



PRECIZNOST ASTRANDOVOG TESTA U PROCJENI AEROBNOG KAPACITETA KOD VESLAČA I TRKAČA VETERANA - ŠTO NAM GOVORI STATISTIKA?

ACCURACY OF SUB MAXIMAL CYCLO-ERGOMETRY IN SENIOR ROWERS AND RUNNERS - WHAT CAN WE CONCLUDE BASED ON THE STATISTICS?

Pavle Mikulić¹, Lana Ružić², Goran Sporiš³
Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

SAŽETAK

Astrandov test vjerojatno je najpoznatiji i najčešće primjenjivani submaksimalni test procjene aerobnog kapaciteta. U ovom istraživanju pokušala se procijeniti njegova preciznost na osnovu usporedbe rezultata testa sa rezultatima istih ispitanika dobivenih pri direktnom mjerenju tj. maksimalnom spiroergometrijskom testu opterećenja, testu čiji se rezultati smatraju objektivnim pokazateljima funkcionalnog statusa. Uzorak ispitanika sastojao se od 46 veslača i 22 trkača muškog spola, kronološke dobi 35-65 godina koji su aktivni u veslačkom odnosno trkačkom treningu rekreacijskog karaktera. Spiroergometrijski test opterećenja obavljen je na veslačkom ergometru za veslače i na pokretnom sagu za trkače. Utvrđeni su osnovni deskriptivni parametri, Pearsonov koeficijent korelacije ($r=0.68$ za veslače i $r=0.56$ za trkače), provedena simple regresijska analiza te provedeni T-test za zavisne uzorke i Fisherov F-test. Kako rezultati T-testa za zavisne uzorke ukazuju da nema značajnih razlika između procijenjenog i direktno izmjerenog maksimalnog primitka kisika ($p=0.42$ za veslače i $p=0.27$ za trkače) moglo bi se zaključiti da se procjena može upotrebljavati umjesto direktnog mjerenja. Pravi uvid u stvarnu situaciju daju tek regresijska analiza i F-test. Rezultati F-testa ukazali su na statistički značajnu razliku između rezultata u Astrandovom testu i u spiroergometrijskom testu, kako kod veslača ($p=0.00$) tako i kod trkača ($p=0.01$). Regresijska analiza ukazala je na statistički značajno sudjelovanje Astrandovog testa u predikciji stvarnog $VO_2\max$, ali ipak uz vrlo malu količinu zajedničkih informacija ($R^2=0.46$ za veslače, $R^2=0.31$ za trkače). U zaključku, primjena Astrandovog testa ima ograničenu vrijednost, test nije prikladan za procjenu aerobnog kapaciteta kod spomenutih populacija, a jednostavni testovi razlika između skupina koji su primjenjivani u utvrđivanju pouzdanosti Astrandovog testa ne daju pravi uvid u stvarno stanje koje je ponekad vidljivo već i iz samih izvornih podataka. Ograničenje ovog istraživanja je u mogućnosti generalizacije rezultata ovog istraživanja i na cjelokupnu tjelesno aktivnu mušku populaciju srednje životne dobi kod kojih je Astrand često metoda izbora zbog submaksimalnog karaktera.

Ključne riječi: Astrandov test, spiroergometrijski test, veslači, trkači, sportska rekreacija

ABSTRACT

Astrand cycle ergometry test is probably the most famous and most frequently used sub maximal test aimed at evaluation of the aerobic capacity. In this research the accuracy of test was evaluated based on results comparison with the results obtained during maximal ergometry test, the test which is considered to be an objective indicator of functional status of the individual. The sample consisted of 46 rowers and 22 runners. All the examinees are males in their middle age (35-65 yrs), who are at least twice per week active in rowing or running recreational training sessions. The maximal ergometry test was conducted using the rowing ergometer for the sample of rowers, and treadmill for the sample of runners. Basic statistical parameters were calculated followed by Pearson correlation coefficient. Simple regression analysis was performed and Student T-test and Fisher F-test were used to verify the obtained results. The results pointed out statistically significant, but low to moderate relationship between Astrand test results and maximal ergometry results ($r=0.68$ for rowers and $r=0.56$ for runners). Simple regression analysis pointed out statistically significant prediction of true $VO_2\max$ based on the Astrand test results, but the shared variance turned out to be relatively low ($R^2=0.46$ for rowers, $R^2=0.31$ for runners). T-test results pointed out no statistically significant difference between Astrand and maximal ergometry results in both of the observed groups ($p=.42$ for rowers and $p=.27$ for runners), while stronger F-test proved otherwise ($p=.00$ rowers; $p=.01$ runners). Acquired results confirmed that Astrand test can not be considered an accurate test for evaluation of the aerobic capacity in recreational rowers and runners. For further research, it remains to be investigated can these results be translated to a broader population of the physically active men in their middle age.

Key words: Astrand cycle ergometry test, maximal ergometry test, rowers, runners, sports recreation

Primljeno 15. 07. 2005., prihvaćeno 15. 11. 2005.



UVOD

Astrandov test vjerojatno je najpoznatiji i najčešće primjenjivani submaksimalni test opterećenja za procjenu aerobnog kapaciteta. Submaksimalni testovi za procjenu aerobnog kapaciteta razvijeni su prije svega iz potrebe sigurnosti samih ispitanika. Naime, danas je općeprihvaćena upotreba progresivnog maksimalnog testa opterećenja za egzaktnu procjenu aerobnog kapaciteta na jednoj od sprava za dozirano opterećenje, najčešće na pokretnom sagu, bicikl ergometru te u manjem broju slučajeva na veslačkom ergometru. Spomenuti maksimalni test, neovisno o varijanti, iznimno je zahtjevan čak i za same sportaše. U slučaju kada želimo testirati populaciju nesportaša, aktivnu populaciju gornje srednje i starije životne dobi ili pak populaciju sa kliničkom dijagnozom, javljaju se praktične i etičke zapreke u smislu zdravstvene opravdanosti i sigurnosti takvog testiranja. Alternativna metoda procjene aerobnog kapaciteta u tim je slučajevima vrlo često neophodna. Tjelesno aktivna populacija srednje životne dobi predstavlja segment u kojem je također potreban oprez pri odluci o primjeni maksimalnog testa opterećenja, te je svakako potrebno individualno procijeniti primjerenost testa za svakog ispitanika posebno u ovisnosti od njegove sportske i eventualno kliničke anamneze.

Astrandov test vrlo je siguran test, ne zahtijeva posebnu motivaciju, a uz suvremeni bicikl ergometar i mjerač srčane frekvencije njegovo je pravilno izvođenje olakšano. Također, prikladan je za, prema potrebi, praćenje elektrokardiograma prilikom tjelesnog napora. Test u načelu zahtijeva prisustvo liječnika za vrijeme izvođenja, a kao slabe strane testa u literaturi (10) se navodi utjecaj individualnog variranja maksimalne frekvencije srca na rezultat, podcjenjivanje rezultata u ispitanika sa visokom maksimalnom frekvencijom srca te precjenjivanje rezultata u starijih ispitanika (obzirom da se maksimalna frekvencija srca smanjuje starenjem). Korelacija sa stvarnom vrijednošću $VO_2\max$ procjenjuje se na 0.85 – 0.90 (10).

Iako je Astrand-Ryhmingov nomogram koji se koristi za interpretaciju rezultata Astrandovog testa već prilično dugo u uporabi, postoji relativno malo radova koji evaluiraju točnost spomenutog nomograma odnosno linearnu ekstrapolaciju dijagrama frekvencija srca / primitak kisika. Jedan takav rad je onaj Leggea i Banistera (7) koji je imao za cilj poboljšati točnost Astrand-Ryhmingovog nomograma iz 1954., a koji vrši predikciju maksimalne aerobne snage na osnovu porasta frekvencije srca pri submaksimalnim intenzitetima rada. U tu svrhu Legge i Banister su razvili novi nomogram temeljen na linearnoj povezanosti, utvrđenoj na eksperimentalnim grupama, između primitka kisika i promjene u frekvenciji srca koja je definirana kao porast frekvencije srca iznad razine postignute pri pedaliranju bez opterećenja i sa 90 okretaja u minuti.

Cilj ovog istraživanja je odrediti preciznost Astrandovog testa pri testiranjima veslača i trkača srednje

životne dobi. Usporediti će se rezultati Astrandovog testa veslača i trkača veterana sa rezultatima na spiroergometrijskom testu na veslačkom ergometru primijenjenog na uzorku veslača te spiroergometrijskog testa na pokretnom sagu primijenjenog na uzorku trkača. Vrijednosti aerobnog kapaciteta dobivenih spiroergometrijskim testom smatraju se relevantnim i preciznim, dok su rezultati Astrandovog testa samo procjena spomenute dimenzije na temelju odnosa frekvencije srca i pripadajućeg intenziteta opterećenja.

ISPITANICI I METODE

Istraživanje je provedeno na uzorku od 46 veslača i 22 trkača srednje životne dobi (dob 35-65 godina). Svi ispitanici su bili tjelesno aktivni, i bavili su se rekreativnim veslanjem ili trčanjem najmanje 2 puta tjedno u svojim klubovima. Ispitanici su prvo testirani Astrandovim testom (2). Početno opterećenje je procijenjeno je na osnovu anamnestičkih podataka. Korišten je bicikl ergometar (tipa ErgoLine), mjerač srčane frekvencije (tipa Polar S610) te zaporni sat. Konačni rezultat testa bio je procijenjeni maksimalni primitak kisika u apsolutnim vrijednostima (l/min) koji se očita iz tablica prema završnoj frekvenciji srca i opterećenju. Taj se rezultat korigirao prema dobi ispitanika te izrazio u relativnim jedinicama kao relativni maksimalni primitak kisika (ml/kg/min).

Veslači su potom mjereni na veslačkom ergometru (tipa Concept II) uz pomoć mjerača srčane frekvencije (tipa Polar S610), aparature za mjerenje ventilacijsko metaboličkih parametara Quark b² (Cosmed, Italija) i osobnog računala sa softverskom programskom podrškom (Quark b² 6.0). Ispitanici su nakon prethodnog zagrijavanja (uveslavanja) počeli veslati uz opterećenje 100W. Nakon isteka treće minute opterećenje se kontinuirano povećavalo za 25W svaku minutu i to do trenutka kad ispitanik više nije bio u stanju pratiti zadano opterećenje. Trkači su mjereni uz pomoć iste aparature, ali je kao sprava za dozirano opterećenje korišten pokretni sag (tipa Tehnogym – RunRace Competition HC1200, Italija). Test je započinjao mirovanjem na sagu u prvoj minuti uz praćenje parametara testa. Nastavio se hodaњem pri brzini od 3 km/h u trajanju od 3 minute, te se potom brzina saga povećavala svake minute za 1 km/h. Ispitanik je počinjao trčati pri brzini od 7 km/h. Nagib saga bio je konstantan i iznosio 1.5%. U pravilu se test izvodio do iscrpljenja ispitanika, ukoliko nije bilo kontraindikacija ili ograničavajućih faktora.

Spomenutom aparaturom za mjerenje ventilacijsko metaboličkih parametara moguće je pratiti niz parametara za svaki ciklus udah-izdah (breath by breath sistem mjerenja), no zbog velike količine podataka u tom slučaju isti su usrednjeni na vremenske intervale od po 30 sekundi, te se maksimalne vrijednosti parametara $VO_2\max$ odnose na najviše vrijednosti u pojedinom intervalu od 30 sekundi.

Tablica 1. – Originalni rezultati veslača u Astrandovom testu i na veslačkom ergometru

Table 1. – Raw data for the sample of rowers (Maximal ergometry test and Astrand test)

Veslači			
Ispitanik	Direktni VO ₂ max Ergometar	Procjenjeni VO ₂ max Astrand	Razlika
1.	42.6	37.3	-5.2
2.	38.2	39.4	1.3
3.	42.0	40.4	-1.6
4.	37.0	41.1	4.1
5.	42.7	49.3	6.6
6.	33.8	32.6	-1.2
7.	47.0	47.6	0.6
8.	38.3	48.0	9.7
9.	38.2	35.2	-2.9
10.	34.9	48.1	13.2
11.	33.7	49.3	15.6
12.	38.6	38.6	0.0
13.	55.8	50.2	-5.6
14.	20.4	21.7	1.2
15.	53.4	54.5	1.2
16.	39.4	34.3	-5.1
17.	46.2	51.4	5.3
18.	49.9	52.4	2.5
19.	56.8	52.1	-4.7
20.	41.6	37.6	-4.0
21.	39.0	31.3	-7.8
22.	37.2	46.2	9.1
23.	38.5	35.2	-3.3
24.	39.2	39.3	0.0
25.	48.2	48.8	0.5
26.	42.7	30.1	-12.6
27.	35.9	28.3	-7.6
28.	53.4	47.7	-5.7
29.	29.3	31.1	1.8
30.	34.3	33.0	-1.3
31.	39.8	52.0	12.2
32.	39.2	34.7	-4.5
33.	43.4	48.9	5.5
34.	27.9	33.1	5.2
35.	48.8	49.2	0.5
36.	43.1	32.0	-11.0
37.	41.1	41.1	0.0
38.	29.3	26.7	-2.7
39.	43.2	43.2	0.0
40.	30.6	35.8	5.2
41.	39.3	32.8	-6.5
42.	41.5	49.8	8.3
43.	34.1	37.8	3.7
44.	35.4	35.0	-0.5
45.	38.4	50.6	12.3
46.	35.8	39.0	3.2

Za obradu podataka korišten je statistički paket SPSS, verzija 11,5. U prvom koraku računati su osnovni deskriptivni parametri promatranih varijabli te je normalitet distribucije provjeren Kolmogorov-Smirnov testom. Nakon toga izračunat je Pearsonov koeficijent korelacije između dvije promatrane varijable te je napravljena Simple regresijska analiza, a i primijenjeni su T-test za zavisne uzorke i Fisherov F-test. Sve statističke obrade podataka napravljene su na uzorku veslača i trkača posebno.

REZULTATI

Kako bi dali uvid u stvarne razlike između direktnog mjerenja i testa procjene u Tablicama 1. i 2. su prikazani izvorni podaci za svakog ispitanika. Posljednji stupac u tablicama prikaz je odstupanja vrijednosti rezultata u Astrandovom testu od stvarne vrijednosti relativnog maksimalnog primitka kisika dobivenog na veslačkom ergometru odnosno pokretnom sagu.

Uvidom u spomenute tablice jasno je da rezultati variraju od vrlo preciznih do značajnih odstupanja, kako na uzorku veslača tako i na uzorku trkača. Treba primijetiti i da se spomenuta odstupanja od stvarne vrijednosti primitka kisika događaju u oba smjera podjednako, tj. u Astrandovom testu dolazi do kako do podcjenjivanja tako i do precjenjivanja stvarnih rezultata.

Tablica 2. – Originalni rezultati trkača u Astrandovom testu i na pokretnom sagu

Table 2. – Raw data for the sample of runners (Maximal ergometry test and Astrand test)

Trkači			
Ispitanik	Direktni VO ₂ max Pokretni sag	Procjenjeni VO ₂ max Astrand	Ispitanik
1.	58.9	58.4	-0.5
2.	58.1	68.2	10.0
3.	53.6	41.1	-12.5
4.	55.8	50.2	-5.6
5.	59.1	47.7	-11.4
6.	58.6	45.6	-12.9
7.	54.3	64.8	10.5
8.	47.1	52.7	5.6
9.	61.2	74.5	13.4
10.	41.7	36.5	-5.1
11.	49.1	38.5	-10.5
12.	50.5	55.7	5.1
13.	56.4	47.0	-9.4
14.	51.3	34.3	-17.1
15.	41.3	47.6	6.3
16.	39.1	44.2	5.1
17.	47.5	35.0	-12.5
18.	46.4	48.5	2.1
19.	38.6	43.7	5.1
20.	58.3	54.1	-4.2
21.	39.8	42.8	3.0
22.	45.3	31.6	-13.7

Deskriptivni parametri za dvije promatrane varijable u dvije promatrane skupine ispitanika prikazani su u Tablici 3. Rezultati u obje skupine ispitanika prilično variraju oko aritmetičke sredine dok je raspon rezultata također prilično velik. Kolmogorov-Smirnov test za Astrandov test na uzorku veslača ukazao je na značajnija odstupanja od normalne distribucije što ukazuje na velike „šumove“ u tom testu, a na što će ukazati i daljnje analize ovog istraživanja.

Tablica 3. - Deskriptivna statistika sa rezultatima Kolmogorov - Smirnov testa (desno) za uzorak veslača (N=46) i trkača (N=22)

Table 3. - Descriptive statistics with the Kolmogorov-Smirnov test results for the sample of rowers (N=46) and runners (N=22)

Veslači	Min.	Max.	Mean	SD	K-S test	p
VO2AS	21.66	54.52	40.73	8.34	.164	.003
VO2ER	20.43	56.80	39.98	7.29	.122	.082
Trkači	Min.	Max.	Mean	SD	K-S test	p
VO2AS	31.55	74.53	48.30	11.10	.130	.200
VO2ER	38.60	61.16	50.54	7.39	.126	.200

Unatoč tome što je iz izvornih podataka vidljivo da nije moguće procijenjeni maksimalni primitak kisika smatrati istovjetnim direktno mjerenom, interesantno je da su rezultati Studentovog t-testa za zavisne uzorke (ponavljajuća mjerenja), Tablica 4., ukazivali na nepostojanje statistički značajnih razlika ($p=0.423$ kod veslača i $p=0.270$ kod trkača) između maksimalnog primitka kisika procijenjenog Astrandovim testom i direktno izmjerenog maksimalnog primitka kisika na veslačkom ergometru odnosno pokretnom sagu.

Tablica 4. - Rezultati Studentovog t-testa za uzorak veslača i trkača

Table 4. - Student T-test results for the sample of rowers and runners

	Paired Differences					t	p
	Mean	SD	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
				Lower	Upper		
Veslači	.75	6.31	.93	-1.12	2.63	.809	.423
Trkači	-2.24	9.28	1.98	-6.35	1.87	-1.13	.270

Pearsonov koeficijent korelacije ukazuje na u oba slučaja statistički značajnu (na razini 0.01), ali relativno nisku povezanost rezultata u dva promatrana testa (Tablica 5).

Tablica 5. - Vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije za rezultate Astrandovog testa i rezultate na veslačkom ergometru odnosno pokretnom sagu

Table 5. - Pearson correlation coefficient for the Astrand test results and maximal ergometry results (on rowing ergometer & treadmill)

Veslači	VO2AS	VO2ER
VO2AS	1	.681(**)
VO2ER	.681(**)	1
Trkači	VO2AS	VO2ER
VO2AS	1	.559(**)
VO2ER	.559(**)	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tek uvidom u rezultate jednostavne regresijske analize možemo dobiti pravi uvid u mogućnost predikcije maksimalnog primitka kisika iz vrijednosti procijenjenih Astrandovim testom. Iako je i u uzorku veslača i u uzorku trkača predikcija značajna, ona objašnjava izuzetno mali postotak zajedničkih informacija ($R^2=0.464$ i $R^2=0.313$)

Tablice 5a i 5b – Rezultati Simple regresijske analize za kriterijsku varijablu VO2ER – uzorak veslača
 Tables 5a and 5b – Simple regression analysis results for the criterion VO2ER – sample of rowers

5a)	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	F	Sig.
Model Summary	.681(a)	.464	.452	5.39777	38.076	.000(a)

a Predictors: (Constant), VO2AS

b Dependent Variable: VO2ER

5b)		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
Coefficients(a)	(Constant)	15.718	4.011		3.918	.000
	VO2AS	.596	.097	.681	6.171	.000

a Dependent Variable: VO2ER

Tablice 6a i 6b – Rezultati Simple regresijske analize za kriterijsku varijablu VO2ER – uzorak trkača
 Tables 6a and 6b – Simple regression analysis results for the criterion VO2ER – sample of runners

6a)	Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	F	Sig.
Model Summary	1	.559(a)	.313	.278	6.27597	9.098	.007(a)

a Predictors: (Constant), VO2AS

b Dependent Variable: VO2ER

6b)		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
Coefficients(a)	(Constant)	32.561	6.109		5.330	.000
	VO2AS	.372	.123	.559	3.016	.007

a Dependent Variable: VO2ER

DISKUSIJA

Iako su neki dosadašnji radovi ukazivali na visoku korelaciju Astrandovog testa (6,9) u ovom radu je ukazano da je prediktivna moć Astrandovog testa, barem kod starijih rekreativnih sportaša, prilično slabija. Razlike dosadašnjih istraživanja i rezultata dobivenih u ovom radu vjerojatno potiču iz primjene različitih statističkih metoda. Većina dosadašnjih istraživanja koristila je

testove korelacije i Studentov-t-test za zavisne uzorke koji su i u našem istraživanju dali rezultate nepostojećih statistički značajnih razlika između procijenjenog i direktno mjenog maksimalnog primitka kisika. Značajne razlike utvrđivane na ovaj način nisu utvrđene niti u veslača ($p=0.423$) niti u trkača ($p=0.270$). Ipak, sam pogled na izvorne podatke (Tablice 1. i 2.) dovoljan je

da izazove sumnju u pravilan odabir statističke metode i daje jasnu sliku o tome da rezultati dobiveni procjenom nikako ne mogu biti smatrani istovjetnima rezultatima direktnog mjerenja aerobnih sposobnosti. U vrhunskom sportu odstupanja koja se kreću čak do 15 ml/kg/min u nekih ispitanika nikako ne mogu biti prihvatljiva jer su kod pojedinih ispitanika rezultati dobiveni Astrandovim testom precjenjivali ili podcjenjivali sposobnosti ispitanika za čak 40-tak posto.

Također, Pearsonov koeficijent korelacije pokazuje statističku značajnost, ali moramo imati na umu da on ne govori o istovjetnosti nego o povezanosti podataka tako da i u slučaju značajnih odstupanja, ako postoji obrazac odstupanja, pokazati će se statistička značajnost. To, na žalost, ne znači da možemo upotrebljavati test procjene umjesto testa direktnog mjerenja aerobnog kapaciteta. Dobivena korelacija je nešto veća na uzorku veslača, no još uvijek značajno ispod vrijednosti 0,85 - 0,90 koje se spominju u literaturi za Astrandov test (10).

Ako znamo da oba testa imaju svrhu procjenjivati istu dimenziju – aerobni kapacitet – tim više dobivenu povezanost rezultata možemo okarakterizirati kao nedovoljno visoku. Slične pogreške, prema našem mišljenju su relativno česte, kao npr. pri istraživanju pouzdanosti metoda procjene ventilacijskog praga (4). Na sličan način je ustanovljena i visoka povezanost ($r=0.94$) procjene maksimalnog primitka kisika Astrandovim testom i maksimalnog primitka kisika izmjenjenog Bruceovim protokolom u radu Macsweena (8), koji tvrdi da Astrandov test podcjenjuje prave vrijednosti maksimalnog primitka kisika za samo 2.2% što nije u skladu s rezultatima ovog istraživanja.

Temeljem malih razlika od dva posto, Macsween (8) preporučuje upotrebu metoda submaksimalnog testiranja i u kliničke i istraživačke svrhe, dok se prema rezultatima našeg istraživanja s time ne možemo složiti, barem ne u vrhunskom sportu kada su točno izmjerene vrijednosti temelj pravilnog programiranja i procjene treniranosti sportaša.

Očigledno pravo stanje stvari dobivamo tek primjenom jednostavne regresijske analize kojom procjenjujemo predikciju vrijednosti maksimalnog primitka kisika mjerenog direktnim mjerenjem na osnovi vrijednosti testa procjene. Iako i kod ove metode statistička značajnost postoji ($p<0.01$) ne bi se smjeli zavarati tim rezultatom.

Tek ako pogledamo koeficijent determinacije dobivamo pravi uvid u stanje: unatoč statističke značajnosti vidljivo je (Tablice 5. i 6.) da je objašnjeno svega 45 tj. 32% rezultata što je zanemarivo. Pri ovom testu sve vrijednosti manje od 75% ($R^2 < 0.75$) mogu biti zanemarene bez obzira na p vrijednost. Rezultati ovog testa jasno govore da na temelju procijenjenog

maksimalnog primitka kisika s točnošću možemo predvidjeti pravi, direktno mjereni aerobni kapacitet, samo kod 30-40% ispitanika što je, posebno za vrhunski sport, neprihvatljivo.

Sve navedeno upućuje na zaključak da se submaksimalni Astrandov test ne može smatrati prikladnim za procjenu aerobnog kapaciteta u spomenutim populacijama.

Submaksimalni testovi ipak imaju svoju primjenu ali bi trebali biti sport specifični. Iako su Bouskaret i sur. (3) već davno utvrdili potrebe sport specifičnog testiranja za veslače upotreba Astrandovog testa je ostala široko primijenjivana, posebno u starijim dobnim kategorijama. Specifični submaksimalni testovi za veslače, kao npr. šestominutni diskontinuirani inkrementni submaksimalni test na Concept II veslačkom ergometru (5) ima veću prediktivnu moć za vrijednosti maksimalnog primitka kisika nego test na pokretnoj traci ili biciklu ergometru.

Ipak, ponekad je potrebno uzeti u obzir i razloge mjerenja maksimalnog primitka kisika u određenim populacijama. Npr. maksimalni primitak kisika može biti i prediktor vremena preživljavanja osoba s različitim težim bolestima srca (kao npr. kongenitalne srčane mane i sl.). Kod takvih osoba je maksimalni direktni spiroergometrijski test može predstavljati značajan rizik, a izgleda da i nije potreban. Naime, prema Aaransonu i Manciniju (1) koji su procjenjivali vrijeme preživljavanja u 272 pacijenta s teškom srčanom manom na osnovu podataka submaksimalnog testa procjene i direktnog spiroergometrijskog testiranja, podaci dobiveni direktnim mjerenjem nisu značajno pridonijeli poboljšanju predviđanja vremena preživljavanja, te stoga direktno mjerenje nije bilo medicinski opravdano

I na kraju osvrt na razlike između subuzoraka u vrijednostima maksimalnog primitka kisika izmjenjenog direktnom metodom. Prosječno veće vrijednosti aerobnog kapaciteta kod trkača u usporedbi sa veslačima (50.3 vs. 39.9) mogu se prilično lako objasniti činjenicom da iako su i trčanje i veslanje aktivnosti aerobnog karaktera, tj. u velikoj mjeri zahtijevaju i razvijaju aerobni kapacitet, ipak veća tjelesna masa kod veslača (zbog zahtjeva u smislu djelovanja na čamac što većom mišićnom silom) iste dovodi u podređen položaj kada je u pitanju relativni $VO_2\max$ kao pokazatelj aerobnih sposobnosti.

Ostaje pitanje (ograničavajući faktor istraživanja) da li je moguće generalizirati rezultate ovog istraživanja i na cjelokupnu tjelesno aktivnu mušku populaciju srednje životne dobi. U svakom slučaju dobiveni rezultati ukazuju na potrebu za daljnjim istraživanjem preciznosti i pouzdanosti Astrandovog testa koji je još uvijek najviše i najčešće primjenjivan submaksimalni test opterećenja za procjenu aerobnog kapaciteta.

LITERATURA

1. Aaronson KD, Mancini DM. Is percentage of predicted maximal exercise oxygen consumption a better predictor of survival than peak exercise oxygen consumption for patients with severe heart failure? *J Heart Lung Transplant*, 1995;14(5):981-9.
2. Astrand, P.O., Rodahl, K. *Textbook of Work Physiology*. McGraw-Hill, New York, 1977.
3. Bouckaert J, Pannier JL, Vrijens J. Cardiorespiratory response to bicycle and rowing ergometer exercise in oarsmen. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1983;51(1):51-9.
4. Kara M, Gokbel H, Bediz CS. A combined method for estimating ventilatory threshold. *Sports Med Phys Fitness* 1999 Mar;39(1):16-9.
5. Lakomy HK, Lakomy J. Estimation of maximum oxygen uptake from submaximal exercise on a Concept II rowing ergometer. *J Sports Sci*, 1993;11(3):227-32.
6. Latin RW, Elias BA. Predictions of maximum oxygen uptake from treadmill walking and running. *J Sports Med Phys Fitness*, 1993;33(1):34-9.
7. Legge BJ, Banister EW. The Astrand-Ryhming nomogram revisited. *Journal of Applied Physiology*, 1986;61(3):1203-1209.
8. Macsween A. The reliability and validity of the Astrand nomogram and linear extrapolation for deriving VO₂max from submaximal exercise data. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2001;41(3):312-317.
9. Patton JF, Vogel JA, Mello RP. Evaluation of a maximal predictive cycle ergometer test of aerobic power. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1982;49(1):131-40.
10. Wood RJ. Astrand Cycle Ergometer Test /on line/. S mreže skinuto 14. ožujka 2004 s www.topendsports.com/testing/tests/astrand.htm.