnim udjelom ST vlakana (kod

veslača 70 - 80%, kod veslačica 60 - 70%) (Köerner i Schwanitz, 1985; Steinacker, 1993; Köerner, 1993; Jürimäe i sur., 2007).

Sadržaj glikogena mišića sportaša, koji je u usporedbi s netreniranim mišićima i u stanju mirovanja povišen (od 2,5 do 3,5 g/100 g mišića), nakon završetka natjecanja opada na vrijednosti od oko 1,0 g/100 g mišića. To opadanje glikogena odvija se isključivo u ST vlaknima, iako je glikogen spremljen u oba tipa mišićnih vlakana (Di Prampero, 1971; Piehl, 1975; Karlsson i dr., 1975; Hartmann i Mader, 1993; Mäestu, J. Jürimäe & T. Jürimäe, 2005).

Iz promjena fizioloških parametara koji su često mjereni (npr. primitak kisika, frekvencija srca, koncentracija laktata, minutni volumen disanja, itd.) za vrijeme opterećenja na natjecanju moguće je s kvalitativnog aspekta dobiti zaključke o sudjelovanju, odnosima i značenju pojedinih energetske komponenti. Naročito su značajne veličine primitka kisika (VO_2) i koncentracije laktata u krvi. Velike promjene pokazuje i minutni volumen disanja. Frekvencija srca, koja već nakon 34 - 40 sekundi uspostavlja nivo maksimalne vrijednosti između 180 i 200 otkucaja u minuti, nije reprezentativna za kretanje aerobne proizvodnje energije (Köerner, 1993; Secher et al., 2007).

Vrijednost maksimalnog primitka kisika ($\text{VO}_{2\text{max}}$) ne može se poistovjetiti sa sposobnošću za postizanjem rezultata, odnosno ne može se smatrati potpuno iskoristljivim energetske potencijalom za fizikalne učinke. Primitak kisika je reprezentativni parametar za ostvareni utrošak kisika putem disanja i krvotoka. Energetsko iskorištavanje dopremljenog kisika pretpostavlja adaptativni porast aerobne razgradnje glikogena i masti u mišićnoj stanici (Åstrand & Rodahl, 2003). Kompleksna struktura pokreta veslača iskorištava - ovisno o stupnju veslačke tehnike usvojene treningom - oko 30 - 40% $\text{VO}_{2\text{max}}$ u natjecanju. To znači da se 2,0 do 3,0 $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ $\text{VO}_{2\text{max}}$ (od 5,5 do 6,5 $\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$) iskorištava samo za održavanje strukture pokreta, iz čega proizlazi da za mehanički učinak na lopatici vesla, kao i za organske potrebe, preostaju samo dvije trećine $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Di Prampero, 1971; Mader & Hollman, 1977; Drogheti i sur., 1991; Clifford i sur. 1994).

Tablica i grafikon 1. Vremenska zavisnost korištenja energetske procesa

(Mader i Hollmann, 1977)

Vrijeme rada (min)	1	2	3	4	5	6	7
Izvršen rad (kpm/min)	4300	3200	2700	2600	2600	2700	3000
VO_2 (ml/min)	4500	5300	5500	5700	5750	5800	6000
% $\text{VO}_{2\text{max}}$	77.6	91.4	95.7	98.3	99.1	100	

Ukupno nakon 7 min

21100 kpm = 100%

38550 ml

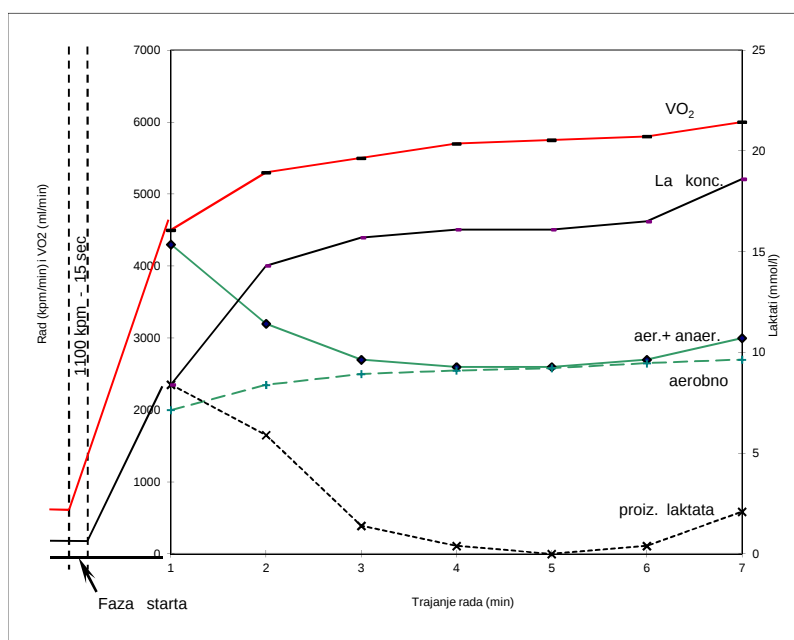
aerobno (kpm/min)	2000	2350	2500	2550	2580	2650	2700
anaerobno (kpm/min)	2300						
alaktatno (kpm/min)	1100						
laktatno (kpm/min)	1200	850	200	50	20	50	300
proizvodnja laktata (mmol/l/min)	8.4	5.9	1.4	0.4	0	0.4	2.1
Koncentracija laktata (mmol/l)	8.4	14.3	15.7	16.1	16.1	16.5	18.6
% maksimal. konc. Laktata	45.2	77	84.5	86.6	86.6	88.5	100

17300 kpm = 82.10%

3770 kpm = 17.90%

1100 kpm = 5.21%

2670 kpm = 12.69%



U tablici i grafikonu 1. prikazan je iznos izvršenog rada, i njemu pripadajućih energetskih i metaboličnih karakteristika, tijekom izvođenja specifičnog veslačkog rada u trajanju od 7 minuta. Mada je mjerenje izvršeno još 1977. godine, do današnjeg dana slično istraživanje nije provedeno. Stoga se karakteristike energetskog i metaboličnog angažmana organizma veslača, dobivene ovim istraživanjem, još uvijek uvažavaju u veslačkom svijetu. Pritom je potrebno napomenuti da su povećane brzine kretanja čamaca u utrci temeljem nekoliko čimbenika, među kojima je sigurno i unapređenje trenažnog procesa temeljem novih znanstvenih spoznaja. Ipak, dva su znakovita skoka u poboljšanju veslačkih rezultata zabilježena novinama u tehnologiji proizvodnje veslačke opreme: 1) u vrijeme olimpijskih igara u Moskvi 1980.g., kada su čamci izrađeni od karbona istisnuli drvene čamce, i 2) u vrijeme olimpijskih igara u Barceloni 1992.g., kada je primjena vesala posebno oblikovanih kašika tzv. sjekira (big blade), uvjetovala značajno poboljšanje brzine kretanja čamca u odnosu na one koji su upotrebljavali vesla s kašikom tipa Macon. Od tada se bilježi izvjesna

stagnacija u pojavi tehnoloških noviteta u proizvodnji veslačke opreme, ali s time i stagnacija u poboljšavanju brzine kretanja čamca u utrci.

Prema navedenom istraživanju Madera i Hollmanna (1977), promjena razine laktata za vrijeme natjecanja, kao izraz anaerobno-laktacidnog pokrivanja energetske potrebe, ukazuje da razgradnja glikogena i nagomilavanje laktata naglo raste nakon faze starta, što predstavlja pokretanje čamca iz stanja mirovanja u regatnu brzinu. Zadovoljenje energetske potrebe tijekom utrke, Mader i Hollmann nalaze u suglasju sa specifičnostima biokemijskog angažmana pojedinih izvora energije:

- Zonu starta, koja traje cca 15 sekundi, karakterizira iznimno visoki intenzitet rada. Od ukupnog ciklusa zaveslaja, 2/5 vremena otpada na propulziju vesla kroz vodu, što se izvodi snažnom kontrakcijom mišića veslača. Isto ukazuje da je veslaču u fazi starta, za izvođenje startnih zaveslaja potreban visoko energetski izvor za kontrakciju mišića u trajanju od cca 6 sekundi. Prema Maderu i Hollmannu (1977) veslač u toj fazi energiju crpi iz anaerobnih alaktacidnih izvora (tablica i grafikon 1.).
- Nakon faze starta, veslač nastavlja rad visokog intenziteta, za koji nemože energetske potrebe zadovoljiti aerobnim putem, pa je stoga evidentan značajan angažman anaerobnog laktacidnog mehanizma. Laktacidni mehanizam je dominantan u zadovoljenju energetske potrebe veslača za rad u prvoj minuti utrke (tablica i grafikon 1.).
- u daljnjem toku natjecanja dolazi do smanjenja brzine kretanja čamca, što podrazumijeva i niže vrijednosti energetske zahtjevnosti. Takve energetske zahtjevnosti uz probuđenost aerobnog mehanizma blizu punog kapaciteta, dovode do pokrivanja energetske potrebe pretežito aerobnim mehanizmom uz parcijalno učešće laktacidnog mehanizma. (Steinacker, 1993; Köerner, 1993; Secher i sur., 2007).

Ukupna učinkovitost iznosi za vrijeme trajanja čitave utrke oko 25% s individualnim odstupanjima od 15% do 40%, a u fazi staze oko 22% (Köerner i Schwanitz, 1985; Droghetti i sur, 1991; Secher i sur., 2007). Prema tome postignuti fizikalni učinak zahtjeva u prosjeku 4-5 puta veće ulaganje energije, a sa individualnog aspekta 3-6 puta veću energiju (Secher, 1992). Kod približno istog energetskog potencijala, u natjecanju će se djelotvornijim iskazati onaj veslač koji na osnovu bolje tehnike raspolaže višim stupnjem djelotvornosti.

U vremenskom periodu do 10 sekundi, odnosno do 90 sekundi, u kojem su fizikalne potrebe najveće, pokrivanje energetske potrebe je pretežno anaerobno s udjelima od 78,9%, odnosno 46,8% kod veslača i 80,7%, odnosno 47,9% kod veslačica (Köerner i Schwanitz, 1985; Köerner, 1993; Secher et al., 2007). Za navedene vremenske odsječke, postignuti primitak kisika iznosi: kod muškaraca 42,8%, odnosno 88,7%, a kod žena 38,2%, odnosno 87,0% od maksimalnog primitka kisika postignutoga tijekom utrke. Iz toga proizlaze visoke vrijednosti deficita kisika u početnom dijelu utrke, koje moraju biti kompenzirane ekvivalentno anaerobnim (alaktacidnim i laktacidnim) stvaranjem energije. Tek od druge minute opterećenja nadalje postoji relativna ravnoteža primitka kisika, tako da se, kod približno konstantnog fizikalnog učinka, energetske potrebe zadovoljavaju pretežno aerobno s 84% kod veslača i 69,7% kod veslačica. U kratkoj fazi finiša, pri rastućem fizikalnom učinku, i istom, odnosno nešto smanjenom primitku kisika, dolazi još jednom do povišene potrebe za anaerobnim stvaranjem energije. U usporedbi s fazom staze ta potreba raste kod muškaraca sa oko 18% na 36%, a kod žena sa 28% na 35% (Köerner i Schwanitz, 1985; Köerner, 1993).

Podaci o ukupnim energetske potrebama veslačkog natjecanja (uzimajući u obzir vremensko trajanje, simulirano ili realno natjecateljsko opterećenje) kreću se između 880 i 1340 kJ (210-320 kcal) (di Prampero, 1971.; Jackson i Secher, 1976; Köerner, 1993; Secher, 2007).

Uz pretpostavku teorijskoga VO_2max u iznosu od $6,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ (neovisno o vremenu prijelaza na maksimalni primitak kisika) i stupanj učinkovitosti od 20%, u utrci koja traje 7 minuta, aerobno se može zadovoljiti samo 880 kJ (210 kcal) energetske potrebe. To otprilike odgovara ukupnom radu od 177 kNm (18000 kpm), odnosno brzini čamca kod samca i dvojaca od $4,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ispod tih vrijednosti postoji linearni odnos između primitka kisika i veslačkog rada, odnosno brzine čamca (Köerner, 1993; Secher i sur., 2007).

Od ukupno potrebne energije za izvođenje veslačke utrke, u prosjeku se 75-80% potreba zadovolji iz aerobnih procesa, dok se 20-25% energije dobije iz anaerobnih procesa (Köerner, 1993; Secher i sur., 2007). Stoga se za poboljšanje natjecateljskog učinka kao izuzetno važan činilac nameće visina maksimalnog utroška kisika na natjecateljskoj stazi.

2.1.2. Aerobni metabolizam

Veslanje predstavlja kombiniranu aktivnost koja uključuje dinamičko vježbanje s potrebom za razvojem velike sile tijekom svakog zaveslaja. S tim u skladu, cirkulacija se

treba prilagoditi ne samo velikom udarnom volumenu srca, već i povećanju krvnog tlaka poput *Vasalva manevra* prezentiranog u zahvatu (Cliford i dr, 1994). Ovi zahtjevi se reflektiraju na srce veslača, koje pokazuje velike unutarnje dijametre i debljinu zidova. Pritom, način na koji veslač ispoljava istovremeni pritisak lijeve i desne noge na odupirače, predstavlja jedinstvenu kretnju čovjeka i ukazuje na neurofiziološke probleme povezane s koordinacijom (Secher, 1992; Jensen, 2007).

Budući da se otpor čamca povećava s kvadratom povećanja brzine, to ukazuje da će se energetske potrebe veslača mijenjati s kubom promjene brzine čamca (Secher, 1992). Ipak, utrošak energije se povećava s povećanjem brzine čamca s eksponentom od samo 2,4. Kod današnjih brzina u natjecateljskom veslanju, izračunata metabolična potreba može iznositi 6,7 L·min⁻¹ za muškarce, 5,9 L·min⁻¹ za lake veslače, 5,3 L·min⁻¹ za veslačice i 4,9 L·min⁻¹ za lake veslačice (Droghetti i sur, 1991; Secher, 1992; Secher, 2007). Ovako visoki metabolični zahtjevi reflektiraju se na metabolične kapacitete veslača iskazane kroz maksimalni primitak kisika koji iznosi i preko 6,5 litara za veslače, 5,1 za lake veslače i 4,3 za veslačice (Hagerman i sur, 1978; Secher, 1992a; Jensen, 2007). Osim toga, prisutan je direktni odnos između rezultata dobivenih na natjecanjima Međunarodne veslačke federacije (FISA - Fédération Internationale des Sociétés d'Aviron) i prosječne maksimalne vrijednosti maksimalnog primitka kisika u posadi. Zapravo, skoro savršen odnos ($r=0,99$) se može dobiti kada se metabolični kapacitet posade uravnoteži s otporom čamca i tako uspoređi s rezultatima dobivenim na regatama FISA-e (Secher, 1992a). Ove rezultate maksimalnog primitka kisika veslača iskazujemo u apsolutnim (L·min⁻¹) a ne u relativnim (ml·kg⁻¹·min⁻¹) vrijednostima (Secher, 1992a). S druge strane, želimo li uspoređivati vrijednosti maksimalnog primitka kisika između veslača, tada moramo uzeti u obzir dimenzije sportaša pri čemu može biti primjenjena i vrijednost tjelesne površine (ili m^{2/3}). Iskazano u vrijednostima neovisno o tjelesnim dimenzijama, maksimalni primitak kisika veslača iznosi samo otprilike 300 ml·kg^{-2/3}·min⁻¹ za veslače i 250 ml·kg^{-2/3}·min⁻¹ za veslačice, dok najbolji trkači, biciklisti i skijaši (trkači) mogu dostići 370 ml·kg^{-2/3}·min⁻¹ za muškarce, odnosno 270 ml·kg^{-2/3}·min⁻¹ za žene (Secher, 1992a; Jensen, 2007). Primjenjujući ove brojeke na veslače isti bi trebali dostizati maksimalni primitak kisika u vrijednosti od 7,5 L·min⁻¹ za veslače (6,2 L·min⁻¹ za lake veslače) i 5,0 L·min⁻¹ za veslačice uz adekvatno povećanje izvođenja sportske aktivnosti (Hofmijster, van Soest & Koning, 2008).

2.1.3. Anaerobni metabolizam

Za vrijeme rada umjerenog intenziteta, zahtjevnost za energijom zadovoljava se pretežito iz aerobnih procesa. Tada se razgradnja molekule glukoze, koja se razgrađuje na dvije molekule piruvata, završava potpunom oksidacijom do ugljičnog dioksida i vode uz oslobađanje energije. Povećanjem intenziteta rada smanjuje se mogućnost organizma da potrebnu energiju zadovolji uz dostatnu prisutnost kisika. U odnosu na intenzitet i vrijeme trajanje rada, energija se može dobiti na dva moguća načina: 1) razgradnjom adenozintrifosfata (ATP) i kreatinfosfata (CP), kojim se može zadovoljiti zahtjevnost supramaksimalnih intenziteta u trajanju manjim od 10 sekundi, i 2) razgradnjom glukoze u dvije molekule piruvata, koji se, radi nedostatnog kisika pretvaraju u laktat. Budući da se ova dva procesa odvijaju bez prisustva kisika nazivaju se anaerobni procesi. Pored toga, anaerobni proces razgradnje ATP-a i CP-a, kojim se ne stvaraju laktati, naziva se alaktatni anaerobni proces. Proces anaerobne razgradnje glukoze, kojim se stvara laktat, naziva se anaerobni laktatni proces. Koncentracija mliječne kiseline u krvi upotrebljava se za procjenu anaerobnog intenziteta rada i anaerobnog kapaciteta (Åstrand i sur., 2003.).

Anaerobni metabolizam se iskazuje visokom koncentracijom laktata u krvi, koja raste s porastom kako mišićne mase uključene u izvođenje vježbe tako i motivacijom veslača (Secher i sur. 2007). Vrijednosti od $11 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ su zabilježene kod veslača pri trčanju na pokretnoj traci, na nacionalnim regatama $15 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, dok su na prvenstvima FISA zabilježene vrijednosti od $17 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Hartmann, 1990; Secher, 1992). U suglasju s navedenim vrijednosti krvnih laktata, puferski sustav krvi (bikarbonatni) opada od $26 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ u mirovanju do $13 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ nakon iscrpljujućeg veslanja (Secher, 1992; Secher i sur., 2007). To za sobom povlači sniženje pH krvi sa 7,4 u mirovanju na 7,1 nakon iscrpljujućeg veslanja (Secher, 1992; Hartmann i Mader, 1993; Nielsen, 1999). Najveća je individualna vrijednost, izmjerena je kod danskog veslača, osvajača olimpijskog zlata u Atlanti. Pri izvođenju maksimalnog testa na ergometru, izveslao je 2000 metara u vremenu 6:04, što je tada bio svjetski rekord na ovoj spravi. Analizom laktata u plazmi zabilježena je vrijednost od $32 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, dok je pH vrijednost iznosila 6,74 (Nielsen, 1999; Secher i sur., 2007).

Navedene vrijednosti daju malo informacija o iznosu anaerobnog metabolizma. U tu svrhu treba izračunati "dug kisika". Dug kisika je dio metabolizma nepokrivenog putem primitka kisika tijekom vježbanja. Kod veslača je zabilježen dug kisika od $88\text{--}97 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}$ što

je značajno više od vrijednosti zabilježenih kod trkača (Secher, 1992a; Secher i sur. 2007). Kod veslača je zabilježena i najveća vrijednost kateholamina u plazmi, mjerena za vrijeme vježbanja. Ipak, anaerobno učešće nije zabilježeno za vrijeme trajanja regate, dok za izvođenje maksimalnog rada u 6-minutnom testu iznosi u rasponu od 21-30% ukupnog energetskeg učešća (Secher, 2007).

Interes istraživača je usmjeren prema "anaerobnom pragu", odnosno radu koji izaziva koncentraciju laktata u krvi na razini od $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. Intezitet rada koji organizam može podnijeti na ovoj razini laktata povećava se treningom, i izgleda da ovisi o strukturi mišićnoga tkiva; veslači s mnogo sporokontraahirajućih vlakana su sposobni izvoditi rad visokog inteziteta na razini laktata od $4 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Hagerman & Lee, 1971; Körner & Schwanitz, 1985; Heck et al., 1985; Bunc, Heller, Leso, Šprynarová & Zdanowicz, 1987; Körner, 1993; Lormes, Buckwitz, Rehbein & Steinacker, 1993; Hartmann & Mader, 1995; Bourgois & Vrijens, 1998; Bourdon, 2000; Knight-Maloney, Robergs, Gibson & Ghiasvand, 2002; Coen, Urhausen & Kindermann, 2002; Roberts, Wilkerson & Jones, 2005; Bourdon, David & Buckley, 2007).

2.1.4. Ventilacija

Glavni zadatak respiracijskog sustava jest ventilacija pluća. Time se površinama kroz koje se izmjenjuju plinovi osigurava neprekidan izvor svježeg zraka, što omogućuje primanje O_2 i odstranjivanje CO_2 iz krvi koja prolazi kroz pluća, čime se održava normalni stanični metabolizam (Berne, i Levy, 2000.).

Procjena mehaničke funkcije pluća vrši se mjerenjem plućnih volumena i kapaciteta. Kada se primjenjuje spirometar, brzina protoka se određuje iz mjerenja volumena zraka koji se izdiše tijekom određenih vremenskih razdoblja. Tako forsirani vitalni kapacitet (FVC) predstavlja količinu zraka koju ispitanik može forsirano izdahnuti nakon maksimalnog udaha. Forsirani ekspiracijski volumen u prvoj sekundi (FEV_1) predstavlja onaj dio krivulje protok-volumena, koji je najosjetljiviji na promjene otpora dišnih putova. Količina zraka izdahnuta u prvoj sekundi, izražena u relaciji s FVC, predstavlja dobar indeks otpora dišnih puteva (Tiffenauov indeks). Kod normalnih osoba, ovaj odnos je veći od 0,80, što znači da se u prvoj sekundi izdahne najmanje 80 % FVC. Niže vrijednosti ukazuju na opstruktivne smetnje ventilacije. Krivuljom protok volumena mjere se i forsirani ekspiracijski protok pri 25% FVC (FEF_{25}) i forsirani ekspiracijski protok pri 50% FVC (FEF_{50}) (Levitzky, 2007). Dobiveni

rezultati se uspoređuju s referentnim vrijednostima, prema spolu, životnoj dobi, visini i težini tijela (Cotes, Chinn, i Reed, 1997) .

Kao i kod drugih vidova vježbanja, ventilacija raste linearno s primitkom kisika do otprilike 80% maksimalne vrijednosti veslača. Na većoj razini radnog opterećenja, ventilacija značajno raste zabilježavajući vrijednosti od $243 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ (Secher, 1992a; Secher i sur., 2007). Vitalni kapacitet veslača je također veliki; kod muškaraca iznosi 6,8 litara uz najveću izmjerenu vrijednost od 9,1 litre (Secher, 1992a; Secher, 2007).

Veći broj istraživanja (Cunningham et al., 1975; Petit, Carles, Dessertenne & Teillac, 1981; M.W.A. Biersterker, P.A. Biesterker & Schreurs, 1986); Bunc et al., 1987; Sara & Shoene, 1989; Steinacker, Both & Whipp, 1993) ukazao je na smanjenu ventilacijsku učinkovitost (V_E/VO_2) veslača pri radu na veslačkom ergometru u odnosu na mjerenja izvršena na bicikl ergometru ili pokretnom sagu. Veslači mogu sinhronizirati disanje s ritmom veslanja pri nižim intenzitetima rada. Međutim, pri visokim radnim opterećenjima gdje su ventilacijski zahtjevi maksimalni, ventilacija reagira u suglasju s povećanim metaboličnim zahtjevima. Sjedeći položaj veslača , posebno u položaju zahvata, uvjetuje pritiskanje abdominalne regije, a time i dijafragme, limitirajući tako volumen pluća (Sara & Shoene, 1989). Iz tih razloga, pri ventilaciji većoj od 70 l/min , povećanje ventilacije je uvjetovano povećanjem učestalosti disanja, a ne povećanjem respiracijskog volumena (Steinacker et al., 1993).

2.1.5. *Trening*

U visokoj korelaciji između sportskog dostignuća i metaboličkog kapaciteta veslača, trening treba biti usmjeren na povećanje anaerobne, i posebno aerobne sposobnosti i kapaciteta. Maksimalni primitak kisika veslača povećava se u proporciji s provedenim radom, od 400 do 700 sati godišnje (cca 1,1 do 2,2 sata dnevno), ali uz znatno produženje treninga smanjuje mogućnost daljnjeg poboljšanja (Körner i Schwanitz, 1985). Dugotrajanim radom se može povećati intenzitet rada na razini koncentracije laktata od 4 mmol/l^{-1} . Sugerira se također da ova varijabla daje najbolju procjenu fiziološke sposobnosti veslača, ali još nema dostatno podataka za procjenu ove predodžbe (Fiskerstrand & Seiler, 2004; Basta, Skarpanska-Stejborn & Pilaczynska-Szcześniak, 2008).

Kapacitivne i funkcionalne fiziološke pretpostavke veslača za uspješno natjecanje jesu (prema Köerner i Schwanitz, 1985):

- $\text{VO}_2\text{max} > 6,0 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$
- relativni $\text{VO}_2 > 70,0 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$
- visoke ergometrijske vrijednosti učinka u prelaznom aerobno/anaerobnom području (intezitet pri anaerobnom pragu, odnosno graničnoj vrijednosti laktata od $4,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$) od otprilike 350 - 400 W
- visok udio VO_2max na razini anaerobnog praga od 80 - 90%
- u tipskoj podjeli mišićnih vlakana udio ST vlakana $> 70\%$, povećanje presjeka ST i FT vlakana u odnosu 1:3; visok stupanj kapilarizacije proporcionalan povećanju presjeka ST vlakana
- visok oksidativni udio ukupnih vlakana (70 - 80%)
- potpuna metabolična diferencijacija udjela FT vlakana u smjeru glikolitičke izgradnje (FTG)
- visoke enzimске aktivnosti oksidativne razgradnje masti i ugljikohidrata i anaerobne razgradnje ugljikohidrata
- Stvaranje odnosa u aerobno/anaerobnoj izmjeni tvari od 80% na 20%
- visoka koncentracija glikogena i neutralnih masti u mišićnim stanicama
- udio mitohondrija u staničnom volumenu $> 8\%$
- subsarkolemno taloženje u mitohondrijama
- povišenje mioglobina
- optimalna veslačka tehnika (mala potrošnja energije za strukturu kretanja)

1.2. Iskustva autora

Autor je za veslački sport vezan od kolovoza mjeseca 1968. godine. Kao veslač upisuje studij fizičke kulture, i vrlo rano počinje angažman veslačkog trenera. U toj aktivnosti proveo je punih 13 godina, dok 1993. godine nije biran na funkciju direktora veslačke reprezentacije Hrvatske. U toj ulozi proveo je dva mandata (8 godina). Funkcija direktora reprezentacije omogućila mu je valjaniji prisup rješavanju stručnih problema. Krećući s polazišta da se bogatstva nalaze u bankama, odlučio je da sportske rezultate hrvatskog veslanja pokuša unaprijediti obogaćenjem stručnog znanja temeljenog na banci podataka o hrvatskim veslačima. Zato već od samog početka postavlja protokol dijagnostike treniranosti u Zavodu

za dijagnostiku danas Kineziološkog fakulteta u Zagrebu. Isto provodi u suradnji s prof. dr. sc. Stjepanom Heimerom i dr. Davorom Šentijom.

Istovremeno, u Splitu tada nije imao mogućnosti primjene mjerenja direktne potrošnje kisika. Povezujući se s prof. dr. sc. Jadrankom Tocilj, u respiracijskom laboratoriju Plućnog odjela bolnice u Splitu, počinje provoditi plinsku analizu krvi pod opterećenjem. Pritom je protokol opterećenja istovjetan protokolu diskontinuirano progresivnog opterećenja testa laktata i direktnog utroška kisika. Analiza tako dobivenih rezultata unijela je novo svjetlo u sagledavanju reakcija organizma na trenažna opterećenja. Na taj način dobiveni su podaci za preciznije doziranje trenažnog opterećenja, ali i za detaljniji monitoring treninga.

Iz tako postavljenog pristupa vođenja hrvatske reprezentacije, rezultirala je pozamašna banka podataka o karakteristikama hrvatskih veslača, ali i niz vrhunskih rezultata mjerenih nizom osvojenih medalja na svjetskim prvenstvima za juniore i seniore. Vrhunac tih rezultata predstavljalo je osvajanje brončane medalje na Olimpijskim igrama u Sydneyu, u prestižnoj – „kraljevskoj“ – disciplini osmerca. Pored navedenih sportskih rezultata, posljedica ovakvog pristupa je i niz znanstveno-istraživačkih radova koje je autor u koautorstvu s navedenom prof. dr. sc. Jadrankom Tocilj objavio u znanstvenim časopisima i prezentirao na kongresima u zemlji i inozemstvu. Jedan dio radova, koji su direktno povezani s temom predloženog projekta disertacije, naveden je u literaturi.

Temeljem svega navedenog, autor iskustveno stoji na stajalištu da je neohodno dobiti valjane parametre za svakog sportaša, kako bi se moglo pristupiti individualnom programiranju trenažnog procesa. Mehaničko opterećenje iz vanjskog svijeta predstavlja podražaj za izazivanje reakcije organizma sportaša. Pritom reakcija svakog pojedinca na istovjetno mehaničko opterećenje ne mora biti ista, i u osnovi, individualno će se prezentirati prvenstveno u metaboličnom prostoru.

2. Problem

Istraživanje je u širem smislu vezano za uspješnost u veslačkom sportu. Iskustvene karakteristike govore o zakonitosti prema kojoj veslači moraju provesti 8-10 godina u sustavno vođenom trenažnom procesu kako bi dostigli maksimum svojih sposobnosti. S tim u svezi interesantno je imati informaciju o karakteristikama veslača s kojima treba ući u višegodišnji rad, kako bi krajnji rezultat toga rada urodio željenim plodom. Pored toga, u svrhu kvalitetnoga rukovođenja trenažnim procesom, potrebno je imati i informaciju o zakonitostima uzročno-posljedičnog odnosa trenažnoga stanja i funkcionalnih karakteristika sportaša. Za saznavanje navedenih karakteristika potrebno je izvršiti egzaktna ispitivanja s uporabom relevantnih predikcijskih testova

3. Cilj rada

Cilj istraživanja predstavlja ustanovljenje respiracijsko-metaboličkih karakteristika hrvatskih veslača, njihovog odnosa i promjena uvjetovanih trenažnim procesom, što, konačno, treba rezultirati stvaranjem osnova za buduću selekciju veslača kao i stručno usmjerenje u programiranju sportskog treninga. U svrhu ostvarenja cilja istraživanja potrebno je izvršiti sljedeće zadatke:

1. ustanoviti razlike respiracijskih i metaboličkih karakteristika između veslača juniora i seniora;
2. usporediti varijable respiracijskih i metaboličkih karakteristika između veslača različite uspješnosti (članova nacionalnog tima i onih koji nisu ostvarili status reprezentativca);
3. ispitati povezanost varijabli respiracijskih, energetske i metaboličkih karakteristika s uspješnošću u veslanju, mjerenom izvršenju rada na ergometru.

4. Hipoteze

U skladu s ciljem rada postavljene su i hipoteze:

H₁: postoji razlika respiracijskih i metaboličnih karakteristika između veslača juniora i seniora,

H₂: postoji značajna razlika u varijablama respiracijskih i metaboličnih karakteristika između veslača različite uspješnosti (uspješni = članovi nacionalnog tima; manje uspješni = nisu članovi nacionalnog tima),

H₃: postoji povezanost između varijabli respiracijskih, energetske i metaboličnih karakteristika s uspješnošću u veslanju, mjerenom izvršenjem rada na veslačkom ergometru,

5. Metode rada

5.1. Uzorak ispitanika

Autor je u funkciji direktora veslačke reprezentacije Hrvatske od ožujka 1993. godine. Od tada je počeo prikupljati podatke kontrole treniranosti hrvatskih veslača. U proteklom periodu organizirao je i pratio kontrole treniranosti veslača kako reprezentativaca, tako i potencijalnih mladih veslača. Ukupan uzorak predstavlja 180 kontroliranih entiteta, ispitanika različitog uzrasta (seniori i juniori) i uspješnosti. Među njima su veslači koji su osvajali medalje na svjetskim prvenstvima za seniore, kao i dvije olimpijske medalje. Istim uzorkom su obuhvaćeni i veslači juniori koji su osvojili nekoliko medalja na svjetskim prvenstvima od 1994. godine. Pored navedenih uzorak je sačinjen i od veslača članova nacionalnog tima koji su bili učesnici finalnih nastupa na svjetskim prvenstvima, ali i od onih koji nisu dosegli pravo nastupa u reprezentativnom dresu.

Ukupan uzorak u ovom istraživanju ipak se treba promatrati kroz slijedeće subuzorke:

- 1) uzorak ispitanika koji su testirani u laboratoriju za funkcionalnu dijagnostiku Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, i na kojima su provedena mjerenja ventilacijskih i metaboličnih parametara iznosio je 89 entiteta. Od ukupnog broja testiranih 53 entiteta su bila seniorskog a 36 entiteta juniorskog uzrasta.
- 2) Uzorak ispitanika koji su testirani u respiracijskom laboratoriju Plućnog odjela kliničke bolnice Split, i na kojima su provedena mjerenja spirometrije, difuzijskog kapaciteta pluća i plinske analize krvi, iznosio je 91 entitet. Od ukupno testiranih veslača u ovom laboratoriju, četrdesetpet ih je pripadalo seniorskom a četrdesetšest juniorskom uzrastu.
- 3) Od ukupnog broja testiranih entiteta (N= 180), tridesetosam veslača je testirano u oba laboratorija, iz čega proistjeće da je, u navedenom periodu, praćeno 142 veslača. Navedeni uzorak predstavljao je selektirane, najkvalitetnije hrvatske veslače.

5.2. Uzorak varijabli

Ukupan uzorak varijabli, u ovom istraživanju, može se podijeliti na dva glavna skupa: prediktorske varijable i jednu varijablu kriterija.

KRITERIJSKA VARIJABLA – uspješnost na veslačkom ergometru. Na veslačkim ergometrima "Concept II" model C (Morisville, Vermont), koji omogućavaju vrlo vjernu simulaciju opterećenja u čamcu uz kontinuirano praćenje podataka o opterećenju (u Wattima, m/s ili Cal/h), frekvenciji zaveslaja i izvršenom radu (u metrima i Joulima), za svaki zaveslaj posebno kao i za ukupno trajanje rada. Ispitanici su maksimalnim angažmanom („all-out“) preveslavalu distancu od 2000 metara. Uspješnost je mjerena vremenom potrebnim za savladavanje navedene distance.

PREDIKTORSKE VARIJABLE

Kontrola treniranosti je provedena u dva laboratorija: u laboratoriju za funkcionalnu dijagnostiku Kineziološkog fakulteta u Zagrebu i u respiracijskom laboratoriju Plućnog odjela kliničke bolnice Split.

Kontrola se provodila na veslačkim ergometrima "Concept II" model C (Morisville, Vermont), koji omogućavaju vrlo vjernu simulaciju opterećenja u čamcu uz kontinuirano praćenje podataka o opterećenju (u Watt-ima, m/s ili Cal/h), frekvenciji zaveslaja i izvršenom radu (u metrima i Joulima), za svaki zaveslaj posebno kao i za ukupno trajanje rada. U mirovanju je ispitanicima uziman uzorak krvi iz prsta u svrhu plinske analize i analize koncentracije mlječne kiseline. Isto tako je izvršena i kompletna funkcionalna obrada pluća. Primjenjen je diskontinuirani progresivni test, pri čemu su etape rada trajale 4, a pauze 2 minute. Početno opterećenje određivano je temeljem informacija prethodnih kontrola, a ciljano je da izazove reakciju organizma koncentracijom mlječne kiseline do 2 mmol/l. Nakon svake etape opterećenja uziman je uzorak krvi. Opterećenje svake naredne etape rada povećavano je brzinom prolaza 500 metara za tri sekunde. Kada je postignuta koncentracija laktata od 4 mmol/l ili više, pristupalo se izvođenju posljednje etape opterećenja u trajanju od tri minute. Prvih 90 sekundi rad je bio intenzivniji za 3 sekunde u prolazu na 500 metara, a posljednjih 90 sekundi radilo se maksimalnim intenzitetom, u cilju provociranja maksimalnih vrijednosti respiracijskih i metaboličkih kapaciteta. Neposredno po završetku rada izvršena je kontrola svih parametara kao i prije početka rada.

U laboratoriju za funkcionalnu dijagnostiku Kineziološkog fakulteta u Zagrebu, provođeno je spiroergometrijsko mjerenje na aparatu EOS-Sprint (Erich JAEGER GmbH & Co, Wuerzburg, Njemačka), automatskom sustavu koji omogućava jednostavno i dinamičko mjerenje respiracijskih i metaboličkih parametara u vremenskim intervalima od 30 sekundi. Na početku testiranja, u mirovanju, mjereni su spirometrijski parametri:

- Forsirani vitalni kapacitet (FVC)
- forsirani ekspiracijski volumen u prvoj sekundi (FEV_1)

Pri ergometrijskom testiranju registrirani su slijedeći metabolični i ventilacijski parametri:

- disajni volumen (DV),
- frekvencija disanja (f),
- minutni volumen disanja (MVD)
- primitak kisika (VO_2)
- ventilacijski ekvivalent kisika ($VEQ O_2$)
- frekvencija srca (FS)

- puls kisika (PO_2)
- ekspirirani ugljični dioksid (VCO_2)
- respiracijski kvocijent (RQ)
- koncentracija mlječne kiseline (La)

U respiracijskom laboratoriju Plućnog odjela KB u Splitu mjereni su:

- na početku testiranja (u mirovanju) spirometrijski parametri:
 - vitalni kapacitet (VC)
 - forsirani ekspiracijski volumen u prvoj sekundi (FEV_1)
 - srednji ekspiracijski protok (FEF25, FEF50)
- **Difuzijski kapacitet pluća** za ugljični monoksid (DLco) i DLco/va mjereni su metodom jednoga udaha, na početku (u mirovanju) i po završetku cjelokupnog rada na ergometru.

Za mjerenje spiroergometrijskih parametara i difuzijskog kapaciteta pluća korišten je aparat MasterLab tvrtke Jaeger, s uporabom normi po Cotesu.

- **Plinska analiza krvi i acidobazni status** analizirani su na aparatu tvrtke Radiometer ABL2. Uzorak kapilarne krvi uziman je iz jagodice prsta ruke u hepariniziranu kapilaru te je analiziran. Određivalo se pH, pCO_2 (kPa), pO_2 (kPa), HCO_3 (mmol/l), BE (mmol/l) i sat O_2 . Uzorak je uziman na početku (u mirovanju), kao i nakon svake etape opterećenja.

Koncentracija mlječne kiseline u krvi određivana je aparatom:

- "Lactate analyser YSI MODEL 23L" tvrtke Yellow Springs Instr.Co.

Frekvencija srca je praćena pomoću elektrokardiografa i monitora srčane frekvencije marke Polar Electro Oy.

5.3. Metode obrade rezultata

Svi podaci statistički su obrađeni i prikazani u obliku tablica i dijagrama.

Za obradu podataka koristio se paket STATISTIKA, verzija 7.0.61.0 (StatSoft, Inc).

Za svaku varijablu odredila se aritmetička sredina, standardna devijacija, minimalna i maksimalna vrijednost, te rang distribucije.

Za svaku varijablu se odredilo normalitet distribucije rezultata.

Značajnost razlike rezultata veslača različitih dobnih kategorija (juniori / seniori), kao i veslača različite uspješnosti, provjeravao se multivarijatnom analizom varijance.

Kako bi se ustanovila povezanost respiracijskih i metaboličnih karakteristika s uspješnošću u veslanju, primjenila se regresijska analiza, pri čemu su se respiracijske i metabolične karakteristike tretirale kao prediktorske, a izvršeni rad na ergometru kao kriterijska varijabla.

6. Rezultati

Tablica 1.

Deskriptivna statistika za opće podatke ispitanika, ventilacijske i metaboličke vrijednosti u mirovanju – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; MIN – minimalni rezultat; MAX – maksimalni rezultat; SD – standardna devijacija)

	N	AS	MIN	MAX	SD
DOB	82	17,44	14,45	18,79	0,95
VISINA(cm)	82	187,64	176,00	201,20	4,94
MASA(kg)	82	82,60	68,00	101,20	7,04
mirLa	82	1,75	0,80	3,50	0,53
mirFS	82	71,28	50,00	94,00	9,30
mir pH	46	7,39	7,32	7,46	0,03
mir pCO ₂	46	5,46	4,35	6,20	0,39
mir pO ₂	46	9,84	8,00	14,70	1,53
mir HCO ₃	46	24,75	18,50	28,20	1,86
mir BE	46	0,26	-3,00	4,30	1,63
mir satO ₂	46	93,76	89,30	99,30	2,26
mirDV	36	1,09	0,76	1,42	0,18
mirFD	36	19,61	15,00	28,00	3,14
mirMVD	36	21,21	14,70	31,10	3,36
mirVO ₂	36	7,61	4,56	12,03	1,40
mirVEQO ₂	36	33,78	24,55	48,04	6,16
mirPO ₂	36	8,64	5,71	12,00	1,31
mirRQ	36	0,92	0,82	1,15	0,08
mirFVC	46	6,40	4,36	8,00	0,83
FVC%Pred	46	115,93	76,10	152,00	16,93
mirFEV1	46	5,62	3,36	6,92	0,76
FEV1%Pred	46	122,29	68,00	162,00	19,57
TI(%)	46	88,28	54,23	99,81	8,92
mirFEF25%	46	3,87	1,66	5,96	1,01
FEF25%Pred	46	139,50	59,70	210,00	36,10
mirFEF50%	46	7,25	3,78	9,46	1,37
FEF50%Pred	46	134,92	69,00	187,00	27,86
mirDLco	46	21,94	16,99	30,20	3,23
DLco%Pred	46	163,05	101,00	224,00	25,47
mirDLco/va	46	2,41	1,90	2,95	0,31
Dlco/va%Pred	46	111,42	88,40	138,00	14,64

U tablici 1 prezentirani su podaci mjerenja ispitanika juniorskog uzrasta na početku testiranja. Mjerenjem su obuhvaćena 82 veslača čija je prosječna starost 17,44 godine uz standardnu devijaciju od 0,95 godinu. Iako je najmlađi ispitanik star svega 14,45 godina, tako

mladi ispitanici u ovom istraživanju ipak su rijetki. Njih sedam je starosti do 16 godina, što odgovara kategoriji mladih juniora. Međutim, dvojica od njih su, u tom uzrastu, bili juniorski reprezentativci, od kojih je jedan bio član posade koja je osvojila naslov juniorskog prvaka Svijeta.

Prosječna tjelesna visina ispitanika je 187,64 centimetra, dok raspon između najnižeg i najvišeg iznosi čitavih 35 centimetra. Veliki je i raspon rezultata tjelesne mase (33,2 kilograma). Prema navedenim antropometrijskim mjerama, prosječan predstavnik mjerenog uzorka istovjetan je prosječnim vrijednostima veslača učesnika Svjetskog prvenstva 1997.g. održanog u Hazenwinkelu (Bourgeois, Claessens & Vrijens, 1997). Služeći se orijentacijskim vrijednostima težine u odnosu na visinu tijela (Findak, Metikoš, Mraković & Neljak, 1996), odnos tjelesne visine i težine prosječnog juniorskog veslača promatranog uzorka ocjenjuje se izvrsnim.

Visoke vrijednosti longitudinalne dimenzionalnosti pretpostavljale su i visoke vrijednosti respiracijskih parametara kod zdravih entiteta. Forsirani vitalni kapacitet (FVC) izmjeren je u relativno širokom rasponu od 4,36 do 8,00 litara. Bolji relativni pokazatelj stanja je iskazan prema postotku od očekivanih vrijednosti prema Cotesu (Cotes, Chinn & Miller, 2006). Od ukupnog uzorka, kod 25 (54,3%) ispitanika je zabilježena vrijednost FVC između 80% i 120% što prema istom izvoru smatra „normalnim“ vrijednostima za visinu, uzrast u spol ispitanika. Međutim, samo jedan ispitanik je imao vrijednosti niže od očekivanih, dok je skoro pola uzorka (20 ispitanika – 43,47%) imalo vrijednosti značajno iznad očekivanih. I pored ovako prisutnih podataka, provjera normaliteta distribucije ukazuje na normalnu distribuciju, što uzorak mladih veslača, prema navedenom parametru, dovodi u poseban položaj. (Histogram distribucije podataka za svaku varijablu u prilogu).

Slična karakteristika je zabilježena i u parametru forsiranog ekspiracijskog volumena u prvoj sekundi. Vrijednost ovog parametra je kod dvojice juniora ispod 80% od predikcije. Rezultati ostala 44 ispitanika su raspoređena tako da se polovica kreće u okviru predikcije (80-120%) dok se druga polovica kreće u zoni znakovito iznad „normalne“. K-S test ove varijable ukazuje na normalnu distribuciju.

Ovako neuobičajeno visoke vrijednosti respiracijskih karakteristika iskazuju se i u parametrima srednjeg ekspiracijskog protoka. Premda iskazuje normalnu distribuciju, prosječna vrijednost FEF25 na razini je od 142,57 % od predikcije. Četiri veslača iskazuju navedenu vrijednost nižu od predikcije. Kod dvadeset dva veslača juniora izmjerena je vrijednost koja je do 50% veća od očekivane, dok je sedamnaestorici izmjerena vrijednost

koja je za 50% do 100% veća od predikcije. Na koncu, tri mlada veslača mjere vrijednost FEF25 koja je i više nego duplo veća od predikcije, dosegnuvši maksimalnu vrijednost u mirovanju od 7,36 litara, što je na razini od 234 % od predikcije.

Vrlo slična je situacija i kod varijable FEF50. Samo dva juniora mjere ovu vrijednost na razini manjoj od 80% od predikcije. Istovremeno, 74% od ukupnog uzorka bilježi vrijednosti FEF50 veće od 120% od očekivanih vrijednosti za odgovarajući uzrast, visinu i spol.

Svi mjereni veslači imaju difuzijski kapacitet za ugljični monoksid jednak ili veći od predikcijske vrijednosti. Prosječna vrijednost je za 63% veća od očekivane, dok petorica imaju vrijednosti i više od dvostruko veće od predikcije. Međutim, ovaj kapacitet iskazan kroz jediničnu vrijednost alveolarnog volumena više nema tako visoke vrijednosti, već se kreće u okviru očekivanih.

Budući da veslač dijagnostičkom postupku treba pristupiti odmoran i regeneriran od trenažnih opterećenja, to se očekuje da će respiracijski i metabolički parametri u mirovanju biti u okviru referentnih vrijednosti.

Već prva varijabla metaboličkih karakteristika ukazuje da svi veslači testiranju nisu pristupili valjano kondicionirani. Iako se prosječna vrijednost od $1,74 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ nalazi u okviru referentnih vrijednosti (Topić, Primorac & Janković, 2004), a minimalna vrijednost od $0,8 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ predstavlja poželjnu vrijednost za dobro trenirane sportaše sportova izdržljivosti (kojima i veslanje pripada), ipak su neki ispitanici imali vrijednosti izvan referentnih granica. Tri veslača bilježe ovu vrijednost na razini većoj od $2,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Najviša zabilježena vrijednost od $3,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ukazuje na visoku metaboličku acidozu u mirovanju, koja je mogla biti uvjetovana neadekvatnim odnosom trenažnog opterećenja i rekuperacije organizma. Ovome idu u prilog još neki pokazatelji homeostaze.

Srednja vrijednost pH ukazuje na acido-bazno uravnotežen skup, dok minimalna vrijednost raspona daje spoznaju o prisutnoj kiselosti u pojedinim ispitanika. Tri ispitanika su imala pH vrijednosti između 7,32 i 7,34, dok su dvojica imala vrijednost pH iznad 7,44. Da se organizam pojedinaca još čisti od ostataka anaerobnog rada primjetno je prema vrijednostima respiracijskog kvocijenta (RQ) koji je kod trojice ispitanika iznad 1,0 dok kod jednog doseže vrijednost i do 1,15. Navedeno treba sagledavati u spoznaji da su svi testirani veslači, prije pristupa dijagnostičkom postupku, proveli liječnički pregled.

Navedenome doprinosi i spoznaja o vrijednosti potrošnje kisika za održavanje organizma u sjedećem položaju prije početka testiranja. Prosječna vrijednost iznosi 2,16 MET-a, pri čemu se raspon kreće od veoma prihvatljiva 1,3 do neprimjereno visokih 3,44 MET-a.

Kod mjerenog uzorka mladih veslača frekvencija srca se kreće najčešće između 60 i 80 otkucaja, dok su ekstremne vrijednosti u izuzetno velikom rasponu od 50 do 94 otkucaja u minuti. Visoka frekvencija srca kao i visoka metabolička aktivnost kod nekolicine veslača moguće su iskaz anksioznosti (University of Virginia) pri pristupanju dijagnostici, koju doživljavaju kao ispitnu situaciju.

Vrijednosti svih ostalih varijabli, u pravilu se kreću u okviru referentnih vrijednosti, uz pojedine ekstreme vrijednosti kojih se projiciraju blago izvan graničnih

Tablica 2.

Deskriptivna statistika za ventilacijske i metaboličke vrijednosti nakon maksimalnog opterećenja – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; MIN – minimalni rezultat; MAX – maksimalni rezultat; SD – standardna devijacija)

	N	AS	MIN	MAX	SD
intmax-t	82	1:39,06	1:29,80	1:49,50	0:04,74
max wata	82	363,76	272,10	484,10	49,16
max Fzav	82	33,16	27,00	40,00	2,58
maxLa	82	10,86	6,80	15,70	1,93
maxFS	82	196,32	178,00	210,00	7,14
max pH	46	7,19	7,09	7,38	0,05
max pCO ₂	46	4,47	2,90	5,30	0,52
max pO ₂	46	12,08	9,20	19,30	1,89
max HCO ₃	46	13,62	7,60	18,60	2,14
max BE	46	-13,15	-19,10	-7,80	2,56
max satO ₂	46	94,05	81,50	98,30	2,44
maxDV	36	2,75	1,94	3,63	0,40
maxFD	36	66,95	44,00	99,00	11,04
maxMVD	36	180,80	146,60	219,50	18,61
maxVO ₂ (L)	36	5,29	4,64	5,96	0,35
maxVO ₂ (rel)	36	62,75	52,17	74,80	4,61
maxVEQO ₂	36	34,24	29,00	40,52	3,05
maxPO ₂	36	27,10	23,55	31,09	2,24
maxRQ	36	1,16	0,97	1,35	0,08
maxFVC	46	6,25	4,36	8,58	0,91
maxFVC%Pred	46	114,01	81,60	169,00	19,28
maxFEV1	46	5,89	4,24	8,04	0,87
maxFEV1%Pred	46	128,83	91,50	189,00	23,02
maxTI(%)	46	94,42	74,12	99,83	5,68
maxFEF25	46	5,02	2,78	8,10	1,32
maxFEF25%Pred	46	176,37	100,00	287,00	46,03
maxFEF50	46	8,30	4,65	12,10	1,77
maxFEF%Pred	46	152,13	87,00	228,00	32,36
maxDLco	46	26,90	20,42	60,61	5,98
maxDLco%Pred	46	197,15	20,90	473,80	55,64
maxDLco/va	46	2,75	1,97	3,88	0,46
maxDLco/va%Pred	46	129,11	88,80	184,00	22,42

Posljednja etapa opterećenja u protokolu testiranja iskazana je maksimalnim opterećenjem ispitanika, s ciljem izazivanja maksimalnih vrijednosti respiracijskih i metaboličkih kapaciteta. Dobivene vrijednosti za juniorski uzrast prikazani su u tablici 2.

Karakteristike energetske opterećenja koje su članovi ovog uzorka proizveli pri etapi maksimalnog rada nalaze se u velikom raspršenju, s približno jednakom udaljenošću krajnjih vrijednosti od aritmetičke sredine. Energetski najjači ispitanik proizveo je intenzitet rada od 484,1 watt, što je skoro dvostruko više od energetski najslabijeg veslača juniora s proizvedenim intenzitetom od 271,1 watt. Pritom su ostali ispitanici reagirali svojim vrijednostima tako da distribucija podataka u ovoj varijabli tvori normalan skup (vidi prilog 1).

Ovako visoki intenziteti maksimalnog rada izazvali su i visoke reakcije metaboličkih i respiracijskih pojava.

pH vrijednost ukazuje na visoku metaboličku acidozu organizma. Uz prosječnu vrijednost od 7,19, cijeli uzorak je disperziran u okviru normale distribucije. Po jedan predstavnik je projiciran na oba kraja raspona rezultata, dok je 52,17% uzorka u dijapazonu od 7,1 do 7,2.

Analogno promjeni vrijednosti pH i ostale vrijednosti plinske analize krvi se bitno mijenjaju. Pritom je potrebno napomenuti da je distribucija po svim metaboličkim varijablama normalna, osim saturacije kisikom. Parcijalni pritisak ugljičnog dioksida je u prosjeku niži nego u mirovanju, a 41,3% uzorka ima vrijednosti ispod donje referentne vrijednosti. Istovremeno niti jedna vrijednost ne prelazi gornju referentnu vrijednost od 6,00 kPa. Parcijalni pritisak kisika kod 85% ispitanika se kreće u referentnim vrijednostima. Kod tri ispitanika pO_2 je ispod referentne vrijednosti, dok je isto toliko ispitanika s ovom varijablom iznad referentne vrijednosti. Koncentracija mliječne kiseline ima vrlo visoku prosječnu vrijednost od $10,85 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, dok je maksimalna vrijednost $15,7 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Od ukupnog uzorka 66% ispitanika proizvelo je $> 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ mliječne kiseline. Vrijednosti bikarbonata od prosječnih $24,75 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ u mirovanju troše se i padaju u maksimalnom radu na prosječnu vrijednost od $13,60 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ uz najnižu zabilježenu vrijednost od $7,6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Ovakvim značajnim promjenama pridružuje se i bazni eksces, koji pri maksimalnom opterećenju postaje izuzetan bazni deficit. Prosječna vrijednost u mirovanju od $0,31 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, uz kretanje svih entiteta u okviru referentnih vrijednosti ($\pm 3,00 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), pri maksimalnom opterećenju opada čak do $-19,10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Za izvršenje maksimalnog intenziteta rada bilo je neophodno angažirati i sve organske energetske resurse. Relativni maksimalni primitak kisika je dosegao prosječnu vrijednost od $62,45 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Najveći relativni VO_2 iznosi $74,8 \text{ mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, što iznosi intenzitet od 21,37 MET-a. Ovakve metaboličke promjene povezane su i sa značajnim

promjenama disajnih karakteristika. Minutni volumen disanja dostiže izuzetno visoke vrijednosti. Prosječna vrijednost je 181,07 litara u minuti, dok je najveća vrijednost 219,5 litara. Ove vrijednosti postignute su frekvencijom disanja od 66,87 u prosjeku, odnosno 99 udaha i izdaha u minuti kao iskaz maksimalne frekvencije disanja. Ovako visoke vrijednosti MVD postignute su koristeći se, u prosjeku, s manje od polovine FVC (44,01%). Za posljednje tri varijable test K-S potvrdio je normalnu distribuciju (vidi prilog A).

Ventilacijski ekvivalent kisika u mirovanju i maksimalnom opterećenju zadržava približno iste vrijednosti, dok se puls kisika u maksimalnom opterećenju povećava u prosjeku za tri puta.

Neposredno nakon završetka posljednje etape protokola testiranja, ponovljeno je mjerenje respiracijskih kapaciteta. Vrijednosti FVC, FEV1 i TI su približno slične istima u mirovanju. Značajno su povećane vrijednosti parametara FEF25 i FEF50, a posebno je povećana vrijednost difuzijskog kapaciteta za ugljični monoksid.

Navedene vrijednosti metaboličkih i respiracijskih karakteristika ponašanja povezane su s makimalnim iskazom veslanja na veslačkom ergometru, što je predstavljalo kriterijsku varijablu. Iako uzorak ima normalnu distribuciju, rasprešenje rezultata je relativno veliko. Razlika vrijednosti najboljeg i najslabijeg rezultata iznosi čitav minut, dok je prosječna vrijednost pozicionirana nešto bliže boljim rezultatima.

Tablica 3

Deskriptivna statistika za rezultate veslanja na 2km – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; MIN – minimalni rezultat; MAX – maksimalni rezultat; SD – standardna devijacija)

	N	AS	MIN	MAX	SD
ERGO2000m-t	82	6:32,2	6:09,7	7:10,0	0:13,6
prolaz/500m	82	1:38,1	1:32,4	1:47,5	0:03,4
Watti	82	374,2	443,3	281,7	37,45

U tablicama 4.-6. prikazane se vrijednosti parametara za seniorski uzrast. U normalnoj distribuciji rezultata, najveća koncentracija je između 20-te i 26-te godine starosti. Izvjestan broj mladih veslača seniora, koji su tek pristupili ovoj uzrastnoj kategoriji, uzrasta 18-20 godina, u ravnoteži je s pojedincima koji su se zadržali u veslačkoj aktivnosti u poznijem dobu nakon završetka studija.

Veslači seniori predstavljaju mlade ljude iznadprosječno visoke u odnosu na populaciju. U normalno distribuiranoj grupaciji s prosječnom visinom od 190,36 centimetara, samo je 16 veslača, odnosno 14,3% uzorka visinom niže od 185 centimetara. Za ovako postavljene visine tijela, povezana je i relativno velika tjelesna težina. Samo osam veslača ima tjelesnu težinu od 75 kg ili manju. Isti odgovaraju maloj grupaciji lakih veslača, za koje je odgovarajuća i nešto niža tjelesna visina. Najveća grupacija veslača (60% uzorka) tjelesnom težinom kreće se u rasponu od 85 do 95 kilograma, dok samo jedan veslač teži preko 100 kilograma.

Tablica 4.

Deskriptivna statistika za opće podatke ispitanika, ventilacijske i metaboličke vrijednosti u mirovanju – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; MIN – minimalni rezultat; MAX – maksimalni rezultat; SD – standardna devijacija)

	N	AS	MIN	MAX	SD
DOB	98	23,19	18,78	30,83	2,84
VISINA(cm)	98	190,33	178,00	201,00	5,05
MASA(kg)	98	88,62	71,50	102,00	6,99
mirLa	98	1,44	0,30	3,70	0,65
mirFS	98	69,89	44,00	97,00	11,72
mir pH	45	7,38	7,24	7,47	0,04
mir pCO ₂	45	5,47	4,46	6,20	0,44
mir pO ₂	45	9,92	7,50	12,58	1,30
mir HCO ₃	45	24,48	18,20	29,60	2,37
mir BE	45	-0,17	-8,50	5,10	2,44
mir satO ₂	45	93,85	87,90	98,20	2,27

mirDV	53	1,07	0,48	2,43	0,33
mirFD	53	19,02	10,00	29,00	4,33
mirMVD	53	19,94	8,20	38,80	6,26
mirVO ₂	53	6,94	2,76	10,83	1,88
mirVEQO ₂	53	32,40	23,20	49,70	6,35
mirPO ₂	53	8,31	3,68	13,40	2,37
mirRQ	53	0,95	0,69	1,27	0,16
mirFVC	45	7,24	5,80	9,18	0,74
FVC%Pred	45	120,85	94,60	146,00	12,87
mirFEV1	45	6,37	4,84	8,04	0,67
FEV1%Pred	45	128,15	101,00	159,00	14,15
TI(%)	45	88,15	77,49	100,28	5,06
mirFEF25%	45	4,08	2,48	7,53	1,10
FEF25%Pred	45	135,77	82,10	254,00	35,37
mirFEF50%	45	8,21	5,50	13,40	1,51
FEF50%Pred	45	135,78	92,00	221,00	26,71
mirDLco	45	24,79	17,45	41,51	6,13
DLco%Pred	45	183,50	124,00	286,00	44,06
mirDLco/va	45	2,28	1,45	3,37	0,43
Dlco/va%Pred	45	104,73	65,40	153,00	19,99

Protokolu funkcionalne dijagnostike sportaši bi trebali pristupiti odmorni, s organizmom u urednom acido-bazičnom statusu, što podrazumijeva kretanje parametara u okviru referentnih vrijednosti. Karakteristika homeostaze mjerena pH krvi ukazuje da većina ispitivanih veslača seniora zadovoljava zahtjevane uvjete. Ipak, u uzorku s normalnom distribucijom, 7 veslača ima vrijednosti pH niže od 7,35, dok jedan veslač (inače reprezentativac s visokim rejtingom) bilježi najnižu vrijednost od 7,24. Pored niske vrijednosti pH, ovaj veslač bilježi i najnižu vrijednost excessa baze (-8,5), kao i niske vrijednosti pO₂, HCO₃ i satO₂.

Iako distribucija ostalih parametara plinske analize krvi izgleda normalna, neke krajnje vrijednosti izlaze iz okvira referentnih granica. Šest veslača (6,2%) imaju vrijednosti pCO₂ izvan referentnih, od čega 1 ima minimalnu zabilježenu vrijednost (4,46 kPa), dok petorica imaju vrijednosti između 6,00 i 6,20 kPa. Specifična situacija se bilježi kod parcijalnog pritiska kisika. Aritmetička sredina se nalazi ispod razine donje granice referentnih vrijednosti, što ukazuje da samo 21 veslač (47%) od ukupnog uzorka ima vrijednost pO₂ u okviru referentnih. Dvije trećine ispitanog uzorka HCO₃ ima u okviru referentnih vrijednosti (22-26 mmol·L⁻¹), šestorica ispod a devetorica iznad referentnih vrijednosti. Interesantna informacija se bilježi i kod saturacije kisikom. Prosječna vrijednost (94,02%) predstavlja donju granicu očekujućih vrijednost za normalnu populaciju. Čak tri veslača iskazuju vrijednosti ispod 90%, dok samo 8 veslača bilježe vrijednosti iznad 96%.

U suglasju s vrijednostima plinske analize krvi, primjetne su i oscilacije u koncentraciji mliječne kiseline u mirovanju. Ukupno 79 (80,6%) ispitanika u mirovanju ima La vrijednost ispod gornje referentne granice ($2,2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) što predstavlja da je jedna petina ispitanika u blagom acidoznom stanju.

Vrijednosti frekvencije srca i disajnih parametara, kao i kod juniora, ukazuje na relativno široki raspon pojavnosti. Frekvencija srca se kod 80% ispitanika kreće u rasponu od 50-80 otkucaja u minuti. Samo 4 ispitanika imaju frekvenciju srca manju od 50, dok ih 16-orica imaju preko 80 otkucaja u minuti. Visoke vrijednosti se bilježe u parametru MVD. Prosječna vrijednost od 20 litara u minuti postiže se prosječnom frekvencijom od 19 udaha i izdaha u minuti pri čemu je prosječna vrijednost disajnog volumena 1,07 litara.

Energetska karakteristika bivanja ispitanika u mirovanju u širokom je rasponu od 1 do 3 MET-a. U normalno distribuiranom uzorku, samo je mali broj ispitanika s vrijednostima na krajevima raspona. Sedamdesetjedan posto uzorka metaboličku zahtjevnost održanja organizma u mirovanju iskazao je u iznosu od 5 do 9 $\text{mlO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Za dobivanje litre kisika veslači seniori iskazuju visoke razlike ventilacijskog ekvivalenta. Dok je prosječno koristi 32,52 litre zraka za dobivanje jedne litre kisika, razlike na krajevima raspona su udvostručene. Ovako velike razlike prisutne su i kod respiracijskog kvocijenta. I dok je prosječna vrijednost RQ (0,95) prihvatljiva za stanje mirovanja, 30% uzorka ima $\text{RQ} > 1,0$.

Ventilacijski parametri seniora u mirovanju su u prosjeku značajno iznad predikcije prema uzrastu, spolu i antropometrijskim karakteristikama. U svim respiracijskim varijablama, s izuzetkom FEV1%Pred, prisutna je normalna distribucija. Maksimalne vrijednosti u varijablama FEF25%Pred i FEF 50%Pred prisutne su u samo jednog veslača seniora. Varijabla FEF25%Pred distribuirana je tako da 7 veslača ima vrijednosti manje od predikcije, 82% uzorka ima vrijednosti u rasponu od 100%-200% od predikcije, a samo već spomenuti veslač ima zabilježenu maksimalnu vrijednost. U varijabli FEF50%Pred, četvorica su s vrijednostima nižim od predikcije, 87% uzorka je u rasponu do 160% od predikcije, a onaj isti, već navedeni veslač, ima zabilježenu maksimalnu vrijednost.

I u varijablama difuzijskog kapaciteta pluća za ugljični monoksid primjetna je istovjetna situacija, u kojoj se s ekstremnim maksimalnim vrijednostima ističe samo jedan veslač.

U tablici 5 prikazani su podaci već navedenih parametara nakon etape maksimalnog opterećenja. Kao i kod juniora, i kod seniora su dobiveni podaci koji ukazuju na iznimno visoki intenzitet rada kojemu su bili izloženi, što je i karakteristika veslanja kao sporta.

Intenziteti rada, iskazani specifičnim prolazom po etalonu od 500 metara u relativno širokom su rasponu od 1:29,5 do 1:41,7. Isto odgovara rasponu intenziteta rada od 352,1 do 487,8 wati. Kao i kod juniora, i seniori se razlikuju u tempu zaveslaja kojim veslaju pri maksimalnom intenzitetu na ergometru. I dok jedni maksimalni intenzitet postižu pri tempu od 28, onima na drugom ekstremu treba frekvencija od 44 zaveslaja u minuti da bi postigli maksimalno opterećenje.

Rezultati plinske analize krvi pri maksimalnom opterećenju ukazuju podatke slične onima koje su postigli i juniori. Svi parametri imaju normalnu distribuciju, a primjetno je i da $p\text{CO}_2$ ima nižu vrijednost nego u mirovanju i to kako prosječna vrijednost tako i obje krajnje vrijednosti. Ovakvu promjenu prati i slično povećanje vrijednosti $p\text{O}_2$.

Koncentracija laktata se kreće od niskih 6,0 do vrlo visokih 16,4 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$. Premda je raspon frekvencije srca veoma velik i iznosi 42 otkucaja u minuti, ipak se najvećem broju ispitanika (92%) kreće u dijapazonu od 180 do 210 otkucaja u minuti.

Disajni volumen ukazuje da se pri maksimalnom opterećenju koristi nešto manje od polovice FVC. Ipak, uz vrlo visoku frekvenciju disanja postignute su izuzetno visoke vrijednosti MVD. Čak 50% ispitanika seniora je iskazalo vrijednosti MVD preko 200 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$, pri čemu najviša izmjerena vrijednost od 245,9 $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ spada u najviše vrijednosti uopće zabilježene u ovom sportu (Jensen, 2007; Volianitis & Secher, 2009).

Ovako visoke vrijednosti ventilacije izazvane su visokim potrebama organizma iskazanim primitkom kisika. Od svih ispitivanih seniora veslača, njih 72% iskazuju $\text{VO}_{2\text{max}}$ u rasponu između 60 i 70 $\text{mlO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, 23% između 55,0 – 60,0 $\text{mlO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ dok se samo tri veslača pozicioniraju na ekstremnim pozicijama.

Tablica 5.

Deskriptivna statistika za ventilacijske i metaboličke vrijednosti nakon maksimalnog opterećenja – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; MIN – minimalni rezultat; MAX – maksimalni rezultat; SD – standardna devijacija)

	N	AS	MIN	MAX	SD
intmax-t	98	1:34,29	1:29,50	1:39,90	0:02,49
intmax-s	98	94,29	89,50	199,90	2,49
max wata	98	419,79	352,10	487,80	32,07
max Fzav	98	34,29	28,00	44,00	2,98
max La	98	10,42	6,00	16,40	1,72
max FS	98	193,23	170,00	215,00	8,74
max pH	45	7,19	7,06	7,32	0,07
max pCO ₂	45	4,42	3,03	5,50	0,55
max pO ₂	45	11,65	5,37	14,90	1,78
max HCO ₃	45	13,51	9,00	19,60	2,46
max BE	45	-13,60	-23,20	-6,60	3,41
max satO ₂	45	93,64	65,20	96,90	4,60
max DV	53	2,93	2,01	4,09	0,44
max FD	53	70,21	48,00	98,00	9,86
max MVD	53	202,54	157,90	245,90	19,56
max VO ₂	53	5,64	5,12	6,90	0,34
max VO ₂ (rel)	53	63,24	54,97	76,96	4,24
maxVEQO ₂	53	35,66	28,90	42,50	2,86
maxPO ₂	53	29,48	25,64	35,74	2,30
maxRQ	53	1,16	0,94	1,43	0,09
maxFVC	45	7,24	5,69	8,62	0,73
maxFVC%Pred	45	120,91	94,90	145,00	10,75
maxFEV1	45	6,72	4,94	8,32	0,78
maxFEV1%Pred	45	134,43	103,70	166,00	14,33
maxTI(%)	45	92,82	82,01	99,90	4,74
maxFEF25%	45	5,30	2,85	7,76	1,47
maxFEF25%Pred	45	174,16	92,70	279,00	46,64
maxFEF50%	45	9,50	5,68	13,90	1,59
maxFEF50%Pred	45	157,12	91,50	229,00	28,24
maxDLco	45	29,79	19,48	55,19	7,02
maxDLco%Pred	45	218,25	140,00	380,80	48,66
maxDLco/va	45	2,67	1,45	3,92	0,59
maxDlco/va%Pred	45	123,47	65,40	180,00	27,17

I mada je u metodološkom pristupu često prisutno isključenje ekstremnih pojavnosti iz uzorka, u ovom radu, ekstremne vrijednosti su zabilježene upravo kod seniorskih reprezentativaca iznimnih sportskih postignuća na međunarodnoj sceni.

Tablica 6

Deskriptivna statistika za rezultate veslanja na 2km – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; MIN – minimalni rezultat; MAX – maksimalni rezultat; SD – standardna devijacija)

	N	AS	MIN	MAX	SD
ERGO2000m-t	98	6:15,1	5:56,7	6:35,8	0:08,4
prolaz/500m	98	1:33,8	1:29,2	1:38,9	0:02,1
Watti	98	425,6	493,6	361,3	28,6

6.1. Juniori - seniori

Razlika u praćenim parametrima prema uzrastu ispitana je analizom varijance u svim etapama testiranja. Podaci su prikazani u tablicama 7-12.

Tablica 7

Analiza razlika između juniora i seniora za opće podatke ispitanika, ventilacijske i metaboličke vrijednosti u mirovanju (AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	juniori	seniori	ANOVA
--	---------	---------	-------

	AS	SD	AS	SD	F TEST	p
DOB	17,44	0,95	23,19	2,84	306,83	0,00
VISINA(cm)	187,64	4,94	190,33	5,05	12,86	0,00
MASA(kg)	82,60	7,04	88,62	6,99	32,86	0,00
mirLa	1,75	0,53	1,44	0,65	12,14	0,00
mirFS	71,28	9,30	69,89	11,72	0,71	0,38
mir pH	7,39	0,03	7,38	0,04	0,37	0,46
mir pCO ₂	5,46	0,39	5,47	0,44	0,09	0,98
mir pO ₂	9,84	1,53	9,92	1,30	0,09	0,81
mir HCO ₃	24,75	1,86	24,48	2,37	0,26	0,61
mir BE	0,26	1,63	-0,17	2,44	0,98	0,32
mir satO ₂	93,76	2,26	93,85	2,27	0,03	0,85
mirDV	1,09	0,18	1,07	0,33	0,25	0,62
mirFD	19,61	3,14	19,02	4,33	0,41	0,52
mirMVD	21,21	3,36	19,94	6,26	1,23	0,27
mirVO ₂	7,61	1,40	6,94	1,88	3,31	0,07
mirVEQO ₂	33,78	6,16	32,40	6,35	1,02	0,31
mirPO ₂	8,64	1,31	8,31	2,37	0,58	0,45
mirRQ	0,92	0,08	0,95	0,16	1,01	0,32
mirFVC	6,40	0,83	7,24	0,74	32,71	0,00
FVC%Pred	115,93	16,93	120,85	12,87	2,43	0,12
mirFEV ₁	5,62	0,76	6,37	0,67	31,35	0,00
FEV ₁ %Pred	122,29	19,57	128,15	14,15	2,67	0,11
TI(%)	88,28	8,92	88,15	5,06	0,01	0,92
mirFEF25%	3,87	1,01	4,08	1,10	0,89	0,35
FEF25%Pred	139,50	36,10	135,77	35,37	0,25	0,62
mirFEF50%	7,25	1,37	8,21	1,51	10,05	0,00
FEF50%Pred	134,92	27,86	135,78	26,71	0,02	0,88
mirDLco	21,94	3,23	24,79	6,13	7,76	0,00
DLco%Pred	163,05	25,47	183,50	44,06	0,02	0,88
mirDLco/va	2,41	0,31	2,28	0,43	2,97	0,08
Dlco/va%Pred	111,42	14,64	104,73	19,99	3,33	0,07

Najznačajnija razlika između ova dva uzorka iskazana je samim uzrastom ($p < 0,01$). Slijedeća varijabla s najvećom F vrijednošću je tjelesna težina, koja prezentira seniore kao sportaše sa značajno većom tjelesnom masom ($p < 0,01$). Pored ove, i druga antropometrijska varijabla (tjelesna visina; $p < 0,01$) prezentira seniore kao značajno više sportaše.

U mirovanju, pred početak testiranja, značajne razlike između juniora i seniora iskazane su respiracijskim varijablama koje su bitno povezane s tjelesnom visinom (FVC, FEV₁, FEF50%, Dlco – p za sve varijable $< 0,01$). Razlike su primjetne samo pri usporedbi apsolutnih vrijednosti. Kada se promatraju vrijednosti u odnosu na predikciju istih, razlika između veslača različitog uzrasta nije značajna. Pritom treba napomenuti da seniori i juniori

iskazuju izuzetne vrijednosti respiracijskih parametara u odnosu na predikciju, pri čemu su skoro sve prosječne vrijednosti veće od 120% od očekivanih.

Acido-bazični status veslača oba uzrasta je uredan pred testiranje. Vrijednosti pH, $p\text{CO}_2$, HCO_3^- i BE su o okviru referentnih vrijednosti, bez značajnih razlika među veslačima, dok su kod oba uzorka primjetne relativno niske vrijednosti parcijalnog pritiska kisika i saturacije kisikom. Pored relativno niske vrijednosti $p\text{O}_2$ i satO_2 kod oba uzorka, primjetan je i relativno visok RQ, koji ukazuje da je energent za metabolizam u mirovanju $\frac{3}{4}$ odnosno $\frac{4}{5}$ temeljen na ugljikohidratima.

Statistički značajna razlika u mirovanju je još samo u varijabli koncentracije laktata ($p < 0,01$) prezentirajući seniore kao uzorak s nižom koncentracijom mliječne kiseline u mirovanju.

Prva etapa opterećenja (tablica 8) planirana je kao potpražna za stvaranje koncentracije laktata do $2,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$, što odgovara granici između zone rekuperacije i zone aerobne ekstenzivne izdržljivosti (Martin i Coe, 1997.). Primjetno je da je cilj, prema prosječnim vrijednostima, postignut kod seniora, dok su juniori iskazali statistički značajnu razliku u istoj varijabli ($p < 0,01$). Ovako veća metabolička reakcija juniora postignuta je izvršenjem značajno manjeg intenziteta rada iskazanog prolazom etalona 500 m ($p < 0,01$) s još značajnijim F testom pri usporedbi intenziteta rada iskazanog u watima ($p < 0,01$).

Značajno veći intenzitet rada, seniori su proizveli većom frekvencijom zaveslaja ($p = 0,01$) uz istovjetni relativni VO_2 . Potrebnu količinu energije aerobnim putem, seniori su dobili nižom frekvencijom srca ($p < 0,05$), s istovremeno većim pulsom kisika ($p < 0,01$).

Svi navedeni parametri uvjetovali su značajan pomak u acido-bazičnom statusu između promatranih uzoraka. pH juniora je iskazuje pomak u odnosu na seniore tako da je razlika u ovoj etapi statistički značajna ($p < 0,05$).

Tablica 8

Analiza razlika između juniora i seniora za vrijednosti na prvoj razini opterećenja (AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	juniori		seniori		ANOVA	
	AS	SD	AS	SD	F TEST	p
1. prolaz t	1:58,33	5,53	1:52,50	2,92	81,45	0,00
1. wata	215,06	29,42	247,70	17,60	84,53	0,00
1- Fzav	20,77	2,51	21,66	2,17	6,41	0,01
1. La	2,22	0,58	1,93	0,62	10,40	0,00
1. FS	151,55	9,74	148,21	10,85	4,63	0,03
1. pH	7,36	0,04	7,38	0,04	4,12	0,04
1. pCO ₂	5,21	0,49	5,29	0,48	0,48	0,49
1. pO ₂	10,98	1,19	11,10	1,53	0,24	0,62
1. HCO ₃	22,61	2,83	23,27	2,23	1,50	0,22
1. BE	-2,07	2,36	-1,26	2,46	2,63	0,11
1. satO ₂	95,35	1,33	94,22	7,60	0,99	0,32
1. DV	2,46	0,44	2,59	0,56	1,50	0,22
1. FD	41,31	10,25	39,13	7,60	1,32	0,25
1. MVD	98,75	15,30	99,17	9,60	0,02	0,87
1. VO ₂	44,89	4,01	44,59	3,33	0,15	0,70
1. VEQO ₂	25,60	2,55	25,25	3,67	0,25	0,62
1. PO ₂	25,06	3,05	27,05	2,19	12,79	0,00
1. RQ	0,92	0,04	0,92	0,06	0,00	0,98

Pored navedenog, primjetni su pomaci u parametrima koji ne ukazuju na statistički značajne razlike između promatranih uzoraka, ali se smatra vrijednim izvršiti analizu istih. Pomaci u vrijednostima HCO₃⁻ između mirovanja i prve etape opterećenja veći su za više od 1 mmol·L⁻¹ (juniori = 2,14, seniori = 1,61), što je dovelo do pomaka pCO₂ za više od 0,16 kPa (> 1,2 mmHG). Ovi pomaci zadovoljili su kriterij (http://fitsweb.uchc.edu/student/selectives/TimurGraham/Compensatory_responses_metabolic_acidosis.html) kojim možemo tvrditi da je već u prvoj dionici opterećenja izazvalo metaboličku acidozu uz prateću respiracijsku kompenzaciju. Ova respiracijska kompenzacija uzrokovala je povećanje pO₂ i satO₂ kod oba uzorka.

Tablica 9

Analiza razlika između juniora i seniora za vrijednosti na drugoj razini opterećenja (AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	juniori		seniori		ANOVA	
	AS	SD	AS	SD	F TEST	p
2. prolaz t	1:54,73	5,36	1:48,69	3,01	90,37	0,00
2. wata	235,56	32,37	274,27	23,31	86,59	0,00

2. Fzav	21,66	2,77	22,85	1,92	11,38	0,00
2. La	2,64	0,69	2,25	0,72	13,29	0,00
2. FS	164,98	9,27	161,12	9,18	7,84	0,00
2. pH	7,34	0,04	7,37	0,05	9,82	0,00
2. pCO ₂	5,07	0,53	4,97	0,47	1,04	0,31
2. pO ₂	10,97	1,36	11,73	1,8	5,08	0,02
2. HCO ₃	21,40	2,67	22,03	2,5	1,34	0,25
2. BE	-3,48	2,63	-2,28	2,79	4,42	0,03
2. satO ₂	95,00	1,66	95,73	2,57	1,69	0,20
2. DV	2,50	0,30	2,68	0,42	2,55	0,11
2. FD	44,22	6,13	42,83	5,86	1,16	0,28
2. MVD	109,25	10,21	112,87	10,55	2,59	0,11
2. VO ₂	48,24	4,21	48,55	3,46	0,14	0,71
2. VEQO ₂	26,96	2,91	25,94	2,00	3,85	0,05
2. PO ₂	25,05	2,82	27,24	1,85	19,62	0,00
2. RQ	0,96	0,04	0,95	0,04	0,00	0,99

U drugoj etapi opterećenja (tablica 9) blago se povećavaju razlike između seniora i juniora u varijablama kojima je razlika primijećena u protekloj etapi rada. Seniori izvode rad značajno većeg intenziteta iskazanim razlikom u prolazu od 6 sekundi ($p < 0,01$), odnosno 39 wati ($p < 0,01$). Za izvršenje tog rada, seniori koriste veću frekvenciju zaveslaja ($p < 0,01$), srce im radi nižom frekvencijom ($p < 0,01$), pumpajući svakom sistolom značajno veću količinu kisika ($p < 0,01$).

Makar nižeg intenziteta, kod juniora rad u ovoj etapi izaziva značajnije acidoznu reakciju organizma nego kod seniora. Isto je iskazano padom pH ispod vrijednosti od 7,35, i značajno je niže nego kod seniora ($p < 0,01$), bazni deficit je značajno veći ($p < 0,05$), a i koncentracija mliječne kiseline je značajno veća ($p < 0,01$). Značajnim povećanjem minutnog volumena disanja, kod seniora se povećala vrijednost pO₂, i sada je značajno ($p < 0,05$) veća nego kod juniora.

Tablica 10

Analiza razlika između juniora i seniora za vrijednosti na trećoj razini opterećenja (AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	juniori		seniori		ANOVA	
	AS	SD	AS	SD	F TEST	p
3. prolaz t	1:51,54	5,42	01:45,6	3,07	85,78	0,00
3. wata	256,32	36,75	299,91	25,15	88,45	0,00

3. Fzav	22,58	2,94	23,81	1,94	11,19	0,00
3. La	3,40	0,76	3,08	0,82	7,44	0,00
3. FS	174,14	9,75	169,59	8,76	10,88	0,00
3. pH	7,33	0,04	7,36	0,05	16,90	0,00
3. pCO ₂	4,96	0,50	4,94	0,43	0,03	0,96
3. pO ₂	11,51	1,82	11,57	1,94	0,03	0,87
3. HCO ₃	20,52	2,68	21,59	2,34	4,06	0,04
3. BE	-4,64	2,69	-2,81	2,61	10,84	0,00
3. satO ₂	95,21	1,60	95,43	2,13	0,31	0,58
3. DV	2,66	0,25	2,85	0,44	4,94	0,02
3. FD	46,78	5,59	46,72	6,79	0,00	0,96
3. MVD	123,75	12,86	131,00	15,43	5,35	0,02
3. VO ₂	51,45	5,09	52,96	3,49	2,75	0,10
3. VEQO ₂	28,63	2,66	27,56	2,55	3,67	0,06
3. PO ₂	26,19	6,96	28,07	1,92	3,47	0,06
3. RQ	0,99	0,05	0,98	0,05	0,20	0,65

Tablica 10 sadrži podatke treće etape opterećenja. Pored već prethodno uočenih razlika u pojedinim varijablama, primjetne su i značajnije razlike u metaboličkim i respiracijskim varijablama. Univarijantna analiza varijance ukazuje da su najveće razlike zabilježene u parametrima inteziteta koji je u seniora veći za 43 wata ($p < 0,01$), odnosno seniori veslaju u prolazu prosječno 6 sekundi brže po etalonu od 500 metara. Tako značajno veći rad seniori izvršavaju koristeći se većom frekvencijom zaveslaja ($p < 0,01$), izazivajući značajno nižu metaboličku kiselost u svim njenim manifestnim varijablama: pH seniora se, u prosjeku, još uvijek nalazi pri donjoj referentnoj vrijednosti dok je kod juniora značajno niži ($p < 0,01$); HCO₃⁻ je veći u seniora ($p < 0,01$); deficit baze je manji u seniora ($p < 0,01$), kao i koncentracija mliječne kiseline ($p < 0,01$).

Na ovoj razini opterećenja, pluća seniora rade većim disajnim volumenom ($p < 0,05$), što uz istovjetnu frekvenciju disanja, daje značajno veći MVD ($p < 0,05$).

Za razliku od prethodnog opterećenja, sada se povećava pO₂ juniora i dostiže vrijednosti u seniora. Ovo povećanje pO₂ povezano je s povećanjem satO₂, čije prosječne vrijednosti dostižu referentne vrijednosti. Iste će se održati na ovoj razini do kraja testiranja

Tablica 11

Analiza razlika između juniora i seniora za vrijednosti na četvrtoj razini opterećenja (AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	juniori		seniori		ANOVA	
	AS	SD	AS	SD	F TEST	p
4. prolaz t	1:47,7	5,50	1:41,7	3,11	76,89	0,00
4. wata	283,72	42,40	335,63	32,19	75,78	0,00
4. Fzav	24,03	2,90	25,67	2,19	15,66	0,00
4. La	5,26	1,06	5,14	1,40	0,20	0,65
4. FS	183,69	8,18	179,88	8,39	7,23	0,01
4. pH	7,28	0,07	7,32	0,07	6,76	0,01
4. pCO ₂	4,80	0,51	4,87	1,60	0,13	0,72
4. pO ₂	11,63	1,79	11,42	1,86	0,04	0,83
4. HCO ₃	18,23	3,06	18,63	2,37	0,74	0,39
4. BE	-7,36	3,16	-6,23	3,12	2,42	0,12
4. satO ₂	94,94	1,89	95,05	2,74	2,51	0,12
4. DV	2,85	0,48	3,05	0,47	3,63	0,06
4. FD	51,22	6,47	51,66	7,96	0,09	0,76
4. MVD	142,63	15,96	154,95	19,03	10,87	0,00
4. VO ₂	54,78	4,86	57,22	3,63	10,23	0,00
4. VEQO ₂	31,09	3,29	30,33	3,04	0,80	0,37
4. PO ₂	25,34	2,53	28,75	2,09	39,80	0,00
4. RQ	1,04	0,04	1,03	0,08	0,67	0,42

U četvrtoj etapi opterećenja očekivano je da ispitanici prijeđu konvencionalnu vrijednost anaerobnog praga ($La = 4,0 \text{ mmol L}^{-1}$). Primjetno je (u tablici 11) da su prosječne vrijednosti oba uzorka ispitanika zadovoljila očekivanja. Ovu tvrdnju podupiru i vrijednosti $RQ > 1,0$ za oba uzorka.

Kao i u prethodnim etapama, i ovdje je intenzitet kod seniora značajno veći. Istih cca 6 sekundi u prolazu ($p < 0,01$) čini razliku od 52 wata ($p < 0,01$), što seniori postižu i dalje veslajući, u prosjeku, većim tempom za 1,5 zaveslaj u minuti. Razlike u acidoznosti se značajno smanjuju između uzoraka – od svih varijabli plinske analize krvi, značajna razlika je samo u vrijednosti pH ($p = 0,01$).

Neke razlike se pojavljuju u respiracijskim varijablama. Većom vrijednošću MVD ($p < 0,01$), i većim pulsom kisika ($p < 0,01$), seniori nižom frekvencijom srca ($p < 0,05$) uspijevaju aerobnim putem utrošiti relativno više energije ($p < 0,01$).

Tablica 12

Analiza razlika između juniora i seniora za vrijednosti na maksimalnoj razini opterećenja (AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	juniori		seniori		ANOVA	
	AS	SD	AS	SD	F TEST	p
intmax-t	1:39,1	4,74	1:34,3	2,49	80,99	0,00
max wata	363,76	49,16	419,79	32,07	84,41	0,00
max Fzav	33,16	2,58	34,29	2,98	7,24	0,01
maxLa	10,86	1,93	10,42	1,72	2,54	0,11
maxFS	196,32	7,14	193,23	8,74	6,59	0,01
max pH	7,19	0,05	7,19	0,07	0,08	0,78
max pCO ₂	4,47	0,52	4,42	0,55	0,29	0,58
max pO ₂	12,08	1,89	11,65	1,78	1,26	0,26
max HCO ₃	13,62	2,14	13,51	2,46	0,05	0,82
max BE	-13,15	2,56	-13,60	3,41	0,51	0,48
max satO ₂	94,05	2,44	93,64	4,60	0,28	0,59
maxDV	2,75	0,40	2,93	0,44	3,98	0,04
maxFD	66,95	11,04	70,21	9,86	2,12	0,15
maxMVD	180,80	18,61	202,54	19,56	27,49	0,00
maxVO ₂ (L)	5,29	0,35	5,64	0,34	22,95	0,00
maxVO ₂ (rel)	62,75	4,61	63,24	4,24	0,27	0,60
maxVEQO ₂	34,24	3,05	35,66	2,86	4,96	0,03
maxPO ₂	27,10	2,24	29,48	2,30	23,30	0,00
maxRQ	1,16	0,08	1,16	0,09	0,12	0,72
maxFVC	6,25	0,91	7,24	0,73	32,75	0,00
mxFVC%	114,01	19,28	120,91	10,75	4,41	0,04
maxFEV ₁	5,89	0,87	6,72	0,78	22,43	0,00
maxFEV ₁ %	128,83	23,02	134,43	14,33	1,93	0,17
maxTI(%)	94,42	5,68	92,82	4,74	2,13	0,15
maxFEF25	5,02	1,32	5,30	1,47	0,93	0,33
maxFEF25%	176,37	46,03	174,16	46,64	0,05	0,82
maxFEF50	8,30	1,77	9,50	1,59	11,45	0,00
maxFEF50%	152,13	32,36	157,12	28,24	0,61	0,43
maxDLco	26,90	5,98	29,79	7,02	4,46	0,03
maxDLco%	197,15	55,64	218,25	48,66	3,70	0,06
maxDLco/va	2,75	0,46	2,67	0,59	0,48	0,49
maxDLco/va%	129,11	22,42	123,47	27,17	1,17	0,28

U tablici 12 iskazani su podaci praćenih varijabli nakon maksimalnog opterećenja. Prosječne vrijednosti varijabli metaboličkih karakteristika ukazuju da su se ispitanici

maksimalno angažirali. Niti u jednom parametru plinske analize krvi nisu zabilježene statistički značajne razlike. Kao i u prethodnim etapama testnog opterećenja, najznačajnija razlike iskazana je intenzitetom u watima ($p < 0,01$). Ukupno 56 wati razlike u intenzitetu daje za 4,5 sekundi kraće vrijeme za „preveslavanje“ etalona od 500 metara. I na kraju je prisutna veća frekvencija zaveslaja kod seniora cca 1 zaveslaj u minuti u prosjeku.

Značajne razlike se pojavljuju u respiracijskim varijablama. Uz veći disajni volumen ($p < 0,05$) seniori prezentiraju izuzetne vrijednosti minutnog volumena disanja ($p < 0,01$). Nižom frekvencijom srca ($p < 0,05$) i većim pulsom kisika ($p < 0,01$) seniori dopremaju i troše veću ukupnu količinu kisika ($p < 0,01$). Međutim, relativni VO_{2max} kod seniora i juniora ne ukazuje na značajne razlike.

Neposredno nakon završetka testiranja, ispitanicima su se mjerile respiracijske karakteristike: protok-volumen i $Dlco$. Kao i u mirovanju i nakon maksimalnog opterećenja značajne razlike su izmjerene u apsolutnim vrijednostima. Istovjetne varijable iskazane u odnosu na predikcijske vrijednosti, nisu ukazale na značajne razlike između veslača različitog uzrasta.

Tablica 13

Analiza razlika između juniora i seniora za vrijednosti na kriterijskoj varijabli (AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	juniori		seniori		ANOVA	
	AS	SD	AS	SD	F TEST	P
ERGO2000m-t	6:32,1	13,5	6:15,1	8,4	105,7	0,00
prolaz/500m	1:38,0	3,4	1:33,8	2,1	105,7	0,00
Watti	374,2	37,4	425,6	28,6	108,9	0,00

U tablici 13 prikazani su rezultati veslanja 2000 metara na ergometru. Seniori za izvršenje zadatka u prosjeku trebaju 17 sekundi manje nego juniori. Takav rad u seniora predstavlja intenzitet za 52 wata veći nego u juniora.

6.2. Juniori prema kvaliteti

Rezultati cjelokupne procedure testiranja juniora podijeljenih prema statusu u nacionalnom timu prikazani su u tablicama 14 do 20.

Tablica 14

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za opće podatke ispitanika, ventilacijske i metaboličke vrijednosti u mirovanju – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
DOB	52	17,23	1,01	30	17,81	0,70	7,63	0,00
VISINA(cm)	52	187,37	4,46	30	188,12	5,73	0,44	0,51
MASA(kg)	52	80,86	7,11	30	85,61	5,90	9,56	0,00
mirLa	52	1,91	0,50	30	1,47	0,45	15,80	0,00
mirFS	52	70,36	8,75	30	72,76	10,10	1,28	0,26
mir pH	37	7,38	0,03	9	7,39	0,02	0,50	0,48
mir pCO ₂	37	5,47	0,35	9	5,35	0,55	0,67	0,41
mir pO ₂	37	9,71	1,54	9	10,34	1,40	1,24	0,27
mir HCO ₃	37	24,93	1,34	9	23,78	3,08	2,93	0,09
mir BE	37	0,28	1,49	9	0,17	2,22	0,02	0,86
mir satO ₂	37	93,58	2,17	9	94,43	2,63	1,00	0,32
mirDV	15	1,15	0,14	21	1,06	0,20	2,02	0,16
mirFD	15	18,73	1,79	21	20,14	3,66	1,88	0,18
mirMVD	15	21,35	2,07	21	21,11	4,08	0,04	0,83
mirVO ₂	15	7,66	0,94	21	7,57	1,67	0,04	0,84
mirVEQO ₂	15	34,10	5,77	21	33,54	6,56	0,07	0,79
mirPO ₂	15	9,18	1,43	21	8,25	1,09	4,91	0,03
mirRQ	15	0,93	0,08	21	0,92	0,07	0,03	0,86
mirFVC	37	6,25	0,81	9	6,89	0,70	6,07	0,02
mirFVC%	37	112,87	15,30	9	128,51	18,39	6,99	0,01
mirFEV ₁	37	5,54	0,69	9	5,87	0,92	1,79	0,18
mirFEV ₁ %	37	120,20	16,39	9	130,87	29,03	2,20	0,14
TI(%)	37	89,10	7,95	9	85,47	11,64	1,55	0,22
mirFEF25	37	3,85	1,04	9	3,98	0,92	0,12	0,73
mirFEF25%	37	138,56	36,97	9	143,41	34,04	0,12	0,72
mirFEF50	37	7,03	1,18	9	8,13	1,77	5,04	0,03
mirFEF50%	37	130,80	23,58	9	151,89	38,25	4,46	0,04
mirDLco	37	21,83	3,27	9	22,37	3,23	0,20	0,65
mirDLco%	37	161,99	24,95	9	167,39	28,65	0,32	0,57
mirDLco/va	37	2,43	0,32	9	2,34	0,26	0,57	0,45
mirDLco/va%	37	112,19	15,37	9	108,25	11,29	0,52	0,47

Skup reprezentativaca čine mladi veslači koji su ispunili kriterij nastupa na svjetskom prvenstvu u određenoj kalendarskoj godini. Budući da Hrvatsku na svjetskom prvenstvu može zastupati samo jedna posada po disciplini, moguća je situacija da veslači vrlo sličnih

sposobnosti ne ostvare status reprezentativca iz razloga što su za nijansu bili sporiji od najbrže hrvatske posade. Takve situacije su ipak rijetke. Veslači juniori predstavljaju mlade veslače koji, za ovu kategoriju, imaju pravo nastupa u kalendarskoj godini u kojoj navršavaju 18 godina starosti (FISA pravila o veslačkim natjecanjima, 2010).

Juniori reprezentativci su značajno stariji (tablica 14) od svojih vršnjaka nereprezentativaca ($p < 0,01$). Slične su tjelesne visine, ali je tjelesna težina uspješnijih veslača veća u prosjeku za skoro 5 kg ($p < 0,01$). Sve vrijednosti plinske analize krvi su uravnotežene i u okviru referentnih vrijednosti kod oba uzorka. Jedino je koncentracija mliječne kiseline u uzorku reprezentativaca nižih vrijednosti ($p < 0,01$).

Iako sličnih vrijednosti tjelesne visine, juniori reprezentativci bilježe veće rezultate nekih respiracijskih funkcija. FVC reprezentativaca je veći kako u apsolutnim ($p < 0,05$), tako još značajnije u relativnim vrijednostima ($p = 0,01$), a istovjetne karakteristike se vide i kod srednjeg ekspiracijskog protoka FEF50 ($p < 0,05$).

Tablica 15

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na prvoj razini opterećenja – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
1. prolaz t	52	2:00,88	4,84	30	1:53,91	3,52	47,63	0,00
1. wata	52	201,00	24,86	30	239,42	19,02	53,45	0,00
1- Fzav	52	20,19	2,77	30	21,78	1,54	8,35	0,00
1. La	52	2,34	0,55	30	2,01	0,56	6,88	0,01
1. FS	52	151,84	10,36	30	151,03	8,71	0,13	0,72
1. pH	37	7,36	0,03	9	7,37	0,04	2,22	0,14
1. pCO ₂	37	5,22	0,38	9	5,19	0,83	0,01	0,90
1. pO ₂	37	10,83	1,11	9	11,57	1,38	2,87	0,09
1. HCO ₃	37	22,53	2,33	9	22,97	4,53	0,17	0,68
1. BE	37	-2,51	2,24	9	-0,29	2,02	7,34	0,01
1. satO ₂	37	95,26	1,31	9	95,72	1,43	0,85	0,36
1. DV	15	2,36	0,45	21	2,53	0,42	1,35	0,25
1. FD	15	43,36	13,08	21	39,84	7,67	1,03	0,32
1. MVD	15	99,81	21,13	21	97,99	9,77	0,12	0,73
1. VO ₂	15	43,26	2,61	21	46,06	4,47	4,71	0,04
1. VEQO ₂	15	26,28	2,62	21	25,11	2,45	1,87	0,18
1. PO ₂	15	24,01	3,11	21	25,81	2,84	3,25	0,08
1. RQ	15	0,94	0,03	21	0,91	0,04	4,70	0,04

Cilj opterećenja u prvoj etapi (potpražno opterećenje za 2,0 mmol·L⁻¹ laktata) u prosjeku je postignut kod reprezentativaca. Nereprezentativci su reagirali značajno većom koncentracijom laktata (p = 0,01) i u sličnoj mjeri, povećanim deficitom baze (p = 0,01). Pritom su reprezentativci izvršili za čitavih 38 wati intezivniji rad (p < 0,01), što je u prolazu predstavljalo 7 sekundi brži rad na etalonu od 500 metara, pri čemu su se koristili značajno većim tempom zaveslaja (p < 0,01). Za takav rad reprezentativci su trošili veću količinu energije iz aerobnih resursa (p < 0,05) čime je i RQ bio manji (p < 0,05) nego kod nereprezentativaca.

Kod oba uzorka je primjetna aktivnost HCO₃⁻ (nereprezentativci = -2,40; reprezentativci = -0,81 mmol·L⁻¹), što je izazvalo respiracijsku kompenzaciju (pCO₂ = -0,25; odnosno -0,16). Nevedena aktivnost uvjetovala je povećanje pO₂ i satO₂ kod oba uzorka, ne stvarajući značajnu razliku među promatranim uzorcima.

Tablica 16

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na drugoj razini opterećenja – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
2. prolaz t	52	1:57,36	4,50	30	1:50,16	3,29	58,87	0,00
2. wata	52	219,35	26,09	30	263,66	21,01	62,87	0,00
2. Fzav	52	20,83	2,98	30	23,10	1,57	14,82	0,00
2. La	52	2,80	0,61	30	2,35	0,72	8,92	0,00
2. FS	52	165,69	10,28	30	163,77	7,20	0,82	0,37
2. pH	37	7,34	0,04	9	7,35	0,04	0,63	0,43
2. pCO ₂	37	5,08	0,54	9	5,04	0,51	0,04	0,85
2. pO ₂	37	10,98	1,34	9	10,92	1,54	0,01	0,91
2. HCO ₃	37	21,46	2,69	9	21,13	2,68	0,11	0,74
2. BE	37	-3,71	2,72	9	-2,54	2,06	1,43	0,24
2. satO ₂	37	95,02	1,67	9	94,96	1,70	0,01	0,94
2. DV	15	2,41	0,30	21	2,56	0,29	2,42	0,13
2. FD	15	45,20	6,34	21	43,52	6,03	0,65	0,44
2. MVD	15	107,86	12,83	21	110,23	8,05	0,47	0,49
2. VO ₂	15	46,33	2,38	21	49,61	4,73	6,07	0,02
2. VEQO ₂	15	28,05	3,43	21	26,18	2,24	3,91	0,06
2. PO ₂	15	23,80	2,66	21	25,94	2,64	5,75	0,02
2. RQ	15	0,97	0,02	21	0,94	0,04	8,45	0,01

Značajna razlika u intenzitetu izvršenja rada od 7 sekundi u prolazu na 500 metara zadržava se do kraja testiranja ($p < 0,01$). Blage promjene (tablica 16) dešavaju se samo u intenzitetima izraženim u watima ($p < 0,01$). Takav rad reprezentativci postižu s tempom u prosjeku 2,27 zaveslaja većim ($p < 0,01$), pritom stvarajući nešto više energije aerobnim putem ($p < 0,05$), ali se istovremeno manje zadužujući u laktatnoj sferi ($p < 0,01$). Za takav pristup značajno im je pridonio kisikov puls ($p < 0,05$), što je u konačnici rezultiralo nižim RQ ($p = 0,01$) nego kod nereprezentativaca.

Tablica 17

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na trećoj razini opterećenja – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
3. prolaz	52	1:54,18	4,55	30	1:46,95	3,35	57,52	0,00
3. wata	52	238,30	29,58	30	287,54	25,37	58,28	0,00
3. Fzav	52	21,77	3,21	30	24,00	1,67	12,49	0,00
3. La	52	3,49	0,64	30	3,25	0,93	1,92	0,16
3. FS	52	173,77	10,54	30	174,80	8,33	0,21	0,64
3. pH	37	7,32	0,04	9	7,33	0,03	0,11	0,73
3. pCO ₂	37	4,89	0,47	9	5,22	0,55	3,26	0,07
3. pO ₂	37	11,39	1,39	9	11,96	3,09	0,69	0,41
3. HCO ₃	37	20,39	2,69	9	21,05	2,74	0,43	0,51
3. BE	37	-4,97	2,69	9	-3,24	2,29	3,15	0,08
3. satO ₂	37	95,24	1,48	9	95,07	2,12	0,07	0,78
3. DV	15	2,58	0,29	21	2,72	0,20	3,33	0,07
3. FD	15	46,47	6,66	21	47,00	4,84	0,07	0,78
3. MVD	15	118,92	15,42	21	126,76	9,57	3,93	0,05
3. VO ₂	15	48,76	3,64	21	53,07	5,09	8,77	0,01
3. VEQO ₂	15	29,33	3,25	21	27,92	2,11	1,81	0,18
3. PO ₂	15	26,08	10,47	21	26,50	2,81	0,00	0,93
3. RQ	15	1,00	0,03	21	0,98	0,05	2,16	0,15

Treća etapa iskazuje sličnosti s prethodnom etapom, mada na višoj razini mehaničkog rada. Reprezentativci zadržavaju razliku u intenzitetima rada ($p < 0,01$), što i nadalje postižu s za oko dva zaveslaja većim tempom u prosjeku ($p < 0,01$). Za takav rad reprezentativci dobivaju značajno više energije aerobnim putem ($p = 0,01$), uz istovjetno zaduženje u laktatnom prostoru.

Tablica 18

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na četvrtoj razini opterećenja – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
4. prolaz t	52	1:50,12	5,12	30	1:43,56	3,21	39,99	0,00
4. wata	52	265,78	38,10	30	314,82	29,84	36,63	0,00
4. Fzav	52	23,15	3,11	30	25,55	1,66	15,22	0,00
4. La	52	5,36	1,05	30	5,09	1,07	1,24	0,27
4. FS	52	183,34	8,91	30	184,30	6,82	0,26	0,61
4. pH	37	7,28	0,07	9	7,29	0,07	0,01	0,93
4. pCO ₂	37	4,78	0,51	9	4,86	0,54	0,17	0,68
4. pO ₂	37	11,68	1,91	9	11,44	1,24	0,13	0,72
4. HCO ₃	37	18,49	3,02	9	17,14	3,18	1,41	0,24
4. BE	37	-7,24	3,05	9	-7,82	3,75	0,24	0,63
4. satO ₂	37	95,04	1,98	9	94,53	1,51	0,51	0,48
4. DV	15	2,71	0,31	21	2,95	0,56	2,29	0,14
4. FD	15	50,67	5,08	21	51,57	7,41	0,18	0,67
4. MVD	15	136,78	14,37	21	146,81	16,03	3,72	0,06
4. VO ₂	15	52,95	4,06	21	56,09	5,05	3,97	0,05
4.	15	31,20	3,46	21	30,01	3,25	0,03	0,87
4. PO ₂	15	24,40	2,67	21	26,02	2,25	3,88	0,06
4. RQ	15	1,05	0,03	21	1,03	0,03	5,20	0,03

U četvroj etapi, oba uzorka značajno prelaze konvencionalni anaerobni prag. Svi parametri plinske analize krvi ukazuju na jaku metaboličku acidozu (pH < 7,35; pCO₂ = 4,5 – 6,0 kPa; BE < -2,4) kod oba uzorka. Pritom reprezentativci i dalje iskazuju veći mehanički efekat rada (p< 0,01), koji postižu značajno većim tempom veslanja.

Tablica 19

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na maksimalnom opterećenju – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
intmax-t	52	1:40,85	4,86	30	1:36,21	2,52	23,56	0,00
max wata	52	346,70	50,12	30	393,32	30,13	21,42	0,00
max Fzav	52	32,61	2,76	30	34,12	1,93	6,89	0,01
maxLa	52	11,51	1,85	30	9,73	1,52	19,79	0,00
maxFS	52	196,50	6,90	30	196,03	7,66	0,08	0,78
max pH	37	7,18	0,05	9	7,22	0,07	2,93	0,09
max pCO ₂	37	4,37	0,50	9	4,90	0,40	9,13	0,01
max pO ₂	37	12,10	1,65	9	11,98	2,79	0,03	0,86
max HCO ₃	37	13,39	2,18	9	14,53	1,77	2,09	0,15
max BE	37	-13,30	2,59	9	-12,52	2,45	0,67	0,41
max satO ₂	37	94,17	2,62	9	93,58	1,44	0,42	0,52
maxDV	15	2,68	0,44	21	2,80	0,37	0,82	0,37
maxFD	15	68,62	11,62	21	65,76	10,74	0,58	0,45
maxMVD	15	179,82	16,96	21	181,51	20,09	0,07	0,79
maxVO ₂ (L)	15	5,20	0,36	21	5,34	0,34	1,29	0,26
maxVO ₂ (rel)	15	62,59	3,03	21	62,85	5,54	0,03	0,87
maxVEQO ₂	15	34,63	3,51	21	33,97	2,73	0,41	0,53
maxPO ₂	15	26,66	2,26	21	27,41	2,24	0,98	0,33
maxRQ	15	1,15	0,08	21	1,17	0,08	0,37	0,54
maxFVC	37	5,98	0,66	9	7,35	0,98	25,25	0,00
mxFVC%	37	109,12	13,18	9	134,11	27,28	16,29	0,00
maxFEV ₁	37	5,69	0,64	9	6,70	1,24	11,87	0,00
maxFEV ₁ %	37	124,33	14,92	9	147,32	38,74	8,40	0,00
maxTI(%)	37	95,23	4,11	9	91,07	9,49	4,15	0,04
maxFEF25	37	5,00	1,28	9	5,09	1,51	0,03	0,86
maxFEF25%	37	178,15	45,99	9	169,04	48,18	0,28	0,60
maxFEF50	37	8,08	1,57	9	9,23	2,31	3,21	0,08
maxFEF50%	37	148,73	31,50	9	166,40	33,93	2,14	0,15
maxDLco	37	26,04	3,50	9	30,46	11,33	4,24	0,04
maxDLco%	37	188,77	40,56	9	231,60	91,40	4,63	0,04
maxDLco/va	37	2,74	0,46	9	2,81	0,48	0,15	0,70
maxDLco/va%	37	128,26	22,37	9	132,61	23,66	0,27	0,61

Pri maksimalnom opterećenju (tablica 19) oba uzorka iskazuju maksimalne vrijednosti metaboličkih i respiracijskih karakteristika. I kada su dali sve od sebe, reprezentativci su

iskazali prioriteto veće vrijednosti u karakteristikama mehaničkog rada ($p < 0,01$). Taj rad su, ponovno, izveli značajno višim tempom zaveslaja ($p = 0,01$), dok im je organizam stvorio manju koncentraciju laktata ($p < 0,01$).

Značajne razlike između ove dvije grupe veslača zabilježene su u nekim respiracijskim parametrima. FVC je značajno veći u reprezentativaca kako u apsolutnim ($p < 0,01$), tako i u relativnim vrijednostima ($p < 0,01$). Isto tako su veće vrijednosti i u varijabli FEV1 ($p < 0,01$) i Dlco ($p < 0,05$).

Tablica 20

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za kriterijske varijable – uzorak juniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
ERGO2000m-	52	6:37,9	12,8	30	6:21,8	6,8	40,5	0,00
prolaz/500m	52	1:39,5	3,2	30	1:35,5	1,7	40,5	0,00
Watti	52	357,0	34,5	30	403,0	21,4	42,7	0,00

U izvršenju testa veslanja na ergometru 2000 metara reprezentativci su postizali značajno bolja vremena ($p < 0,01$) s razlikom od 47 w u prosjeku ($p < 0,01$).

6.3. Seniori prema kvaliteti

Seniorski veslači su podjeljeni u grupacije istovjetno kao i juniori. U dijagnostičkom centru u Zagrebu testirani su, u pravilu reprezentativci, za koje je usluga plaćana iz

programskih sredstava HVS-a (Hrvatskog veslačkog saveza). Stoga su u tom laboratoriju testirana samo dva seniora nereprezentativca, pa se u parametrima dobivenim tim testiranjem ne mogu niti uspoređivati.

Seniori reprezentativci predstavljaju uzorak statistički značajno stariji od nereprezentativaca ($p < 0,01$). Pritom su nešto viši ($p < 0,05$) i u prosjeku 5 kilograma teži ($p < 0,01$). Od svih praćenih metaboličkih i respiracijskih parametara u mirovanju (tablica 21) značajna razlika zabilježena je samo u koncentraciji mliječne kiseline ($p < 0,01$). Slično kao i kod juniora, i kod seniora reprezentativci u prvoj etapi opterećenja (tablica 22) postižu značajno veći intenzitet rada iskazan razlikom u prolazu u prosjeku 4 sekunde na 500 metara ($p < 0,01$), što je ekvivalent od 22 wata ($p < 0,01$). Pritom reprezentativci koriste tempo u prosjeku za jedan zaveslaj više ($p < 0,05$), dok im srce radi nižom frekvencijom nego kod nereprezentativaca ($p = 0,01$).

Tablica 21

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za opće podatke ispitanika, ventilacijske i metaboličke vrijednosti u mirovanju – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
DOB	19	21,20	1,96	79	23,65	2,82	12,16	0,00
VISINA(cm)	19	188,21	5,62	79	190,84	4,80	4,29	0,04
MASA(kg)	19	84,54	8,44	79	89,60	6,27	8,63	0,00
mirLa	19	1,93	0,67	79	1,32	0,58	15,55	0,00
mirFS	19	65,94	10,90	79	70,85	11,78	2,73	0,10
mir pH	17	7,39	0,03	28	7,37	0,04	3,95	0,05
mir pCO ₂	17	5,49	0,50	28	5,47	0,41	0,04	0,84
mir pO ₂	17	10,04	1,34	28	9,86	1,29	0,21	0,65
mir HCO ₃	17	25,35	2,22	28	23,95	2,34	3,92	0,05
mir BE	17	0,76	1,96	28	-0,73	2,56	4,25	0,05
mir satO ₂	17	93,95	2,43	28	93,78	2,21	0,06	0,81
mirDV	2	0,85	0,04	51	1,08	0,34		
mirFD	2	20,00	5,66	51	18,94	4,31		
mirMVD	2	17,20	5,66	51	20,11	6,31		
mirVO ₂	2	8,30	2,55	51	6,88	1,86		
mirVEQO ₂	2	23,80	0,28	51	32,74	6,24		
mirPO ₂	2	9,98	3,90	51	8,25	2,33		
mirFVC	17	7,12	0,73	28	7,30	0,75	2,91	0,09
mirFVC%	17	120,80	16,93	28	120,88	10,00	0,78	0,38
mirFEV ₁	17	6,27	0,72	28	6,43	0,65	0,00	0,98
mirFEV ₁ %	17	127,35	17,28	28	128,64	12,19	0,64	0,43
TI(%)	17	88,23	4,67	28	88,12	5,28	0,09	0,77
mirFEF25	17	3,93	1,08	28	4,17	1,12	0,01	0,94
mirFEF25%	17	131,86	33,40	28	138,14	36,91	0,50	0,48
mirFEF50	17	7,79	1,47	28	8,46	1,51	0,33	0,57
mirFEF50%	17	131,06	28,94	28	138,65	25,37	2,07	0,16
mirDLco	17	25,01	6,59	28	24,66	5,95	0,85	0,36
mirDLco%	17	185,90	49,18	28	178,83	41,36	0,03	0,85
mirDLco/va	17	2,25	0,49	28	2,30	0,39	0,27	0,61
mirDLco/va%	17	102,85	23,02	28	105,87	18,27	0,13	0,72

Tablica 22

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na prvoj razini opterećenja – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
1. prolaz t	19	1:55,70	1,93	79	1:51,74	2,59	39,19	0,00
1. wata	19	229,78	11,14	79	252,01	16,11	32,30	0,00
1- Fzav	19	20,76	2,42	79	21,87	2,07	4,13	0,04
1. La	19	2,14	0,67	79	1,88	0,59	2,84	0,10
1. FS	19	154,05	9,84	79	146,81	10,66	7,27	0,01
1. pH	17	7,38	0,04	28	7,37	0,05	0,71	0,40
1. pCO ₂	17	5,23	0,58	28	5,32	0,43	0,29	0,59
1. pO ₂	17	11,36	1,74	28	10,97	1,39	0,69	0,41
1. HCO ₃	17	23,47	2,10	28	23,15	2,33	0,22	0,64
1. BE	17	-1,17	2,36	28	-1,31	2,55	0,03	0,87
1. satO ₂	17	95,40	1,50	28	93,51	9,56	0,65	0,42
1. DV	2	2,10	0,12	51	2,61	0,56		
1. FD	2	43,00	1,41	51	38,98	7,71		
1. MVD	2	90,10	1,98	51	99,52	9,61		
1. VO ₂	2	47,45	3,04	51	44,48	3,32		
1. VEQO ₂	2	21,90	0,99	51	25,38	3,68		
1. PO ₂	2	26,67	0,97	51	27,06	2,23		
1. RQ	2	0,89	0,04	51	0,92	0,06		

Tablica 23

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na drugoj razini opterećenja – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
2. prolaz t	19	1:52,23	2,78	79	1:47,84	2,84	48,84	0,00
2. wata	19	247,08	22,01	79	280,82	18,45	47,44	0,00
2. Fzav	19	21,74	1,96	79	23,10	1,81	8,56	0,00
2. La	19	2,56	0,93	79	2,17	0,65	4,62	0,03
2. FS	18	166,26	7,17	79	159,88	9,22	7,92	0,01
2. pH	17	7,39	0,04	28	7,36	0,06	4,27	0,04
2. pCO ₂	17	4,88	0,51	28	5,01	0,45	0,82	0,37
2. pO ₂	17	12,21	1,49	28	11,44	1,94	1,94	0,17
2. HCO ₃	17	22,73	2,47	28	21,60	2,46	2,21	0,14
2. BE	17	-1,51	2,57	28	-2,76	2,86	2,16	0,15
2. satO ₂	17	96,44	1,23	28	95,29	3,06	2,15	0,15
2. DV	2	2,25	0,01	51	2,70	0,42		
2. FD	2	45,00	0,00	51	42,74	5,96		
2. MVD	2	101,35	0,64	51	113,32	10,50		
2. VO ₂	2	51,35	2,62	51	48,44	3,46		
2. VEQO ₂	2	22,75	0,35	51	26,07	1,94		
2. PO ₂	2	26,55	0,48	51	27,27	1,88		
2. RQ	2	0,91	0,02	51	0,96	0,04		

Na drugoj razini opterećenja (tablica 23) zadržava se razlika u intenzitetima ($p < 0,01$), kao i tempu zaveslaja ($p < 0,01$) koji koriste veslači. Reprezentativcima srce radi nešto manjom frekvencijom ($p < 0,05$). Iako reprezentativci još imaju značajno nižu koncentraciju laktata ($p < 0,05$) nego nereprezentativci, primjetno je da je povišenje istog kod reprezentativaca nešto veće u odnosu na stanje u mirovanju, što bi moglo biti povezano s nešto nižom vrijednošću pH ($p < 0,05$).

Kod oba uzorka je primjetno smanjenje HCO₃⁻ i pCO₂, kao i povišenje vrijednosti pO₂ i satO₂. Pritom u navedenim parametrima nije zabilježena značajna razlika među uzorcima.

Tablica 24

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na trećoj razini opterećenja – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
3. prolaz t	19	1:49,10	3,03	79	1:44,73	2,42	45,23	0,00
3. wata	19	270,94	22,46	79	306,88	20,41	45,69	0,00
3. Fzav	19	22,89	2,06	79	24,03	1,86	5,48	0,02
3. La	19	3,24	0,76	79	3,04	0,83	0,88	0,35
3. FS	19	173,74	7,09	79	168,59	8,87	5,52	0,02
3. pH	17	7,38	0,05	28	7,36	0,05	2,97	0,09
3. pCO ₂	17	4,90	0,38	28	4,97	0,47	0,27	0,61
3. pO ₂	17	11,77	2,62	28	11,45	1,43	0,29	0,59
3. HCO ₃	17	22,17	2,35	28	21,23	2,30	1,76	0,19
3. BE	17	-2,19	2,96	28	-3,18	2,35	1,53	0,22
3. satO ₂	17	95,18	2,85	28	95,58	1,57	0,36	0,55
3. DV	2	2,45	0,01	51	2,86	0,44		
3. FD	2	48,00	1,41	51	46,67	6,91		
3. MVD	2	117,65	3,18	51	131,48	15,49		
3. VO ₂	2	56,35	3,75	51	52,83	3,46		
3. VEQO ₂	2	24,05	0,07	51	27,70	2,50		
3. PO ₂	2	27,57	0,80	51	28,09	1,95		
3. RQ	2	0,95	0,04	51	0,98	0,05		

Na trećoj razini opterećenja (tablica 24), razlike među uzorcima primjetne su još samo u mehaničkim parametrima ($p < 0,01$) i frekvenciji srca ($p < 0,05$).

Tablica 25

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na četvrtoj razini opterećenja – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
4. prolaz t	19	1:45,00	3,21	79	1:40,92	2,53	35,72	0,00
4. wata	19	303,43	27,26	79	343,38	28,36	30,84	0,00
4. Fzav	19	24,66	2,46	79	25,91	2,06	5,25	0,02
4. La	19	4,69	1,13	79	5,25	1,44	2,49	0,12
4. FS	19	183,74	7,77	79	178,96	8,32	5,17	0,03
4. pH	17	7,35	0,06	29	7,30	0,06	7,62	0,01
4. pCO ₂	17	4,54	0,47	28	5,06	1,98	1,14	0,29
4. PO ₂	17	11,70	2,65	28	11,25	1,18	0,60	0,44
4. HCO ₃	17	19,40	2,80	28	18,16	1,97	3,01	0,09
4. BE	17	-5,05	3,48	28	-6,95	2,70	4,19	0,05
4. satO ₂	17	94,87	4,07	28	95,16	1,55	0,11	0,74
4. DV	2	2,72	0,13	51	3,06	0,47		
4. FD	2	50,50	0,71	51	51,71	8,11		
4. MVD	2	137,45	8,41	51	155,64	18,03		
4. VO ₂	2	59,50	4,53	51	57,13	3,62		
4. VEQO ₂	2	26,60	0,71	51	30,48	3,62		
4. PO ₂	2	27,87	1,71	51	28,78	2,12		
4. RQ	2	1,03	0,04	51	1,03	0,08		

Na četvrtoj razini opterećenja očekivano je da će veslači reagirati prelaskom konvencionalnog anaerobnog praga ($La > 4,0 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$), što je zabilježeno kod oba uzorka, kao i vrijednost $RQ > 1,0$. Reprezentativci su opet postigli veće intenzitete rada ($p < 0,01$) uz evidentno veću zakiseljenost organizma pH ($p = 0,01$), BE ($p = 0,05$), uz značajno nižu frekvenciju srca ($p = 0,03$).

Makar je spekulacija, smatra se interesantnim usporediti podatke nereprezentativaca na četvrtoj razini opterećenja s istovjetnim podacima reprezentativaca na trećoj razini. Intenziteti rada su istovjetni, postignuti sa sličnim tempom zaveslaja, dok sve organske reakcije reprezentativaca ukazuju na nižu razinu zakiseljenosti.

Tablica 26

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za ventilacijske i metaboličke vrijednosti na maksimalnom opterećenju – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
intmax-t	19	1:36,70	1,97	79	1:33,61	2,22	30,82	0,00
max wata	19	390,08	25,01	79	426,93	29,46	3,51	0,06
max Fzav	19	33,16	2,09	79	34,57	3,11	0,29	0,59
maxLa	19	10,61	1,84	79	10,38	1,70	4,94	0,03
maxFS	19	197,16	8,33	79	192,29	8,63	6,45	0,01
max pH	17	7,22	0,07	28	7,18	0,06	0,13	0,72
max pCO ₂	17	4,37	0,59	28	4,43	0,53	0,81	0,37
max pO ₂	17	11,34	2,35	28	11,84	1,35	0,07	0,80
max HCO ₃	17	13,63	2,53	28	13,43	2,46	0,25	0,62
max BE	17	-13,28	3,98	28	-13,80	3,07	1,62	0,21
max satO ₂	17	92,53	7,22	28	94,32	1,55	0,31	0,58
maxDV	2	2,76	0,08	51	2,94	0,45		
maxFD	2	67,00	0,00	51	70,33	10,03		
maxMVD	2	185,05	5,30	51	203,22	19,62		
maxVO ₂ (L)	2	5,76	0,06	51	5,63	0,34		
maxVO ₂ (rel)	2	66,30	2,12	51	63,12	4,26		
maxVEQO ₂	2	32,15	0,64	51	35,79	2,83		
maxPO ₂	2	28,99	1,37	51	29,49	2,34		
maxRQ	2	1,15	0,13	51	1,17	0,09		
maxFVC	17	6,85	0,60	28	7,47	0,70	4,61	0,04
mxFVC%	17	116,66	12,08	28	123,48	9,15	7,25	0,01
maxFEV ₁	17	6,34	0,74	28	6,95	0,73	3,67	0,06
maxFEV ₁ %	17	129,33	16,62	28	137,53	12,03	0,12	0,73
maxTI(%)	17	92,49	5,75	28	93,01	4,12	0,28	0,60
maxFEF ₂₅	17	5,15	1,73	28	5,39	1,32	0,12	0,73
maxFEF ₂₅ %	17	171,04	59,07	28	176,06	38,30	0,51	0,48
maxFEF ₅₀	17	9,28	1,60	28	9,64	1,61	0,05	0,82
maxFEF ₅₀ %	17	155,85	33,23	28	157,89	25,37	2,64	0,11
maxDLco	17	27,64	5,64	28	31,09	7,53	2,10	0,15
maxDLco%	17	204,93	40,08	28	226,34	52,22	0,79	0,38
maxDLco/va	17	2,57	0,68	28	2,74	0,54	0,79	0,38
maxDLco/va%	17	118,85	30,18	28	126,28	25,32	30,82	0,00

Pri maksimalnom opterećenju značajno se smanjuju razlike među uzorcima. Mada još uvijek statistički značajna razlika u intenzitetima iskazana prolazom na 500 metara ($p < 0,01$), isto iskazano u watima ne prelazi granicu značajnosti ($p > 0,05$). Na kraju rada, maksimalna frekvencija srca reprezentativaca je značajno niža nego nereprezentativcima ($p = 0,01$). Kada

se usporede frekvencije srca kojom su reagirali veslači u svim razinama opterećenja, primjetno je da su reakcije bile slične iskazane u postotku od maksimalne frekvencije srca.

Razlike između ova dva uzorka veslača, nakon maksimalnog opterećenja, zabilježena je još jedino u vrijednostima FVC. Reprezentativci imaju značajno veći FVC ($p < 0,05$), što je još više izraženo kada se ta vrijednost stavi u odnos s očekivanom vrijednošću u prema visini, uzrastu i spolu ($p = 0,01$). Pored toga primjetno je da ovakve razlike nisu primjećene među istim varijablama u mirovanju, pri čemu je kod nereprezentativaca došlo do smanjenja FVC na kraju rada.

Tablica 27

Analiza razlika između reprezentativaca i nereprezentativaca za kriterijske varijable – uzorak seniora (N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardna devijacija; F test – vrijednost F testa; p – razina značajnosti)

	NEREPREZENTATIVCI			REPREZENTATIVCI			ANOVA	
	N	AS	SD	N	AS	SD	F TEST	p
ERGO2000m-t	19	6:21,6	6,5	79	6:13,6	8,1	15,9	0,00
prolaz/500m	19	1:35,4	1,6	79	1:33,4	2,0	15,9	0,00
Watti	19	403,8	20,7	79	430,9	27,8	15,7	0,00

Razlike u rezultatima testa 2000 metara (tablica 27) pokazuje da su razlike u prosjeku iznosile 8 sekundi ($p < 0,01$). Ista razlika iskazana u prolazu etalona od 500 metara iznosi dvije sekunde. Usporedba vrijednosti prosječnog prolaza i intenziteta u watima u testu na 2000 metara i etape maksimalnog opterećenja u progresivno diskontinuiranom testu ukazuje na slične razlike u oba testa (Ingham, Whyte, Jones & Nevil, 2002; Ingham, Carter, Whyte, & Doust, 2007).

6.4. Regresijska analiza

U svrhu ustanovljenja povezanosti respiracijskih i metaboličkih karakteristika s uspješnošću u veslanju na veslačkom ergometru, primjenila se regresijska analiza. Pritom su mjereni parametri metaboličkih i respiracijskih karakteristika tretirani kao predikcijski, a izvršeni rad na ergometru kao kriterijska varijabla.

Rezultati su prikazani tako da svaka tabela sadrži podatke mjerenja u mirovanju i nakon maksimalnog opterećenja za pojedini uzrast i mjerenje u pojedinom lokalitetu.

Tablica 28

Multiple regresijske analize – povezanost između respiracijskih i metaboličkih varijabli u a) mirovanju i b) nakon maksimalnog opterećenja s kriterijskom varijablom na veslačkom ergometru – uzorak juniora (Split)

	U mirovanju			Nakon maksimalnog opterećenja	
	Beta	p-level		Beta	p-level
Fzav				-0,36	0,02
La	-0,10	0,53		-0,10	0,47
FS	0,01	0,91		0,01	0,96
pH	-0,07	0,70		0,04	0,80
pCO ₂	-0,21	0,21		-0,14	0,30
pO ₂	-0,15	0,32		-0,07	0,62
FVC	-1,03	0,00		-0,94	0,02
FEV ₁	0,87	0,01		0,59	0,21
FEF ₂₅	-0,05	0,81		-0,06	0,81
FEF ₅₀	-0,46	0,14		-0,03	0,92
DLco	0,17	0,26		0,08	0,53
R	0,62			0,69	
Rsqr	0,39			0,48	
p	0,04			0,01	

U tablici 28 prikazani su rezultati regresijske analize kojom je utvrđena prediktivna vrijednost parametara metaboličkog i ventilacijskog statusa za ispitanike juniore, koji su testirani u Splitu. Prediktorski skup u mirovanju objašnjava 39% varijance kriterija (značajno na razini

od 0,04). Značajne parcijalne povezanosti uočavaju se za varijable mirFVC i mirFEV₁. Ostale prediktorske varijable nisu značajno povezane s kriterijem.

Pri maksimalnom opterećenju, prediktorski skup objašnjava 48% varijance kriterija ($p = 0,01$). Značajne parcijalne povezanosti primjetne su kod varijable Fzav ($p = 0,02$) i FVC (na razini 0,03).

Tablica 29

Multiple regresijske analize – povezanost između respiracijskih i metaboličkih varijabli u a) mirovanju i b) nakon maksimalnog opterećenja s kriterijskom varijablom na veslačkom ergometru – uzorak juniora (Zagreb)

	U mirovanju			Nakon maksimalnog opterećenja	
	Beta	p-level		Beta	p-level
Fzav				0,19	0,16
La	0,08	0,67		0,04	0,78
FS	-0,25	0,29		-0,16	0,53
DV	-0,67	0,13		-0,23	0,69
FD	-0,88	0,02		-0,08	0,88
VO ₂	0,98	0,01		0,22	0,25
VEQO ₂	1,11	0,01		0,14	0,67
PO ₂	0,34	0,23		-0,77	0,07
RQ	-0,09	0,53		0,04	0,78
R	0,82			0,79	
Rsq	0,66			0,63	
p	0,00			0,00	

Tablica 29 sadrži podatke mjerenja juniora u laboratoriju dijagnostičkog centra u Zagrebu. Mjereni podaci u mirovanju i nakon maksimalnog opterećenja ukazuju na sličan doprinos objašnjenju varijance uspješnosti na ergometru (66% odnosno 63%) značajno na razini ($p < 0,01$) za oba mjerenja. Pritom u mirovanju tri varijable ukazuju na značajne

parcijalne povezanosti s kriterijem: $VEQO_2$, VO_2 i FD ; dok pri maksimalnom opterećenju niti jedna predikcijska varijabla ne ukazuje na značajnu parcijalnu povezanost.

Tablica 30

Multiple regresijske analize – povezanost između respiracijskih i metaboličkih varijabli u a) mirovanju i b) nakon maksimalnog opterećenja s kriterijskom varijablom na veslačkom ergometru – uzorak seniora (Split)

	U mirovanju			Nakon maksimalnog opterećenja	
	Beta	p-level		Beta	p-level
Fzav				-0,24	0,13
La	0,43	0,02		0,28	0,13
FS	0,49	0,01		0,07	0,72
pH	0,31	0,06		0,24	0,20
pCO ₂	0,14	0,40		-0,57	0,00
pO ₂	0,07	0,69		0,04	0,81
FVC	-0,71	0,45		-0,62	0,12
FEV ₁	0,61	0,31		0,02	0,97
FEF ₂₅	-0,70	0,03		-0,20	0,39
FEF ₅₀	0,39	0,17		0,24	0,29
DLco	-0,13	0,40		-0,16	0,27
R	0,64			0,76	
Rsq	0,41			0,57	
p	0,05			0,00	

U tablici 30 izneseni su podaci mjerenja seniora u Splitu. Skup predikcijskih varijabli u mirovanju objašnjava 41% varijabiliteta uspješnosti na veslačkom ergometru ($p = 0,05$), pri čemu tri varijable ukazuju na značajnu parcijalnu povezanost s rezultatom na ergometru: FS, La i FEF₂₅. Radi lakšeg čitanja rezultata, potrebno je navesti da je rezultat na veslačkom ergometru iskazan u vremenskoj dimenziji, pa predstavlja inverznu vrijednost (veći rezultat je slabiji rezultat). Skup prediktorskih varijabli pri maksimalnom opterećenju objašnjavaju 16% varijabiliteta rezultata na ergometru više nego iste u mirovanju, uz povećanu pouzdanost regresije ($p < 0,01$). Istovremeno, pri maksimalnom opterećenju dvije prediktorske varijable,

pCO₂ i HCO₃, ukazuju na značajnu parcijalnu povezanost s učinkovitosti veslača na veslačkom ergometru.

Tablica 31

Multiple regresijske analize – povezanost između respiracijskih i metaboličkih varijabli u a) mirovanju i b) nakon maksimalnog opterećenja s kriterijskom varijablom na veslačkom ergometru – uzorak seniora (Zagreb)

	U mirovanju			Nakon maksimalnog opterećenja	
	Beta	p-level		Beta	p-level
Fzav				-0,16	0,21
La	0,30	0,04		0,16	0,22
FS	-0,66	0,09		-0,04	0,86
DV	-0,09	0,88		-1,38	0,00
FD	-0,05	0,91		-1,29	0,00
VO ₂	1,47	0,01		0,31	0,04
VEQO ₂	0,08	0,88		0,60	0,02
PO ₂	-1,51	0,04		-0,02	0,94
RQ	0,07	0,75		-0,13	0,33
R	0,54			0,63	
Rs _q	0,29			0,39	
p	0,05			0,01	

Posljednja tablica rezultata prezentira podatke regresijskih analiza predikcijskih varijabli u mirovanju i maksimalnom opterećenju, prilikom testiranja u Zagrebu, za uzorak seniora.

Skup predikcijskih varijabli u mirovanju objašnjava 29% varijance (p = 0,05) uspješnosti na veslačkom ergometru, pri čemu tri varijable ukazuju na značajnu parcijalnu povezanost s kriterijskom varijablom: VO₂, La, PO₂.

Pri maksimalnom opterećenju, skup predikcijskih varijabli, kao i pri testiranju u Splitu, objašnjava 10% varijance više nego u mirovanju, uz povećanu pouzdanost regresije (p < 0,01). Pritom četiri varijable iskazuju značajnu parcijalnu povezanost s kriterijem: DV, FD, VEQO₂ i VO₂.

7. Rasprava

Ovim istraživanjem, obuhvaćen je uzorak od 142 aktivna veslača: 76 juniorskog i 66 seniorskog uzrasta. Istraživanja su provedena u dva laboratorija: u laboratoriju za funkcionalnu dijagnostiku Kineziološkog fakulteta u Zagrebu i respiracijskom laboratoriju Plućnog odjela kliničke bolnice Split. Podaci su prikupljeni tijekom 5 godina u svrhu selektiranja i programskog pristupa u radu s veslačkom reprezentacijom Hrvatske.

Rezultati mjerenja antropometrijskih varijabli prezentiraju uzorak veslača kao osobe s izrazitim logitudinalnim parametrima, s kojima je u srazmjeru i tjelesna masa.

Veslači juniori pripadaju izrazito visokom dijelu srednjoškolske populacije Hrvatske (Findak, Metikoš, Mraković & Neljak, 1996), čiji se odnos prosječne tjelesne visine i težine ocjenjuje izvrsnim. Pored brojnih istraživanja provedenih u mjerenju antropometrijskih karakteristika mladih veslača, autor smatra najreprezentativnijim istraživanje provedeno na učesnicima juniorskog prvenstva svijeta, održanog u Hazewinkelu, 1997. godine (Bourgois, Claesens & Vrijens, 1997). Prema navedim parametrima hrvatski juniori pripadaju prosjeku od 383 učesnika navedenog natjecanja. Kada se podijele prema statusu u odnosu na nacionalni tim, hrvatski reprezentativci su istovjetne tjelesne visine kao i nereprezentativci, pri čemu su reprezentativci (4,75 kg) teži. U usporedbi s učesnicima svjetskog prvenstva, naši reprezentativci su ekvivalentni finalistima (Bourgois et al., 2000), dok su nereprezentativci slični nefinalistima istog natjecanja.

Veslači seniori su značajno viši (+2 cm) i teži (+6 kg) od juniora, i predstavljaju u prosjeku 6,4 godine stariji uzorak. Prosječnom visinom od 190,3 cm, kojoj je raspon do 201,0 cm, i tjelesnom težinom od 89,6 kg (reprezentativci) seniori se uklapaju u svjetski prosjek (Voliantis & Secher, 2009). Ove karakteristike su usporedljive s Neanderthalerom Kappelmana (1997), u odnosu na kojeg je prosječan čovjek $\approx 30\%$ manji. Iste karakteristike, veslanje čine „sportom za visoke“ (Khosla, 1983), što nije u suglasju s jednom od bazičnih temeljnica „Olimpijske povelje“ - „sport za sve“. Stoga je u veslanju uvedena i kategorija lakih veslača – što nije tema ovoga rada.

Kada se međusobno uspoređuju hrvatski seniori u odnosu na status u nacionalnom timu, reprezentativci su 2,45 godina stariji, 2,63 cm viši i čitavih 5,0 kg teži od nereprezentativaca. Takvi reprezentativci su u donjoj granici prosječnog učesnika OI Sydney, 2000. Istovremeno, seniori nereprezentativci su, prema svim parametrima mjerenim tijekom testiranja, ekvivalentni juniorima reprezentativcima. Taj podatak pothranjuje iskustvene

podatke prema kojima, nakon završetka juniorskog staža, koji je u suglasju s završetkom srednje škole, u seniorskom uzrastu, s aktivnim bavljenjem veslačkim sportom nastavljaju samo oni koji su osjetili slast sportskog uspjeha.

Navedene antropometrijske karakteristike bitno određuju i mnoge ostale mjerene parametre. Među njima, dominantna je povezanost s respiracijskim karakteristikama, pri čemu se pretpostavljaju vrijednosti temeljem tjelesne visine, spola i uzrasta ispitanika (Cotes, Chinn & Reed, 1997; Cotes, Chinn & Miller, 2006).

Izmjerene vrijednosti FVC pripadaju ekstremnim vrijednostima pa bismo se mogli složiti s tvrdnjom da su veslači selektirani među ljudima s iznimno velikim vitalnim kapacitetima (Volianitis & Secher, 2009). Najviša vrijednost izmjerena kod seniora u mirovanju iznosi 9,18 litara, što je u suglasju s najvišom zabilježenom vrijednošću prema Secher (1993). Kod oba uzorka veslača zabilježeno je smanjenje FVC nakon maksimalnog opterećenja. Isto tako je, kod oba uzorka, povećan FEV_1 , čime je poboljšan FEV_1/FVC odnos koji visoko korelira s VO_2max (Fatemi & Ghanbarzadeh, 2009). U navedenim parametrima postoji distinkcija među veslačima po uzrastima. Seniori imaju, kako u mirovanju tako i nakon maksimalnog opterećenja, veće vrijednosti navedenih varijabli, ali samo u apsolutnim vrijednostima, što je povezano s već navedenim vrijednostima antropometrijskih mjera. Juniori reprezentativci značajno povećavaju razliku u navedena dva parametra nakon maksimalnog opterećenja. Kako ova dva parametra u mirovanju imaju značajnu parcijalnu povezanost s rezultatom na ergometru, kao i FVC nakon maksimalnog opterećenja, može se prihvatiti razmišljanje da je kvaliteta rada pluća jedan od determinanti uspješnosti u veslača juniora. Isto se nemože kazati za seniore. Reprezentativci i oni koji to nisu imaju, istovjetne vrijednosti plućnih karakteristika, kako u mirovanju tako i nakon maksimalnog opterećenja, a u izvođenju kriterijske varijable na ergometru nemaju značajno parcijalno učešće. Za razliku od juniora, za seniore nemožemo kazati da su respiracijski parametri determinanta uspješnosti. I sada imamo jedno od vječnih pitanja: jesu li ove (plućne) karakteristike prirodno selektivne varijable, ili se mogu razvijati. Znanstvenike možemo razvrstati na dvije strane: one koji tvrde da se veslači selektiraju među ljudima iznimno velikih kapaciteta pluća (Volianitis & Secher, 2009), i one sklone vjerovati da se navedene funkcije mogu razvijati vježbanjem (Volianitis, McConnell, Koutedakis, McNaughton, Backx & Jones, 2001). Nažalost, kako je u znanosti to česta situacija, nema longitudinalnih istraživanja kojima bismo mogli, metodološki opravdano, tvrditi ispravnost jednog ili drugog stava.

Zgrčeni položaj veslača u fazi zahvata uvjetuje nemogućnost korištenja ovako visokih vrijednosti FVC i FEV₁. Tijekom maksimalnog opterećenja, veslači dišu disajnim volumenom manjim od polovice vitalnog kapaciteta. Pritom im je frekvencija disanja usuglašena s frekvencijom zaveslaja, izvodeći dva udaha i izdaha tijekom svakog zaveslaja (Mahler, Shuhart, Brew & Stukel, 1991; Siegmund et al. 1999). Veslači seniori, dišući sličnim ritmom kao i juniori, a koristeći značajno veći disajni volumen, postižu značajno veće vrijednosti minutne ventilacije, što im omogućuje i veće vrijednosti VO₂max u odnosu na juniore. Veće vrijednosti ovog parametra seniori iskazuju u apsolutnom iznosu, dok u iskazu maksimalne potrošnje kisika u jedinici vremena po kilogramu te razlike nema. Ipak, bolja iskoristljivost ventilacijskih parametara, kao i energije dobivene oksidativnim putem u seniora primjetna je i u rezultatima regresijske analize, gdje navedeni parametri imaju značajnu parcijalnu povezanost s kriterijem.

Pored direktne energije dobivene oksidativnim putem, za uspješnost u veslanju bitna je i mogućnost energetske „kreditiranja“. Regresijske analize ukazuju da se organizam seniora i u tom aspektu adekvatnije ponaša. Visoka parcijalna povezanost pCO₂ ukazuje da u seniorskom rezultatu značajan utjecaj ima i kompenzacija metaboličke acidoze, što ukazuje na veću mogućnost korištenja energije iz anaerobnih izvora.

8. Zaključci

1. Ustanovljena je statistički značajna povezanost između respiracijskih i metaboličkih karakteristika s uspješnošću u veslanju, mjenom izvršenju rada na veslačkom ergometru.
2. Skup varijabli mjerenih u Splitu, objašnjava polovinu varijabiliteta sportske uspješnosti na veslačkom ergometru.
3. Skup varijabli mjerenih u Zagrebu, objašnjava 63% varijabiliteta kriterijske varijable u juniora i 39% varijabiliteta kriterijske varijable u seniora.
4. Veslači seniori postižu značajno bolje rezultate na veslačkom ergometru što se prioritetno vezuje za veću tjelesnu visinu i posebno za veću tjelesnu masu. Navedeni parametri predikcijom za sebe vezuju i veće parametre respiracijskih karakteristika i maksimalnu potrošnju kisika. Bolji rezultati seniora u navedenim parametrima iskazuju se samo u apsolutnim vrijednostima. Prezentirani u relaciji prema predikciji, odnosno u relativnom maksimalnom primitku kisika, ovi podaci ne ukazuju na razliku među veslačima različitog uzrasta.
5. Članovi juniorske reprezentacije značajno su uspješniji u izvođenje kriterijskog zadatka od juniora koji nisu članovi reprezentacije. Tako bolje rezultate, juniori reprezentativci postižu pomoću korištenja veće tjelesne mase i i boljih respiracijskih parametara.
6. Ostaje upitno jesu li strukturno-funkcionalne karakteristike pluća urođene ili se mogu poboljšavati kroz vrijeme utjecajem karakterističnog veslačkog trenažnog procesa.
7. Seniori reprezentativci, u odnosu na nereprezentativce značajno su stariji, nešto viši i posebno veće tjelesne mase. Osim što pri maksimalnom opterećenju iskazuju nešto manju frekvenciju srca i FVC, obrazloženje za bolje rezultate treba tražiti u specifičnosti motoričkog učenje pri izvođenju kompleksnog pokreta veslačkog zaveslaja.
8. Juniori reprezentativci iskazuju istovjetne antropometrijske i energetske karakteristike pri izvođenju kriterijskog zadatka kao i njihove starije kolege nereprezentativci. Isto pretpostavlja da s veslanjem u seniorskom uzrastu nastavljaju uspješni juniori.

9. Iz navedenoga se nameće prijedlog da se sa sustavnom dijagnostikom u veslanju započne najkasnije u zadnjoj godini koja prethodi juniorskom uzrastu – juniori B (16 godina).

9. Literatura

1. Aguilaniu, B., Maitre, J., Glenet, S., Gegout-Petit, A., & Guenard, H. (2008). European reference equations for CO and NO lung transfer. *Eur Respir J*, 31, 1091–1097
2. Andrea, B.E., Ward J.L., Mahler, D.A. (1991). Comparison of exercise performance on rowing and cycling ergometers. *Med Sci Sports Exerc*, 18: 81-84
3. Arbogast, S., & Reid, M.B. (2004). Oxidant activity in skeletal muscle fibers is influenced by temperature, CO₂ level, and muscle-derived nitric oxide. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 287, R698–R705
4. Åstrand, P.O., Rodahl, K. (2003). *Textbook of work physiology* (4th ed.). New York: McGraw-Hill Book Co
5. Bassett, D.R., JR., & Howley, E.T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32(1), 70–84
6. Basta, P., Skarpanska-Stejborn, A., & Pilaczynska-Szcześniak, L. (2008). Influence of annual training cycle on threshold power and reaction of blood antioxidative stress indices during a standard rowing test. *Human Movement*, 9(1), 41-45
7. Beneke, R., Hütler, M., von Duvillard, S.P., Sellens, M., & Leithäuser, R.M. (2003). Effect of test interruption on blood lactate during constant workload testing. *Med Sci Sports Exerc*, 35(9), 1626-1630
8. Beraldo, S. (1992). Prego e limiti della preparazione fisica a carico naturale. *Canottaggio*, 11-12, 10-16
9. Biersterker, M.W.A., Biersterker, P.A., & Schreurs, A.J.M. (1986). Reduction of lung elasticity due to training and expiratory flow limitation during exercise in Competitive Female Rowers. *Int J Sports Med*, 7, 73-79
10. Bloomfield, J., Fricker, P.A., & Fitch KD. (1995). *Science and medicine in sport*. Blackwell Science Pty Ltd
11. Bourdon, P. (2000). Blood lactate transition thresholds: concept and controversies. In C.J. Gore (Ed.) *Physical tests for elite athletes* (pp.50-65). Champaign: Human Kinetics
12. Bourdon, P.C., David, A.Z., & Buckley, J.D. (2007). A single exercise test for assessing physiological and performance parameters in elite rowers: The 2-in-1 test, *J Sci Med Sport*, doi: 10.1016/j.jsams.2007.09.007
13. Bourgois, J., Claessens, A.L., & Vrijens, J. (1997). Hazewinkel Antrophometric Project 1997: A Study of World Class Male and Female Juniors Rowers. Vlaamse Trainersschool
14. Bourgois, J., & Vrijens, J. (1998). Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise test on a rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol*, 77, 164-169
15. Bourgois, J., Claessens, A.L., Vrijens, J., Philippaerts, R., Van Renteghem, B., Thomis, M. et al. (2000). Antrophometric characteristics of elite male junior rowers. *British Journal of Sports Medicine*, 34, 213-216
16. Brown, P.I., Sharpe, G.R., & Johnson, M.A. (2008). Inspiratory muscle training reduces blood lactate concentration during volitional hyperpnoea. *Eur J Appl Physiol*, 104, 111-117

17. Bunc, V., Heller, J., Leso, J., Šprynarová, Š., & Zdanowicz, R. (1987). Ventilatory Threshold in Various Groups of Highly Trained Athletes. *Int J Sports Med*, 8, 275-280
18. Carey, P., Stensland, M., Hartley, L.H. (1974). Comparison of oxygen uptake during maximal work on the treadmill and the rowing ergometer. *Med Sci Sports* 1974, 6,(2), 101-103
19. Chwalbinska-Moneta, J. (2003). Effect of creatine supplementation on aerobic performance and Anaerobic Capacity in elite rowers in course of endurance training. *Int J Sport Nutrit Exerc Met*, 13, 173-183
20. Chinn, D.J., Cotes, J.E., Flowers, R., Marks, A.M., & Reed, J.W. (1996). Transfer factor (diffusing capacity) standardized for alveolar volume: validation, reference values and applications of a new linear model to replace KCO (TL/VA). *Eur Respir J*, 9, 1269–1277
21. Claessens, A.L., Bourgois, J., Van Aken, K., Van der Auwera, R., Philippaerts, R., Thomis, M. Et al. (2005). Body proportions of elite male junior rowers in relation to competition level, rowing style and boat type. *Kinesiology*, 37, 123-132
22. Clifford, P.S., Hanel, B., & Secher, N.H. (1994). Arterial blood pressure response to rowing. *Med Sci Sports Exerc*, 26,(6), 715-719
23. Coen, B., Urhausen, A., & Kindermann, W. (2002). Sport specific performance diagnosis in rowing: an incremental graded exercise test in coxless pairs. *Int J Sports Med*, 24, 428-432
24. Cosgrove, M.J., Wilson, J., Watt, D., & Grant, S.F. (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *Journal of Sports Sciences*, 17, 845-852
25. Cotes, J.E., Chinn, D.J., Reed, J.W. (1997). Lung function testing: methods and reference values for forced expiratory volume (FEV1) and transfer factor (TL). *Occupational and Environmental Medicine*, 54, 457-465
26. Cotes, J.E., Chinn, D.J., & Miller, M.L. (2006). *Lung Function: Physiology, Measurement and Application in Medicine*, Oxford: Blackwell Publishing Ltd
27. Crapo, R.O., Jensen, R.L., Hegewald, M., & Tashkin, D.P. (1999). Arterial Blood Gas Reference Values for Sea Level and an Altitude of 1,400 Meters. *Am J Respir Crit Care Med*, 160, 1525–1531
28. Cunningham, D.A., Goode, P.B., & Critz, J.B. (1975). Cardiorespiratory response to exercise on a rowing and a bicycle ergometer. *Med Sci Sports Exerc*, 7, 37-43
29. Danforth, W.H. (1965). Activation of glycolytic pathway in muscle. In: B. Chance and R.W. Extavrock (Ed.): *Control of energy metabolism*. New York: Academic Press, 287-294
30. Di Prampero, P.E. (1971). Physiological Aspects of Rowing. *J Appl Physiol*, 31, 853-857
31. Droghetti, P., Jensen, K., & Nilsen, T.S. (1991). The total estimated metabolic cost of rowing, *FISA Coach* 1991, 2(2), 1-4
32. Druhml, W., Grimm, G., Laggner, A.N., Lenz, K., & Schneeweiß, B. (1991). Lactic acid kinetics in respiratory alkalosis. *Critical Care Medicine*. 19(9), 1120-1124
33. Duffin, J. (2005). Role of acid-base balance in the chemoreflex control of breathing. *J Appl Physiol*, 99, 2255–2265

34. Fatemi, R., & Ghanbarzadeh, M. (2009). Relationship Between Airway Resistance indices and Maximal Oxygen Uptake in Young Adults. *Journal of Human Kinetics*, 22, 29-34
35. Findak, V., Metikoš, D., Mraković, M & Neljak, B. (1996). *Primjenjena kineziologija u školstvu - Norme*. Zagreb: Hrvatski pedagoško-književni zbor
36. Fiskerstrand, Å., & Seiler K.S. (2004). Training and performance characteristics among Norwegian international rowers. *Scand J Med Sci Sports*, 14, 303-310
37. Griffiths, L.A., & McConnell, A.K. (2007). The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *Eur J Appl Physiol*, 99, 457-466
38. Hagerman, F.C., & Lee, W.D. (1971). Measurement of oxygen consumption, heart rate, and work output during rowing. *Med Sci Sports*, 3,(4), 155-160
39. Hagerman, F.C., Addington, W.W. & Gaensler, E.A. (1975). Severe steady state exercise at sea level and altitude in olympic oarsmen. *Med Sci Sports*, 7(4), 275-279
40. Hagerman, F.C., Connors, M.C., Gault, J.A., Hagerman, & G.R., Polinski, W.J. (1978). Energy expenditure during simulated rowing. *J Appl Physiol*, 45(1), 87-93
41. Hahn, A., Bourdon, P, & Tanner R. (2000). Protocols for the physiological assessment of rowers. In C.J. Gore (Ed.) *Physical tests for elite athletes* (pp.311-326). Champaign: Human Kinetics
42. Hanel, B., Clifford, P.S. & Secher, N.H. (1994). Restricted postexercise pulmonary diffusion capacity does not impair maximal transport for O₂. *J. Appl. Physiol.*, 77(5), 2408-2412
43. Hanel, B., Law, I., & Mortensen, J. (2003). Maximal rowing has an acute effect on the blood-gas barrier in elite athletes. *J Appl Physiol*, 95, 1076–1082
44. Hartmann, U., Mader, A., & Hollmann, W. (1990). Heart rate and lactate during endurance training programs in rowing and its relation to the duration of exercise by top elite rowers. *FISA Coach*, 1(1), 1-4
45. Hartmann, U., & Mader, A. (1993). Modeling metabolic conditions in rowing through post-exercise simulation. *FISA Coach*, 4(4), 1-7
46. Hartmann, U., & Mader, A. (1995). Comparative classification of rowing ergometry findings. *FISA Coach*, 6(1), 1-6
47. Heck, H., Mader, A., Hess, G., Muecke, S., Muller, R., & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4 mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med*, 6(3), 117-130
48. Hodges, P.W., & Gandevia, S.C. (2000). Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *Journal of Physiology*, 522(1), 165—175
49. Hofmijster, M.J., van Soest, A.J., & de Koning, JJ. (2008). Rowing skill affect power loss on a modified rowing ergometer. *Med Sci Sports Exerc*, 40(6), 1101-1110
50. Hopkins, S.R., McKenzie, D.C., Schoene, R.B., Glenny, R.W., & Robertson, H.T. (1994). Pulmonary gas exchange during exercise in athletes I. Ventilation-perfusion mismatch and diffusion limitation. *J. Appl. Physiol.*, 77(2), 912-917
51. Horstman, M., Mertens, F., & Stam, H. (2005). Transfer factor for carbon monoxide. *Eur Respir Mon*, 31, 127–145
52. Ingham, S.A., Whyte, G.P., Jones, K., & Nevill, A.M. (2002). Determinants of 2,000 m

rowing ergometer performance in elite rowers. *Eur J Appl Physiol*, 88, 243-246

53. Ingham, S.A., Carter, H., Whyte, G.P., & Doust, J.H. (2007). Comparison of the oxygen uptake kinetics of club and Olympic champion rowers. *Med Sci Sports Exerc*, 39(5), 865-871
54. Ingham, S. A., Carter, H., Whyte, G.P., & Doust, J.H. (2008). Physiological and Performance Effects of Low- versus Mixed- Intensity Rowing Training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40(3), 579–584
55. Jackson, R.C., & Secher, N.H. (1976). The aerobic demands of rowing in two olympic rowers. *Med Sci Sports*, 8, 401-403
56. Jageman, K., Hasart, E., Härtel, R., & Roth W. (1977). Atmung von Mitochondrien aus Rattenskelettmuskulatur nach mehrwöchigen Trainingsprogrammen und unter dem Einfluß von Laktat in vitro, *Medizine und Sport*, 12, 401-403
57. Jensen, K. (1994). Test Procedures for Rowing. *FISA Coach*, 5(4), 1-6
58. Jensen, K., L. Johansen, N.H. Secher (2001). Influence of body mass on maximal oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol*, 84, 201-205
59. Jensen, K. (2007). Performance assessment. In N.H. Secher & S. Volianitis (Eds.) *Rowing* (pp. 96-102). Massachusetts: Blackwell Publishing
60. Jürimäe, J., Jürimäe, T. & Maestu, J. (2007). The oarsmen. In N.H. Secher & S. Volianitis (Eds.) *Rowing* (pp. 96-102). Massachusetts: Blackwell Publishing
61. Kappelman, J. (1997). Paleoanthropology, They might be giants. *Nature*, 387, 126-127
62. Kellum, J.A. (200). Determinants of blood pH in health and disease. *Crit Care*, 4, 6–14
63. Kenedy, M.D., & Bell, G.J. (2003). Development of race profiles for the performance of a simulated 2000-m rowing race. *Can J Appl Physiol*, 28(4), 536-546
64. Knight-Maloney, M., Robergs, R.A., Gibson, A., & Ghiasvand, F. (2002). Threshold changes in blood lactate, beat-to-cardiovascular function, and breath-by-breath VO₂ during incremental exercise. *J Exerc Physiol*, 5(3), 39-53
65. Kosla, T. (1983). Sport for tall. *Br Med J*, 287, 736-738
66. Köerner, T., & Schwanitz, P. (1985). *Rudern*. Berlin: Sportverlag
67. Lormes, W., Buckwitz, R., Rehbein, H., & Steinecker, J.M. (1993). Performance and blood lactate on Gjessing and Concept II rowing ergometers. *Int J Sports Med*, 14, 29-31
68. Mader, A., & Hollman, W. (1977). Zur Bedeutung der Stoffwechselleistungsfähigkeit des Eliteruderers im Training und Wettkampf. *Leistungssport Beiheft*, 9, 25-32
69. Mäestu, J., Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2005). Monitoring of performance and training in rowing, *Sports Med*, 35(7), 597-617
70. Mahler, D.A., Shuhart, C.R., Brew, E., & Stukel, T.A. (1991). Ventilatory responses and entrainment of breathing during rowing. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23(2), 186-192
71. Manier, G., Moinard, J., Techoueyres, P., Varenne, N., & Guenard, H. (1991). Pulmonary diffusion limitation after prolonged strenuous exercise. *Respiration Physiology*, 83, 143-154
72. Manier, G., Duclos, M., Arsac, L., Moinard, J., & Laurent, F. (1999). Distribution of lung density after strenuous, prolonged exercise. *J Appl Physiol*, 87(1), 83–89

73. Marinović, M., Gančević, I., Giunio, L., & Tocilj, J. (1996). Dynamics of acid-basic condition and gasses in rowers' blood. *I. Annual Congress Frontiers in Sport Science, Nice*, 734-735
74. Marinović, M., & Tocilj, J. (1997). Usporedba podataka anaerobnoga praga dobivenih primjenom diskontinuiranoga progresivnoga testa i laktatnoga stabilnoga stanja. *1. međunarodna znanstvena konferencija "Kineziologija - sadašnjost i budućnost", Dubrovnik*, 125-127
75. Marinović, M., Tocilj, J. (1997). Dynamics of Buffering Capacity in Rowers during Exercise. *II. Annual congress of the European college of sport science, Copenhagen*, 1000-1001
76. Massabuau, J.C. (2001). From low arterial to low tissue-oxygenation strategy. An evolutionary theory. *Resp Physiol*, 128, 249-261
77. McClaran, S. R., Wetter, T.J., Pegelow, D.F., & Dempsey, J.A. (1999). Role of expiratory flow limitation in determining lung volumes and ventilation during exercise. *J. Appl. Physiol*, 86(4), 1357–1366
78. Messonnier, L., Bourdin, M., & Lacour, J.R. (1998). Influence de l'âge sur différents facteur determinants de la performance sur ergomètre aviron. *Science & Sports*, 13, 293-4
79. Messonnier, L., Kristensen, M., Juel, C., & Denis, C. (2007). Importance of pH regulation and lactate/H⁺ transport capacity for work production during supramaximal exercise in humans. *J Appl Physiol*, 102, 1936 –1944
80. Miller, J.M. & Johnson, R.L. (1966). Effect of Lung Inflation on Pulmonary Diffusing Capacity at Rest and Exercise. *Journal of Clinical Investigation* ,45(4),
81. Morgan, T.J. (2003). Standard Base Excess. *Australian Anaesthesia*, 95-103
82. Morici, G., Bonsignore, M.R., Zangla, D., Riccobono, L., Profita, M., Bonanno, A., Paterno, A., di Giorgi, R., Mirabella, F., CHIMENTI, L., BENIGNO, A., Vignola, A.M., Bellia, V., Amato, G. & Bonsignore, G. (2004). Airway Cell Composition at Rest and after an All-out Test in Competitive Rowers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36(19), 1723–1729
83. Nielsen, H.B., Madsen, P., Svendsen, L.B., Roach, R.C., & Secher, N.H. (1998). The influence of PaO₂, pH and SaO₂ on maximal oxygen uptake. *Acta Physiol Scand*, 164, 89-97
84. Nielsen, H.B. (1999). pH after competitive rowing: the lower physiological range? *Acta Physiol Scand*, 165, 113-114
85. Nielsen, H.B. (2003). Arterial desaturation during exercise in man: implication for O₂ uptake and work capacity. *Scand J Med Sci Sports*, 13, 339–358
86. Ouellet, Y., Poh, S.C., & Becklake, M.R. (1969). Circulatory factors limiting maximal aerobic exercise capacity. *J Appl Physiol*, 27(6), 874-880
87. Petit Y, Carles J, Dessertenne J, Teillac A. (1981). Efficacité respiratoire des rameurs appréciée par la mesure des débits. *L'Aviron*, 460, 13-16
88. Piehl, H. (1975). Glykogenvorrat und schwund in menschlichen Skelettmuskelfasern, *Medizine und sport*, 15, 33-42
89. di Prampero, P.E. (1985). Metabolic and circulatory limitations to VO₂ max at the whole animal level. *J exp Biol*. 115, 319-331
90. Puente-Maestu, L. (2007). Reference values in adults. In Ward, S.A & Palange, P. (Eds),

Clinical Exercise Testing (pp. 165-185). European Respiratory Society, Monograph, 40

91. Roberts, C.L., Wilkerson, D.P., & Jones, A.M. (2005). Pulmonary O₂ uptake on-kinetics in rowing and cycle ergometer exercise. *Resp Physiol Neurob*, 146, 247-258
92. Rowland, T.W. (2005). Circulatory Responses to Exercise. *CHEST*, 127, 1023-1030
93. Russell, A.P., le Rossignol, P.F., & Sparrow, W.A. (1997). Prediction of elite schoolboy 2000-m rowing ergometer performance from metabolic, anthropometric and strength variables. *J Sports Sci*, 16, 749-754
94. Sahlin, K., Harris, R.C., Nyland, B., & Hultman, E. (1979). Lactate content and pH in muscle samples obtained after dynamic exercise. *Pflügers Arch Ges Physiol*, 367, 143-149
95. Sara, E.S., & Shoene, R.B. (1989). Ventilatory response to rowing and cycling in elite oarswomen. *J Appl Physiol*, 67(1), 264-269
96. Sauro, T. di (1992). L'allenamento in quota nel canottaggio. *Canottaggio*, 5, 17-24
97. Secher, N.H. (1992a). Rowing. In R.J. Shepard & P.O. Åstrand (Eds.) *Endurance in sport* (pp. 563-569). Oxford: Blackwell Scientific Publication.
98. Secher, N.H. (1992b). Central nervous influence on fatigue. In R.J. Shepard & P.O. Åstrand (Eds.), *Endurance in sport* (pp. 96-106). Oxford: Blackwell Scientific Publication.
99. Secher, N.H. (1993). Physiological and biomechanical aspects of rowing. *Implications for training. Sports Med*, 15, 24-42
100. Secher, N.H., Volianitis, S., & Jürimäe, J. (2007). Physiology. In N.H. Secher & S. Volianitis (Eds.) *Rowing* (pp. 42-65). Massachusetts: Blackwell Publishing
101. Shepard, R.J., & Åstrand, P.O. (1992). *Endurance in sport*. Oxford: Blackwell Scientific Publication.
102. Siegmund, G.P., Edwards, M.R., Moore, K.S., Tiessen, D.A., Sanderson, D.J., & McKenzie, D.C. (1999). Ventilation and locomotion coupling in varsity male rowers. *J. Appl. Physiol*, 87(1), 233-242
103. Slater, G.J., Rice, A.J., Sharpe, K., Tanner, R., Jenkins, D., Gore, C.J., & Hahn, A.G. (2005). Impact of acute weight loss and/or thermal stress on rowing ergometer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37(8), 1387-1394
104. Sprague, R.C., Martin, J.C., Davidson, C.J., & Farrar, R.P. (2007). Force-velocity and power-velocity relationships during maximal short-term rowing ergometry. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2), 358-364
105. Staub, N. C., Bishop, J.M., & Forster, R.E. (1962). Importance of diffusion and chemical reaction rates in O₂ uptake in the lung. *J. Appl. Physiol*, 17(1), 21-27
106. Steinacker, J.M. (1993). Physiological aspects of training in rowing. *Int J Sports Med*, 14, 3-10
107. Steinacker, J.M., Both, M., & Whipp, B.J. (1993). Pulmonary mechanics and entrainment of respiration and stroke during rowing. *Int J Sports Med*, 14, 15- 19
108. Tocilj, J., Gančević, I., Marinović, M., et. al. (1996). Razina laktata i difuzijskog kapaciteta pluća kao mjera utreniranosti vrhunskih sportaša. *III. Konferencija o sportu Alpe-Jadran, Rovinj*, 337-340
109. Tocilj, J., I. Gančević I, M. Marinović et al (1996). Dynamics of the flow-volume curve in top Croatian Rowers. *International Congress to 50th Anniversary of the*

Czechoslovak and Slovak Societies of Sports Medicine, Spa Trenčianske Teplice, Slovakia.

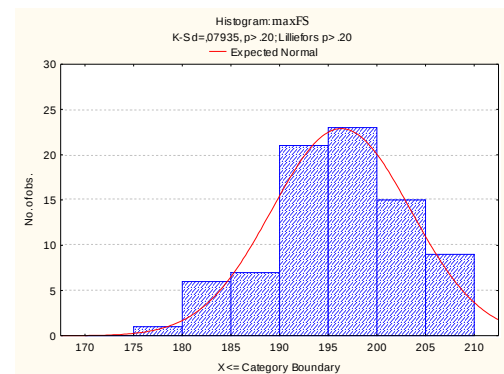
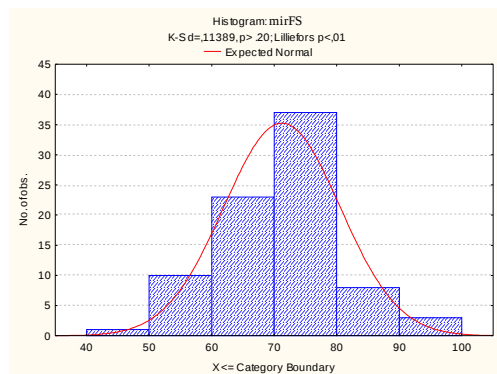
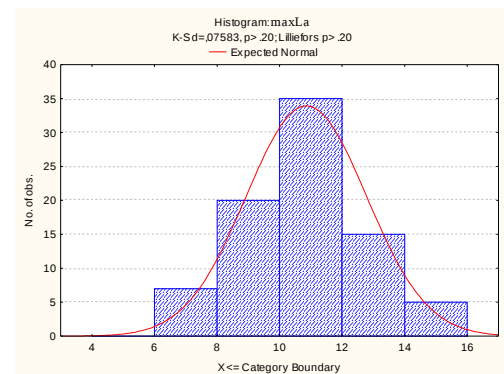
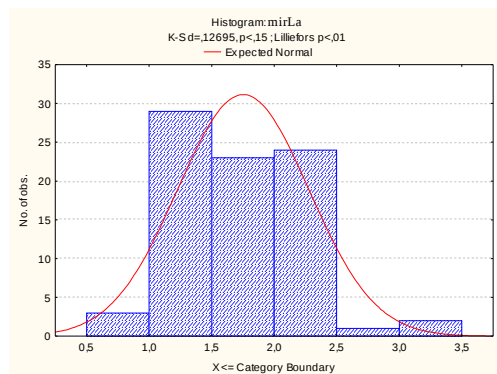
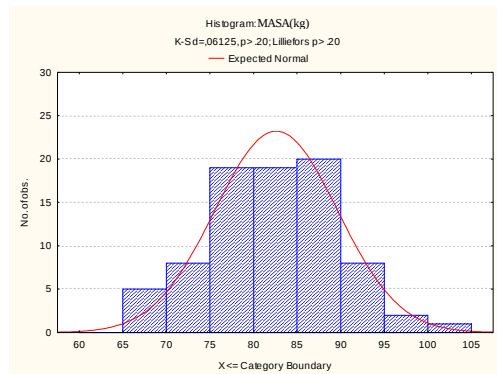
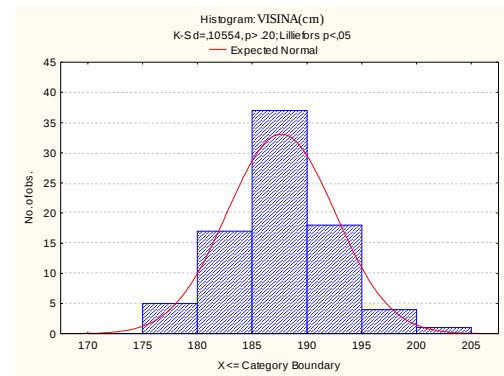
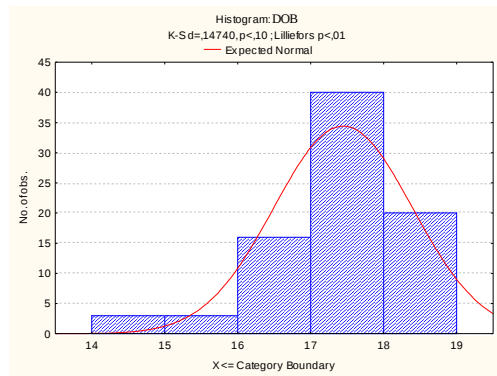
110. Tocilj J, Gančević I, Marinović M et al (1996). Diffusing capacity as measure of aerobic endurance in top Croatian Rowers. *I. Annual Congress Frontiers in Sport Science, Nice*
111. Tocilj, J., & Marinović, M. (1997). Dinamika puferskih sustava tijekom testa opterećenja kod veslača. *1. međunarodna znanstvena konferencija "Kineziologija - sadašnjost i budućnost", Dubrovnik.*
112. Topić, E., Primorac, D., & Janković, S. (Eds.). (2004). *Medicinskobiokemijska dijagnostika u kliničkoj praksi.* Zagreb: Medicinska naklada
113. Torre-Bueno, J. R., Wagner, P.D., Saltzman, H.T.A., Gale, G.E., & Moon, R.E. (1985). Diffusion limitation in normal humans during exercise at sea level and simulated altitude. *J. Appl. Physiol*, 58(3), 989-995
114. Troy, J., Cross, T.J., Sabapathy, S., Schneider, D.A., & Haseler, L.J. (1995). Breathing He-O₂ attenuates the slow component of O₂ uptake kinetics during exercise performed above the respiratory compensation threshold. *Exp Physiol*, 172-183
115. Turino, G.M., Bergofsky, E.H., Goldring, R.M., & Fishman, A.P. (1963). Effect of exercise on pulmonary diffusing capacity. *J. Appl. Physiol*, 18(3), 447-456
116. University of Connecticut: *Acid Base Online Tutorial*. Retrieved from http://fitsweb.uchc.edu/student/selectives/TimurGraham/Acid_Base_Physiology.html
117. Urhausen, A., Weiler, B., & Kindermann, W. (1993). Heart Rate, Blood Lactate, and Catecholamines During Ergometer and on Water Rowing. *Int J Sports Med*, 14, 20-23
118. University of Virginia: School of Medicine. Clinical approach to acid-base physiology. Preuzeto od <http://www.healthsystem.virginia.edu/Internet/Anesthesiology-Elective/airway/acidbase>
119. Vermulst, L.J.M., Vervoorn, C., Boelens-Quist, A.M. et al. (1991). Analysis of Seasonal Training Volume and Working Capacity in Elite Female Rowers. *Int J Sports Med*, 12, 567-572
120. Viru, A., & Viru, M. (2001). *Biochemical Monitoring of Sport Training*. Champaign, US: Human Kinetics
121. Volianitis, S., McConnell, A.K., Koutedakis, Y., McNaughton, L., Backx, K., & Jones, D.A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 803-809
122. Volianitis, S., Yoshiga, C.C., Nissen, P., & Secher, N.H. (2003). Effect of fitness on arm vascular and metabolic responses to upper body exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 286: H1736-H1741
123. Volianitis, S. and Secher, N.H. (2009). Rowing, the ultimate challenge to the human body – implications for physiological variables. *Clin Physiol Funct Imaging*, 29, 241-244
124. Yoshiga, C.C., & Higuchi, M. (2003). Oxygen uptake and ventilation during rowing and running in females and males. *Scand J Med Sci Sports*, 13, 359-363
125. Ward, S.A. (2007). Ventilatory control in humans: constraints and limitations. *Exp Physiol* 92(2), 357-366
126. Wasserman, K., van Kessel, A.L. & Burton, G.G. (1967). Interaction of physiological

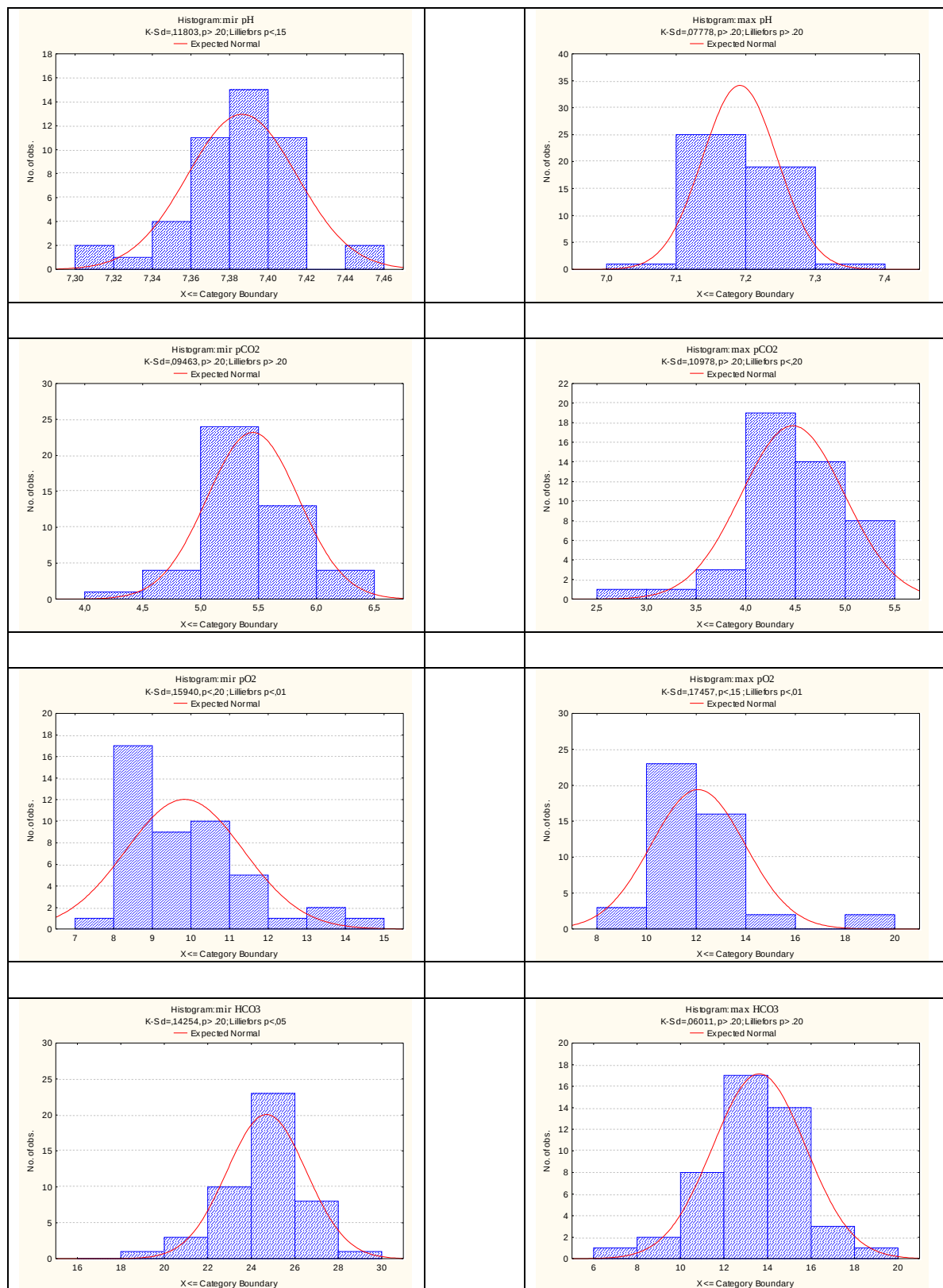
mechanisms during exercise. *J. Appl. Physiol.*, 22(1), 71-85

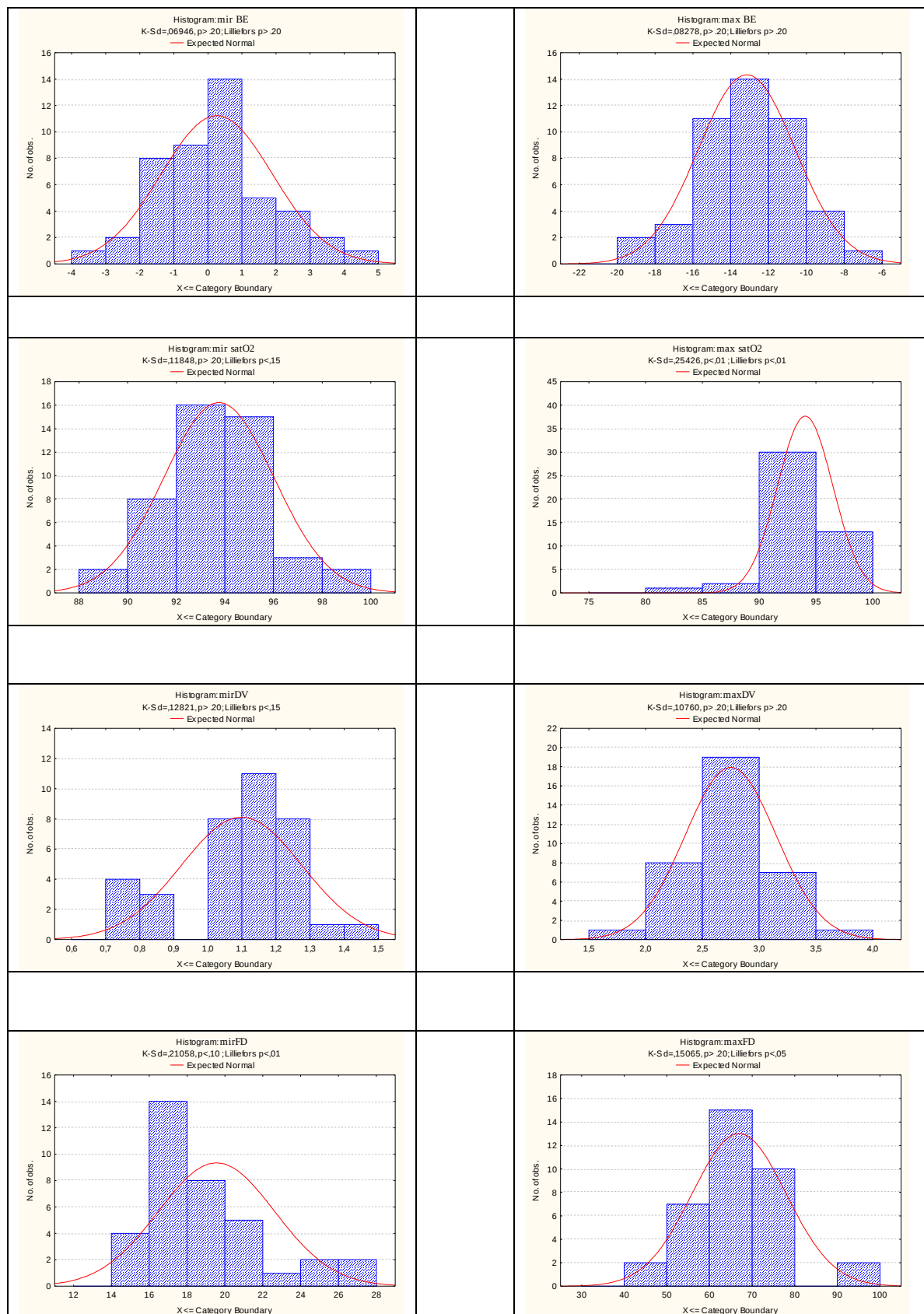
127. Wasserman, K., Hansen, J.E., Sue, D.Y., Casaburi, R., & Whipp, B.J. (1999). *Principles of exercise testing and interpretation* (3th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins
128. Zander, R. (2008). Säure-Basen-Analytik. *Anaesthesist*, 57, 819–822

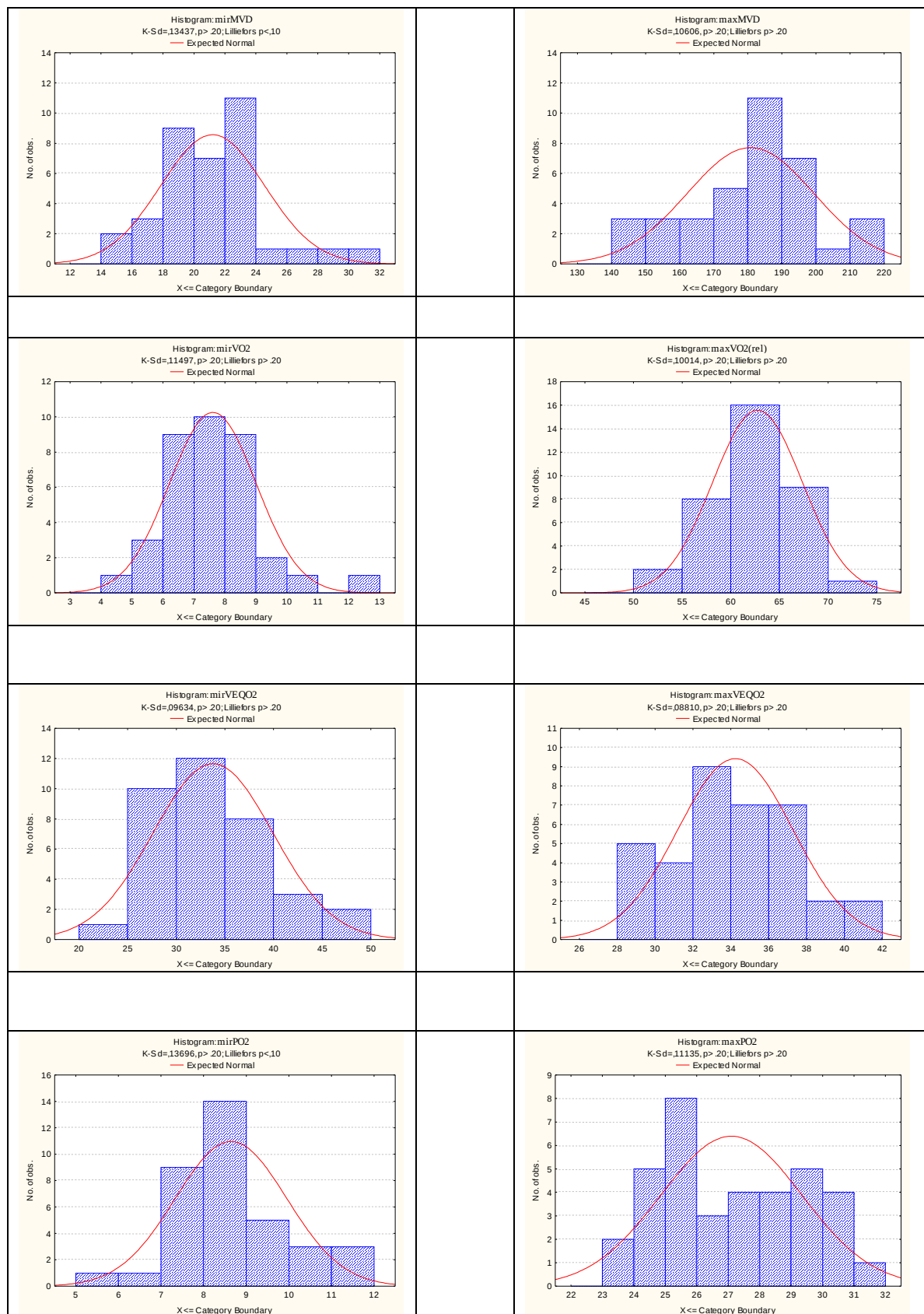
PRILOG 1

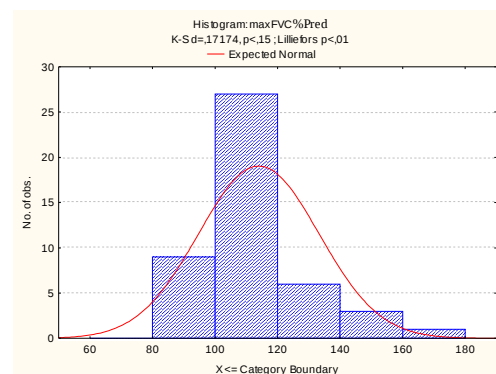
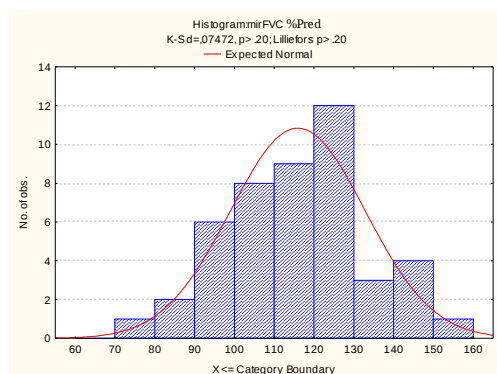
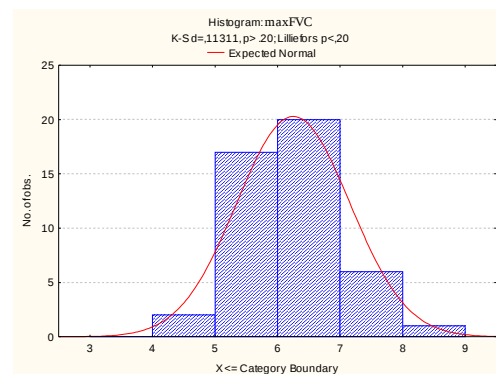
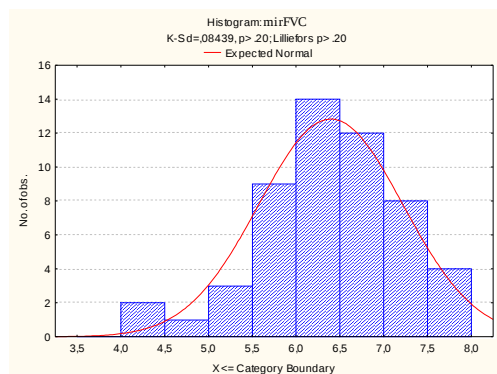
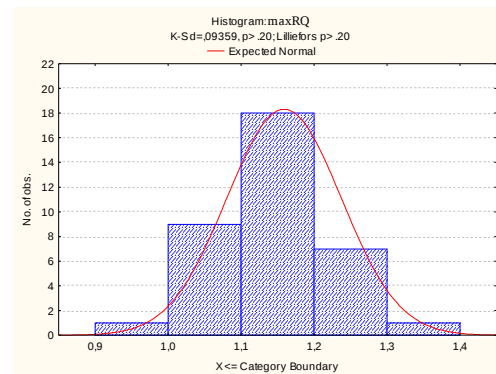
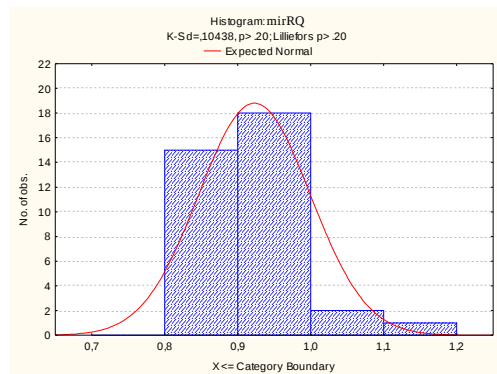
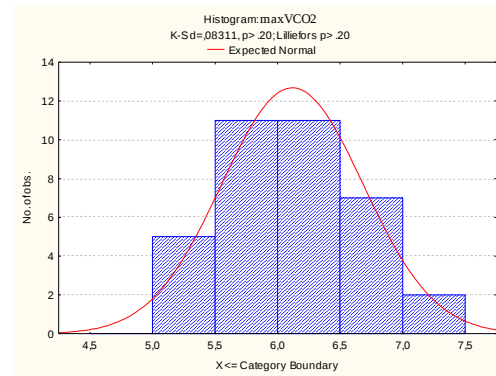
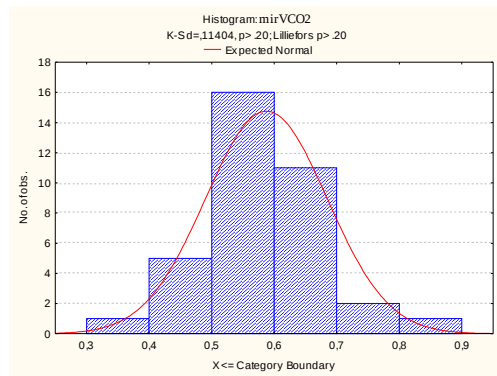
Histogrami distribucije podataka u mirovanju i nakon maksimalnog opterećenja - juniori

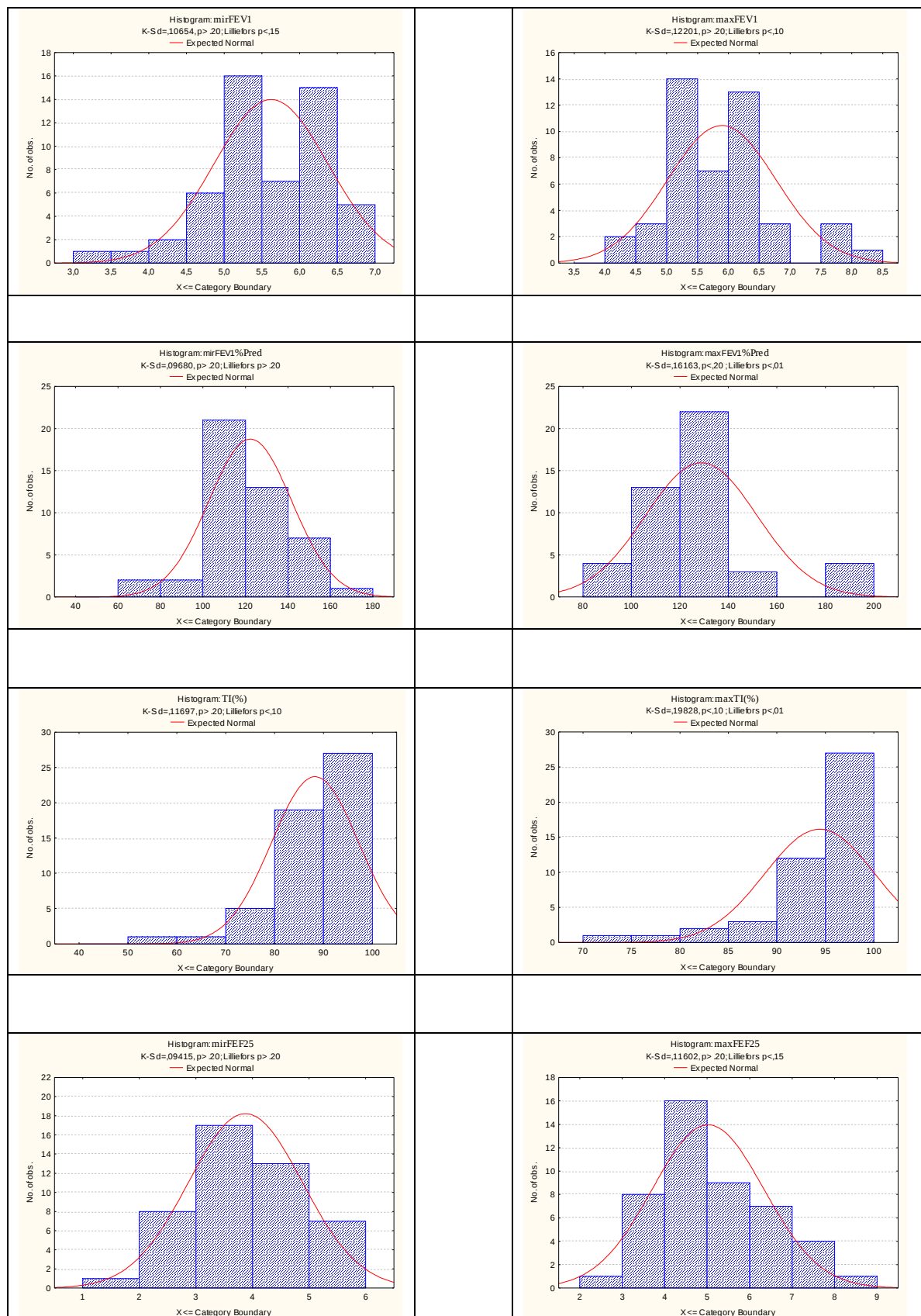


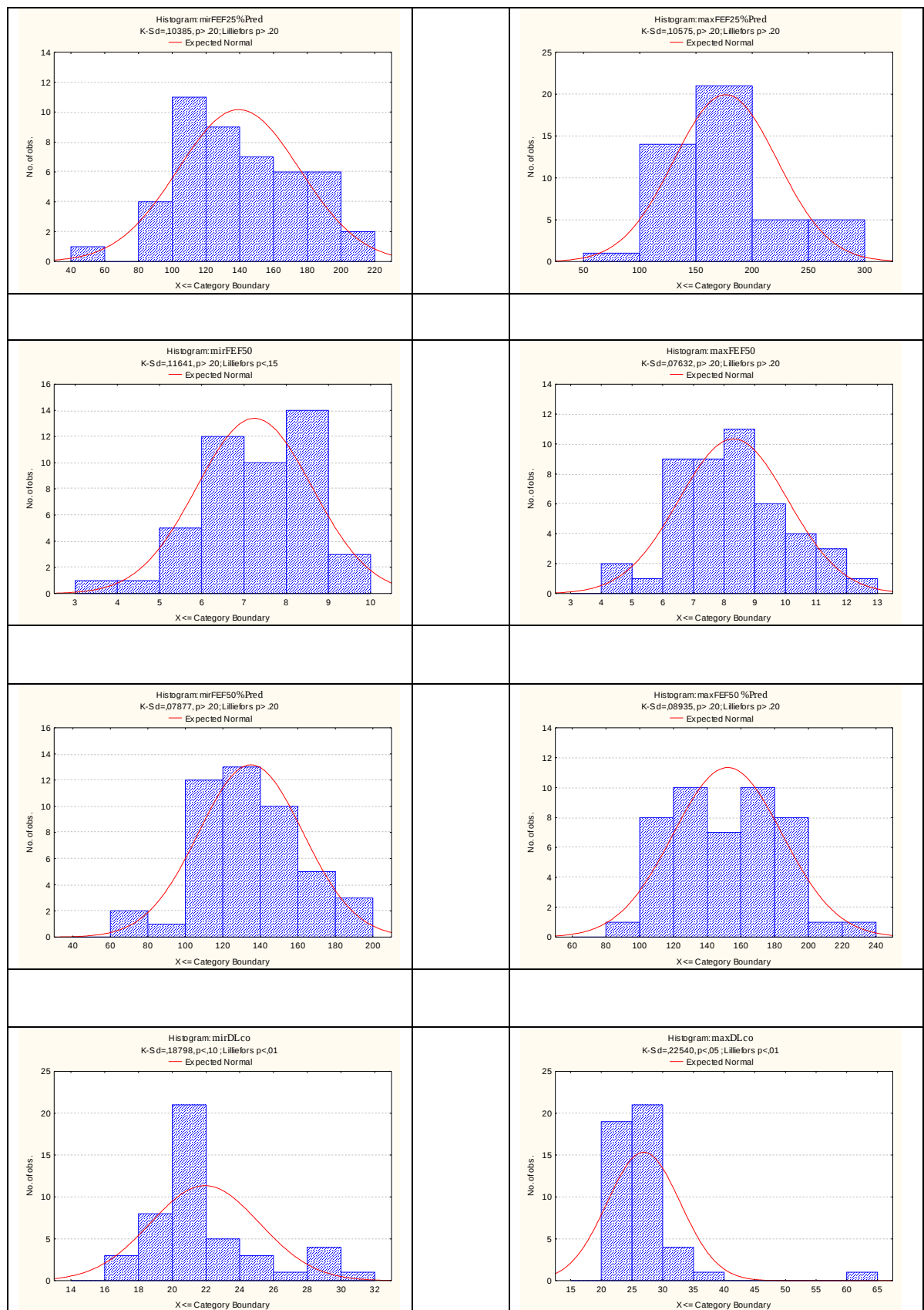








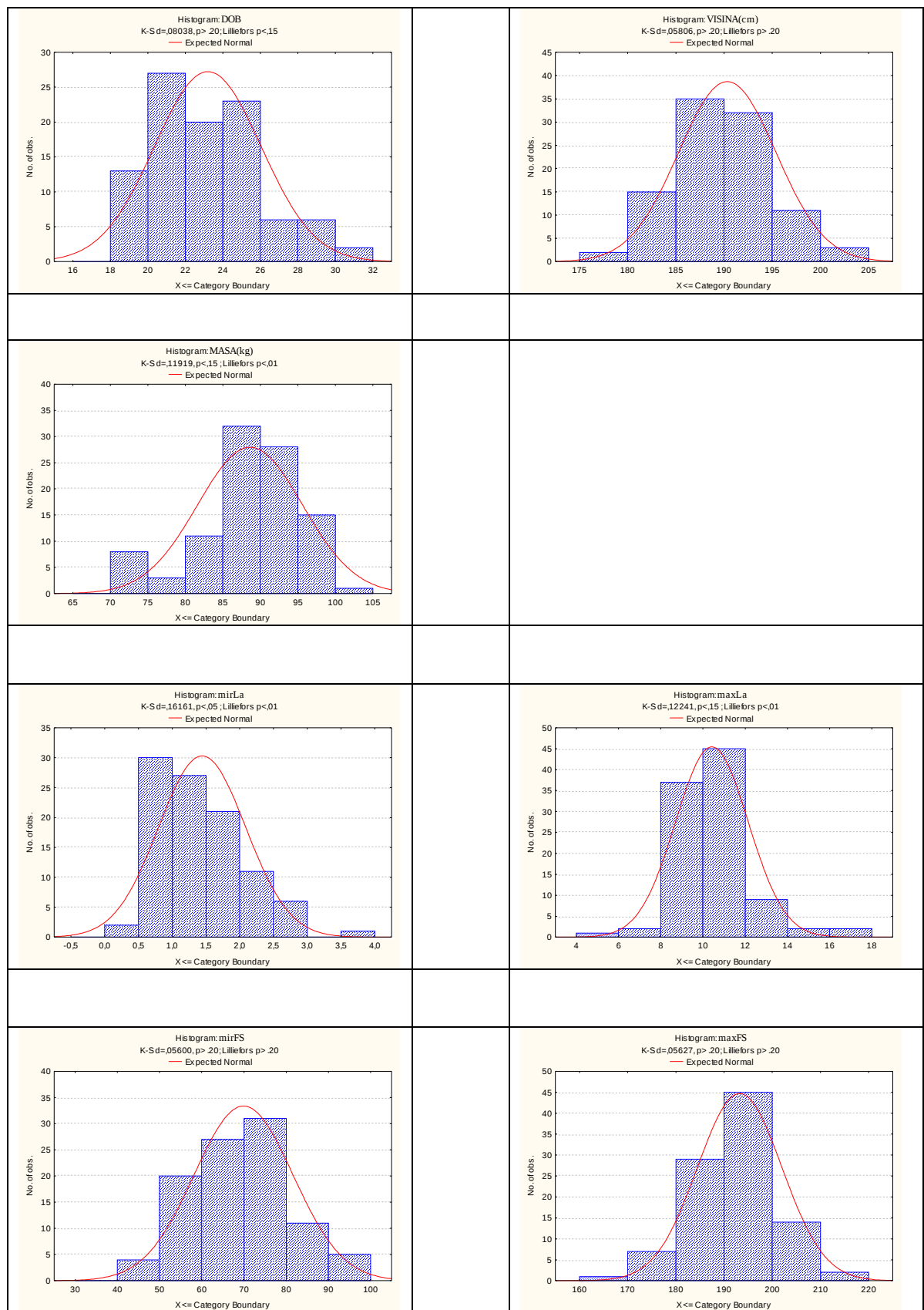


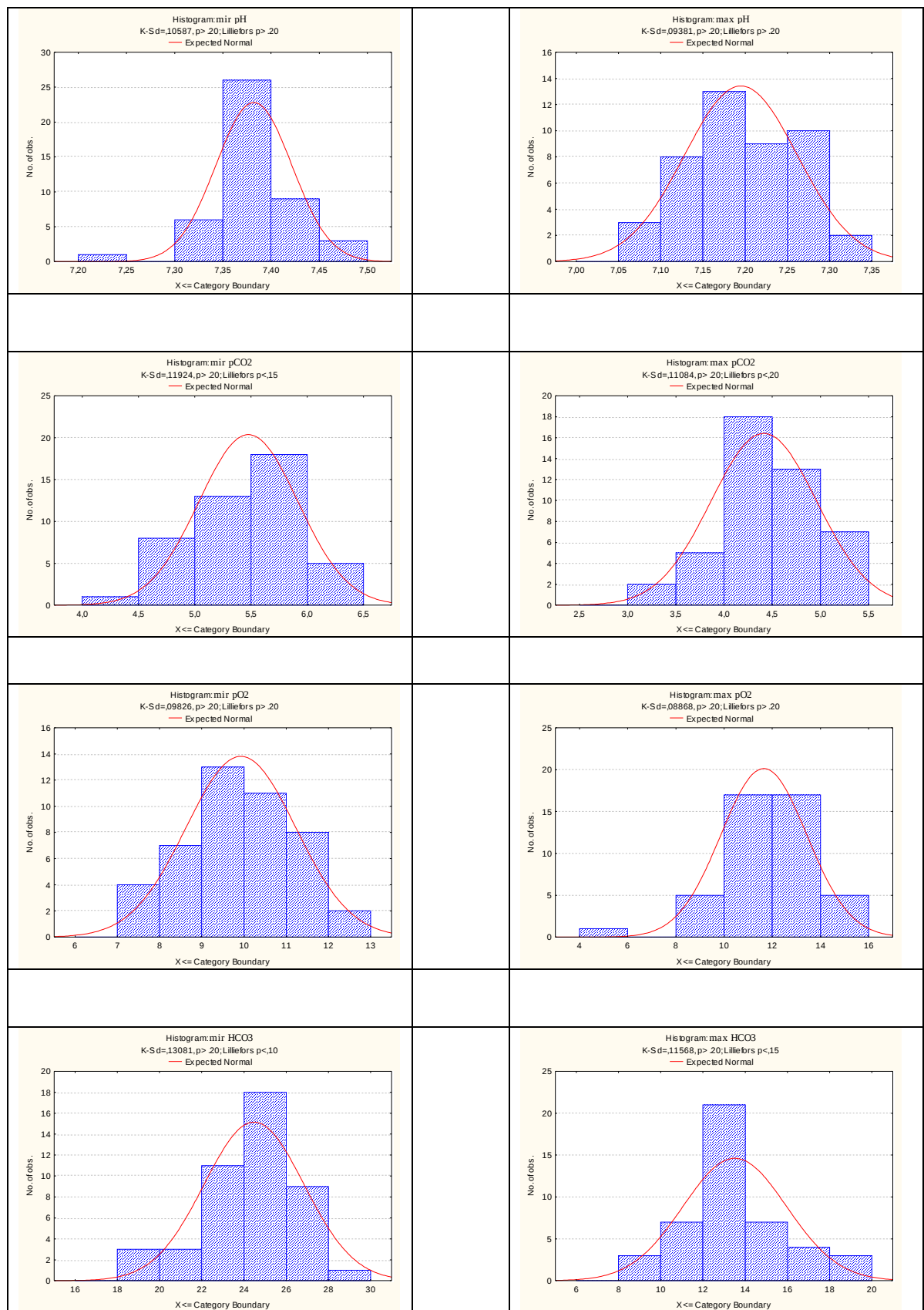


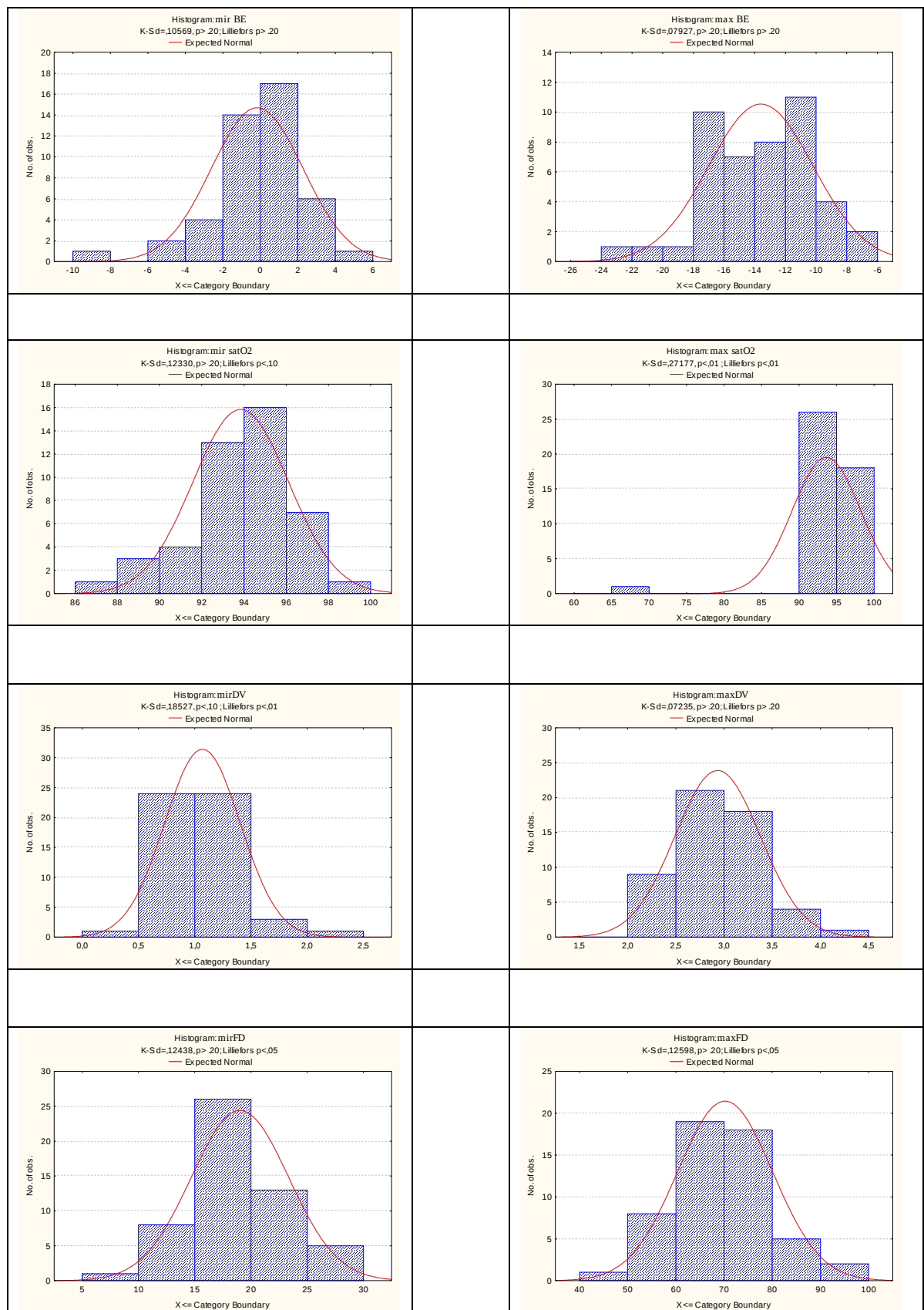


PRILOG 2

Histogrami distribucije podataka u mirovanju i nakon maksimalnog opterećenja - seniori

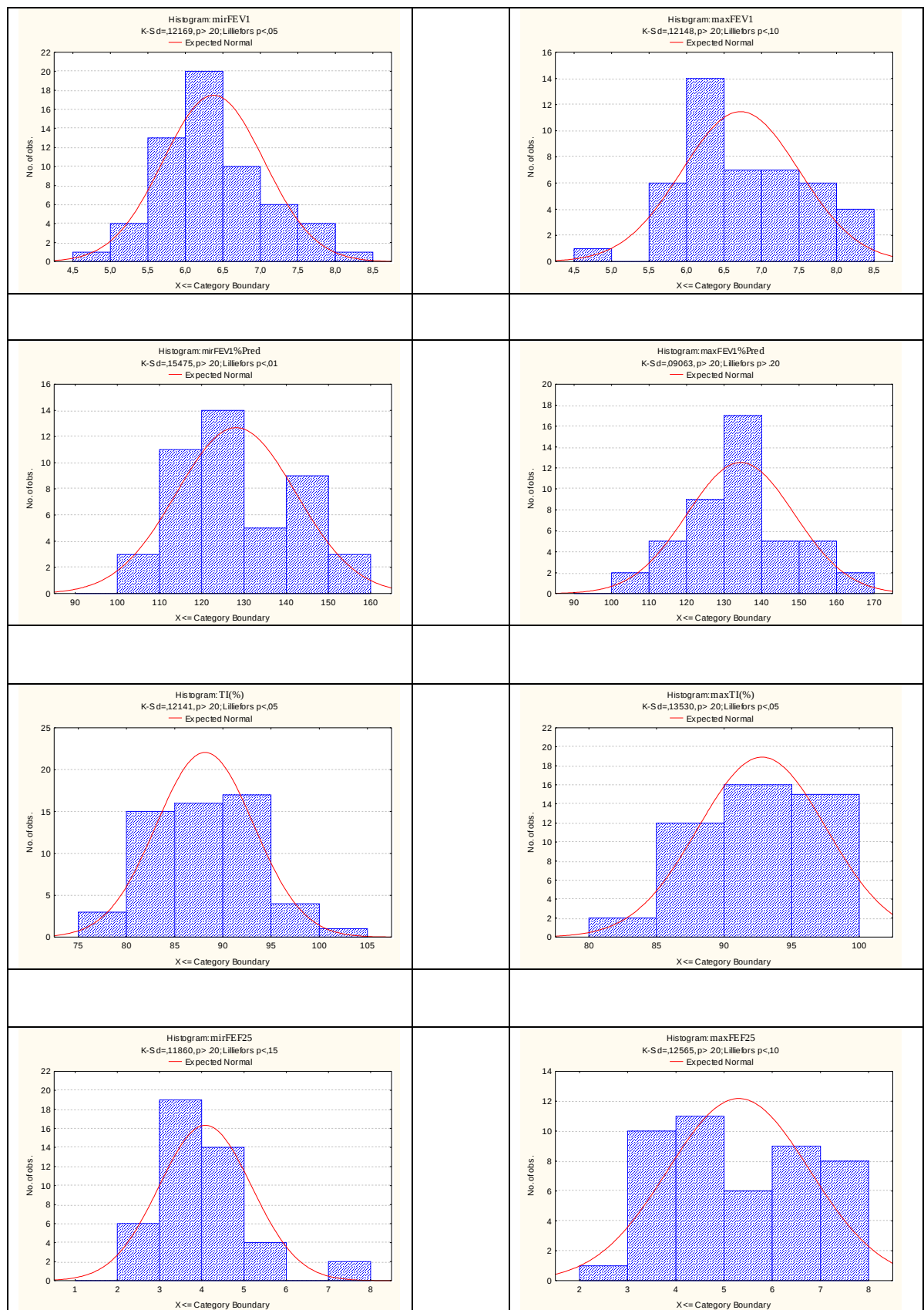




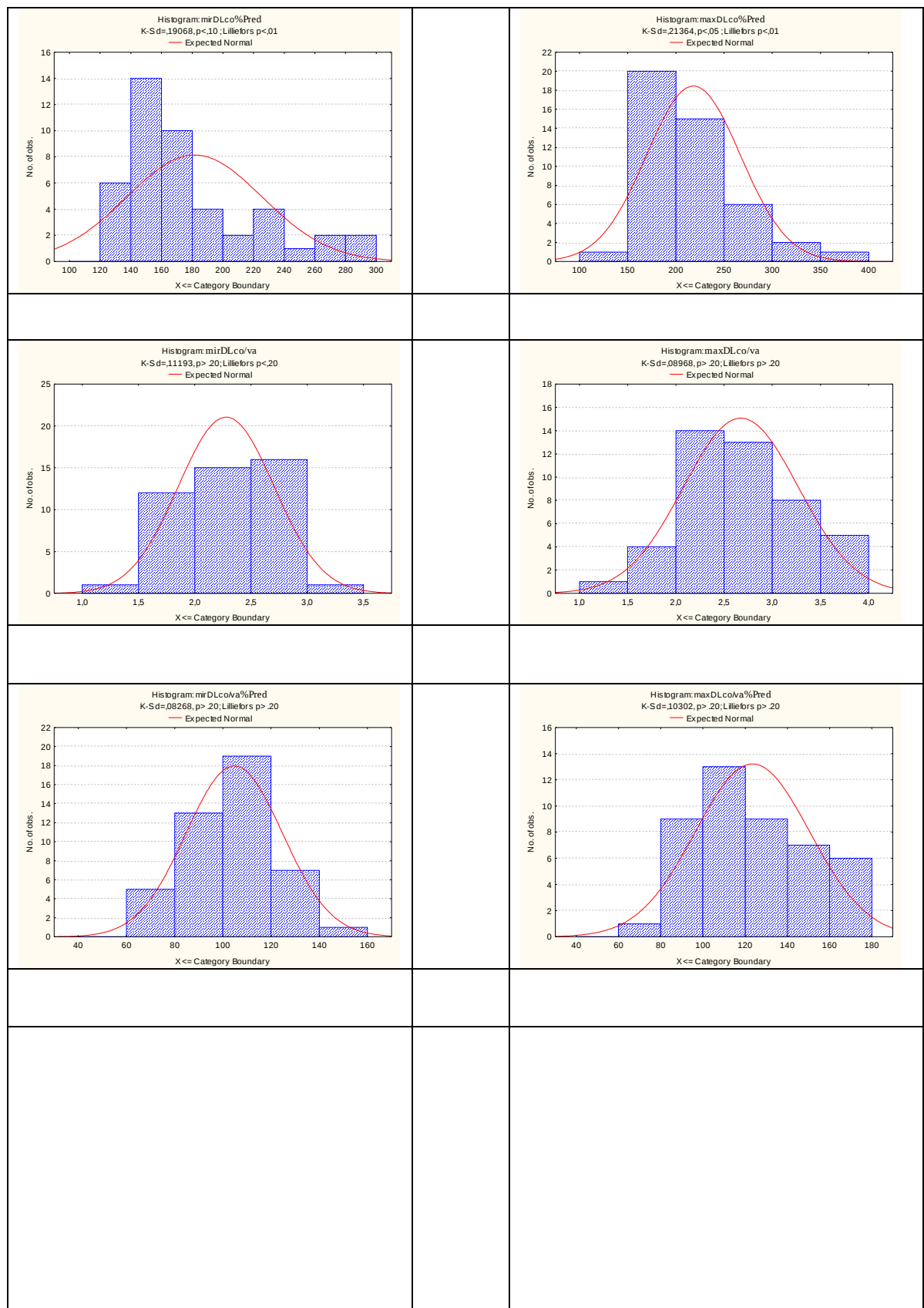


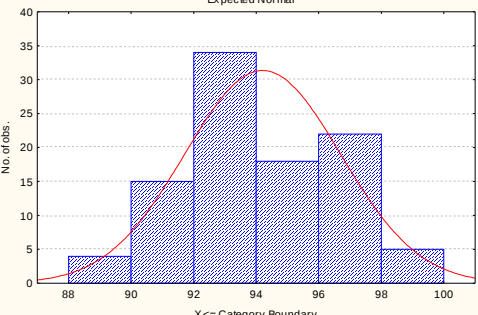
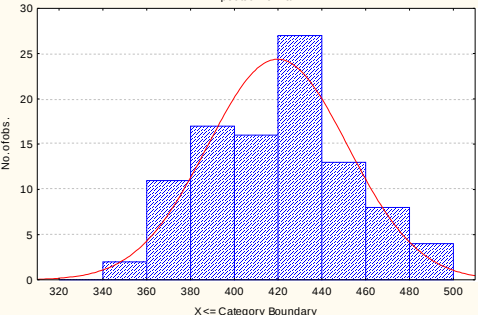
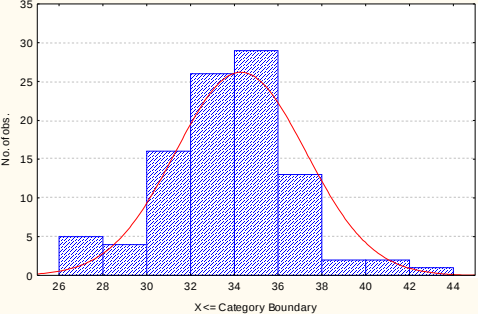










Histogram: intmax K-S d=.09530, p> .20; Lilliefors p<.05 — Expected Normal  No. of obs. X <= Category Boundary		
Histogram: max_wata K-S d=.06924, p> .20; Lilliefors p> .20 — Expected Normal  No. of obs. X <= Category Boundary		
Histogram: max_Fzav K-S d=.13399, p<.10; Lilliefors p<.01 — Expected Normal  No. of obs. X <= Category Boundary		