

PROSTOR
PRAVOG

Horvat Vladimir

Katedra za kineziološku fiziologiju i patologiju

**ANALIZA VRIJEDNOSTI HEMOGLOBINA I BROJA
ERITROCITA KOD VRHUNSKIH SPORTAŠA**

THE ANALYSIS OF HAEMOGLOBIN CONCENTRATION AND THE NUMBER OF ERYTHROCYTES IN CHAMPION ATHLETES

1. The average number of erythrocytes in champion athletes in rest is the same as the average number of erythrocytes in healthy men of the same age.
2. The average percentage of haemoglobin is lower in champion athletes than in the healthy men of the same age.
3. Analysing blood content in athletes is necessary to use population norms.
4. If the number of erythrocytes in athletes is different from population norms, it is necessary to analyse the blood content and to start therapy.
5. Greater oxygen supply in champion athletes is enabled by more intensive blood circulation. Higher number of blood elements would increase blood viscosity and lessen the speed of blood circulation.
6. It can be concluded that the percentage of haemoglobin in athletes' blood is lower, because their blood is overcrowded with younger forms of erythrocytes which have smaller concentration of haemoglobin.

АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВА ГЕМОГЛОБИНА И ЧИСЛА ЭРИТРОЦИТОВ У МАСТЕРОВ СПОРТА

1. У мастеров спорта в состоянии покоя в среднем такое же число эритроцитов, как у здоровых мужчин того же возраста.
2. Процент гемоглобина у тренированных спортсменов в среднем ниже, чем у здоровых мужчин того же возраста.
3. При определении состояния крови спортсменов нужно применять принятые обычные нормы.
4. Если число эритроцитов у спортсменов отклоняется от нормы необходимо сделать анализ и назначить лечение.
5. Повышенное снабжение кислородом у тренированных спортсменов обеспечивается повышением циркуляции крови. Повышение числа кровяных элементов повысило бы густоту и понизило скорость циркуляции крови.
6. Можно предположить, что процент гемоглобина в крови спортсменов меньше, так как у спортсменов преобладают более молодые формы эритроцитов, содержащие невысокое количество гемоглобина.

UVOD

U izvještajima o zdravstvenom i kondicionom stanju naših vrhunskih sportaša skoro redovito nalazimo mišljenje da njihova crvena krvna slika ne zadovoljava, te da se preporučuje bolja i kvalitetnija ishrana. To nas je potaklo da taj problem pokušamo analizirati i ustanoviti koliko crvena krvna slika naših sportaša odstupa od prosječne vrijednosti stanovništva.

U literaturi nalazimo različita mišljenja o crvenoj krvnoj slici kod sportaša. Različiti se autori ne slažu po pitanju da li pod uticajem treninga nastaju promjene u broju eritrocita i sadržaja hemoglobina. Popularno vjerovanje, da trening dovodi do postepenog porasta relativnog sadržaja hemoglobina i količine crvenih krvnih tjelešaca, počiva na oskudnim eksperimentalnim podacima. Tako je Herxheimer (1) zabilježio slučaj bicikliste, koji je imao 7,000.000 eritrocita, ali se takva usamljena opažanja danas mnogo ne cijene. Schneider i Havens (2) pratili su tri osobe u toku treninga. Kod jedne osobe povećan je broj eritrocita za 3,6%, kod druge 9,4%, a kod treće nije bilo promjena. Anderson (3) i suradnici vršili su slična ispitivanja kod dva ispitanika i jednog kontrolnog. Prvi je bio podvrgnut vrlo intenzivnom, a drugi umjerenom treningu u trajanju od dvadesettri tjedna. Kod ispitanika koji je umjerenom trenirao nije došlo do nikakvih izraženih promjena. Kod ispitanika koji je intenzivno trenirao, procent hemoglobina je u početku pokazao pad, a zatim postepeni porast. Isto je tako i količina hemoglobina po eritrocitu u početku padala, a zatim rasla. Acherman i Lebrecht (4) opisali su veliki broj veslača sa preko 6,000,000 eritrocita, ali se nakon veslačke sezone taj broj smanjio. Thörner (5) je kod osam treniranih studenata našao 5,000.000 eritrocita, a kod istog broja netreniranih 5,360.000, dok je kod 24 sportaša, koji su sudjelovali na Olimpijadi u Amsterdamu našao 5,240.000 eritrocita. Isti je autor našao kod sportaša manji procenat hemoglobina uz isti broj eritrocita kao kod netreniranih. Broun (6) smatra na osnovu ispitivanja na psima, da naporni trening dovodi do razaranja eritrocita, ali da je ta pojava prolazna i da ovisi o prijašnjem treningu. Cureton (7) je kod grupe od 12 američkih atletičara kandidata za Olimpijadu zabilježio prosječnu vrijednost eritrocita 5,000.000 i 94,8% hemoglobina. Farris (8) je kod grupe treniranih studenata jednog američkog koleđa našao 5,300.000 eritrocita. Berry (9) je kod 147 olimpijskih natjecatelja našao 16 g. hemoglobina, odnosno 100%, ali su vrijednosti varirale od 13,7 — 18,6 g. Krestovnikov (10) u svojoj knjizi navodi, da broj eritrocita kod treniranih može narasti do 7,000.000, ali po podacima u istoj knjizi grupa od 80 skijaša trkača imala je u prosjeku 4,611.000 eritrocita i 89,7% hemoglobina, a grupa od 29 veslača 83,4% hemoglobina. Sekulić (11) i suradnici trenirali su deset mladića na biki-klergometru kroz 13 dana, pa je broj eritrocita pao sa 4,559.000 na 4,341.000, a sadržaj hemoglobina sa 14,5 g. na 13,9 g. Rougier (12) je kod 20 dobro

treniranih sportaša našao 5,565.000, kod umjerenom treniranih 5,243.000 dok kod 20 nesportaša 5,002.000 eritrocita. Thörner (13) u Arnoldovom udžbeniku sportske medicine tvrdi da krv sportaša u mirovanju po broju eritrocita odgovara normalni i da ne može biti govora o nekom trajnom povećanju. Isti autor smatra da nije potrebno da se kod treniranih krv u mirovanju opterećuje nepotrebnim brojem eritrocita, kad im na raspoloženju stoji dovoljno velika »miogena reakcija«, tj. povećanje broja eritrocita kod napora. Naime, neposredno iza fizičkog napora broj eritrocita u krvi naraste. Taj porast nazivamo »miogena reakcija«. Karpovich (14) tvrdi da nakon rada broj eritrocita naraste od 5,000.000 na 5,200.000 do 6,100.000, ali u prosjeku za oko 10%. Thörner (15) tvrdi da je povećanje čak 20%. Kod kratkih i srednjih pruga povećanje je veće, dok kod dugih pruga manje. Farris (8) je utvrdio da broj eritrocita kod napora koji traje do 25 min. raste, a kod napora koji traje duže od 25 min. čak i pada.

Da bi mogli odgovoriti na pitanje da li crvena krvna slika naših vrhunskih sportaša zadovoljava ili ne, moramo prije svega utvrditi, koja je »normalna« crvena krvna slika kod naše populacije. Pri ocjeni krvne slike sportaša polazi se naime od krive pretpostavke da je normalni broj eritrocita 5,000.000, a sadržaj hemoglobina 16 g. odnosno 100%. Pritom se ne misli da li ti brojevi stvarno odgovaraju normalnim prosječnim vrijednostima naše populacije. U stvari te vrijednosti uzete su iz stranih udžbenika i dobivene su na drugim populacijama. Prema tome prije nego što bi pokušali odgovoriti na postavljeno pitanje, moramo raspolagati izvjesnim podacima o crvenoj krvnoj slici naših ljudi. Vidjeli smo da je Thörner kod osam studenata nesportaša našao vrijednosti od 5,360.000 eritrocita i da je to uspoređivao sa vrijednostima kod sportaša. Za ovakvo upoređivanje nije dovoljno uzeti tako mali uzorak kao kontrolu, nego treba izvršiti ispitivanje na što većem reprezentativnom uzorku normalne populacije. Pritom treba paziti i na ostale faktore koji mogu utjecati, kao npr. dob i spol.

U ovom radu uporedili smo vrijednosti crvene krvne slike jedne veće grupe mladića starih 20 do 24 godine sa vrijednostima naših vrhunskih sportaša različitih sportskih disciplina. Cilj ispitivanja bio je da se utvrdi, da li vrijednosti naših vrhunskih sportaša značajno odstupaju od vrijednosti koje vrijede za našu populaciju. Na kraju želimo analizirati i prokomentirati značaj eventualnih odstupanja.

1. METODE RADA

Krv je uzimana iz jagodice prsta po svim pravilima laboratorijske tehnike. Hemoglobin je određivan metodom po Sahliju. 100% hemoglobina odgovara 16 g. hemoglobina u 100 ml krvi.

Za brojenje eritrocita krv je razrijeđena Hayemovom otopinom, a eritrociti su brojeni u ko-

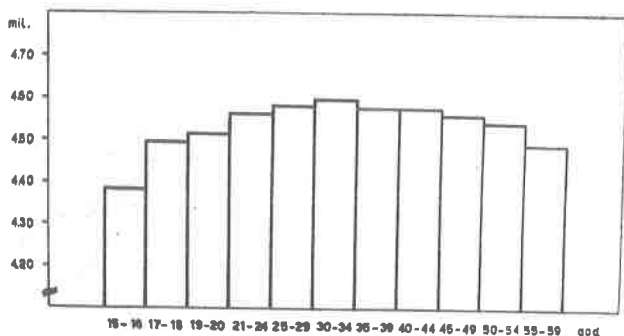
mori po Türku. Krv za analizu je u pravilu uzimana ujutro i ispitanicima je rečeno da budu na tašte.

2. UZORAK ISPITANIKA

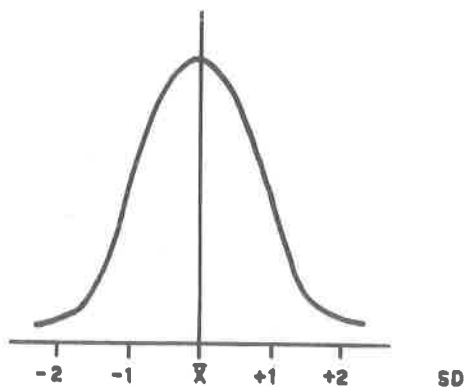
Za ovo istraživanje imali smo dvije grupe ispitanika. Jedna grupa su bili zdravi ljudi koji su pregledani u dispanzeru za medicinu rada prije stupanja na posao. Među njima je bilo onih koji su se prvi puta zapošljavali i onih koji su mijenjali zaposlenje. Druga grupa su bili naši vrhunski sportaši različitih disciplina. Grupa zdravih ljudi bila je nesrazmjerno veća jer smo na osnovu njihovih nalaza željeli postaviti »normalne granice« broja eritrocita i sadržaja hemoglobina. Ona je obuhvaćala muškarce stare od 15 do 60 godina i radi sigurnijeg upoređivanja sa sportašima podijeljena je u starosne grupe.

3. REZULTATI

U grupi zdravih muškaraca ispitano je 15.000 muškaraca starih od 15 do 60 godina. Slika br. 1 prikazuje broj eritrocita u različitim starosnim grupama. Između 15 i 19 godina grupe su složene od dva godišta, a dalje od pet. Kako se iz slike vidi, broj eritrocita raste sve do 30 godina a zatim

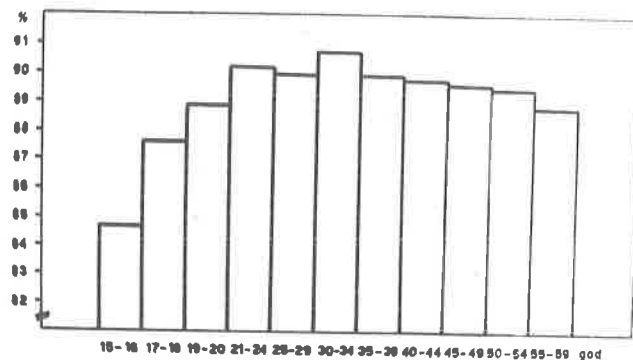


Slika 1

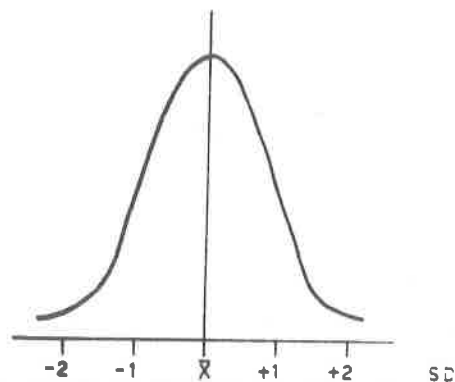


POPULACIJA	409	459	509	mil.
SPORTAŠI	4.16	4.60	5.10	

Slika 1a



Slika 2



POPULACIJA	78.89	90.48	102.14	%
SPORTAŠI	75.70	86.86	97.90	

Slika 2a

postepeno opada. Slično je i sa sadržinom hemoglobina (sl. 2). Brojčani podaci dani su u tablici br. 1. Prema tome za određivanje normalnih vrijednosti treba uzimati u obzir i starost ispitanika.

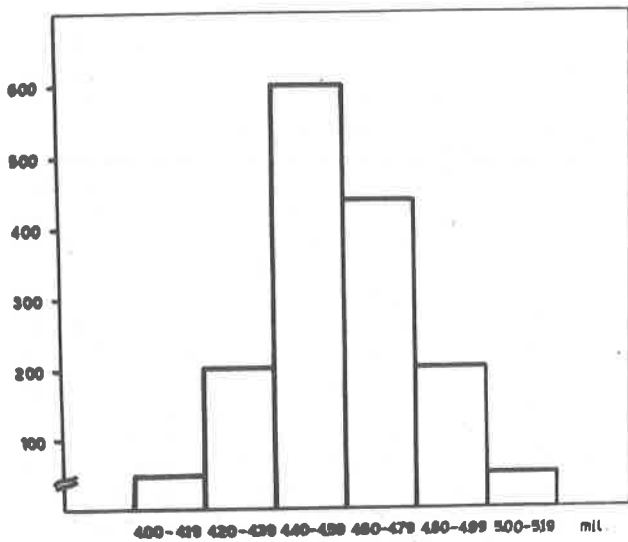
Kako je većina ispitivanih sportaša bila stara 20 do 24 godine to smo prikazali i distribuciju vrijednosti zdravih muškaraca te starosti da bi je kasnije mogli točnije uporediti sa sportašima. Slika br. 3. prikazuje distribuciju vrijednosti eritrocita kod grupe od 1623 mladića starih 20 do 24 godine. Kako vidimo vrijednosti se kreću od 4,000.000

GOD.	% Hb	E (miliona)
15—16	84,55±5,05	4,39±0,24
17—18	87,67±6,17	4,52±0,26
19—20	88,93±6,00	4,55±0,24
21—24	90,48±5,95	4,59±0,26
25—29	90,34±6,01	4,60±0,25
30—34	90,90±6,07	4,61±0,25
35—39	90,52±6,25	4,60±0,83
40—44	90,23±5,85	4,60±0,24
45—49	89,57±6,78	4,59±0,27
50—54	89,43±6,22	4,58±0,24
55—59	88,77±6,17	4,53±0,05

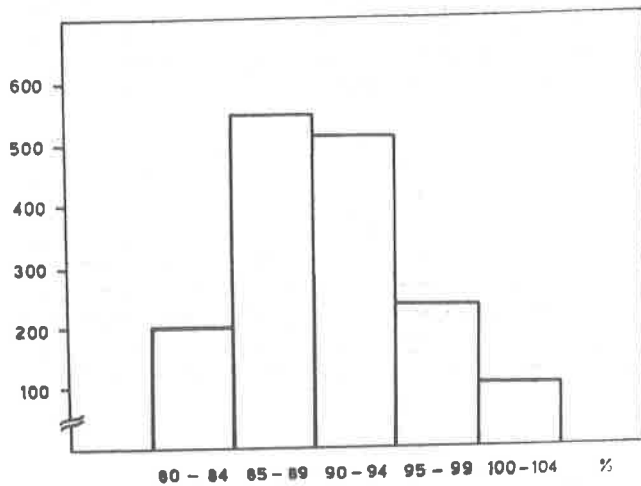
Broj eritrocita i % Hb kod zdravih muškaraca
Tablica br. 1

SPORT	n	x	S. D.	S. P.	NORM. RASPON
Vaterpolo	50	4,79	0,23	0,03	4,34—5,24
Atletika	48	4,68	0,29	0,04	4,11—5,25
Veslanje	77	4,63	0,22	0,02	4,20—5,06
Hokej	26	4,60	0,32	0,05	3,97—5,23
Plivanje	27	4,56	0,24	0,03	4,09—5,03
Nogomet	75	4,52	0,22	0,02	4,09—4,95
SVI SPORTAŠI ZAJEDNO	303	4,63	0,24	0,04	4,16—5,10

Broj eritrocita kod sportaša (u milionima)
Tablica br. 2

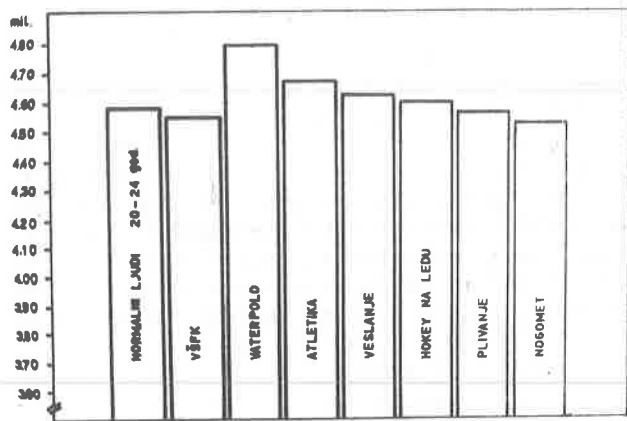


Slika 3

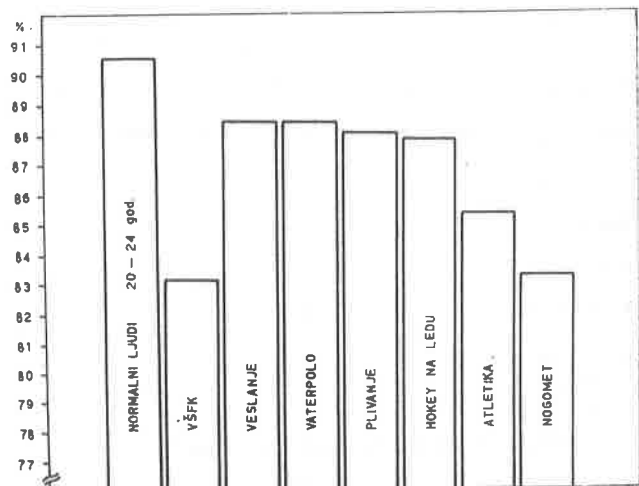


Slika 4

do 5,200.000. Srednja vrijednost je bila 4,590.000, a standardna devijacija 260.000. Na slici br. 4 prikazana je distribucija postotka hemoglobina kod iste grupe. Najveći broj vrijednosti nalazimo između 80% — 104%. Srednja vrijednost je 90,48%, a standardna devijacija 5,95. Kako vidimo i u nor-



Slika 5



Slika 6

malnoj populaciji imamo izvjesni postotak ljudi koji imaju broj eritrocita iznad 5,000.000, a postotak hemoglobina iznad 100%. Ipak granice vjerojatnosti od 95% jedva obuhvaćaju te vrijednosti, pa ih prema tome ne možemo smatrati kao »normalne« nego više kao izuzetak. To znači da za našu populaciju ne možemo nikako prihvatiti norme koje nalazimo u stranim udžbenicima, nego moramo uzeti naše vrijednosti, a to je srednja vrijednost $\pm 1,96$ standardne devijacije. Taj interval obuhvaća 95% svih vrijednosti i smatra se kao najbolji »normalni raspon«. To u našem slučaju znači da bi za mladiće od 20—24 god. »normalni raspon« broja eritrocita bio od 4,090.000 do 5,090.000.

Rezultati dobiveni kod sportaša grupirani su prema vrstama sportova i prikazani su u tablici br. 2. i 3. i slici br. 5. i 6. Kako vidimo sve se te srednje vrijednosti nalaze unutar normalnih granica sa većim ili manjim odstupanjem srednjih vrijednosti od srednje vrijednosti normalne populacije. Uzeti su u obzir i obrađeni samo vrhunski sportaši, i to onih disciplina gdje smo uspjeli sakupiti veći broj od 25 ljudi u jednoj grupi. Kako se iz tablice br. 2. i 3. te slike br. 5 i br. 6 može vidjeti, najveći broj eritrocita imaju u prosjeku vaterpolisti i to 4,790.000. Za njima slijede atletičari,

veslači, hokejaši, plivači i nogometaši. Dok prve četiri grupe imaju u prosjeku nešto veći, plivači i nogometaši imaju nešto manji broj eritrocita nego normalni ljudi. Isti slučaj je i sa studentima Visoke škole za fizičku kulturu u Zagrebu. Protivno očekivanju i popularnom vjerovanju postotak hemoglobina kod sportaša je niži nego kod normalnih ljudi. Veslači, vaterpolisti, plivači i hokejaši imaju u prosjeku sličan postotak hemoglobina kao normalni ljudi, dok atletičari, nogometaši i studenti Visoke škole za fizičku kulturu imaju još niži postotak. Tu pojavu možemo objasniti na taj način, da su eritrociti kod sportaša siromašniji hemoglobinom nego kod normalnih ljudi. To je vjerojatno zbog toga što kod sportaša zbog povećanog razaranja i stvaranja preovladavaju mlađe forme eritrocita koje su siromašnije hemoglobinom.

SPORT	n	x	S. D.	S. P.	NORM. RASPON
Vaterpolo	48	88,50	6,25	0,88	76,3—100,7
Veslanje	50	88,56	5,88	0,86	77,0—100,0
Plivanje	77	88,18	5,49	1,05	77,4— 98,9
Hokej	26	87,96	5,36	1,05	77,4— 98,4
Atletika	27	85,50	6,17	0,89	77,5— 97,5
Nogomet	75	83,46	4,60	0,52	74,4— 92,4
SVI SPORTAŠI ZAJEDNO	303	86,86	5,70	0,10	75,7— 97,9

Sadržaj hemoglobina kod sportaša %

Tablica br. 3

Srednje vrijednosti i normalni raspon koji obuhvaća 1,96 SD odnosno 95% svih rezultata u populaciji prikazani su na slici br. 3. i 4. U prvoj koloni prikazani su rezultati zdravih muškaraca starih 20—24 godine a u drugoj koloni svi ispitani sportaši. Kako se iz slike vidi srednja vrijednost broja eritrocita je skoro jednaka ali je raspon nešto manji kod sportaša, jer oni predstavljaju selekcionu skupinu. Postotak hemoglobina je kod sportaša niži, a normalni raspon veći nego kod zdravih muškaraca.

4. DISKUSIJA

Kako se iz uvoda vidi, u literaturi nemamo dobro dokumentiranih radova iz kojih bi se vidjelo da li trenirani sportaši u pravilu imaju bolju crvenu krvnu sliku nego netrenirani zdravi ljudi, koji žive pod istim uvjetima. Zbog toga ovaj rad predstavlja vjerojatno prvi pokušaj da se odgovori na to pitanje na osnovu većeg materijala. Mi se slažemo sa Thörnerom da krv sportaša u mirovanju po broju eritrocita odgovara u prosjeku normalni opće populacije kojoj oni pripadaju. Što se tiče procenta hemoglobina teško je dati definitivan od-

govor, jer metode određivanja hemoglobina nisu dovoljno točne i dovoljno standardizirane. Naši rezultati upućuju da je procenat Hb kod treniranih sportaša nešto niži. To se može objasniti time, da kod sportaša preovladavaju mlađe forme eritrocita koje su siromašnije hemoglobinom. Tu pojavu možemo objasniti povećanim razaranjem eritrocita zbog fizičkih napora i stimulacijom za stvaranjem novih. To potvrđuju pokusi Brouna na psima, a slaže se i sa opažanjima Thörnera.

Zašto mi uopće očekujemo da trenirani sportaši imaju veći broj eritrocita i više hemoglobina nego netrenirani ljudi? Kako je poznato, sportaši imaju potrebu za boljom opskrbom mišića kisikom. Smatra se da opskrba ovisi o količini krvi koja može doći u mišiće i sposobnosti krvi da prenese što veće količine kisika. Dok se o važnosti prvog faktora, tj. o količini krvi svi slažu, to se o važnosti drugog faktora mišljenja razilaze. Asmussen i Nielsen (16) eksperimentalno su dokazali, da kod treniranih ljudi opskrba kisikom u prvom redu ovisi o povećanoj količini cirkulirajuće krvi u mišićima, a da je količina kisika prenesena u 100 ml krvi čak manja nego kod netreniranih. Rowell i suradnici (17) pokazali su da je kod treniranih količina kisika u arterijskoj krvi kod maksimalnog napora manja nego kod netreniranih. Pa ne samo to, nego i da je sposobnost krvi da se zasiti kisikom kod netreniranih veća nego kod treniranih. To je potpuno u oprečnosti sa starijim shvaćanjima. Danas preovladavaju shvaćanja da je kod treniranih ljudi od primarne važnosti veličina cirkulacije krvi kroz mišiće koja ovisi o minutnom volumenu srca i o kapilarizaciji mišića. Prema tome krv mora brzo cirkulirati kroz mišiće i zbog toga mora imati što manji viskozitet. Povećanjem broja krvnih elemenata viskozitet se povećava i brzina cirkulacije smanjuje. Zbog toga ne bi bilo svrsishodno da trenirani imaju veliki broj eritrocita i drugih krvnih elemenata. Možda tu igra ulogu i moderni trening koji razvija do maksimuma kardiovaskularni sistem i njegovu funkciju. Stariji sportaši su možda poboljšali svoju opskrbu mišića kisikom boljom kvalitetom krvi za prenos kisika, dok današnji to hiperkompensiraju bržom cirkulacijom.

Svakako ne smijemo dopustiti da sportaši zbog loše prehrane ili zbog prevelikih napora pokažu vrijednosti izvan normalnog raspona. U tome slučaju treba intervenirati odgovarajućom terapijom, jer cirkulatorni aparat neće moći kompenzirati taj manjak na sposobnosti krvi za prijenos kisika.

5. ZAKLJUČAK

1. Vrhunski sportaši imaju u mirovanju u prosjeku isti broj eritrocita kao i zdravi muškarci njihovih godina.
2. Postotak hemoglobina u krvi je kod treniranih sportaša u prosjeku niži nego kod zdravih muškaraca njihovih godina.

3. Pri ocjeni krvne slike sportaša treba upotrebljavati naše normalne raspone.
4. U slučaju da crvena krvna slika sportaša odstupa od vrijednosti u normalnom rasponu, potrebna je analiza uzroka i terapija.
5. Povećana opskrba kisikom sportaša postiže se bržom cirkulacijom krvi. Povećanjem broja krvnih elemenata povećao bi se viskozitet krvi, a smanjila brzina cirkulacije.
6. Postotak hemoglobina u krvi sportaša manji je vjerojatno zbog toga jer kod sportaša preovladavaju mlade forme eritrocita sa manjim sadržajem hemoglobina.

6. LITERATURA

1. Herxheimer, H.
Grundriss der Sportmedizin. Leipzig. 1932.
2. Schneider, E. C., L. C. Havens
Changes in the blood after muscular activity and during training. *Am J. Physiol.* 1915. 36, 239.
3. Anderson, K. L., W. W. Hausner, R. H. Pohn-dorf
The progressive effect of athletic training on the red and white blood cells and the total plasma protein. *Z. angew. Physiol. einschlies-slich Arb. Physiol.* 1955. 16, 120.
4. Ackermann, R., F. Lebrecht
Über den Einfluss des Rudertrainings auf das Lungenventilation, auf das Herz und Blutbild. *Ztschr. f. klin. Med.* 1928. 107, 519.
5. Thörner, W.
Neue Beiträge zur physiologie des trainings. *Arb. Physiol.* 1950. 14, 2.
6. Broun, G. O.
J. Exp. Med. 1922. 36, 481.
7. Cureton, T.
Physical fitness of champion athletes 1951. Urbana.
8. Farris, E. L.
The blood picture of athletes — *Amer. J. Anat.* 1943. 72, 223.
9. Berry, W. T. C.
Kost. Haemoglobinwerte und Blutdruck bei olympischen Wettkämpfern. *Brit. Med. J.* 1949. 4598, 300.
10. Krestownikow, A.
Physiologie der Körperübungen. Berlin, 1953.
11. Sekulić, S. i surad.
Uticaj treninga na hematološke promene izazvane mišićnim naprežanjem. Posebna izdanja Srpske akademije nauka i umetnosti. 1964. knj. CCCLXXIII, 17, 39.
12. Rougier, P.
Citirano u Sekulić i surad. Uticaaj treninga na hematološke promene izazvane mišićnim naprežanjem. Posebna izdanja srpske akademije nauka i umetnosti. 1964. knj. CCCLXXIII, 17, 39.
13. Thörner, W.
Blut und Blutkreislauf beim Sport. A. Arnold. *Lehrbuch der Sportmedizin,* Leipzig, 1960.
14. Karpovich, P.
Physiology of muscular activity. Saunders. Philadelphia and London, 1953.
15. Thörner, W.
Neue Beiträge zur Physiologie des Trainings. II Klinische Untersuchungen am Herzen und am Blut beim Lauftraining wachsender Hunde. *Arb. Physiolog.* 1949/52. 14, 116.
16. Asmussen, E., M. Nielsen
Cardiac output ruding muscular work and its regulation. *Physiol. Rev.* 1955. 35, 778.
17. Rowell, L. i surad.
Saturation of arterial blood with oxygen ruding maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 1964. 19, 284.

