



TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

---

---

J. Pärnat

TREENINGU FÜSIOLOOGIA

I

TARTU 1974

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

Spordifüsioloogia kateeder

J. Pärnat

# TREENINGU FÜSIOLOOGIA

I

Aeroobne ja anaeroobne töövõime

TARTU 1974

Kinnitatud Kehakultuuriteaduskonna nõukogus

22. nov. 1973. a.

## S a a t e k s

Sportlike tulemuste kasvule ja treeningukoormuste optimaalsele kasutamisele hakkab tänapäeval järjest suuremat mõju avaldama sporditeadus. Kujukaks näiteks selle kohta on Saksa DV sportlaste väljapaistvad saavutused, mida seostatakse suurel määral sporditeaduse saavutuste rakendamiseга tippspordis. Samal ajal jääb vajaka kaasaaja sporditeaduse saavutuste valgustamisest ja vastavasisulistest väljaannetest.

Käesoleva kirjutise ülesandeks on peatuda mõningatel treeninguprobleemidel. Väljaanne on I osa treeningu füsioloogiast, milles käsitletakse aeroobse ja anaeroobse töövõime olemust ja määramist, samuti peatutakse töövõime muutustel olenevalt kehalisest treeningust. Antud kirjutise raames valgustatakse ka aeroobse ning anaeroobse töövõime ealisi iseärasusi.

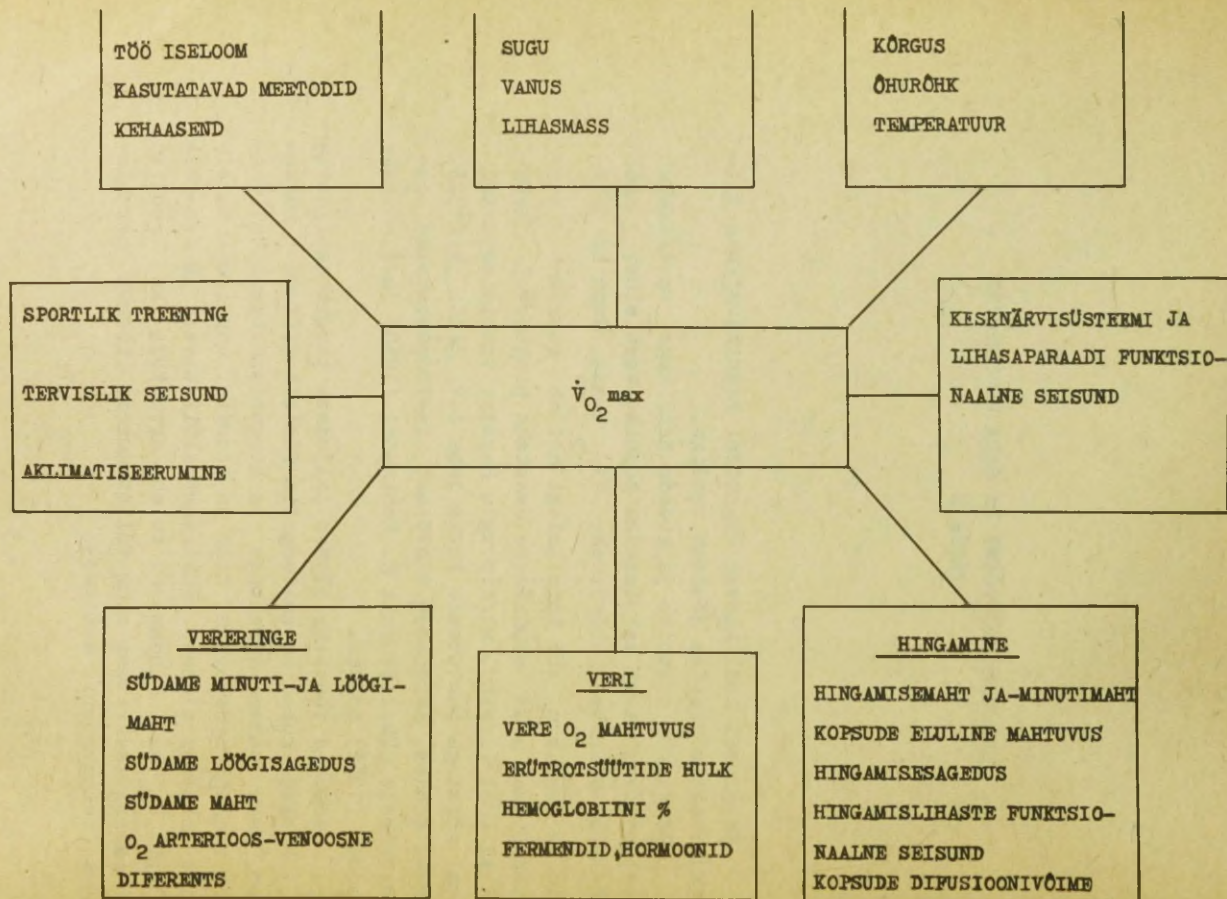
Väljaanne on mõeldud kasutamiseks peamiselt TRÜ Kehakultuuriteaduskonna ja spordimeditsiini osakonna üliõpilastele ning täiendusteaduskonna kuulajatele. Sellest võivad abi leida ka sportlased, treenerid ja spordi-  
arstid.

## 1. AEROOBNE TÖÖVÕIME JA SEDA MÕJUSTAVAD TEGURID

Kehalisel tööl kasvab organismi hapnikuvajadus mitmekordselt võrreldes jõudeseisundiga.

Töötavate organite ja kudede hapnikuga varustamist iseloomustab hästi maksimaalne hapniku tarbimine, mida loetakse aeroobse töövõimeks ( $\dot{V}_{O_2 \text{ max}}$ ). Hapniku tarbimise maksimum ehk hapnikulagi näitab suurimat hapniku hulka, mida suudetakse omastada pingutaval kehalisel tööl (l/min., ml/min.kg). Hapniku tarbimise maksimumi mõistega puututakse kokku juba A.V. Hilli jt. (1923, 1924) töödes. Aeroobset töövõimet iseloomustatakse esmakordselt põhjalikumalt S. Robinsoni (1938) ja P.-O. Åstrand (1952) töödes.

Aeroobne töövõime oleneb paljudest tegutitest (joonis 1). Kesksele kohale on anatoomilis-füsioloogilised näitajad, nagu südame-vereringe ja hingamissüsteemi talitluslik seisund ning vere hulk ja koostis. Hapniku tarbimise maksimum oleneb kehalisest aktiivsusest ja spordialast.  $\dot{V}_{O_2 \text{ max}}$  hindamisel tuleb arvestada ka soolisi ja ealisi iseärasusi ning välistegureid (kõrgus merepinna, temperatuur, niiskus).



Joonis 1. Hapnikulage mõjutavad tegurid.

Hapniku tarbimise maksimum  
ja organismi anatoomi-  
lis-füsioloogilised  
näitajad

Hapniku transport kopsudest kudedesse sõltub nii hingamissüsteemi kui südame-veresoontesüsteemi talitluslikest võimetest.

Tarbitud hapniku leidmiseks kasutatakse järgmisi valemeid:

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_E (F_{I_{O_2}} - F_{E_{O_2}}) = DL (F_{A_{O_2}} - F_{V_{O_2}})$$

$$\text{ja } \dot{V}_{O_2} = \dot{f}_H \times q \times \Delta O_2(A-V),$$

kus  $\dot{V}_{O_2}$  on hapniku tarbimine, ml/min;

$\dot{V}_E$  on hingamise minutimaht, ml/min.;

$F_{I_{O_2}}, F_{E_{O_2}}, F_{A_{O_2}}, F_{V_{O_2}}$  on hapnikusisaldus vastavalt at-

mosfäärses ja väljahingatud õhus ning arteriaalses ja venooses veres;

DL on kopsude difusioonivõime;

$\dot{f}_H$  on südame löögisagedus, lööki/min.;

q on süstoolne ehk löögimaht, ml;

$\Delta O_2(A-V)$  on hapniku arterio-venoosne diferents, ml/l.

Kuigi esineb tugev korrelatiivne seos hapniku tarbimise maksimumi ja maksimaalse kopsude ventilatsiooni vahel ( $r = 0,80 - r = 0,90$ ), ei vaadelda hingamise minuti-

mahtu  $\dot{V}_{O_2}$  max limiteeriva faktorina. Isegi raskel pingutusel on  $O_2$  kopsude ventilatsioon küllaldane vajaliku  $O_2$  hulga vastuvõtu tagamiseks. Mittetreenuil ulatub  $\dot{V}_E$  max kuni 80-120 l/min., treenuil kuni 200-240 l/min.

Kopsude difusioonivõime ei ole kokkuvõttes takistuseks vere küllastamisel hapnikuga vajalikul tasemel tööolukorras. Nii selgus J.A. Mitchellilt jt. (1958) uurimusest, et hapnikulae kasutamisel arteriaalse vere hapnikuga küllastatus ei langenud alla 90 % (jõudeolekus 96-98%).

Siiski ei saa alahinnata hingamislihaste võimsuse tähtsust, millest sõltub suurel määral alveolaarõhu uuenemine kopsude ventilatsiooni kõrgel tasemel. Hingamislihaste võimsust saab hinnata pneumotahhomeetria näitude põhjal. Need olenevad vanusest ja soost, samuti ka valitud spordialast ja treenitusest (tabel 1). Pneumotahhomeetria näitude ja hapniku tarbimise maksimumi vahelist seost iseloomustav korrelatsioonikoefitsient võib olla kuni 0,80 (J. Pärnat jt. 1972).

Kuna hemoglobiini abil toimub  $O_2$  transport kopsudest kudedesse, siis on olemas  $\dot{V}_{O_2}$  max hemoglobiini sisaldusest ja vere mahust. Organismi hemoglobiini koguhulga ja  $\dot{V}_{O_2}$  max vahelist seost on kirjeldanud W. von Döbeln (1956) jt. O.D. Vellar ja L. Hermansen (1971) teostasid kordusuuringud 47 mees- ja 50 naisüliõpilasel ning 111 kooliõpilasel. Kui kogu vaatlusaluste rühma puhul saadi positiivne seos  $\dot{V}_{O_2}$  max ja Hb sisalduse vahel, siis eri vaatlusaluste rühmade sisene seos puudus. Ka P.-O. Åstrand (1952) ei leidnud vastavat seost koolilastel ja üliõpilastel. Seega pole hemoglobiini koguhulk ainumäärav tegur. B. Saltini jt. (1968) uurimusest tuleneb, et peale kehtvat voodipuhkust ei kaasu hapnikulae vähenemisele alati hemoglobiini hulga langust.

Kõige olulisemaks hapniku tarbimise maksimumi limiteerivaks teguriks on vereringe talitus pingutaval lihastööl (P.-O. Åstrand, 1952; J.H. Mitchell jt., 1958). Kui puhkeseisundis on südame minutimahu ( $\dot{Q}$ ) suuruseks 4-6 l/min, siis tööl võib see ulatuda 20-40 l/min., suurenedes lineaarselt hapniku tarbimisega.

T a b e l 1

Pneumotahhomeetria ja vitaalkapatsiteedi andmed  
mittetreenuitil ja sportlastel (mehed)

Uuritavate kontingent	Vanus, a.	Uuritava arvu arv	Pneumotahhomeetria, l/sek.		VK, l
			sisse	välja	
<u>Mittetreenuitud</u>	11	82	3,3 $\pm$ 0,1	3,4 $\pm$ 0,1	2,45 $\pm$ 0,04
	12	127	3,5 $\pm$ 0,1	3,5 $\pm$ 0,1	2,58 $\pm$ 0,03
	13	140	3,8 $\pm$ 0,1	3,8 $\pm$ 0,1	2,89 $\pm$ 0,03
	14	129	4,3 $\pm$ 0,1	4,2 $\pm$ 0,1	3,24 $\pm$ 0,05
	15	118	4,8 $\pm$ 0,1	4,6 $\pm$ 0,1	3,78 $\pm$ 0,06
	16	111	5,5 $\pm$ 0,1	5,1 $\pm$ 0,1	4,24 $\pm$ 0,06
	17	78	5,7 $\pm$ 0,1	5,6 $\pm$ 0,1	4,80 $\pm$ 0,08
	18	90	6,7 $\pm$ 0,1	6,0 $\pm$ 0,1	4,90 $\pm$ 0,07
<u>Üliõpilased</u>	19-30	16	7,7 $\pm$ 0,4	6,2 $\pm$ 0,3	5,65 $\pm$ 0,2
<u>Ujujad</u>	15-17	12	6,8 $\pm$ 0,3	5,5 $\pm$ 0,2	5,71 $\pm$ 0,29
III-I sj.	18-24	12	7,9 $\pm$ 0,6	6,6 $\pm$ 0,2	6,17 $\pm$ 0,14
<u>Võrkpallurid</u>					
Tartu l.koondis	15-16	12	5,6 $\pm$ 0,2	4,9 $\pm$ 0,1	-
TRÜ koondis	18-24	12	8,1 $\pm$ 0,7	6,7 $\pm$ 0,2	-
<u>Korvpallurid</u>					
Tartu "Kalev"	24,8 $\pm$ 1,2	14	8,9 $\pm$ 0,6	7,2 $\pm$ 0,4	-
Vilniuse "Statyba"	18-28	12	8,8 $\pm$ 0,7	8,1 $\pm$ 0,4	5,95 $\pm$ 0,32
<u>Kesk- ja pika- maa jooksjad,</u>	18-30	23	7,4 $\pm$ 0,4	6,1 $\pm$ 0,2	5,85 $\pm$ 0,15
II - MS.					
<u>Jalgratturid</u>	18,4 $\pm$ 0,5	8	6,3 $\pm$ 0,5	5,6 $\pm$ 0,2	-
MK-MS					
<u>Kümnevõistlejad</u>					
MS-RSM	24,3 $\pm$ 3,0	34	9,7 $\pm$ 2,0	6,8 $\pm$ 1,2	-

Kui tööl moodustab  $O_2$  tarbimine hapnikulaest 12-40 %, siis B. Saltini järgi (1964)  $\dot{Q} = 6,34 : \dot{V}_{O_2} + 4,06$ . Hapniku tarbimise tõusul üle 40 % maksimaalsest on vastavad konstandid järgmised:

$$\dot{Q} = 4,10 \dot{V}_{O_2} + 8,93.$$

Südame minutimaht oleneb nii löögisagedusest, kui süstoolsest ehk löögimahust:

$$\dot{Q} = q \times f_H.$$

Südame löögisagedus kasvab kooskõlas hapniku tarbimise tõusuga koormuse suurenemisel. See on aluseks hapnikulae kaudseks määramiseks (lk. 49). Maksimaalseks pulsisageduseks esitatakse 200-220 lööki/min., seejuures veeloergomeetrial töötamisel tuleks keskmiseks sageduseks võtta 185-195 lööki/min.

Südame löögisageduse maksimum väheneb vanuse tõustes. P.-O. Åstrand ja E.H. Christensen (1964) leidsid 10-aastastel lastel löögisageduse maksimumiks 210 lööki/min. 60-50 aastastel aga 165 lööki/min.

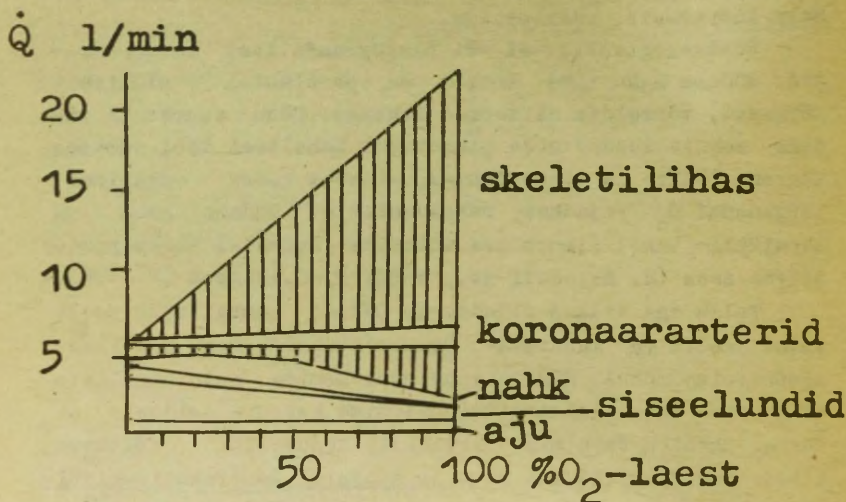
Südame löögimaht kasvab töötamisel püsti või istumisasendis koos löögisagedusega, kuni hapniku tarbimine moodustab maksimumist 30-50 % ja pulsisagedus saavutab 120-140 lööki/min. (P.-O. Åstrand, K. Rodahl, 1970). Püngutaval, küllalt kestval lihastööl võib aga löögimaht südame puuduliku täitumise tõttu löögastumisaja lühenemisel hakata vähenema. Tavaliselt esineb see siis, kui löögisagedus tõuseb kõrgemale 180-200 löögist minutis. Kui töötatakse lamamisasendis, ei muutu süstoolne maht oluliselt jõudeseisundiga võrreldes (O.L. Wade, J.M. Bishop, 1962). Südame löögi- ja minutimahu maksimum oleneb treenitusest (K. Musshoff jt., 1959; B. Ekblom, L. Hermansen, 1968). Kui mittetreinituil ulatub löögimaht vaid kuni 100-140 ml-ni, siis sportlastel võib see olla kuni 190-220 ml. B. Ekblomi uurin-

gust (1969) selgub, et maksimaalne hapniku tarbimine on korrelatiivsses seoses südame löögi- ja minutimahu suurimate tööpuhuste väärtustega.

Röntgenograafilisel või flurograafilisel teel määratud südame mahu (HV) andmed on sportlastel oluliselt kõrgemad, võrreldes mittetreinitutega. Tänu suuremale südame mahule suudab süda pingutaval kehalisel tööil töötada suurema löögi- ja minutimahuga, aidates kaasa organismi kõrgeenenud  $O_2$  vajaduse rahuldamisele. Südame mahu ja hapnikulae vahel ilmneb osa autorite andmetel tugev positiivne seos (H. Reindell jt., 1960; P.-O. Astrand jt., 1963).

Tuleb aga silmas pidada, et südame suure mahu poolt antav eelis on kasutatav üksnes müokardi hea kontraktisioonivõime puhul. Südame mahu suurenemine patoloogiliste seisundite puhul kontraktisioonivõime kasvuta muidugi ei tõsta hapniku tarbimise maksimumi. Resultaadi sõltuvus kahest tegurist (südame maht ja müokardi kontraktisioonivõime) seletab, miks mõnes töös pole sedastatud olulist korrelatsiooni hapniku tarbimise maksimumi ja südame mahu vahel, küll aga hapniku tarbimise maksimumi ja südame mahu ning maksimaalse hapnikupulsi jagatise väärtuse vahel (J. Pärnat, 1970).

Südame minutimahu maksimumi kõrval on väga olulise tähtsusega ka selle kasutamise ratsionaalsus, see on vere ümberjaotumine töötavate ja tööst mitte osavõtvate organite vahel. Vere ümberjaotust erinevate organite ja kudede vahel demonstreerib joonis 2. (J.P. Clausen, 1969). Siit nähtub, et koormuse tõustes kasvab eriti töötavate lihaste ja südamelihase verevarustus, seejuures naha- ja siseelundite verevarustus väheneb. V.V. Vassiljeva jt. (1971) andmetel on treenituse tõustes vere ümberjaotumine efektiivsem, mis on üheks hapnikulage tõstvaks faktoriks, kuna sel juhul voolab kopsudesse tagasi vähem mittetöötavatest organitest saabuvat, suhteliselt hapnikurikast venoosset verd. Mida rohkem on kopsudesse suubuvast se-  
gunenud venoosses veres hapnikku, seda vähem on võimalik sinna täiendavalt hapnikku lisada.



Joonis 2. Südame minutimahu ( $\dot{Q}$ ) ümberjaotus kehalisel  
tööl /J.P.Clausen, 1969/

Hapniku omastamist kudede poolt iseloomustab O<sub>2</sub> arte-  
rio-venoosne diferents ( $\Delta O_{2A-V}$ ). Vere ümberjaotuse  
efektiivsuse kõrval sõltub see oksüdatsiooniprotsesside  
intensiivsusest eelkõige töötavates kudedes. Raskel tööl  
võib O<sub>2</sub> sisaldus langeda venoosses veres kuni 2-3 ml- ni  
100 ml vere kohta (P.-O. Åstrand jt., 1964), põhjustades  
 $\Delta O_{2A-V}$  tõusu 16-17 ml-ni. Autorite järgi peab tree-  
nitud sportlasel tõusma südame minutimaht üle jõudesei-  
sundi taseme 6 korda,  $\Delta O_{2A-V}$  3,3 korda, selleks et kind-

lustada hapniku tarbimise tõusu 0,25 liitrit/min. 5,0 liit-  
rini/min., see on 20 korda.

Aeroobne töövõime (l/min.) sõltub ka keha mõõtmetest. Kaalu ja hapniku tarbimise maksimumi vahelist positiivset korrelatsiooni on kirjeldatud S. Robinsoni (1938), P.-O. Åstrand-  
randi (1952) jt. poolt. Vastav seos tugevneb, kui kaalu  
asemel kasutada ainult lihasmassi suurst . Rasvavaba kaalu  
leidmiseks kasutatakse kalkulatsioone, mis põhinevad eri-  
kaalu määramisele või nahavoldi paksuse mõõtmisele. Kaalu  
mõju elimineerimiseks väljendatakse hapniku tarbimise maksi-  
mum kehakaalu 1 kg kohta (Åstrand indeks).

Aeroobse töövõime hindamisel hakatakse viimasel ajal tähelepanu pöörama ka pärilikele teguritele. Nii on lei-  
tud ühemunakaksikutel lähedasemad  $\dot{V}_{O_2}$  max ja maksimaal-  
se laktaatide kuhjumise andmed, võrreldes kahemunakaksi-  
kutega (V. Klissouras, 1971). Kui ühemunakaksikute paa-  
rist ühte spetsiaalselt treeniti, tõusis tal  $\dot{V}_{O_2}$  max  
37 % võrra kõrgemaks (49 ml/min.kg), mittetreenitud venna  
näitudest (35 ml/min.kg), hapnikuvõlg aga kasvas tervelt  
61,0 % võrra suuremaks. Uurimuse autor arvab, et antud  
juhul ei võimalda vastav genotüüp aeroobse töövõime olu-  
list tõstmist ka treeningutega.

H a p n i k u t a r b i m i s e m a k s i m u m  
m i t t e t r e e n i t u i l j a  
s p o r t l a s t e l

Käesolevas peatükis esitatakse aeroobse töövõime andmed 18-30 aasta vanuste inimeste kohta. Esimesed põhjalikud uuringud aeroobse töövõime määramiseks spordiga mittetegelejalatel viis läbi S. Robinson 1938.a. Autor leidis üle 25 aastastel meestel hapnikulaeks 47-53 ml/min.kg. P.O. Åstrand (1952) leidis mittetreinitud meestel suhteliselt kõrged  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtused, 56-59 ml/min.kg(4,1 l/min.). C. Allardi ja E. Goulet'i andmetel (1967) on Kanada tuletõrjujalatel ja politseinikel aeroobset töövõimet iseloomustav hapnikulagi keskmiselt vaid 2,65 l/min.e. 34,5 ml/min.kg. Ligilähedased  $\dot{V}_{O_2}$  max andmed leiti ka austraalia meestel, 2,7 l/min. (J.G. Allen, 1966). TRÜ 16 üliõpilasel määrati keskmiseks hapnikulaeks 3,6 l/min.e. 48,0 ml/min.kg (J. Pärnat, 1970). Veidi madalama hapnikulae leidsid tšehhi üliõpilastel J. Parizkova jt. (1971), keskmiselt 3,16 l/min. ehk 41,8 ml/min.kg. Aeroobse töövõime väärtusi 35-55 ml/min.kg esitatakse mittetreinitud meestel ka R.A. Binkhorsti jt. (1966), B. Saltini (1968) jt. autorite töödes. Erinevate autorite poolt määratud hapnikulae andmed mittetreinitud meestel on toodud tabelis 2.

Naistel on hapnikulae määramisi tehtud vähem. Nii leidsid E. Metheny jt. (1942) spordiga mittetegelejalatel naistel aeroobse töövõime näiduks 40,9 ml/min.kg. P.-O. Åstrand (1952) leidis mittetreinitud naistel hapnikulaeks 2,9 l/min., mis on oluliselt madalam meeste omast. Hoopis madalama aeroobse töövõime leidsid S.K. Hong jt. (1969) korea naistel: 1,87 l/min. ja 37,3 ml/min.kg. Ka islandi naistel saadi B. Ekblomi ja E.Gjessingi poolt (1968) suhteliselt madal hapnikulagi: 1,84 l/min.

T a b e l 2.

## Aeroobne töövõime meestel

A u t o r i d	Vanus, a.	Uurita- vate arv	$\dot{V}_{O_2}$ max	
				l/min. ml/min.kg
P.-O.Åstrand, 1952	20 - 33	42	4,1	58,6
R.Bottin jt., 1968	21,4	37	3,8	56,7
E.Metheny jt., 1942	19 - 23	30	-	51,3
C.T.M.Davies jt., 1968	22,3	22	3,5	50,7
S.Robinson, 1938	24,5	11	3,5	48,7
J.Pärnat, 1970	20 - 30	16	3,5	48,0
C.Taylor, 1944	19 - 26	29	3,5	47,2
R.J.Shephard jt., 1968	20 - 29	65	3,3	47,9
H.L.Taylor jt., 1955	18,4	30	-	46,9
R.Flandrois jt., 1966	17 - 23	73	3,1	46,6
E.L.Fox jt., 1973	19,7	135	3,2	44,8
W.Hollmann jt., 1961	20 - 40	80	-	39,6
J.G.Allen, 1966	16 - 30	31	2,7	38,6
R.G.Danziger jt., 1964	20 - 34	9	2,8	37,0
C.Allard jt., 1967	20 - 29	86	2,6	34,5

Tabel 3

## Aeroobne töövõime naistel

Autorid	Vanus, a.	Uuritavate arv	$\dot{V}_{O_2}$ max	
			l/min.	ml/min.kg
I.Åstrand, 1960	20-29	40		52,2
P.-O.Åstrand 1952	20-25	44	2,9	48,4
K.L.Anderson, 1964	17-30	15		41,0
	20-30	12	2,3	38,0
E.Metheny jt., 1942	20-27	17		40,9
L.Hermansen jt.				
	1965		2,3	38,0
R.Bottin jt., 1968		64		36,0
E.D.Michael jt.				
	1965	17-22	30	1,8 29,8

T a b e l 4

## Aeroobne töövõime jooksjatel

Autorid	Distsants	Uuritavate arv	$\dot{V}_{O_2}$ max	
			l/min.	ml/min.kg
S.Robinson, 1937	Keskmaajooks 1 (D.Lash)	5,4		81,5
P.-O.Åstrand, 1952	Keskmaajooks 1 (J.Landy)	5,0		76,6
J.E.L.Carter jt., 1967	Keskmaajooks 1 (P.Snell)	5,5		72,3
B.Saltin jt., 1967	Keskmaajooks 3000 m jooks	5 3	5,4 4,8	73,0-77,0 77,0-82,0
Š.Šprynarova jt., 1971	Kesk- ja pika- maajooks	10	4,1	64,1
D.L.Costill jt., 1970	Maratonijooks	10	3,7-5,0	63,7-77,2
J.Pärnat, 1970	Kesk- ja pika- maajooks	23	4,3	61,8
D.L.Costill, 1967	Keskmaajooks	17	4,1	61,1
W.Rybaczuk jt., 1970	Kesk- ja pika- maajooks	10	4,0	61,4
N.I.Volkov, 1967	Sprint	6		44,2
	Keskmaajooks	15		66,4
	Käimine	12		67,2
	Pikamaajooks	12		76,4
	Maratonijooks	6		79,4
T.Ishio, 1967	Pikamaajooks	8	2,5	45,3

Mittetreennitud naiste aeroobse töövõime uuringute andmed on ära toodud tabelis 3.

Mittetreennituteга võrreldes on sportlaste hapnikulaed hoopis kõrgemad. Järgnevalt esitatakse andmed kesksamete spordialade esindajate hapniku tarbimise maksimumi kohta.

### Jooksualad

Spordiga tegelejatest esineb kõrgeim aeroobne töövõime vastupidavusaladega tegelejatel, seejuures ka jooksjatel. Nii leidis S. Robinson juba 1937. a., et jooksukuulsusel D. Lashil oli hapnikulaeks 5,35 l/min. ehk 81,5 ml/min.kg. P.-O. Åstrand (1955) sai J. Landy aeroobse töövõime näiduks 5,04 l/min, ja 76,6 ml/min.kg. J. E. L. Carter jt. (1967) määrasid P. Snellil  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtuseks 5,50 l/min ehk 72,3 ml/min.kg. USA keskmääjooksjal J. Raynil on hapnikulaeks saadud 80,0 ml/min.kg (A. Faulkner, 1967), keenia jooksukuulsusel K. Keinol aga 82,0 ml/min.kg (B. Saltin jt., 1968). Meie vabariigi rekordimehel A. Nurmekivil saadi hapnikulae väärtuseks 83–85 ml/min.kg (J. Pärnat jt., 1971). Jooksjatel määratud hapnikulae andmed on antud tabelis 4.

Aeroobse töövõime osatähtsus kasvab jooksudistantsi pikenemisel. P. Cerretelli jt. (1960) andmed Rooma olümpiamängudest osavõtjate kohta näitavad, et sprinterite  $\dot{V}_{O_2}$  max oli 55,5 ml/min.kg, staaieritel aga 67,8 ml/min.kg. Maratonijooksjatel on D. L. Costill (1970) määranud hapnikulaeks 70,3 ml/min.kg.

N. I. Volkov jt. (1966) said spinteritel  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtuseks 54 ml/min.kg, maileritel 66,0 ml/min.kg ja staaieritel 74 ml/min.kg. Kui hapnikulae ja 800 m jooksu tulemuste vahel leiti korrelatsioonikordajaks 0,47, siis seost 5000 m jooksu tulemuste ja  $\dot{V}_{O_2}$  max vahel näitav  $r = 0,79$ . Veelgi tugevama seose  $\dot{V}_{O_2}$  ( $r = 0,90$ ) said 5000 m tulemuste ja  $\dot{V}_{O_2}$  max vahel A. Szögy jt. (1971).

TRÜ lihastalitluse laboratooriumi uuringud kinnitavad, et hapnikulae osatähtsus jooksualadel hakkab kasvama alates 1500 m distantsist.

Kokkuvõttes tuleb rõhutada, et kesk- ja pikamaajooksjate meeste eliidi hapniku tarbimise maksimum esineb 75-85 ml/min.kg piirides.

#### Mitmevõistlus

Kümne- ja viievõistlejatel on aeroobset töövõimet uuritud vähe. Noortel kümnevõistlejatel (16-20 a.) leidis K.Scheele (1972) keskmiseks hapnikulaeks 3,460 l/min. Autori artiklist nähtub, et olümpiavõitja R.Toomey aeroobne töövõime oli 4,8 l/min. TRÜ lihastalitluse laboratoorium hindab NSVL ja ENSV koondiste treenitust alates 1969. aastast. Uurimused näitavad, et kõrge kvalifikatsiooniga kümnevõistlejatel ulatuvad hapnikulae väärtused 5,0-5,6 liitri/min. ehk 55-65 ml/min.kg. Müncheni olümpiavõitjal N.Avilovil on  $\dot{V}_{O_2}$  max 52 - 56 ml/min. piires. Kolmekümne neljast meistersportlasest ja neljast suurmeistrist koosnevas rühmas määrati keskmiseks hapnikulaeks 4,96 l/min. ja 56,1 ml/min.kg, kusjuures maksimaalne kopsude ventilatsioon (BTPS) 193,6 l/min, südame löögisageduse maksimum aga 187,9 lööki/min. (tabel 5).

Tartu linna I-II järguga kümnevõistlejate rühma (n = 13) keskmiseks hapnikulaeks saadi ainult 3,95 l/min. ehk 48,2 ml/min.kg.

Huvitav on märkida, et kümnevõistluses ei ilmne alati seost hapnikulae ja 1500 m jooksu tulemuste vahel, nagu see on jooksualadel. Küll aga esineb korrelatiivne seos hapnikulae ja lihastrühmade jõunäitajate ning südame mahu vahel. See viitab sellele, et tänu mitmekülgsele kehalisele treeningule mõjustatakse oluliselt vereringe ja hingamissüsteemi talitlust, mis tingibki kõrged  $O_2$ -lae väärtused.

T a b e l 5

Kümnevõistlejate antropomeetrilised ja füsioloogilised näitajad ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Näitaja	Tippsportlased (n = 34)	I - II järk (n = 14)	P
Vanus, a.	24,3 ± 0,5	20,6 ± 0,6	> 0,1
Pikkus, cm	187,0 ± 0,6	183,9 ± 1,6	< 0,01
Kaal, kg.	87,1 ± 0,9	82,0 ± 2,0	> 0,05
Punktide kogusumma	7520,5 ± 49,6	6006,8 ± 130,8	> 0,01
PN sisse,			
l/sek.	9,7 ± 0,4	6,7 ± 0,3	> 0,01
välja l/sek.	6,8 ± 0,2	6,0 ± 0,2	> 0,01
$\dot{V}_{O_2}$ max, l/min.	4,962 ± 0,122	3,948 ± 0,117	> 0,01
ml/min.kg	56,1 ± 1,2	48,2 ± 2,1	> 0,01
$\dot{V}_E$ max, l/min.	193,6 ± 6,6	135,2 ± 6,4	> 0,01
O <sub>2</sub> - võlg, l.	6,797 ± 0,393	4,671 ± 0,382	> 0,01
Anaeroobne võimsus, m/sek.	1,80 ± 0,02	-	-
$\dot{f}_H$ max, lööki/min.	187,9 ± 1,4	184,8 ± 3,5	< 0,1

Meie maa viievõistlejate koondist on regulaarselt hakatud uurima alates 1973. aastast. Vaatlusaluste rühma keskmiseks hapnikulaeks saadi 3,02 l/min. ehk 46,5 ml/min.kg. Keskmine kopsude maksimaalne ventilatsioon aga oli 109,0 l/min.

### Ujumine

Jooksualadega võrreldes on ujujate hapnikulae väärtused madalamad. A.P.Borissovi (1962) andmetel leiti meistersportlastel-ujujatel hapnikulaeks 4,830 l/min. I-II järgu sportlastel aga 4,170 l/min. N.I.Volkovi jt. (1966) tööst nähtub, et sprindidistantsidele spetsialiseerujatel ulatub  $\dot{V}_{O_2}$  max 59,0 ml/min. kg, stateritel võib aeroobne töövõime olla tunduvalt kõrgem: 73,0 ml/min.kg.

Kuuel rootsi ujujal leiti B.Saltini ja P.-O.Åstrand (1967) poolt hapnikulaeks 5,0 l/min. R.J.Shephardi uurimus (1968) näitab, et Kanada meesujujatel saadi  $\dot{V}_{O_2}$  -laeks 65,8 ml/min.kg. N.S.Farfel jt. (1969) esitavad  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtuseks 69,0 ml/min.kg. NSV Liidu parimatel sportlastel sai S.A.Bakulin (1966) hapnikulaeks 5,6-6,1 l/min.

Veidi madalamad  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtused esitavad ujujatel Š.Šprynarova jt. (1971): 56,9 ml/min.kg, P.Cerretelli jt. (1960): 54,0 ml/min.kg. Ka TRÜ võistkonnal(I-II järk) leiti keskmine  $O_2$ -lagi olevat 56,5 ml/min.kg.

Viiel naisujujal leidsid B.Saltin ja P.-O.Åstrand (1967) aeroobseks töövõimeks 3,2 l/min. (53-60 ml/min.kg). Korea sukeldujatel-naistel said S.K.Hong jt. hapnikulaeks ainult 42,1 ml/min.kg. I-II järguga naisujujatel leiti TRÜ lihastalitluse laboratooriumis keskmiseks  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtuseks 2.50 l/min. ja 38,7 ml/min.kg.



leiti norra suusatajatel K.L.Anderseni (1967) poolt: 71 ml/min.kg. Ka Š.Šprynarova jt. (1971) täheldasid suusatajatel mitte eriti kõrgeid  $\dot{V}_{O_2}$  max. näitajaid: 62,4 ml/min.kg. TRÜ I-II järgu suusatajatel saadi velbergomeetrial töötamisel hapnikulaeks 63,5 ml/min.kg.

Viiel rootsi murdmaasuusatajal naisel oli keskmine  $\dot{V}_{O_2}$  max 3,8 l/min. ja 63 ml/min. kg (B.Saltin, P.-O. Åstrand, 1967). V.V.Mihhailovi jt. (1964) poolt registreeriti K.Bojarskihhiinil aeroobseks töövõimeks 73,8 ml/min.kg, ka A.Koltšinal oli  $\dot{V}_{O_2}$  max kõrge: 74,0 ml/min.kg.

### Jalgrattasport

V.S.Farfel jt. (1969) määrasid jalgratturitel hapnikulaeks 5,26 l/min. ehk 71,5 ml/min.kg. Samasugused andmed saadi ka rootsi jalgratturite uurimisel (B.Saltin, P.-O. Åstrand, 1967): 5,2 l/min ja 74 ml/min.kg. V.V.Vassiljeva jt. (1971) leidsid, et jalgratturitel on kõige kõrgem hapnikulagi võistlusperioodil: kuni 81,3 ml/min.kg. Tartu "Dünamo" jalgratturitel saadi aeroobseks töövõime näiduks keskmiselt 4,97 l/min. ja 69,7 ml/min.kg, suurimaks väärtuseks oli 85 ml/min.kg. Hapnikulae andmeid 70-75 ml/min.kg esitavad ka A.A.Artõnjuk (1968), M.A.Artõkov (1968) jt.

### Sportmängud

Võrreldes tsükliliste aladega on sportmängudes aeroobset töövõimet määratud vähem. Nii leidsid A.A.Guminski jt. (1971) meie maa jäähokikoondise keskmiseks hapnikulaeks 5,0 l/min. (61,0 ml/min.kg). W.Hollmann (1963) esitab jäähokimängijate  $O_2$ -laeks 4,4 l/min. Pesapallimängijatel esitab R.J.Shephard (1968)  $O_2$ -lae keskmiseks väärtuseks 70,7

ml/min.kg. TRÜ võrkpallimeeskonnal saadi hapnikulaeks 4,54 l/min. (56,4 ml/min.kg). NSVL koondise meeskorpalluritel said S.N.Popov jt. (1971) keskmäestiku tingimustes laagri alguses aeroobseks töövõimeks 4,1 l/min. ja 45,7 ml/min.kg. Treeningulaagri lõpul olid vastavad väärtused 4,8 l/min. ja 51,3 ml/min.kg. Tartu "Kalevi" korvpalluritel leiti 1971.a. suvel keskmiseks aeroobseks töövõimeks 4,81 l/min. ja 55,3 ml/min.kg. Kõrgeimad  $\dot{V}_{O_2}$  max andmed leiti P.Tomsonil 66,7 ml/min.kg ja A.Krikunil 65,5 ml/min.kg. V.A.Danilovi (1972) järgi on meistersportlaste-korvpallurite  $O_2$ -lagi 5,1 l/min. ja 57,7 ml/min. kg. Esimese spordijärguga sportlastel leiti  $\dot{V}_{O_2}$  max olevat 53,6 ml/min.kg.

Naiskorvpalluritel said W.D.McArdle jt. (1971) hapnikulaeks 2,185 l/min. (35,5 ml/min.kg). Võistlusperioodi kestel leidsid W.E.Sinning jt. (1968) korvpalluritel  $\dot{V}_{O_2}$  max suurenemise 34,4 ml/min.kg kuni 38,8 ml/min.kg. TRÜ naiskonnal määrati 1973.a. sügisel keskmiseks hapnikulaeks 2,49 l/min. ja 38,1 ml/min.kg. Seejuures suurim hapnikulagi oli 45,2 ml/min.kg. Aeroobne töövõime määrati ka TRÜ nais-värvapalluritel. Korvpalluritega võrreldes saadi veidi madalam  $\dot{V}_{O_2}$  max: 2,32 l/min. ja 34,7 ml/min.kg.

#### Muud spordialad

Sellistel atsüklilistel spordialadel, nagu heited, hüpped, tõukesed, võimlemine, tõstmine jne. mängib aeroobne töövõime kõrgete tulemuste saavutamisel väiksemat osa. Seepärast on nende alade esindajate hapnikulagi ka madalam. Nii leidsid V.S.Farfel jt. (1969) võimlejalatel  $\dot{V}_{O_2}$  max 4,1 l/min. Tõstjatel said B.Saltin ja P.-O.Åstrand (1967) aeroobseks töövõimeks 4,5 l/min. Š.Šprynarova jt. (1971) said 3,29 l/min, W.Hollmann (1963) esitab tõstjatel keskmiseks  $\dot{V}_{O_2}$  max ka 3,2 l/min. Samasugused  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtused

leiti W.Hollmanni poolt ka heitjatel-tõukajatel ja sportvõimlejatel.

B.Saltini ja P.-O.Åstrand (1967) järgi on naisvibulaskjate ja -vehklejate keskmine hapnikulagi 2,3-2,4 l/min.

## Aeroobne töövõime ja sportlik treening

Sportliku treeningu tulemusena võib aeroobne töövõime oluliselt suurenedada. Esimesi viiteid kehalise treeningu mõjust aeroobsele töövõimele leiame S.Robinsoni ja P.M. Harmoni uurimustest (1941). Autorite andmetel põhjustas 2-3 korda nädalas treenimine 7 kuu kestel hapnikulae tõusu 14,0%. Samasuguse aeroobse töövõime kasvu said ka W.Hollmann, H.Venrath (1963). Nende tööst selgub, et mõõduka treeningu kasutamine 5 nädala kestel ei mõjуста oluliselt südame-veresoontesüsteemi ja hingamise talituslikku seisundit. Alles sellele järgnev 5-nädalane pingutav treening kutsub esile aeroobse töövõime tõusu. Kõrvuti hapnikulae tõusuga täheldati ka südame mahu suurenemist.

Ka B.Ekblomi ja kaasautorite järgi (1968) saadi treeningu mõjul üliõpilastel märkimisväärsed nihked aeroobses töövõimes. Nimelt põhjustas treenimine 3 korda nädalas 4 kuu kestel hapnikulae suurenemise 3,15 liitrit/min. 3,68 liitrit/min., s.o. 16,2%. Samuti täheldati ka südame maksimaalse minutimahu, s.o. südame poolt minutis väljapaisatava vere hulga suurenemist (8%), ning O<sub>2</sub> kasutamise paranemist kudede poolt. Autorid ei saanud nihkeid südame mahus ja südame maksimaalses löögisageduses.

H.Linderholm (1967) selgitas hapnikulae muutusi sõduritel. Autori andmetel paranes aeroobne töövõime maist augustini toimuvate kehaliste treeningute mõjul 11%. Ka selles uurimuses ei täheldatud muutusi südame maksimaal-

ses löögisageduses, küll aga paranes uuringute kestel kehalise töövõime näitaja (PWC<sub>170</sub>) 21%. Treeningute mõjul ilmnevaid ulatuslikke nihkeid aeroobses töövõimes täheldasid ka V.V.Mihhailov jt. (1964), V.V.Vassiljeva jt. (1971).

Eriti drastilised muutused saadi treeningute mõjul aeroobses töövõimes B.Saltini ja kaasautorite poolt (1968). Autorid leidsid, et 20 päeva kestev täielik voodipuhkus vähendas hapnikulage 3,39 liitrit/min. 2,43 liitrit/min. (28%), kõige suuremaks  $\dot{V}_{O_2}$  max languseks leiti 46%. Samas eksperimendis täheldati ka südame mahu vähenemist 860 milliliitrit 770 milliliitri ning südame maksimaalse minutimahu langust. Voodipuhkusele järgneva kahekuulise treeninguga aga tõsteti hapnikulage 2,52 liitrit/min. 3,41 liitrit/min. Samuti suurenes ka südame maht, südame minutimaht ning hapniku arterio-venoosne diferents.

Vastupidiselt eespool esitatud uurimustele ei täheldanud paljud autorid treeningutega seoses eriti ulatuslikke nihkeid aeroobses töövõimes. Nii põhjustas viienädalane treening K.L.Anderseni jt. eksperimendis (1966) hapnikulae tõusu ainult 5,7%, südame maht suurenes samal ajal 14%. Huvitav on märkida, et tippsportlastel ei täheldatud  $\dot{V}_{O_2}$  max suuremaid kõikumisi. Ka C.G. Williamsi jt. uuringus (1967) 13 bantu neegril näitab, et 1-4 kuud kestev kehaline treening põhjustab aeroobse töövõime tõusu ainult 7% ulatuses.

Treeningute mõjul sai küllalt väikesed nihked hapnikulaes ka A.Faulkner (1967). Viimase uurimusest selgub, et tippsportlastel muutub aeroobne töövõime üldiselt vähe, enammuutuvaks näitajaks on aga anaeroobne tootlikkus. P.-O.Åstrandil andmetel (1970) püsis rootsi suusakuulsusel S.Jernbergil hapniku tarbimise maksimum ligi kümne aasta kestel ühel ja samal tasemel: 5,8-5,9 l/min. piires.

K.L.Anderseni (1967) järgi muutub aeroobne töövõime

treeningute mõjul vähesel määral ka kesk- ja vanemaealistel. Noortel teostatud uuringutest (G.R.Cumming jt., 1966) nähtub, et ühenädalane treeningulaager ei mõjusta neil oluliselt aeroobset töövõimet.

Huvitavaid andmeid aeroobse töövõime muutuste kohta sportlastel on saadud dünaamiliste uuringute abil. Nii leidsid poola teadlased W.Rybaczuk ja I.Wojcieszak (1970), et kesk- ja pikamaajooksjatel on hapnikulagi kõrgem novembrikuus (61,4 ml/min.kg), aprillis oli keskmine  $\dot{V}_{O_2}$  max 59,5 ml/min.kg ja juunikuus ainult 56,5 ml/min.kg.

F.A.J.Enschede jt. (1964) järgi paranes kõrge kvalifikatsiooniga uisutajatel  $\dot{V}_{O_2}$  max maist novembrini 4,5 liitrit/min. 5,02 liitrit/min. Samal perioodil ei täheldatud muutusi pulsisageduse maksimumis.

Leningradi füsioloogiprofessori V.V.Vassiljeva ja kaasautorite andmetel (1971) kasvas jooksjatel ettevalmistava perioodi kestel hapnikulagi keskmiselt 10 %, näit alanes üleminekuperioodi kestel. Sama autoritekollektiiv leidis (1972), et jalgratturitel on aeroobne töövõime kõige kõrgem võistlusperioodi kestel (64,0 ml/min.kg), ettevalmistaval perioodil saadi  $O_2$ -laeks 55,6 ml/min.kg. Seejuures üleminekuperioodil langes aeroobne töövõime 49,2 milliliitrit/min.kg. Uuringutest selgub, et aeroobse töövõime tõusuga kaasneb ka vere ümberjaotamise regulatsiooni täiustumine, mida hinnati pulsilaine levimise kiiruse järgi.

T.Karu ja J.Maaroosi andmetel (1968) võib aerutajatel hapniku tarbimise maksimum kõikuda võistluseelsel perioodil 300-500 ml ulatuses. Ulatuslikumad hapnikulae muutused olid seoses treeningurežiimi rikkumisega.

V.V.Vassiljeva jt. uuringud (1972) suusatajal aga näitasid, et ettevalmistava perioodi kestel  $\dot{V}_{O_2}$  max praktiliselt ei muutunud, samal perioodil ei tähelda-

tud ka muutusi pulsilaine levimise kiiruses. Hapnikulae stabiliseerumist ettevalmistaval perioodil peale esialgset tõusu täheldas ka V.D.Jevstratov (1972). Seevastu küllaltki märkimisväärseid nihkeid suusatajate hapnikulaes olenevalt treeninguperioodist on kirjeldanud I.G.Ogoltsov ja V.V.Mihhailov (1966).

Küllaltki väikesi muutusi aeroobses töövõimes jäähõki mängijatel olenevalt treeninguperioodist täheldasid A.A.Guminski jt. (1971). Autorid määrasid põhikoosseisu mängijatel keskmiseks hapnikulaeks ettevalmistaval perioodil 4,82 l/min; võistlusperioodil kasvas näitaja 5,04 liitrit/min.

S.A.Bakulini tööst (1972) järeldub, et ujujatel võib pingutavate treeningute mõjul mikrotsükli 5-6 päeval aeroobne töövõime isegi langeda. Ka 2-3 päeva kestvad võistlused kutsusid esile hapnikulae languse 20-30 % ulatuses. Seejuures kulub aeroobse tootlikkuse taastumiseks 6-7 päeva.

Ka V.M.Zatsiorski jt. (1972) andmetel võib küllalt intensiivne treening (pulsisagedus üle 180 l/min.) kutsuda jalgratturitel esile hapnikulae tunduva languse.

TRÜ lihastalitluse laboratooriumis tehtud uuringud (1969-1973) kesk- ja pikamaajooksjatel näitavad, et muutused hapnikulaes aasta kestel ei ole märkimisväärsed. Nii saadi sportlaste rühmal aeroobse töövõime väärtuseks novembrikuus 64,8 ml/min.kg, märtsis 61,1 ml/min.kg ja maikuuks 62,2 ml/min.kg. Seejuures tippспортlastel oli aeroobne töövõime stabiilsem võrreldes madalama spordijärguga jooksjatega. Näiteks leiti vabariigi rekordimehel A.Nurmekivil paari aasta kestel hapnikulaeks 82-85 ml/min.kg, seevastu algajatel sportlastel täheldati aeroobses töövõimes suu-remaid nihkeid.

Lihastalitluse laboratooriumis teostatud kordus-uuringud NSV Liidu ja vabariigi kümnevõistlejate koon-  
diste liikmetel näitavad, et nihked aeroobses töö-

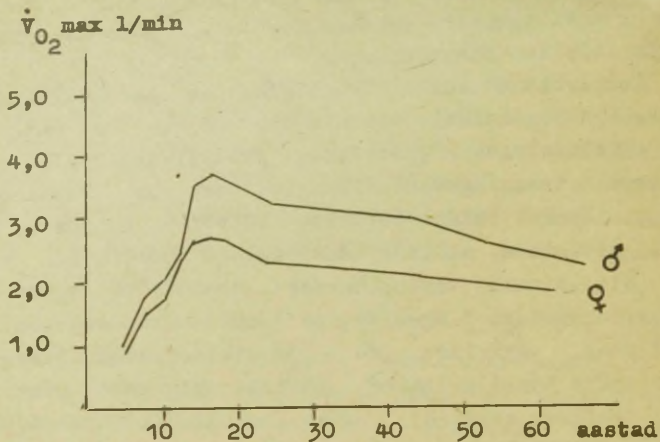
võimes mitme aasta kestel ei ole olulised. Uuringutest selgub, et mitmevõistlejatel on tulemuste paranemine suurel määral seoses just anaeroobse töövõime tõusuga ja tehnilis-taktikalise ning psühholoogilise ettevalmistamise paranemisega.

Kokkuvõttes tuleb rõhutada, et aeroobse töövõime muutuste hindamisel treeningute mõjul on vaja arvestada vaatlusaluste sportlikku kvalifikatsiooni, kasutatavate treeninguvahendite iseloomu ja vaatlusaluste vanust. Lõpuks tuleb aeroobse töövõime muutuste hindamisel arvestada, millise spordialaga uuritavad tegelevad. Nii tingib vastupidavuse arendamine kehtusaladel suuremaid muutusi hingamise ja südame-veresoontesüsteemi talitluses, võrreldes jõu ja kiiruse arendamisega. Ka treeningute taasalustamine pärast pikemat puhkeperioodi (haigus, eksamid) võib oluliselt mõjustada aeroobset töövõimet.

#### A e r o o b n e t ö ö v ö i m e j a v a n u s

Hapniku tarbimise maksimum oleneb suurel määral vanusest. I.Åstrand'i andmetel (1960, 1967) saabub  $\dot{V}_{O_2}$  max absoluutväärtuste tipp eavahemikus 18-20 aastat, millest alates algab  $\dot{V}_{O_2}$  max langus (joonis 3). Seejuures 65-aastastel moodustab  $\dot{V}_{O_2}$  max 25-aastaste omast ligikaudu 70%. Järgnevalt käsitletakse  $\dot{V}_{O_2}$  max dünaamikat erinevates vanusegruppides, tähelepanu on pööratud ka aeroobse töövõime soolistele erinevustele ja treeningu mõjule olenevalt vanusest.

Laste on hapniku maksimaalset tarbimist põhjalikult uurinud USA sporditeadlane S.Robinson (1938) ja rootsi füsioloog P.-O.Åstrand (1952). S.Robinsoni uurimisobjektiks olid 8-18 aastased koolipoisid. Uuringust



Joonis 3. Hapniku tarbimise maksimumi ealine dünaamika. Andmed esitatakse 350 naise ja mehe uurin-gute alusel. /I.Åstrand, 1960, 1967/

selgus, et 8-13 aastastel on keskmine hapnikulagi 1,56 l/min., arvestatuna kehakaalu 1 kg kohta 52,1 ml/min.kg, 13-15 aasta vanustel poistel oli  $\dot{V}_{O_2}$  max 2,63 l/min. ehk 47,1 ml/min.kg. Aeroobse töövõime absoluutnäit oli kõige kõrgem eavahemikus 16-18 a.: 3,61 l/min. (52,8 ml/min.kg). Seega S.Robinsoni andmed näitavad, et hapniku tarbimise maksimumi absoluutväärtus kasvab lastel koos vanuse tõusuga, kuid väljendatuna kehakaalu 1 kg kohta on  $\dot{V}_{O_2}$  max üldiselt stabiilne.

Ameerika koolipoiste hapnikulaest kõrgemad andmed leiti rootsi õpilastel (P.-O.Åstrand, 1952). Nii saadi 10-11 a. poistel aeroobseks töövõimeks 2,04 l/min. ehk 56,1 ml/min.kg, 12-13 aastastel olid vastavad väärtused

2,46 l/min. ja 56,5 ml/min.kg. Absoluutne  $O_2$  tarbimise maksimum kasvas järsult 14-15 aastastel poistel, ulatudes nüüd 3,53 l/min. Eavahemikus 16-18 aastat oli keskmine  $\dot{V}_{O_2}$  max 3,68 l/min. Suhteline hapnikulagi oli vastavalt 59,5 ml/min.kg ja 57,6 ml/min.kg. Ka P.-O. Åstrandi uuringutest ilmneb, et vanuse tõustes suureneb just absoluutne  $\dot{V}_{O_2}$  max, muutused suhtelises hapnikulaes on aga väikesed. Kõrgeimaks pulsisageduseks nooremas vanuserühmas registreeriti 211 lööki/min., teistes vanuserühmades oli pingutaval tööil keskmine pulsisagedus vastavalt 205,203 ja 202 lööki/min.

Kanada koolinoortel on aeroobset töövõimet uurinud R.J.Shephard kaasautoritega (1969). Nooremas vanuserühmas (9-10 a.) määrati aeroobseks töövõimeks 1,79 l/min. ja 47,9 ml/min.kg. Üheteistkümnne aasta vanustel poistel oli  $\dot{V}_{O_2}$

max 1,91 l/min. ja 48,1 ml/min.kg, eavahemikus 12-13 a.oli aga hapnikulagi 1,80 l/min. ja 47,9 ml/min.kg. Pulsisageduse keskmine maksimum oli vastavalt 195 lööki/min., 191 lööki/min. ja 192 lööki/min. Antud uuring näitab, et eavahe-  
mikus 9-13 aastat esinesid peaaegu ühesugused aeroobse töövõime näitajad.

Spordiga mittetegelejalatel tšehhi koolipoistel (14 a.) sai V.Seliger aeroobseks töövõimeks 1,92 l/min. ja 40,0 ml/min.kg.

Suuremahulisi uurimisi Leningradi koolinoortel hapniku tarbimise maksimumi määramisel on korraldanud S.B.Tihvinski (1970). Spordiga mittetegelejalatel 10-11 aastastel koolipoistel saadi hapnikulaeks 1,66 l/min. ja 46,5 ml/min.kg, 12-13 aastastel olid vastavad väärtused 1,70 l/min. ja 43,5 ml/min.kg. Vanemas vaneuserühmas (14-15 a.) saadi aga hapnikulaeks 2,29 l/min. ja 45,0 ml/min.kg.

Ka A.I.Polunini (1970) uuringud näitavad, et lastel muutub suhteline maksimaalne  $O_2$  tarbimine ea tõustes vähe. Autor sai eavahe-  
mikus 10-17 aastat hapnikulaeks 43,0-48,3 ml/min.kg. Tšehhi autorid M.Maček jt. (1973) märgi-

vad, et 12-18 aastastel linnalastel on  $\dot{V}_{O_2}$  max (l/min.) oluliselt kõrgem võrreldes maalastega. Erinevus aga polnud oluline suhtelises hapnikulaes.

TRÜ lihastalitluse laboratoorium viis läbi põhjaliku uurimise Kingissepa keskkooli (1971) ja Tartu I keskkooli õpilastel (1972). Nende keskkoolide üheeaalste poeglaste aeroobses töövõimes ei esine usaldavat erinevust. Ainult vanemas vanuserühmas (16-18 a.) oli Saaremaa poiste hapnikulae absoluutväärtus oluliselt kõrgem Tartu poiste aeroobse töövõime näidust (3,53 l/min. ja 2,83 l/min.). See on kõigepealt seotud just Saaremaa koolipoiste suurema kaalu ja pikkusega.

Tartu I keskkooli poeglaste nooremas rühmas (10-11 a.) oli keskmine hapnikulagi 1,68 l/min. ja 43,0 ml/min.kg, 12-13 aastastel olid vastavad väärtused 2,0 l/min. ja 44,0 ml/min.kg. Hapnikulae absoluutväärtus kasvab järsult alates 14. eluaastast. Nii leiti 14-15 aasta vanuserühma aeroobseks töövõimeks 2,71 l/min. Aeroobse töövõime suhteline väärtus oli selles vanuserühmas 46,1 ml/min.kg, vanemas vanuserühmas oli vastav väärtus 44,4 ml/min.kg.

Saaremaa koolipoiste uurimise tulemused esitatakse koos Tartu I keskkooli poiste andmetega tabelis 6.

Need uuringud kinnitavad samuti kehakaalu 1 kg kohta arvutatud hapnikulae ühesuguseid väärtusi ajavahe-  
mikus 10-18 aastat. Spordiga mittetegelejalatel koolipoistel võikski keskmiseks aeroobseks töövõimeks lugeda 40-50 ml/min.kg. Maksimaalseks pulsisageduseks saadi koolinoortel 182-192 lööki/min., mis ühtib paljude autorite andmetega.

Erinevate autorite poolt noortel leitud  $\dot{V}_{O_2}$  max andmed on esitatud tabelites 7,8.

Aeroobne töövõime kasvab lastel ja noortel suurel määral sportliku treeningu mõjul. Nii leidis V. Seliger (1968) noortel ujujatel (14,2 a.) hapnikulaeks 51,7 ml/min.kg, kergejõustiklastel (14,0 a.) oli  $\dot{V}_{O_2}$  max 49,6 ml/min.kg. Noortel ujujatel (17 a.) määrasid K.L.Andersen ja J.R.Magel (1970) keskmiseks aeroobseks töövõimeks 59 ml/min.kg.

Aeroobse töövõime uuringud koolinoortel ( $\bar{x} \pm s \bar{x}$ )

	Vanus, a	Uurita- vate arv	Kaal, kg	$\dot{V}_E$ max, l/min.	$\dot{V}_{O_2}$ max		$\dot{I}_H$ max, lööki/min.
					l/min.	ml/min.kg	
A.H. Tammsaare nim. Tartu I Keskool							
	10 - 11	20	40,3 $\pm$ 1,9	64,8 $\pm$ 4,3	1,68 $\pm$ 0,09	43,1 $\pm$ 2,4	190,1 $\pm$ 2,1
	12 - 13	21	46,3 $\pm$ 1,6	69,8 $\pm$ 3,1	2,00 $\pm$ 0,10	42,2 $\pm$ 1,7	195,4 $\pm$ 2,0
	14 - 15	22	58,8 $\pm$ 1,9	105,4 $\pm$ 6,7	2,72 $\pm$ 0,15	46,0 $\pm$ 2,2	188,5 $\pm$ 2,2
	16 - 18	21	64,3 $\pm$ 1,9	92,7 $\pm$ 6,9	2,80 $\pm$ 0,19	44,6 $\pm$ 3,0	186,4 $\pm$ 2,1
V. Kingissepa nim. Kingissepa Kesk- kool							
	12 - 13	11	40,1 $\pm$ 2,6	67,9 $\pm$ 7,3	1,69 $\pm$ 0,11	42,7 $\pm$ 2,1	189,6 $\pm$ 2,0
	14 - 15	11	57,7 $\pm$ 2,7	100,0 $\pm$ 9,0	2,73 $\pm$ 0,18	47,8 $\pm$ 2,3	191,1 $\pm$ 4,2
	16 - 17	10	71,4 $\pm$ 2,9	131,1 $\pm$ 12,5	3,53 $\pm$ 0,19	48,6 $\pm$ 2,4	192,5 $\pm$ 3,8

Tartu noortel ujujatel leiti hapnikulaeks 55,6 ml/min. kg, noortel võrkpalluritel oli aga hapnikulagi 49,6 ml/min. kg. Erinevate spordialadega tegelejatel noortel on aeroobset töövõimet määranud N.I.Volkov ja kaasautorid (1969). Nad leidsid noortel ujujatel (12,8 a.) hapnikulaeks 49,2 ml/min. kg, jooksjatel (13,0 a.) oli  $\dot{V}_{O_2}$  max 53,7 ml/min. kg, suusatajatel (13,4 a.) oli vastav väärtus 50,5 ml/min. kg. Veidi kõrgem aeroobne töövõime määrati vanema vanuserühma (17,7 a.) jooksjatel: 54,5 ml/min. kg.

V.Seligeri jt. (1973) järgi leiti 12-aastastel tüdrukutel hapnikulaeks 37,0 ml/min. kg, nende eakaaslastel, kes tegelesid spordiga, oli see aga 42,1 ml/min. kg. Viieteistkümnepäevaste neidude hapnikulaeks saadi 35,2 ml/min. kg, sportlastel oli  $\dot{V}_{O_2}$  max 42,2 ml/min. kg. Vanemas vanuserühmas (18 a.) määrati hapnikulaeks vastavalt 34,9 ml/min. kg ja 39,1 ml/min. kg. Uurimus osutab sellele, et ea tõustes 12-18 aastani esineb tütarlastel tendents  $\dot{V}_{O_2}$  max vähenemisele.

Ka P.O.Åstrand jt. (1963) leidsid ujujatel- tütarlastel hoopis kõrgema aeroobse töövõime samaealiste mittetreenitutega võrreldes. Kolmekümnel 12-16 aastasel neiul ujujal määrati keskmiseks hapnikulaeks 2,8 l/min., kõrgeimad väärtused olid 3,75 ja 3,74 l/min, seega 10 % kõrgeimad kui mittetreenitud neidude  $\dot{V}_{O_2}$  max.

Kesk- ja vanemaegaliste aeroobse töövõime näitajad esitatakse tabelis 9. G.Grimby jt. (1972) poolt läbi viidud 793 54-aastase mehe uurimine näitas, et aeroobne võime on selles eas keskmiselt  $2,32 \pm 0,30$  l/min. ja  $30,4 \pm 3,6$  ml/min. kg. Pulsisageduse maksimumiks saadi  $172 \pm 12$  lööki/min. B.Saltini ja G.Grimby (1968) andmetel on 40-70 aastastel varem aktiivselt spordiga tegelnud meeste hapnikulagi samaealiste mitesportlaste  $\dot{V}_{O_2}$  max-st 20 % kõrgem. Samal ajal jäi varem spordiga tegelnud meeste aeroobne töövõime maha uuringute ajal kehakultuuriga aktiivselt tegelnud vaatlusaluste hapnikulaest ligikaudu 25 %. Nii leiti 43-49 aastastel kehakultuuriga tegelevatel mees-

T a b e l 7

## Aeroobne töövõime poeglastel

Autorid	Vanus, a.	Uuritavate arv	$\dot{V}_{O_2}$ max	
			l/min.	ml/min. kg
S.Robinson, 1938	5,7-6,5 (6,1)	4	0,98	46,7
	8,2-12,6 (10,4)	9	1,56	52,1
	13-15 (14,1)	9	2,63	47,1
	16-19 (17,4)	11	3,61	52,8
P.-O.Åstrand, 1952	7-9	11	1,75	56,9
	10-11	13	2,04	56,1
	12-13	19	2,46	56,5
	14-15	10	3,53	59,5
	16-18	9	3,68	57,6
R.J.Shephard jt., 1969	9-10	7	1,75	49,7
	11	10	1,84	48,4
	12-13	15	1,78	45,8
S.B.Tihvinski, 1970	10-11	17	1,66	46,5
	12-13	14	1,70	43,5
	14-15	14	2,30	45,0
J.Pärnat, 1973, 1974	10-11	20	1,68	43,1
	12-13	32	1,84	42,4
	14-15	33	2,72	46,9
	16-18	31	3,16	46,6
N.Seliger jt., 1973	11,8	303	1,7	44,2
	14,8	327	2,5	44,9
	17,9	365	3,1	45,1

T a b e l 8

## Aerobne töövõime tütarlastel

Autorid	Vanus, a.	Uuritavate arv	$V_{O_2}$ max	
			l/min.	ml/min.kg
P.-O.Åstrand, 1952	7-9	14	1,50	55,1
	10-11	13	1,70	52,4
	12-13	13	2,31	49,8
	14-15	11	2,58	46,0
	16-17	10	2,79	47,2
G.R.Cumming, 1967	8			49,0
	10			40,0
	12			42,0
	14			38,0
	16			39,0
	18			44,0
R.J.Shephard jt., 1969	9-10	15	1,23	38,6
	11	14	1,35	38,5
	12-13	10	1,48	38,9
V.Seliger jt., 1973	11,8	297	1,5	37,0
	14,8	271	1,9	35,2
	17,9	328	2,0	34,9

T a b e l 9

Aeroobne töövõime kesk- ja vanemaealistel meestel

Autorid	Vanus, a.	Uuritavate arv	$\dot{V}_{O_2}$ max	
			l/min.	ml/min.kg
S.Robinson, 1938	32-38	10	3,42	43,1
	41-48	9	2,92	39,5
	48-57	7	2,63	38,4
	59-71	8	2,35	34,5
	73-76	3	1,71	25,5
I.Åstrand, 1960	30-39	13		39,8
	40-49	9		39,2
	50-59	66		33,1
	60-69	8		31,4
R.J.Shephard jt., 1968	30-39	17	2,83	39,8
	40-49	17	2,73	36,4
	50-59	17	2,20	31,5
	60-69	3	1,86	27,4
B.Saltin jt., 1968	44-49	10	3,28	
	50-59	14	2,90	
	60-67	5	2,60	

tel keskmiseks hapnikulaeks 3,98 l/min. ehk 57 ml/min.kg, 50-59 aastastel 3,39 l/min. ja 53 ml/min.kg ning 60-67 aastastel 3,68 l/min. ja 43 ml/min.kg, mida võib hinnata kõrgeteks väärtusteks. Ka eksrekordimehe MG.Häggi (P.-O.Åstrand, K.Rodahl, 1970) hapnikulagi oli veel 45-aastaselt küllalt kõrge: 4,0 l/min.

Aeroobse töövõime langusega kesk- ja vanemas eas kaasneb pulsisageduse maksimumi langus, kopsude ventilatsioonil vähenemine ning südame minuti- ja löögimahu langus, mis lõppkokkuvõttes põhjustabki  $\dot{V}_{O_2}$  max vähenemise. Teatud osa mängib ilmselt ka oksüdatsiooniprotsessi juhtivate fermentsüsteemide aktiivsuse vähenemine.

#### H a p n i k u t a r b i m i s e m a k s i m u m j a v ä l i s t i n g i m u s e d

Aeroobse töövõime määramisel ja tulemuste hindamisel tuleb arvestada ka välistingimusi. Mõjustavate teguritena tulevad arvesse nii välistemperatuur kui ka hapniku sisaldus välisõhus ning kõrgus merepinnast.

J.Kollias kaastöötajatega (1970) uuris nelja vaatlusalust 2300 m kõrgusel 6 kuu kestel. Keskmiseks hapnikulaeks enne keskmäestikku minekut saadi 4,53 l/min. ja 63,8 ml/min.kg, 2300 m kõrgusel langes see 4,12 liitriini min. ja 58,1 ml/min.kg. Tagasitulekul saadi esialgset  $\dot{V}_{O_2}$  max hoopis kõrgemad andmed: 4,69 l/min. ja 66,2 ml/min.kg. Seejuures ei saadud märkimisväärseid nihkeid vere laktaadisalduses pärast pingutust. B.Saltini (1968) järgi langes Mexico City (2300 m) kõrgusel  $\dot{V}_{O_2}$  max 13 sportlasel 16 % võrra. Aklimatiseerumisel (19-ndal päeval) oli aeroobne töövõime lähtetasemest madalam 9 % võrra. Ka V.S.Farfeli jt. (1969) andmetel langes veepalluritel 2000 m kõrgusel  $\dot{V}_{O_2}$  max

5,9 liitritl min. 5,2 liitri le min. (10%). Autorite kollektiivi uurimus näitab, et ujujatel langes  $\dot{V}_{O_2}$  max keskmäästikus sel juhul, kui määramised tehti ujumise ajal (11%), erinevust ei olnud veloergomeetriteliste uuringute puhul. Võimlejatel langes  $\dot{V}_{O_2}$  max keskmiselt 18%, jalgratturitel-maanteeõitjatel aga 11%. A.S.Ivanovi ja A.G.Zima (1970) tööst selgub, et meesjooksjatel langeb  $\dot{V}_{O_2}$  max keskmäästikus esimesel nädalal 14%, esialgne väärtus taastub alles kolmandal nädalal. Enamikul juhtudest oli aeroobse töövõime langus seostatav võimetusega tõsta vajalikul määral kopsude ventilatsioon.

Ka barokambris tehtud uuringutes (J.Stenberg jt., 1966), mille tingimused vastasid 4000 m kõrgusele, saadi oluline  $\dot{V}_{O_2}$  max langus (4,24 l/min, 3,07 l/min.)

C.G.Williamsi jt. (1962) andmetel ei mõjutanud temperatuur 36°C kolmel vaatlusalusel oluliselt hapnikulage, südame minutimahtu ja  $O_2$  arterio-venoosset diferentsi. Antud katses olid vaatlusalused temperatuurile hästi aklimatiseerunud bantu neegrid. L.B.Rowell jt. (1964) said mitteaklimatiseerunud meestel temperatuuril 43°C  $\dot{V}_{O_2}$  max languse 17°C suhtes.

Kestval lihastööl või kuumas võib toimuda ulatuslik vedeliku ja soolade kaotus, mis põhjustab töövõime languse. B.Saltini andmetel (1964) väheneb kõrge temperatuuri mõjul vereplasma maht suuremal määral kui raske töö tegemisel. Autori järgi ei mõjutanud vedeliku kaotus (dehüdratsioon) 5,5% kehakaalust aeroobset töövõimet ega südame minutimahtu. Maksimaalse töö kestus vähenes antud uuringus just anaeroobse töövõime languse arvel (laktaadisalduse tõus oli vähem väljendunud). Teiste autorite järgi võib aga kehakaalu langusega kaasneda  $\dot{V}_{O_2}$  max vähenemine. Näiteks F.N. Craig ja E.G.Cumming (1966) leidsid, et 4,3%-line kehakaalu kaotus langetas tunduvalt maksimaalset hapniku

tarbimist. Ka L.B.Rowell jt. (1964) said  $\dot{V}_{O_2}$  max languse  
4 % ulatuses, kui vere hulk vähenes 14 % võrra.

## AEROOBSE TÖÖVÕIME MÄÄRAMINE LABORATOORSETES JA SPORTLIKU TEGEVUSE TINGIMUSTES

Hapniku tarbimise maksimumi määramise meetodeid võib jaotada otsesteks ja kaudseteks (indirektseteks). Otseste meetodite puhul määratakse hapnikulagi gaasianalüüsi abil. Selleks leitakse töö intensiivsuse tõstmise teel koormus, mille ületamine ei põhjusta edasist hapniku tarbimise tõusu. Kaudsete testide kasutamise aluseks on sagedamini südame löögisageduse määramine ühel või mitmel submaksimaalsel koormusel ning vastavat tabelit, monogrammi või valemit kasutades leitakse  $\dot{V}_{O_2} \max$  (P.-O. Åstrand, I.Ryhming, 1954; R.Margaria jt., 1965)<sup>2</sup>.

Levinud on hapnikulae määramine laboratoorseis tingimustes sooritatavate testide abil, kuid tsükliliste spordialade esindajatel määratakse  $\dot{V}_{O_2} \max$  ka loomulikes tingimustes (ujumine, suusatamine, jooksmine).

H a p n i k u l a e m ä ä r a m i n e l a b o -  
r a t o o r s e t e s t i n g i m u s t e s o t -  
s e s t e m e e t o d i t e g a

Laboratoorsetes tingimustes kasutatakse aeroobse töövõime hindamiseks tööd veloergomeetril, jooksu m. tredbanil või step-testi. Lahkumineku  $\dot{V}_{O_2} \max$  väärtustes olenevalt veloergomeetri või tredbani kasutamisest on väikesed (E.H. Christensen, P.Högberg, 1950; P.-O. Åstrand, B. Saltin, 1961). Siiski on mõned autorid tredbanil saanud veloergomeetriga võrreldes kõrgemaid hapnikulae vää-

tusi (L.B.Rowell jt., 1964, R.J.S.Shephard, 1968). C.H.Wyndhami jt. (1966) järgi saadakse tredbanil kõrgemad  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtused kui veloergomeetril neil juhtudel, kui hapnikulagi ületab 2,5 l/min. Madalamate  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtustel on tulemused ühesugused.

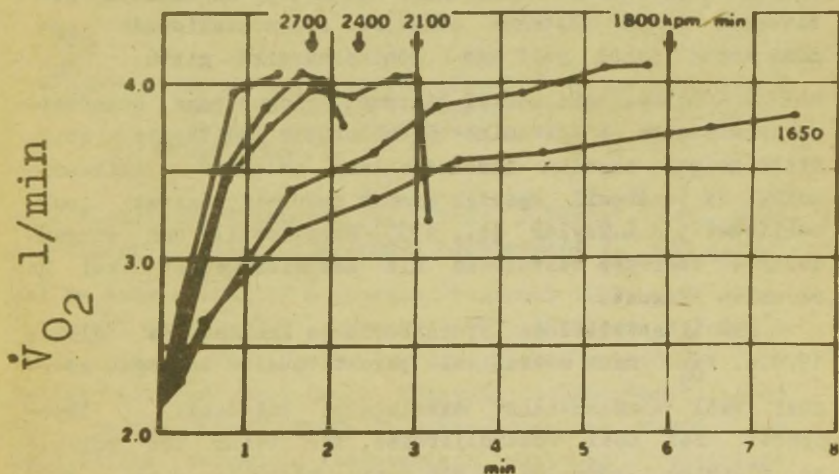
Võrreldes veloergomeetriga on tredban märksa komp- litseeritum seade. Tema muretsemine ja transport on seotud suuremate raskustega. Pealegi on koormuse doseerimise võimalused veloergomeetril täpsemad. Kuna osa autorite andmeid ei näita tredbani eelist saadavate tulemuste suhtes, siis tredbani mittekasutamist ei saa lugeda oluliseks metoodiliseks puuduseks.

Veloergomeetril sooritatud töö ja step-testil saadud  $\dot{V}_{O_2}$  max andmete võrdlus on andnud kas enam-vähem identsaid tulemusi (R.J.Shephard, 1968), või ilmnedid veloergomeetril oluliselt kõrgemad  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtused step-testiga võrreldes. Näiteks leidsid O.Škranc jt. (1970) 20-29 aastaste vaatlusaluste rühmas hapnikulaeks vastavalt  $2662 \pm 143$  ja  $3240 \pm 150$  ml/min., 30-29 aastastel vaatlusalustel aga  $2676 \pm 84$  ja  $3023 \pm 135$  ml/min. Veloergomeetri olemasolul tuleks tema kasutamist eelistada step-testile. Sel juhul on ka koormuse varieerimise võimalused suuremad.

Veloergomeetril istudes töötamisel on registreeritud suuremad  $O_2$ -lae andmed võrreldes tööga lamamisasendis. J.Stenbergi ja kaastöötajate (1967) andmetel oli lamades töö aerobse töövõime näit. vaid 85 % istudes töötamisel saadud tulemustest. Erinevus vähenes, kui lamamisel lisandus jalgade tööle kätega teostatav töö. Veloergomeetril ainult kätega töötamisel ei küüni  $\dot{V}_{O_2}$  jalgadega töötamisel saadud tegeliku maksimumi tasemeni. (E. Åsmussen, I. Hemmingsen, 1958; P.-O. Åstrand, B.Saltin, 1961).

Aerobse töövõime määramisel on tähtis, et töötamisest võtaks osa võimalikult palju lihaseid ja et

pingutuse kestus oleks küllaldane vereringe ja hingamise täielikuks mobiliseerimiseks. S. Robinsoni (1938) järgi piisab selleks tredbanil 4-5 minutilisest pingutusest, juhul kui kasutatav koormus kutsub esile väsimuse. Seejuures peab maksimaalsele või supramaksimaalsele koormusele <sup>1)</sup> eelneva küllaldane eelsoojendus. M. Nielsen ja O. Hanseni (1937) andmed näitavad otseselt, et supramaksimaalsel koormusel oli  $\dot{V}_{O_2}$  suurem siis, kui kasutati soojendusharjutusi. Üldistavalt võib väita, et hapnikulae määramiseks vajalik näit tuleb registreerida alles pärast sissetöötamisperioodi lõppu. P.-O. Åstrand ja B. Saltini (1961) järgi oleneb aeg hapnikulae saavutamiseni pärast kerget tööd (10 min. 50%  $\dot{V}_{O_2}$  max-st) koormuse suurusest (joonis 4). Kui koormusel 1650 kGm/min<sup>2</sup> tekkis laeväärtus 7,5 minutiga, siis koormus 2700 kGm/min. põh-



Joonis 4. Hapnikulae saavumine olenevalt kasutatavast koormusest /P.-O.Åstrand, B.Saltin, 1961/

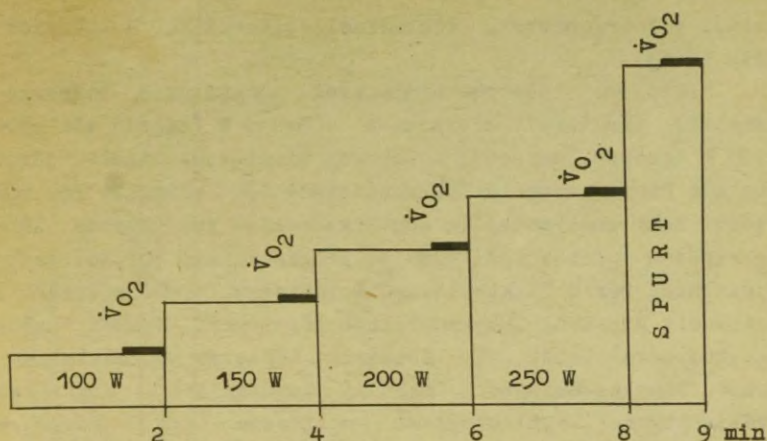
<sup>1</sup> Antud juhul ei tähistata mõistet maksimaalne ja supramaksimaalne koormus töö võimsust nagu V. Parfeli klassifikatsiooni puhul. Siin tähistab maksimaalne töö sellist koormust, mille puhul  $\dot{V}_{O_2}$  tõuseb maksimumini. Sellest väiksemad koormused on submaksimaalsed ja suuremad supramaksimaalsed.

justas  $\dot{V}_{O_2}$  max juba 1,5 minuti pärast. Sobivaks töö summaarseks kestuseks hapnikulae määramisel laboratoorsetes tingimustes tuleks pidada 5-10 minutit.

Aerobse töövõime määramisel on enamkasutatavaks nn. kasvavate koormuste meetod. Selle meetodi puhul tõstetakse koormusi järk-järgult kuni suutlikkuseni. Veloergomeetril on koormust võimalik suurendada pöörete arvu ja koormustakistuse tõstmise abil, tredbanil saab koormust tõsta jooksukiiruse ja jooksuplatvormi kaldenurga suurendamisega (jooks mäest üles). Astumistestis on võimalik võimalik suurendada astumiskõrguse ja astumissageduse tõstmise abil. Veloergomeetril kasutab enamik autoreid  $O_2$ -lae määramisel takistuse suurendamist koormuse püsiva tempo tingimustes (50-80 pöört/min.). (P.-O.Åstrand, 1954; P.A.Binkhorst jt., 1963). R.E.Motõljanskaja (1969) arvates osutub sportlaste kiiruslike omaduste hindamisel sobivamaks tempo tõstmine stabiilse koormustakistuse puhul. Antud juhul pole aga põhieesmärgiks mitte  $\dot{V}_{O_2}$  max määramine, vaid suurel kiirusel pingutusega kohanemise iseärasuste selgitamine mitmesuguste näitajate abil, mille hulgas hapniku tarbimise tase on vaid kriteeriumiks. Ka tredbanil kasutab enamik autoreid püsivat jooksukiirust (H.L.Taylor jt., 1955). Step-testil aga suurendatakse koormuse tõstmiseks nii astumissagedust kui ka astumise kõrgust.

TRÜ lihastalitluse laboratooriumis kasutatakse alates 1970.a.  $\dot{V}_{O_2}$  max määramisel pärast püsiva tempoga koormusi veel üheminutilist maksimaalse kiirusega lõpuspurti. Sel teel kontrollitakse, kas teine töö võimsuse tõstmise võimalus - töö tempo tõstmine - ei suurenda edasiselt hapniku tarbimist.

Hapniku tarbimise maksimumi määramisel on kasutamist leidnud nii 4-6 minutilised (steady state) koormused (P.-O.Åstrand, 1952; C.H.Wyndham jt., 1966) kui ka 1 - 3 minutilised kasvava võimsusega tööd (progressive



Joonis 5. Kasvavate koormuste kasutamine aeroobse töövõime määramisel. Väljahingatud õhu kogumine toimub iga koormuse ja spurdi viimase 30 sek. kestel.

work test)(R.A. Binkhorst jt., 1963; J.Pärnat, 1970). Kahe-minutilisi suurenevaid koormusi kasutatakse  $\dot{V}O_2$  max leidmiseks ka Rahvusvahelise Bioloogia Programmi (IBP) raames. J.Pärnati (1970, 1973) andmetel võib lühikeste kasvavate koormuste abil saada "steady state" meetodiga võrreldes võrdsed või isegi kõrgemad väärtused (tabel 10). Selgus, et 13 kesk- ja pikamaajooksjal saadi 1-3 minutiliste koormuste kasutamisel omavahel oluliselt mitte erinevad  $\dot{V}O_2$  max andmed. Usaldavalt madalam "hapnikulagi" saadi 2.5-5 minuti kaupa kasvavate koormuste puhul. Oluline erinevus puudub kõigi võrreldavate koormusvariantide vahel südame löögisageduse ja kopsude ventilatsiooni maksimaalsetes väärtustes. Võib oletada, et väiksem  $\dot{V}O_2$  max on "pikkadel" koormustel seotud vä-

simusnähtude tekkimisega just liigutusaparaadis (valud lihastes, liigestes). Sellist võimalust  $\dot{V}_{O_2}$  max limiteerimisel veloergomeetrial töötamisel esitavad ka H.L.Taylor jt. (1963).

Aeroobse töövõime hindamisel alustatakse veloergomeetrial tavaliselt koormusest 100–150 W (mehed) või 50–100 W (noored, naised), seejuures üleminekul igale järgnevale koormusastmele suurendatakse töö võimsust 25, 50W võrra kuni individuaalse suutlikkuseni. Kui südame löögisagedus ulatub tööl 170–180 löögini/min. või kui vaatlusalusel tekib raskusi tempo hoidmisega (60–80 pöret/min.), on sobiv alustada üheminutilist lõpuspurti. Spurdil ajal kasutatakse teise või kolmanda tööastme koormustakistust. Douglas-Haldane'i meetodi kasutamisel kogutakse väljahingatud õhk Douglasi kottidesse iga koormuse ja lõpuspurdil viimase 30 sek. kestel, kõrgem  $\dot{V}_{O_2}$  ongi hapnikulagi (l/min., ml/min.kg).

Sportlastel ja tervetel spordiga mittetegelejalatel osutub sobivaks kasutada kasvavaid koormusi ilma puhkepausideta (C.H.Wyndham, jt. 1966; R.A.Binkhorst jt. 1963, 1966), kesk- ja vanemaealistel ning tervisehäiretega vaatlusalustel on üksikkoormuste vahel otstarbekas kasutada 2–6 minutilisi puhkepause. Töö lõpetatakse väsimusnähtude tekkel või elektrokardiogrammi teatud näitajate muutuste alusel (ST-joone asend isoelektrilise joone suhtes, T-saki iseloom jne.).

Hapniku tarbimise maksimumi "töeliste" väärtuste määramisel tuleb arvestada järgmisi kriteeriume:

1. Hapniku tarbimises platoo teke vaatamata koormuse tõstmisele (P.-O.Åstrand, 1952), H.L.Taylor jt., 1955).

2. Südame löögisageduse tõus tööl kuni 170–190 löögini/min.

3. Anaeroobse ainevahetuse ulatuslik "sisselülitus"töö ajal, mida iseloomustab laktaadi kontsentratsiooni tõus veres 80–100 mg% (P.-O.Åstrand, 1952), hingamiskoefitsiendi tõus üle 1,0 (B.Issekutz jt., 1962), happe-leelise tasakaalu nihked.

Hapniku tarbimise, kopsude ventilatsiooni, südame löögisageduse ja hapnikuvõla maksimaalväärtused kasvavatel koormustel 13 kesk- ja pikamaajooksjal ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ )

Näitaja	1'-koormused	2'-koormused	3'-koormused	5'-koormused
$\dot{f}_H$ lähte, lööki/min.	70,1 $\pm$ 3,4	74,6 $\pm$ 2,6	70,3 $\pm$ 3,2	70 $\pm$ 3,3
$\dot{f}_H$ max, lööki/ /min.	180,7 $\pm$ 2,2	181,5 $\pm$ 2,2	181,6 $\pm$ 1,6	185,2 $\pm$ 1,9
TPS, lööki	382,5 $\pm$ 11,5	390,8 $\pm$ 14,3	385,3 $\pm$ 13,4	399 $\pm$ 7,5
$\dot{V}_E$ lähte, l/min.	9,4 $\pm$ 0,6	12,9 $\pm$ 0,8	13,7 $\pm$ 0,8	12,4 $\pm$ 0,8
$\dot{V}_E$ max, l/min.	158,7 $\pm$ 10,3	162,7 $\pm$ 11,2	162,0 $\pm$ 9,4	161,7 $\pm$ 9,0
$\dot{V}_{O_2}$ max, l/ /min.	4,119 $\pm$ 0,166	4,238 $\pm$ 0,171	4,171 $\pm$ 0,152	3,875 $\pm$ 0,131
ml/min.xkg	59,2 $\pm$ 2,0	61,2 $\pm$ 2,4	59,1 $\pm$ 1,6	56,6 $\pm$ 1,2
O <sub>2</sub> -võlg, l	5,6 $\pm$ 0,5	5,8 $\pm$ 0,4	4,6 $\pm$ 0,4	5,1 $\pm$ 0,5

Hapnikulae määramine valitud  
spordialale spetsiifilise  
tegevuse abil

Kõrvuti laboratoorsete testidega on aeroobset töö-  
võimet võimalik määrata ka loomulikes treeningutingimus-  
tes, nn. spetsiifilises tegevuses. Sellisteks tegevusteks  
võivad olla jooksmine või suusatamine mäest üles, uju-  
mine, aerutamine või sõudmine maksimaalse kiirusega.

E.Christenseni ja P.Högbergi (1950) andmetel saadi  
suusatamisel kõrgemad  $\dot{V}_{O_2}$  max andmed kui veloergomeet-  
ril. Seevastu P.-O.Åstrand ja B.Saltin (1961) ei sedasta-  
nud suusatamisel ja veloergomeetril töötamisel olulist  
erinevust hapnikulae väärtustes. Autorid leidsid 6 vaat-  
lusalusel hapnikulaeks suusatamisel 4,48 l/min., veloergo-  
meetril töötamisel oli  $\dot{V}_{O_2}$  max 4,36 l/min. Meie vaba-  
riigi suusatajate koondise uurimisel eelistab J.-H. Kal-  
justo (1968) aeroobse töövõime määramist mäkkejooksul,  
suusatamise imiteerimisel keppidega.

Meesujujatel said P.-O.Åstrand ja B.Saltin (1961)  
ujumisel aeroobseks töövõimeks 86 % veloergomeetril leitud  
hapnikulaest. Neidudel moodustas ujumisel leitud  $\dot{V}_{O_2}$  max  
veloergomeetril registreeritud väärtustest 92,5 % (P.-O.  
Åstrand jt., 1963). Olulist erinevust hapnikulaes kummagi  
määramismeetodi puhul ei täheldanud noorujujatel N.N. Pla-  
tonov jt. (1973). Autorid leidsid pärast 4 x 50 m maksi-  
maalses tempos ujumist hapnikulaeks 4,18 l/min., veloergo-  
meetril saadi keskmiseks  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtuseks 4,05 l/min.

R.W.Dixoni ja J.A.Faulkneri (1971) andmed siiski kinnita-  
vad P.-O.Åstrandi ja B.Saltini tulemust, et ujumisel on  
 $\dot{V}_{O_2}$  max veidi madalam kui teistel pingutustel, antud juhul

tredbanil jooksmisel (vastavalt 4,05 l/min. ja 4,26 l/min). Näib, et tähtsust võib omada keha horisontaalne asend.

Kesk- ja pikamaajooksjate aeroobset töövõimet on määratud TRÜ lihastalitluse laboratooriumis alates 1972. aastast nii veloergomeetril kasvavate koormustega kui ka mäkkejooksul. Lõikude pikkuse ja korduste arvu leidmiseks  $\dot{V}_{O_2}$  max määramisel jooksid vaatlusalused (n=13) maksimaalses tempos mäkke 10 x 150 m ja 10 x 400 m. Distantsi kestel registreeriti südame löögisagedus teleelektrokardiograafilisel meetodil, iga jooksu viimase 20-40 sekundi kestel koguti väljahingatud õhk Douglasi kottidesse, mille alusel määratigi  $\dot{V}_{O_2}$  max. Hapniku tarbimise, kopsude ventilatsiooni ja südame löögisageduse väärtused mäkkejooksul esitatakse tabelis 11. Uuringutest selgus, et jooksudistantside vahel ei esinenud olulist erinevust südame löögisageduses, kuid hingamise minuti-maht ( $\dot{V}_E$ ) ja hapniku tarbimine oli usaldatavalt kõrgem 400-m lõikude läbimisel. Seega 400-meetriste lõikude läbimisel leitakse kõrgem hapnikulagi võrreldes 150 m distantsiga, keskmine  $\dot{V}_{O_2}$  oli vastavalt  $4,44 \pm 0,12$  l/min. ja  $3,80 \pm 0,13$  l/min. ehk  $64,1 \pm 1,4$  ml/min.kg ja  $54,6 \pm 1,5$  ml/min.kg. Ilmselt 150-m jooksudistants pole küllaldane südame-vereringe ja hingamise täielikuks mobiliseerimiseks. Kirjeldatud uuring ei võimalda anda vastust küsimusele, millest on antud juhul tingitud erinevus hapnikulaes, kas südame minutimahu suurusest, vere ümberjaotamisest või hoopis erinevast arterio-venoosest diferentsist. Piisavaks lõikude arvuks  $\dot{V}_{O_2}$  max määramisel tuleks lugeda 2-4.

Veloergomeetrite ja mäkkejooksu (10 x 400) tulemuste võrdlemine ei too esile usaldatavat erinevust ( $59,4 \pm 2,2$  ja  $64,1 \pm 1,4$  ml/min. kg). Seega jooksjatel osutub sobivaks hapnikulae määramisel kasutada nii laboratoorseid meetodeid kui mäkkejooksu maksimaalse kiirusega.

Tabel 11.

Südame löögisagedus ja gaasivahetuse näitajad  
mäkkejooksul ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

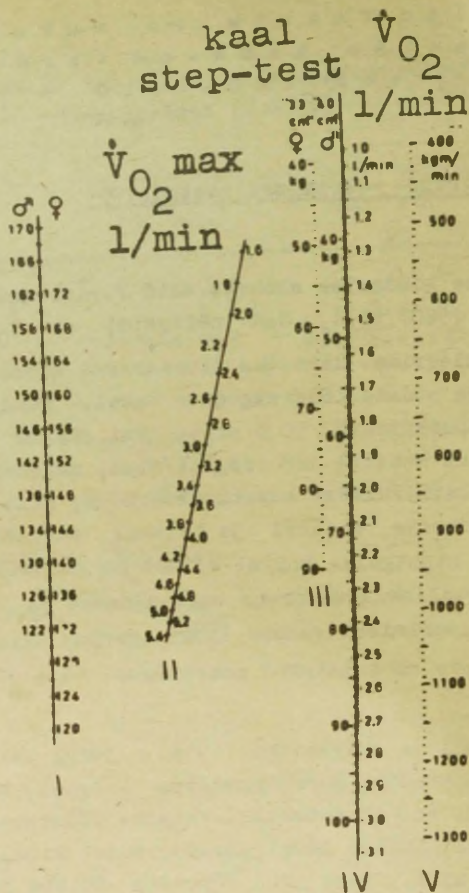
Näitaja	150 m	400 m	P
$\dot{f}_H$ lähte, lööki/min.	75,833 $\pm$ 4,099	67,917 $\pm$ 2,999	> 0,1
$\dot{f}_H$ max, lööki/min.	188,8 $\pm$ 4,1	193,3 $\pm$ 1,9	> 0,1
TPS, lööki	417,8 $\pm$ 14,9	416,7 $\pm$ 8,6	> 0,1
$\dot{V}_E$ lähte, l/min.	11,1 $\pm$ 0,6	12,5 $\pm$ 0,8	> 0,1
$\dot{V}_E$ max, l/min.	114,4 $\pm$ 5,8	132,0 $\pm$ 5,3	< 0,05
$\dot{V}_{O_2}$ lähte, l/min.	0,316 $\pm$ 0,017	0,358 $\pm$ 0,021	> 0,1
$\dot{V}_{O_2}$ max, l/min.	3,795 $\pm$ 0,130	4,443 $\pm$ 0,116	< 0,01
ml/min.kg	54,6 $\pm$ 1,5	64,1 $\pm$ 1,4	< 0,01

# Hapniku tarbimise maksimumi määramise kaudsed (indirekt- sed) meetodid

## 1. Åstrand- - Ryhmingi meetod(1954)

Hapnikulae hindamise aluseks said P. Åstrandi ja I. Ryhmingi (1954, 1960) tööd. Nad näitasid, et  $\dot{V}_{O_2}$  max on võimalik kalkuleerida lähtudes lineaarsest seosest hapniku tarbimise ja südame löögisageduse vahel. Nende andmetel kasutatakse hapnikulaest 50 % siis, kui südame löögisagedus tööil ulatub meestel 128 löögini/min., naistel 138 löögini/min. Kui hapnikulaest kasutatakse 80 %, siis saadi südame löögisageduseks meestel ja naistel vastavalt 154 ja 164 lööki/min. Hapnikulae korral esineb ka südamelöögisageduse maksimum. Selline lineaarsus ongi aluseks  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtuste ekstrapoleerimisel südame löögisageduse näitade põhjal. Vastavalt sellele on tuletatud nomogramme, tabeleid ja valemeid.

P. Åstrandi ja I. Ryhmingi (1954) järgi tuleb sooritada üks 5-6 minutiline submaksimaalne koormus kas veloergomeetril või nn. step-testina (südame löögisagedus 125-170 lööki) min.). Südame löögisagedus tuleb kindlasti määrata koormuse ajal, kuna töö lõppedes toimub järsk pulsageduse langus, mille ulatus ei iseloomusta alati tööaegseid väärtusi. Sobivaks koormuseks on meestel 900-1200 kGm/min., naistel 600-900 kGm/min. Step-testi kasutamisel on astumise kõrguseks meestel 40 cm, naistel 33 cm, kusjuures astumisesagedus on 22,5 korda/min. Keak- ja vanemaalistel soovitatatakse veloergomeetril koormusi 600 kGm/min. ja 400 kpm/min. (mehed, naised), step-testil astumiskõrgusi vastavalt 27 ja 22 cm (I. Ryhming, 1954). Submaksimaalsel koormusel registreeritud pulsageduse põhjal leitakse joonisel 6



Joonis 6. Nomogramm maksimaalse hapniku tarbimise määramiseks Astrand-Ryhmingi järgi. Skaalal IV leitakse step-testil (III) või veloergomeetril (V) kasutatud koormusele vastav hapniku tarbimine. See ühendatakse sirgega töö ajal määratud pulsisagedusega skaalal I. Sirge ristumispunkt maksimaalse  $\dot{V}O_2$ -tarbimise skaalaga annabki otsitava  $\dot{V}O_2$  max väärtuse.

esitatud nomogrammi kasutades  $\dot{V}_{O_2}$  max. Selle nomogrammi aluseks on uuringud 27 tervel mehel ja 31 tervel naisel (18-30 a.). Hapnikulae leidmise aluseks on  $\dot{V}_{O_2}$  väärtuste ekstrapoleerimine pulsisagedusele 195 lööki/min. Nomogrammi asemel on samaväärselt kasutatav ka P.-O.Åstrand'i tabel (tabelid 12,13.).

Testi autorid said küllalt hea vastavuse tegeliku hapnikulae ja kalkuleeritud  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtuste vahel.

Küllalt väike keskmine erinevus, 10 ml/min. leiti hästi-treenitud naissportlastel, meessportlastel oli erinevus 23 ml/min., seejuures veloergomeetrial töötamisel saadi 2/3 juhtudel meestel vea suuruseks alla 6,7 %, nais-  
tel aga 9,4 %.

Olenevalt east esitab I.Åstrand (1960) paranduskoeffitsiendid, millega tuleb korrutada nomogrammist või tabelist saadud tulemust:

- 1,0 - 20-30 a.
- 0,87 - 31-40 a.
- 0,73 - 41-50 a.
- 0,71 - 51-60 a.
- 0,65 - 61-70 a.

Åstrand-Ryhmingi nomogrammi kasutamise poolt räägivad mitmete autorite andmed. Nii leidsid P.Teräslinna ja A.H.Ismail (1964) tegeliku  $\dot{V}_{O_2}$  max ja kalkuleeritud väärtuste vahel tugeva korrelatiivse seose ( $r = 0,69$ ). H.A. de Vries ja C.E.Klafs (1965) said vastavaks korrelatsioonikoeffitsiendiks 60 vaatlusaluse rühmal (20-26 a.)  $r = 0,736$ . Autorid leidsid keskmiseks tegelikuks  $\dot{V}_{O_2}$  max 3,87  $\pm$  0,53 l/min., "ennustatud" keskmise  $\dot{V}_{O_2}$  max oli 3,59  $\pm$  0,61 l/min. Olulised korrelatiivsed seosed on leidnud ka S.Zedda jt. (1969) ja N.R.Zamfirescu jt. (1969),

vastavalt  $r = 0,68$  ja  $r = 0,80$ . Ka 73 üliõpilasel teostatud uuringus leidsid J.R.Lacour jt. (1960) tegeliku  $\dot{V}_{O_2}$  max kokkulangemise kalkuleeritud väärtustega (3,069 l/min. ja 3,100 l/min.,  $r = 0,67$ ).

Kalahari saarte päriselanike uurimisel tulid C.H.van Graan jt. (1970) järeldusele, et nn. "tsivilatsioonist puutumata" inimestel osutub otstarbekaks kasutada  $O_2$ -lae määramisel submaksimaalseid koormusi kas veloergomeetrial või step-testi abil. Vaatluused ei tulnud lihtsalt toime veloergomeetrial maksimaalsete koormuste sooritamisega.

Lastel on Åstrand-Ryhmingi testi sobivust  $\dot{V}_{O_2}$  max määramisel uurinud F.Metz ja J.F.Alexander (1970). 60 12-15 aastase poisi uurimisel leidsid autorid, et tredbanil jooksmisel otseselt määratud  $\dot{V}_{O_2}$  max ja submaksimaalsel koormusel registreeritud pulsageduse alusel kalkuleeritud näitude vahel  $r = 0,701$ , millest järeldati, et ka koolinoortel on hapnikulagi määratav kaudsel teel. R.Mocellini ja kaastöötajate (1973) uurimisobjektiks oli 19 13-14 a. treenitud koolipoissi ning 20 17-18 a. noorukit. Esimeses rühmas leiti  $O_2$ -laeks Åstrand-Ryhmingi järgi keskmiselt 2,41 l/min., otsesel meetodil aga 2,82 l/min. Vanemas vanuserühmas olid vastavad andmed 3,53 ja 3,92 l/min. Põhinedes saadud tulemustele, soovitatavad autorid korrutada nooremas vanuserühmas kalkuleeritud  $\dot{V}_{O_2}$  max 1,17-ga, vanemas rühmas aga 1,11-ga. Korrelatiivseks seoseks  $\dot{V}_{O_2}$  max andmete vahel leiti 13-14 a. koolipoiste rühmas  $r = 0,800$  ja 17-18 aastastel  $r = 0,619$ . Ka H.Rusko ja E.Karvineni (1973) andmetel saadakse Åstrand-Ryhmingi meetodil koolipoistel (11-12 a.) tegelikust madalamad hapnikulae väärtused (8-13 %).

Samal ajal on Åstrand-Ryhmingi testi kasutamisel rida puudusi. Üheks faktoriks, mis vähendab kaudse meetodi täpsust, on lineaarsuse kadumine südame löögisageduse ja hapniku tarbimise vahel hapnikulage esilekutsuvatel koormustel (C.H.Wyndham jt., 1959; H.L.Taylor, 1963; C.T.M.Davies,

1968). Selle tõttu said C.H.Wyndham jt. (1959) submaksimaalseid koormusi kasutades nomogrammi abil tegelikult  $\dot{V}_{O_2}$  max 0,32 l/min. madalamad  $O_2$ -lae väärtused.

L.B.Rowell jt. (1964) said spordiga mittetegelejatel kaudse meetodi abil hapnikulaeks 4,07 l/min., ottsel teel leiti väärtuseks 4,47 l/min., erinevuseks oli  $27 \pm 7\%$ .

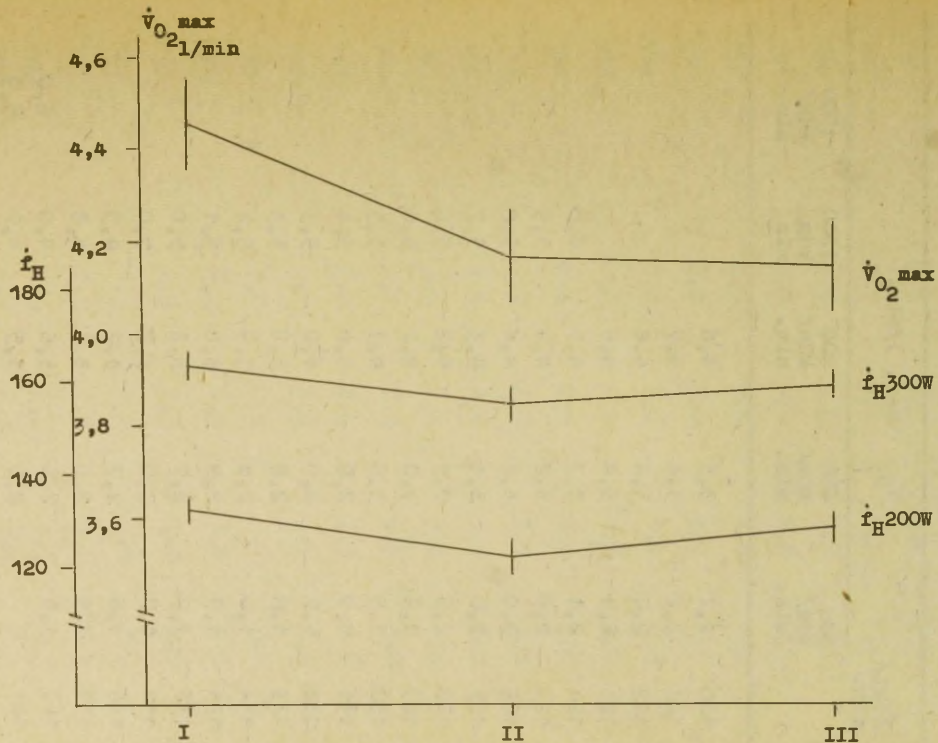
Seejuures vastupidavusaladega tegelejatel leiti erinevuseks ainult  $5,6 \pm 4\%$ . Spordiga mittetegelejatel vähenes peale 2,5-3 kuud treeningut erinevus otseses ja kaudse meetodi abil leitud hapnikulae väärtustes. Autorite arvates vähendab kaudse meetodi täpsust asjaolu, et pulsisagedust mõjustatakse submaksimaalsel koormusel mitmesuguste aeroobsest töövõimest mittetingitud tegurite poolt. Nendeks teguriteks võivad olla kõrge temperatuur, kabe aeg, toit, emotsionaalne seisund jne. Huvitava faktina esitavad autorid näite, kus aneemia kujunemisel langeb vaatlusalusel oluliselt hapnikulagi, kuid pulsisagedus submaksimaalsel tööl jääb samaks.

Kaudse meetodi kasutamist aeroobse töövõime määramisel on põhjalikult analüüsinud C.T.M.Davies (1968). Tööst selgub, et 80 vaatlusalusel (20-50 a.) saadi Åstrand-Ryhmingi meetodil tõelisest  $O_2$ -laest tunduvalt madalamaid väärtusi, viga ulatus 30 %-ni. Autor näitab vea peamise põhjusena jällegi seda, et kõrgematel koormustel puudub lineaarsus  $\dot{V}_{O_2}$  ja pulsisageduse vahel. Autor analüüsis samuti maksimaalse pulsisageduse varieerumist meestel erinevates vanuserühmades. Selgus, et 20-25 aastastel esineb  $O_2$ -lae ja  $f_H$  max vahel negatiivne seos, vanematel vaatlusalustel vanusega (40-50 a.) on see seos aga positiivne. Seega hästitreenitud noortel vähendab see fakt  $\dot{V}_{O_2}/f_H$  mittelineaarsusest tingitud viga, vanematel treenitud vaatlusalustel aga üldine viga suureneb. Autori järgi

tekib  $\dot{V}_{O_2}$  max leidmisel nomogrammi järgi väiksem viga, kui kasutatakse submaksimaalseid koormusi, mille puhul südame löögisagedus asub piirkonnas 140-180 lööki/min., võrreldes väiksemate koormuste kasutamiselega. Esimesel juhul leiti  $\dot{V}_{O_2}$  max erinevus tegelikust väärtusest  $843 \pm 613$  ml/min., teisel juhul aga  $624 \pm 420$  ml/min. C.T.M. Daviese (1968) järgi suureneb täpsus sel juhul, kui kasutada kahte submaksimaalset koormust (vt. R.Margaria jt. meetod). Sel juhul oli erinevuseks  $529 \pm 390$  ml/min. Ka C.H. Wyndham arvab, et  $\dot{V}_{O_2}$  max kalkuleerimisel suureneb täpsus, kui kasutatakse kahte või enam submaksimaalset koormust. C.T.Davies rõhutab, et kui nõutakse sellist täpsust, et meetodi viga oleks väiksem kui 15 %, on  $\dot{V}_{O_2}$  max vaja määrata otsesel meetodil.

Seitameteistkümnel 17-18 aastasel jalgratturil määrasid Z.Paplinska ja A.Lisiecki (1972) Åstrand-Ryhmingi järgi hapnikulaeks 49,0 ml/min.kg, otsesel meetodil oli keskmine hapnikulagi 32,1 ml/min.kg. Ka antud töös on erinevus küllaltki suur.

TRÜ lihastalitluse laboratooriumis uuriti Åstrand-Ryhmingi ja otsese meetodi võrdluseks 21 kesk- ja pikamaajooksjat 3 korda aastas (detsember, märts, juuni). Aeroobse töövõime ja pulsisageduse väärtused submaksimaalsel tööl esitatakse tabelis 14. Uuringust selgub, et kaudse meetodi abil saadi kõrgemad  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtused kõrgis vaatlusseeriates, kui koormuseks oli 300 W ( $f_H = 163,5$  lööki/min.). Koormusel 200 W ( $f_H = 132,5$  lööki/min.) abil leitud  $\dot{V}_{O_2}$  max oli tegelikust  $\dot{V}_{O_2}$  väärtusest suurem ainult märtsis ja juunis. Seejuures ühegi vaatlusseeria korral ei täheldatud usaldatavat seost tegeliku ja kalkuleeritud  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtuste vahel. Jooniselt 7 selgub, et aastaringne hapnikulae dünaamika ei lähe kaugeltki kokku pulsisageduse dünaamika submaksimaalsel tööl. See fakt räägib oluliselt Åstrand-Ryhmin-



Joonis 7. Aeroobse töövõime ja submaksimaalsetel koormustel leitud südame löögisageduse dünaamika jooksjatel erinevates treeninguperioodides.  
I - uuring detsembrikuus; II - uuring märtsis; III - uuring juunikuus.

$\dot{V}_{O_2}$  max leidmine Åstrand-Ryhmingi järgi

M e h e d

$f_H$ , lööki/ min.	$\dot{V}_{O_2}$ max, l/min.				
	300 kGm/ min.	600 kGm/ min.	900 kGm/ min.	1200 kGm/ min.	1500 kGm/ min.
120	2,2	3,5	4,8		
121	2,2	3,4	4,7		
122	2,2	3,4	4,6		
123	2,1	3,4	4,6		
124	2,1	3,3	4,5	6,0	
125	2,0	3,2	4,4	5,9	
126	2,0	3,2	4,4	5,8	
127	2,0	3,1	4,3	5,7	
128	2,0	3,1	4,2	5,6	
129	1,9	3,0	4,2	5,6	
130	1,9	3,0	4,1	5,5	
131	1,9	2,9	4,0	5,4	
132	1,8	2,9	4,0	5,3	
133	1,8	2,8	3,9	5,3	
134	1,8	2,8	3,9	5,2	
135	1,7	2,8	3,8	5,1	
136	1,7	2,7	3,8	5,0	
137	1,7	2,7	3,7	5,0	
138	1,6	2,7	3,7	4,9	
139	1,6	2,6	3,6	4,8	
140	1,6	2,6	3,6	4,8	6,0
141		2,6	3,5	4,7	5,9

142	2,5	3,5	4,6	5,8
143	2,5	3,4	4,6	5,7
144	2,5	3,4	4,5	5,7
145	2,4	3,4	4,5	5,6
146	2,4	3,3	4,4	5,6
147	2,4	3,3	4,4	5,5
148	2,4	3,2	4,3	5,4
149	2,3	3,2	4,3	5,4
150	2,3	3,2	4,2	5,3
151	2,3	3,1	4,2	5,2
152	2,3	3,1	4,1	5,2
153	2,2	3,0	4,1	5,1
154	2,2	3,0	4,0	5,1
155	2,2	3,0	4,0	5,0
156	2,2	2,9	4,0	5,0
157	2,1	2,9	3,9	4,9
158	2,1	2,9	3,9	4,9
159	2,1	2,8	3,8	4,8
160	2,1	2,8	3,8	4,8
161	2,0	2,8	3,7	4,7
162	2,0	2,8	3,7	4,6
163	2,0	2,8	3,7	4,6
164	2,0	2,7	3,6	4,5
165	2,0	2,7	3,6	4,5
166	1,9	2,7	3,6	4,5
167	1,9	2,6	3,5	4,4
168	1,9	2,6	3,5	4,4
169	1,9	2,6	3,5	4,3
170	1,8	2,6	3,4	4,3

Tabel 13

 $\dot{V}_{O_2}$  max leidmine Åstrand-Ryhmingi järgi

Naised

$f_H$ , lööki/ min.	$\dot{V}_{O_2}$ max, l/min.				
	300 kGm/min.	450 kGm/min.	600 kGm/min.	750 kGm/min.	900 kGm/min.
120	2,6	3,4	4,1	4,8	
121	2,5	3,3	4,0	4,8	
122	2,5	3,2	3,9	4,7	
123	2,4	3,1	3,9	4,6	
124	2,4	3,1	3,8	4,5	
125	2,3	3,0	3,7	4,4	
126	2,3	3,0	3,6	4,3	
127	2,2	2,9	3,5	4,2	
128	2,2	2,8	3,5	4,2	4,8
129	2,2	2,8	3,4	4,1	4,8
130	2,1	2,7	3,4	4,0	4,7
131	2,1	2,7	3,4	4,0	4,6
132	2,0	2,7	3,3	3,9	4,5
133	2,0	3,6	3,2	3,8	4,4
134	2,0	2,6	3,2	3,8	4,4
135	2,0	2,6	3,1	3,7	4,3
136	1,9	2,5	3,1	3,6	4,2
137	1,9	2,5	3,0	3,6	4,2
138	1,8	3,4	3,0	3,5	4,1
139	1,8	2,4	2,9	3,5	4,0

140	1,8	2,4	2,8	3,4	4,0
141	1,8	2,3	2,8	3,4	3,9
142	1,7	2,3	2,8	3,3	3,9
143	1,7	2,2	2,7	3,3	3,8
144	1,7	2,2	2,7	3,2	3,8
145	1,6	2,2	2,7	3,2	3,7
146	1,6	2,2	2,6	3,2	3,7
147	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6
148	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6
149		2,1	2,6	3,0	3,5
150		2,0	2,5	3,0	3,5
151		2,0	2,5	3,0	3,4
152		2,0	2,5	2,9	3,4
153		2,0	2,4	2,9	3,3
154		2,0	2,4	2,8	3,3
155		1,9	2,4	2,8	3,2
156		1,9	2,3	2,8	3,2
157		1,9	2,3	2,7	3,2
158		1,8	2,3	2,7	3,1
159		1,8	2,2	2,7	3,1
160		1,8	2,2	2,6	3,0
161		1,8	2,2	2,6	3,0
162		1,8	2,2	2,6	3,0
163		1,7	2,2	2,6	2,9
164		1,7	2,1	2,5	2,9
165		1,7	2,1	2,5	2,9
166		1,7	2,1	2,5	2,8

167	1,6	2,1	2,4	2,8
168	1,6	2,0	2,4	2,8
169	1,6	2,0	2,4	2,8
170	1,6	2,0	2,4	2,7

T a b e l 14

Südame löögisagedus submaksimaalsel koormusel  
ja aeroobne töövõime (Åstrand-Ryhmingi järgi) eri-  
nevatel treeninguperioodidel

$$\bar{x} \pm \bar{Sx}$$

Näitajad	Detsember	Märts	Juuni
$\dot{V}_{O_2}$ max, l/min.	4,465 $\pm$ 0,130	4,170 $\pm$ 0,100	4,145 $\pm$ 0,106
ml/min. kg	64,8 $\pm$ 1,4	60,9 $\pm$ 1,4	61,0 $\pm$ 1,3
$\dot{f}_H$ 200 W, lööki/ min.	132,5 $\pm$ 2,8	121,8 $\pm$ 3,6	128,2 $\pm$ 2,6
$\dot{f}_H$ 300 W, lööki/ min.	163,5 $\pm$ 2,9	155,1 $\pm$ 3,6	159,2 $\pm$ 3,3
$\dot{f}_H$ max	185,3 $\pm$ 2,0	182,4 $\pm$ 2,2	186,4 $\pm$ 1,8
$\dot{V}_{O_2}$ max, (kaudne - 200 W), l/min.	4,062 $\pm$ 0,156	4,710 $\pm$ 0,210	4,314 $\pm$ 0,158
$\dot{V}_{O_2}$ max, (kaudne - 300 W), l/min.	4,705 $\pm$ 0,150	5,114 $\pm$ 0,209	4,862 $\pm$ 0,196

gi nomogrammi kasutamise vastu aeroobse töövõime määramisel sportlastel.

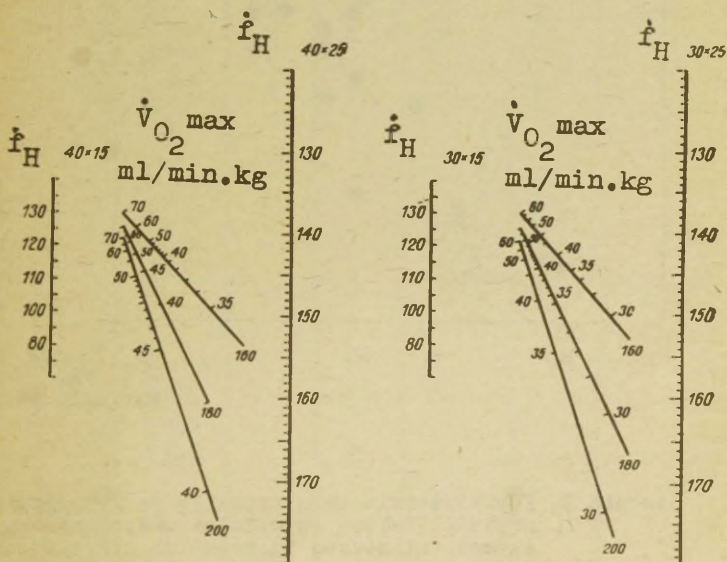
## 2. R.Margaria jt. meetod (1966) hapnikulae kaudsel määramisel

Erinevalt Åstrand-Ryhmingi meetodist leitakse R.Margaria ja tema kaasautorite poolt esitatud testi abil hapnikulagi kahel submaksimaalsel koormusel registreeritud pulsisageduse alusel. Autorid soovivad kahte 4-5 minutilist astumistesti 40 cm kõrgusele pingile. Esimesel tööl on astumissagedus 15 korda/min, teisel koormusel aga 25 korda/min. Mõlema koormuse ajal registreeritakse südame löögisagedus ( $f_1, f_2$ ), mille alusel leitakse nomogrammilt (joonis 8) hapniku tarbimise maksimum. Lastel ja kee- ning vanemaerialistel soovivad autorid astumist 30 cm kõrgusele pingile.

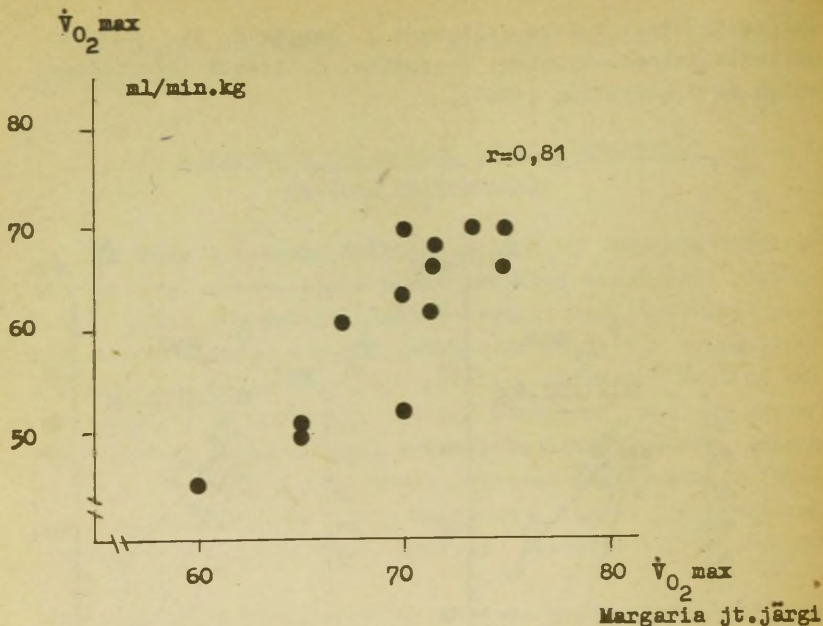
Otsese ja R.Margaria jt. meetodi kasutamisel said S. Zedda jt. (1969) 17-69 a. vanustel vaatlusalustel keskmiste hapnikulae väärtuste erinevuseks ainult 0,8%. C.T.M.Davies (1968) sai 80 vaatlusalusel R.Margaria jt.kaudse meetodi abil tõelisest  $\dot{V}_{O_2}$  max-st 0,529 l/min. madalama tulemuse. Nimetatud meetod<sup>2</sup> osutus mõnevõrra täpsemaks kui Åstrand-Ryhmingi meetod. R.Mocellini jt. (1973) uuringus andsid Åstrand-Ryhmingi ja Margaria jt. meetodi kasutamine 13-14 a. koolipoistel ja 17-18 a. noorukitel võrdse tulemuse. V.L.Karpman ja tema kaasautorid (1972) said aga Margaria meetodi kasutamisel  $\dot{V}_{O_2}$  leidmisel sportlastel küllaltki suure individuaalse väärtuspiiri ( $\pm 40\%$ ).

TRÜ lihastalitluse laboratooriumis määrati 13 jooksjal  $\dot{V}_{O_2}$  max otsesel ja kaudsel meetodil (tabel 15). Selgus, et kalkuleeritud  $\dot{V}_{O_2}$  max on ligilähedane tegelikule hapnikulaele ( $68,9^{+1,3}$  ja  $62,1^{+2,7}$  ml/min.kG. Nimetatud kahel meetodil leitud  $\dot{V}_{O_2}$  max väärtuste vahelist korrelatsiooni iseloomustav  $r = 0,811$  (joonis 9). Nende

uuringute järgi tuleks eelistada R. Margaria jt. kaudset meetodit Astrand-Ryhmingi meetodile. Sellisele järeldusele tuleb ka C.H.Wyndham (1967).



Joonis 8. Nomogrammide maksimaalse hapnikutarbimise määramiseks R. Margaria jt. /1966/ järgi. Vasakpoolne nomogramm on kasutatav tõusudel 40 cm kõrgusele pingile, parempoolne - tõusudel, 30 cm kõrgusele pingile. Nomogrammi äärmistel skaaladel fikseeritakse koormustel registreeritud südame löögisagedusele vastavad punktid. Nende ühendamisel saadava sirge lõikumise punkt keskliste skaalade-ga näitabki  $\dot{V}O_2 \text{ max}$  väärtust /ml/min.kg/. Kuni 20 aastastel on soovitatav valida skaala 200 lööki/min, 20-45-aastastelt skaala 180 lööki/min ja vanematel 160 lööki/min.



Joonis 9. Korrelatiivne seos tegeliku ja R.Margaria jt. meetodil leitud hapnikulae väärtuste vahel. Andmed esitatakse 13 kesk- ja pikamaajooksja uuringu alusel.

### 3. Hapnikulae määramine $PWC_{170}$ abil.

V.L. Karpman ja tema kaasautorid (1969, 1972) soovivad määrata aeroobset töövõimet kehalise töövõime näitaja  $PWC_{170}$  alusel. Autorid leidsid  $\dot{V}O_2$  max ja  $PWC_{170}$  vahel olulise korrelatsiooni, kinnitades seega teiste autorite tööd (H.A.de Vries jt., 1964)  $PWC_{170}$  leidmiseks on V.L. Karpmani jt. (1969) järgi mittesportlastel sobiv

T a b e l 15

Hapnikulae määramine kasvavate koormustega, Margaria  
ja Åstrand-Ryhmingi meetodil ning PWC<sub>170</sub> abil

(ml/min.g; l/min.)

Uuritavate arv	Otsene meetod	Margaria meetod	Åstrand-Ryhmingi meetod	PWC <sub>170</sub> alusel	Korrelatsioonikoefitsient
14	62,1 <sup>±</sup> 2,7	68,9 <sup>±</sup> 1,3	-	-	r = 0,811
21	4,465 <sup>±</sup> 0,130	-	4,062 <sup>±</sup> 0,18	-	r < 0,325
13	4,242 <sup>±</sup> 0,171	-	-	veloergo-meetriil 4,3598 <sup>±</sup> 0,099	= 0,610
23	4,359 <sup>±</sup> 0,108	-	-	step-test 4,286 <sup>±</sup> 0,113	r < 0,325

kasutada koormusi 150, 300 kGm/min. (naised) ja 300, 600 kGm/min. (mehed). Sportlastel oleksid aga koormused vastavalt 300 ja 600 kGm/min. ning 600 ja 1500 kGm/min. Hapnikulae leidmiseks annavad V.L. Karpman ja tema kaasauto-rid valemi:

$$\dot{V}_{O_2} \text{ max} = 1,7 \times PWC_{170} + 1260'$$

kuu  $\dot{V}_{O_2}$  max on hapnikulagi ml/min.,

$PWC_{170}$  on kehalise töövõime näitaja kGm/min.  
1, 7 ja 1260 on konstandid.

Hilisemate uuringute abil on V.L.Karpman jt.(1972) selgitanud, et spordiga tegelejatel on konstandid 2,2 ja 1070. Seega hapnikulagi leitakse järgmiselt:

$$\dot{V}_{O_2} \text{ max} = 2,2 \times PWC_{170} + 1070'$$

Autorite järgi ei ületanud viga 69 sportlasel  $\pm 15$  %.

J.Pärnati jt. (1974) poolt kesk- ja pikamaajooksjatel teostatud uuringutes määrati  $PWC_{170}$  23 sportlasel step-testi abil (kõrgus 50,8 cm, astumissagedus 25 ja 30 korda/min.), 13 sportlasel aga kasvavate koormuste kasutamiseiga veloergomeetril (tabel 15). Step-testi kasutamiseä leiti  $PWC_{170}$  järgi hapnikulaeks  $4,286 \pm 0,113$  l/min., mis on lähedane tegelikule  $O_2$ -laele ( $4,359 \pm 0,108$  l/min.). Veloergomeetril määratud  $PWC_{170}$  alusel leitud  $\dot{V}_{O_2}$  max oli 4,359 l/min., tõeline hapnikulagi oli aga 4,242 l/min. Step-testi puhul ei saadud tegeliku ja kalkuleeritud  $\dot{V}_{O_2}$  max vahel usaldatavat korrelatsiooni, veloergomeetril töötamisel aga  $r = 0.610$ . See osutab, et näitajat  $PWC_{170}$  ei saa mitte alati kasutada  $\dot{V}_{O_2}$  max leidmisel. Ilmselt tuleb arvestada treeningute perioodi,

FWC<sub>170</sub> määramise metoodikat, vaatlusaluste kehalist ettevalmistust, spordiala jt. tegureid.

#### 4. W. von Döbelni jt. (1967) meetod

Kahesakümne neljal 30-70 a. ehitustöötajal läbiviidud uuringute alusel esitavad autorid hapnikulae määramiseks valemi

$$\dot{V}_{O_2} \text{ max} = 1,29 \sqrt{\frac{L}{f_H - 60}} \cdot e^{-0,00884 \cdot T},$$

kus  $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$  on hapnikulagi, l/min.;

L on submaksimaalne koormus, kGm/min.;

T on vaatlusaluse vanus aastates;

e. on naturaallogaritmi alus,

$f_H$  on pulsisagedus submaksimaalsel koormusel.

Seni on see meetod leidnud vähe kasutamist ja seetõttu puudub võimalus informatiivsuse hindamiseks.

#### 5. B. Issekutzi jt. (1962) meetod

B. Issekutz ja tema kaasautorid leidsid, et hingamiskoefitsiendi tõus üle lähtetaseme väärtuste ( $a_{RQ}$ ) on koormuse tõstmisel seoses hapniku tarbimise juurdekasvuga. Autorite järgi kasvas  $RQ$  hapnikulae saabumisel 0,40 võrra üle jõudeoleku väärtuste. Autorid soovivadki kalkuleerida  $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$   $RQ$  abil 5-min. submaksimaalse koormuse puhul valemist

$$\dot{V}_{O_2} \text{ max} = F \times W \times \frac{1}{100} + 0,32 \text{ (l/min.)},$$

kus  $\dot{V}_{O_2} \text{ max}$  on hapnikulagi, l/min.;

F on faktor, mis oleneb tööaegse ja jõudeoleku RQ suhtest;

W on kasutatav koormus, kGm/min.;

0,32 on hapniku tarbimise keskmine väärtus mees-  
tel enne tööd, l/min.

B.Issekutzi jt. meetodi sobivust  $\dot{V}_{O_2}$  max määramisel on kontrollinud H.A. de Vries ja C.E.Klafs (1965), kes leidsid otsesel teel aeroobseks töövõimeks  $3,87 \pm 0,53$  l/min,  $\Delta RQ$  abil aga saadi oluliselt kõrgem väärtus  $4,23 \pm 0,75$  l/min. Ka L.B. Rowelli jt. (1964) andmetel ei saa  $\Delta RQ$  abil tõepäraselt hapnikulage, ka ei leitud seost  $\Delta RQ$  ja töö võimsuse vahel, mida kirjeldasid B.Issakutz jt. (1962). V.L.Karpmani jt. järgi (1972) on vea suuruseks B.Issekutzi meetodi kasutamisel kuni  $\pm 70$  %.

Kuna ka selle meetodi puhul on vajalik gaasianalüüs, on otstarbekohasem määrata  $\dot{V}_{O_2}$  max otsesel teel.

#### 6. R.J.Shephardi meetodid (1967, 1968)

a) Taastumispulsi kasutamine  $\dot{V}_{O_2}$  max leidmisel.

Kuna vahetult töö sooritamisel on pulsisagedust täpselt raske määrata ja selleks on vajalik aparatuuri olemasolu (elektrokardiograaf, kardiotahhograaf), siis R.J.Shephard (1967) soovib südame löögisageduse hindamiseks töö ajal määrata pulsisagedus taastumisperioodil.

Autor leidis pärast standardset step-testi taastumise 30-60 sekundi pulsisageduse ja pulsisageduse languse vahel pärast töö lõppu ( $\Delta f_H$ ) olulise seose  $r = -0,73$ . Selle alusel soovib autor leida pulsisageduse töö ajal (submaksimaalne koormus). Edasi aga ka-

sutatakse  $\dot{V}_{O_2}$  max leidmisel Åstrand-Ryhmingi meetodit. Kuna antud meetodi kasutamisel tekki viga on küllalt suur, siis nimetatud meetod ei oma hapnikulae kalkuleerimisel erilist praktilist tähtsust.

b) Hapnikulae määramine hingamise minutimahu leidmise abil (1968).

Kahekümne kaheksal 20-36 aastasel mehel kasutati R.J. Shephardi (1968) uuringus kasvavaid koormusi veloergomeetrial ja step-testi näol. Kõrvuti  $\dot{V}_{O_2}$  max määramisega pulsisageduse abil (Åstrand-Ryhmingi meetod) püüti hapnikulae kalkuleerida ka kopsude ventilatsiooni abil, kasutades selleks ekstrapoleerimist. Autor järeldab, et  $\dot{V}_{E_1}$  alusel ei saada tõelisele hapnikulaele lähedasemat tulemust pulsisagedusega võrreldes. Seega antud meetod ei oma eeliseid Åstrand-Ryhmingi ja R.Margaria jt. meetodi suhtes.

#### 7. E.Asmusseni ja I.Hemmingseni meetod (1958)

Autorid esitavad oma töös nomogrammi  $\dot{V}_{O_2}$  max leidmiseks sel juhul, kui veloergomeetrial tehakse tööd kätega (joonis 9). Autorid kinnitasid lineaarset seost hapniku tarbimise ja pulsisageduse tõusu vahel ka siis, kui tehti kasvava võimsusega tööd ainult kätega. Seejuures võrdse  $\dot{V}_{O_2}$  korral leiti kätega töötamisel kõrgem südame löögisagedus kui jalgadega töötamisel. Hapnikulagi arvutatakse E.Asmusseni ja I.Hemmingseni järgi vastavalt valemile

$$\begin{aligned}
 \dot{V}_{O_2} \text{ max} &= 4 \dot{V}_{O_2} \text{ max} + \dot{V}_{O_2} \text{ lähte;} \\
 \Delta \dot{V}_{O_2} \text{ max} &= C \times \Delta \dot{f}_H \text{ max,}
 \end{aligned}$$

kus  $\Delta \dot{V}_{O_2}$  max on hapniku tarbimise tõus lähtetasemest maksimumi, ml/min.;  $\Delta \dot{f}_H$  max on pulsisageduse tõus lähtetasemest maksimumini, lööki minutis;

C leitakse järgmisest suhtest :

$$C = \dot{V}_{O_2} \text{ kasv} : \dot{f}_H \text{ tõus.}$$

Siin arvestatakse  $\dot{V}_{O_2}$  ja  $\dot{f}_H$  muutusi submaksimaalsel koormusel lähteseisundi suhtes.

Antud meetodi puhul on küllalt raske leida konstantide C ja  $\dot{f}_H$  max tõelisi väärtusi, kuna lähteseisundi pulsisageduse ja hapniku tarbimise määramisel tuleb arvestada ka stardieelseid reaktsioone, eelnevat kehalist tegevust, emotsionaalset seisundit jne. See aga vähendab oluliselt antud meetodi täpsust ning selle kasutamine on kaheldava väärtusega.

## ANAEROOBNE TÖÖVÕIME JA SELLE MÄÄRAMINE

Lühiaegsetel, kuid suurt võimsust nõudvatel spordialadel, nagu hüpped, heited, tõukesed, sprint jne., oleneb sportlik saavutusvõime suurel määral organismi anaeroobsest töövõimest. Anaeroobne töövõime iseloomustab organismi kõrgeimat töösuutlikkust tingimustes, kus töötavate organite ja kudede varustamine hapnikuga on ebapiisav ja energia lihastööks vabaneb suurel määral anaeroobsetest (ilma  $O_2$  osavõtuta) protsessidest.

Lihaskontraktsiooni otsese allika, adenosintrifosforhappe (ATF) resünteesis ehk taastootmine toimub praktiliselt kolme reaktsiooniderühma alusel:

- 1) kreatiinfosforhappe varude arvel;
- 2) glükolüüsil vabaneva energia alusel;
- 3) eksüdatiivsetest protsessidest vabaneva energia

abil. Olenevalt kehalise töö intensiivsusest ja kestusest ning sportlase treenitusest omandab üks või teine mehhanism ATF-i resünteesis suurema tähtsuse.

Kehalise töö algul, samuti ka lühiaegsetel intensiivsetel pingutustel on suurem osatähtsus kreatiinfosforhappe varude kasutamisel. See mehhanism (alaktaatne) saavutab maksimaalse võimsuse juba 1-2 sekundit pärast töö algust, KF-i varude piiratuse tõttu saadakse seda maksimaalselt kasutada ainult 5-8 sek. kestel. Maksimaalse võimsusega töö jätkamisel hakkab ATF-i resünteesis prevaleerima glükolüüsi kasutamine e. laktaatne mehhanism. See põhjustab ulatuslike sisekeskkonna nihete tekke, eriti aga laktaatide tõusu veres, mis omakorda mõjustab pärast tööd hapniku tarbimise taset. Kõrgenenud hapnikutarbimist peale tööd ( $O_2$ -liig) puhkeseisundi suhtes nimetatakse hapnikuvõlakaks.

Ka glükolüüsi prevaleerimise tingimustes ei suudeta vastavat suurimat töövõimsust kaua hoida (mitte üle 30-40 sekundi). Sooritatava töö intensiivsuse vähendamisel hakkab ATF-i resünteesis prevaleerima oksüdatiivne fosforileerumine.

R.Margaria (1965, 1967) andmed erinevate mehhanismide võimsuse ja mahtuvuse kohta esitatakse tabelis 16

T a b e l 16

	võimsus kcal/kGh	mahtuvus cal/kG	energia produt- seerimise kii- rus (kcal/min.)
Alaktaatne mehhanism	45-48	100	52,5
Laktaatne mehhanism	25	220-2240	25,1
Oksüdatiivne mehha- nism	13-15		17,5

Kirjanduse analüüsi alusel esitab N.I.Volkov neli peamist tegurite rühma, millest oleneb anaeroobne töövõime:

- 1) rakusiseste fermentsüsteemide võimsus;
- 2) energeetiliste ainete varud lihastes;
- 3) kompensatoorsete mehhanismide täiuslikkuse aste, millest sõltub sisekeskkonna stabiilsus töötamisel;
- 4) kudede kohanemisvõime jätkata tööd sisekeskkonna ulatuslike nihete tingimustes.

Anaeroobse töövõime hindamisel on kesksel kohal hapnikuvõla leidmine ja laktaatide sisalduse töusu määramine kudedes või veres. Sisekeskkonna nihete ulatuse iseloomustamiseks saab kasutada ka happe-leelise tasakaalu näitajaid (base excess, standardbikarbonaadid jne.), CO<sub>2</sub>väljutamist ja hingamiskoefitsiendi muutusi. Lihaste alaktaatse võimsuse määramiseks soovitavad R.Margaria jt. (1966) kasutada treppist ülesjooksu maksimaalse vertikaalkiiruse leidmiseks.

A na e r o o b s e t ö ö v ö i m e h i n d a -  
m i n e h a p n i k u v ö l a j a l a k t a a -  
t i d e s i s a l d u s e t ö u s u  
m ä ä r a m i s e a b i l

Hapnikuvõla mõiste võeti kasutusele esmakordselt A.V. Hilli (1923) töödes, see näitab lähtetaseme suhtes kõrgeenenud  $O_2$ -tarbimist tööjärgsel taastumisperioodil. A.V. Hill jt. (1924) seletasid hapniku "liiga" taastumisel vajadusega oksüdeerida töö ajal kuhjunud piimhapet ja resünteesisid glükogeeni. Seejuures esialgset, kiiremat  $V_{O_2}$  langust töö lõppedes seostati piimhappe oksüdeerimisega kudedes, aeglasemat  $O_2$ -tarbimise taastumist aga laktaatide kõrvaldamisega verest.

R.Margaria ja tema kaasautorid (1933) näitasid, et hapnikuvõla teket pole õige seostada ainult piimhappe sisalduse muutustega. Selgus, et kergel tööil ei ilmne sageli laktaatide tõusu veres, olgugi et tekib  $O_2$ -võlg. Samuti ei kulgenud pärast rasket tööd  $O_2$ -võla likvideerimine ja piimhappe sisalduse normaliseerumine paralleelselt. Selle alusel võtsid autorid kasutusele alaktaatse ja laktaatse  $O_2$ -võla mõiste. Vahetult pärast töö lõppu toimub  $O_2$ -võla likvideerimine suurema kiirusega, kui taastumisperioodi hilisemas faasis. R.Margaria jt. (1933) leidsid, et  $O_2$ -võla kiire komponent likvideerub 98 % ulatuses kolme minutiga, seejuures aeglasema komponendi kõrvaldamine 98 % ulatuses nõuab aega kuni 1 tund.  $O_2$ -võla aeglast komponenti hakati nimetama laktaatseks võlakts, kuna see oli otseses seoses laktaadi kontsentratsiooni langusega veres. Hiljem selgus, et hapnikuvõla alaktaatne osa (kiire komponent) on peamiselt seotud krea-

tiinfosforhappe varude ja organismi  $O_2$ -varude taastamisega pärast töö lõppu (R.Margaria jt., 1967).

Hapnikuvõla määramiseks tuleb pärast pingutatavat tööd määrata hapniku tarbimine taastumisperioodi 30-60 minuti kestel ja selle alusel arvutada puhkeseisundi suhtes  $O_2$ -liig:

$$O_2 \text{ võlg} = \dot{V}_{O_2} \text{ taastumisel } - \dot{V}_{O_2} \text{ puhkeseisundis} \\ t.\text{min.kestel} \quad t \text{ min.kestel, .}$$

Kasutades logaritmilist skaalat on võimalik graafilisel teel leida hapnikuvõla alaktaatne ja laktaatne osa.

Kergel, mõõduka intensiivsusega tööl, kus glükolüüsi osatähtsus on väike, moodustab suurema osa  $O_2$ -võlast alak-

taatne komponent (F.M.Henry, 1951). Töö intensiivsuse tõstmisel kasvab ka alaktaatne võlg. Hapnikuvõla alaktaatse osa suurim väärtus mittesportlastel on 1,5 kuni 2,5 l ehk 25-35 ml/min.kg (R.Margaria jt., 1933, 1964; N.I.Volkov jt., 1966). Sportlastel ületab maksimaalne alaktaatne võlg mittetreinitute vastavad väärtused 2-3 korda, ulatudes 50-60 ml/min.kg.

Pingutaval lihastööl lisandub alaktaatsele  $O_2$  - võlale laktaatne komponent, mille likvideerimine kulgeb aeglaselt. Laktaatse  $O_2$ -võla ulatuslikum moodustumine algab tööl, kui

hapniku tarbimine ületab 1,5-2,5 l/min. Töö intensiivsuse tõstmisega kaasneb laktaatse  $O_2$ -võla eksponentsiaalne tõus. Mittetreinitul on keskmiseks laktaatseks  $O_2$ -võlaks 3-4 l ehk 50-70 ml/kg, sportlastel on see 2-4 korda kõrgem. Seega, alaktaatse  $O_2$ -võla alusel saab hinnata kreatiinfosforhappe mehhanismi mahtu, laktaatse  $O_2$ -võla abil aga glükolüüsi ulatust. Sportlaste anaeroobse töövõime iseloomustamisel on siiski enamkasutatavaks näitajaks summaarne hapnikuvõlg. Mittetreinituil ulatub maksimaalne  $O_2$ -võlg 4-8 liitrit, treenitud sportlastel võib see olla 2-3 korda kõrgem. H.P.

Millahn ja I.Döscher (1967) leidsid meessportlastel  $O_2$ -võlaks 17,2 l, naissportlastel 10,8 l. N.I. Volkovi jt. (1966) järgi ulatub sportlaste  $O_2$ -lagi üle 20 liitri. Nii oli sprinterite  $O_2$ -võlg 253 ml/kg, maileritel 305 ml/kg ja staleritel 228 ml/kg. Pärast korvpallimängu leidis V.Seliger (1973)  $O_2$ -võlaks 6,8 l, pärast 1000 m jooksu oli meestel  $O_2$ -võlg 9,7 l, aga naistel pärast 1500 m jooksu 9,4 l. TRÜ lihastalitluse laboratooriumis leitud  $O_2$  - võla andmed esitatakse tabelites 17 ja 18.

C.T.M.Davies (1967) seab  $O_2$ -võla määramise kahtluse alla, kuna tõelist lähtetasest on raske määrata ja  $O_2$  tarbimine võib sageli kesta liialt kaua aega. Ka J.Keul (1971) esitab omapoolse kriitika hapnikuvõla leidmise meetoditele. Siiski pole nimetatud autorite vastuargumendid eriti veenvad. Hoopis rohkem on töid, mis toetavad  $O_2$ -võla määramist treenituse hindamisel. Kuna tõelise lähtetaseme saabumist on raske tagada, siis on otstarbekam tõelise maksimumi asemel kasutada hapnikuvõla iseloomustamisel kindla ajaperioodi vältel registreeritud  $O_2$ -liiga.

Anaeroobse töövõime määramisel on kõrvuti  $O_2$ -võla määramisega tähtsal kohal piimhappe sisalduse tõusu kindlakstegemine kudedes või veres. Piimhappe hulga muutusi veres on lihastööl võimalik iseloomustada eksponentsiaalvõrrandiga (N.I. Volkov, 1966).

$$L_t = L_0 (e^{-\lambda_2 t} - e^{-\lambda_1 t}), \text{ kus}$$

$L_t$  on piimhappe sisaldus veres ajamomendil  $t$ ;

$L_0$  on piimhappe maksimum veres;

$\lambda_1 \lambda_2$  on piimhappe kuhjumise ja eemaldamise konstandid;

$t$  on aeg;

$e$  on naturaallogaritmi alus.

T a b e l 17

Hapnikuvõla ja lihaste anaeroobse võimsuse andmed mittetreenuil ja sportlastel (mehed)

Uuritav kontingent	Vanus, a.	Uurita- vate arv	Hapnikuvõlg, l.	Anaeroobne võimsus, m/sek.
Üliõpilased	19-30	34	3,280 <sup>±</sup> 0,240	1,42 <sup>±</sup> 0,05
Kesk- ja pikamaa- jooksjad (MS-II j.)	18-30	23	5,535 <sup>±</sup> 0,295	-
Ujujad (I-III j.)	18-24	12	3,801 <sup>±</sup> 0,264	-
Võrkpallurid (TRÜ koondis)	20,8 <sup>±</sup> 0,7	12	-	1,59 <sup>±</sup> 0,04
Korvpallurid (Vilniuse "Statyba")	18-28	12	4,815 <sup>±</sup> 0,205	1,62 <sup>±</sup> 0,04
Kümnevõistlejad (NSVL, ENSV koon- dis)	24,3 <sup>±</sup> 3,0	34	6,797 <sup>±</sup> 0,222	1,80 <sup>±</sup> 0,13

Hapnikuvõla ja lihaste anaeroobse võimsuse  
andmed koolipoistel ( $\bar{x} \pm S\bar{x}$ )

Uuritav kontingent	Vanus, a.	Uurita- vate arv	O <sub>2</sub> -võlg, l.	Aeroobne võimsus, m/sek.
Mittetreinitud (Tartu I Kesk- kool)	10-11	20	1,193 <sup>±</sup> 0,098	1,07 <sup>±</sup> 0,02
	12-13	21	1,774 <sup>±</sup> 0,113	1,25 <sup>±</sup> 0,04
	14-15	22	2,781 <sup>±</sup> 0,227	1,41 <sup>±</sup> 0,03
	16-18	21	2,936 <sup>±</sup> 0,248	1,41 <sup>±</sup> 0,02
Ujujad (II-III j.)	15-17	12	3,210 <sup>±</sup> 0,279	-
Võrkpallurid (Tartu koondis)	15-16	12	3,690 <sup>±</sup> 0,110	1,52 <sup>±</sup> 0,04
Kergejõustiklased (ENSV koondis)	15-17	28	-	1,57 <sup>±</sup> 0,04

Pärast pingutavat lihastööd täheldatakse piimhappe sisalduse maksimumi taastumine 4. -5. minutil, see on sobiv aeg vereproovi võtmiseks. Piimhappe tõus veres kutsub esile pH ja standardbikarbonaatide languse ning stimuleerib hingamise intensiivistumist. Mittetreentitud võib piimhappe tõus pärast maksimaalset koormust ulatuda 11-14 mmol/l ehk 200-220 mg%. Piimhappe sisalduse alusel saadud energia üle otsustamisel tuleb lähtuda vahekorrast: 22,5 mg piimhapet = 1 ml O<sub>2</sub> = 5 cal ja veres 22,5 mg/ piimhapet = 3 mg% (R.Margaria jt., 1963).

Submaksimaalsel tööl (V<sub>O<sub>2</sub></sub> on 50-60 % hapnikulaest) seostatakse piimhappe tõusu veres peamiselt töö algul ilmneva lihaste mitteküllaldase hapnikuga varustamisega (R.Margaria jt., 1963).

Juba 1928.a. näidati O.Jervelli poolt, et piimhappe sisaldus pärast pingutust taastub kiiremini, kui taastumisel jätkata kerget tööd. C.T.M.Davies jt. (1970) näitasid, et piimhappe kontsentratsioon veres pärast tööd veloergomeetrial normaliseerub kõige kiiremini sel juhul, kui jätkatakse tööd, mille puhul V<sub>O<sub>2</sub></sub> moodustab O<sub>2</sub>-laest 40 %. L. Hermansen ja I.Stensvoldi andmetel (1972) on tredbanil jooksmise järel taastumisperioodis otstarbekas kasutada selleks koormust, mis kutsub esile O<sub>2</sub> tarbimise 60-70 % hapnikulaest.

Kõrvuti piimhappe kontsentratsiooni määramisega tööl kasutatakse anaeroobse töövõime hindamiseks püroviinamarjahappe määramist veres (W.C.Huckabee, 1958) laktaat-pürovaadi L : P suhet (J.Keul, 1967), W.C.Huckabee (1958) poolt soovitatud anaeroobse töövõime näitaja - "laktaadi liia" (excess lactate) määramist. W.C.Huckabee järgi iseloomustab kudede hüpoksiat ainult osa piimhappe tõusust (excess lactate), ülejäänud laktaadi tõus on aga seoses L : P kindla suhte kindlustamisega. Autori järgi

$$XL = (I_n - L_o) - (P_n - P_o) \frac{L_o}{P_o} ,$$

kus

XL on piimhappe liig;

$L_n, L_0$  on piimhappe hulk enne ja pärast eksperimenti;

$P_n, P_0$  on püroviinamarjahappe sisaldus enne ja pärast eksperimenti.

J.Keuli jt. (1967) ja K.Wassermani (1967) uurimused näitavad kujukalt, et excess lactate ei anna täiendavat informatsiooni anaeroobse ainevahetuse iseloomustamiseks, pealegi ei kannata W.C.Huckabee mõned seisukohad kriitikat. Nii ei arvestata autori kalkulatsioonides seda, et püroviinamarjahape difundeerub kudedest verre palju aeglasemalt võrreldes piimhappega ja see pärast L : P veres ei iseloomusta kudede anaeroobset seisundit.

Maksimaalse  $O_2$ -võla leidmiseks soovitab N.I.Volkov kasutada jooksjatel 4 x 400 m lõikude läbimist maksimaalses tempos järjest lühenevate puhkepausidega (3, 2, 1 min.), peale viimast jooksu leitakse  $O_2$ -võlg 30 min. kestel määratud  $\dot{V}_{O_2}$  alusel. Ujujatel soovitatakse läbida 4x150 m samuti lühenevate puhkeintervallidega. TRÜ lihastalitluse laboratooriumis kasutatakse  $O_2$ -võla iseloomustamiseks kasvavaid koormusi veloergomeetril suutlikkuseni lõpuspordi kasutamisega.  $O_2$ -võlg leitakse taastumisperioodi 10-20 minuti  $\dot{V}_{O_2}$  tarbimise alusel.

A n a e r o o b s e a i n e v a h e t u s e  
s i s s e l ü l i t u s - k r i t e e r i u m  
t r e e n i t u s s e i s u n d i h i n d a m i s e l

Anaeroobse töövõime hindamisel uuritakse kõrvuti  $O_2$ -võla ja piimhappe määramisega ka anaeroobse ainevahe-

tuse ulatuslikumat "sisselülitust". Selleks määratakse kasvavate koormuste tingimustes võimsus, mis kutsub esile piimhappe järsu kuhjumise, CO<sub>2</sub> liia kasvu, piimhappe liia tõusu, hingamiskoeffitsiendi suurenemise või ulatusliku happe-leelise tasakaalu nihke (C.H.Wyndham jt., 1965, 1967; A.Naimark jt., 1964). Anaeroobse ainevahetuse läve hinnatakse kas koormuse suuruse või hapniku tarbimise alusel (% hapnikulaest).

Mittetreenuitil tekib anaeroobse ainevahetuse ulatuslikum sisselülitus koormusel, mille puhul  $\dot{V}_{O_2}$  moodustab hapnikulaest 40-60 % (C.H.Wyndham jt. 1965, 1967). Sportlastel on anaeroobse ainevahetuse läveks hapniku tarbimine 60-80 % maksimumist. (C.H.Wyndham jt., 1968; L.Hermansen jt., 1972).

Anaeroobse ainevahetuse läve hindamisel piimhappe ja excess lactate alusel osutub vajalikuks teha vastavaid biokeemilisi uuringuid. Selleks võib määrata ka excess CO<sub>2</sub> ja hingamiskoeffitsiendi kasvavatel koormustel (B.Issekutz, K. Rodahl, 1961; A.Naimark jt., 1964):

$$\text{excess CO}_2 = \dot{V}_{CO_2} - R \cdot \dot{V}_{O_2},$$

kus excess CO<sub>2</sub> on süsihappegaasi liig, l/min.;

$\dot{V}_{CO_2}$  on süsihappegaasi eritumine tööil;

$\dot{V}_{O_2}$  on hapniku tarbimine tööil;

R on hingamiskoeffitsient puhkeseisundis (0,75).

Süsihappegaasi liia ja hingamiskoeffitsiendi kasutamise kasuks räägib tugev positiivne korrelatsioon nende näitajate ja piimhappe sisalduse tõusu vahel (A.Naimark jt., 1964; A. Bouhuys jt. 1966). Piimhappe sisal-

duse leidmist anaeroobse ainevahetuse sisselülituse taseme hindamisel on võimalik asendada ka happe-leelise tasakaalu näitajate määramisega (aluse liig, standardbikarbonaadid). Nii korreleerub piimhappe hulga tõus aluse liia suurenemise ja standardbikarbonaatide sisalduse langusega, kust omakorda vabanev CO<sub>2</sub> liig ei ole pärit ainevahetuslikest protsessidest. Siiski viimase ajani eelistatakse laktaadisalduse määramist. (A. Bouhuys jt., 1966.)

R. M a r g a r i a "t r e p i t e s t i" k a s u -  
t a m i n e l i h a s t e a l a k t a a t s e  
v ö i m s u s e m ä ä r a m i s e l

Torino ülikooli füsioloogiaprofessor R.Margaria kaasautoritega (1966) soovitab alaktaatse võimsuse(kreatiinfosforhappe mehhanism) hindamiseks kasutada "trepitesti". Nimetatud testi puhul jookseb vaatlusalune 2-3 korda trepist üles maksimaalse kiirusega. Trepiastme sobivaks kõrguseks leiti 30-38 cm, astmete arv peab olema 3-4. Tavalise kõrgusega trepiastmete puhul (17,5 cm) astutakse igale teisele astmele, soovitatav on eelnev jook horisontaaltasapinnal (2-3 m). Elektristopperi või fotoelektrilise ajamõõtja abil registreeritakse 0,01 sek. täpsusega aeg, mis kulub neljandast kuuenda või kuuendast kaheksanda astmeni jõudmiseks. Antud pingutusel vabaneb energia lihaskontraktsiooniks peamiselt krestiinfosforhappe mehhanismist, seepärast iseloomustab arendatav võimsus just (kcal/kg.h) lihaste anaeroobset (alaktaatset) võimsust. Testil määratud kiiruse vertikaalkomponendi alusel (m/sek.) on kerge arvutada arendatavat võimsust, mehaaniliseks kasuteguriks võetakse antud pingutusel 0,25. Seega võimsus

$$W = \frac{P \times h}{t}$$

kus  $W$  on võimsus, kGm/sek.;  
 $P$  on vaatlusaluse kehakaal, kg;  
 $h$  on vertikaalse löigu pikkus, m;  
 $t$  on jooksu aeg, sek.

Suhteline võimsus (kehakaalu 1 kg kohta) on võrdne kiiruse vertikaalkomponendiga (m/sek.). Energeetiliste kulutuste arvutamisel tuleb lähtuda mehaanilisest kasutegurist ja kaloorilisest koefitsiendist. Sellest lähtudes 1 kGm/sek. on ekvivalentne energiakuluga 0,563 kcal/min.

R.Margaria jt. (1966) uuringus leiti suurim vertikaalkiirus, 2,8 m/sek., olümpiaspinteril, kes jooksis 200 m 20,2 sekundiga, maileril leiti vertikaalkiiruseks 2,06 m/sek. (3000 m aeg oli 8 min. 2 sek.).

D.L.Costill (1968) leidis jalgpalluritel lihaste anaeroobseks töövõimeks 4,8 ft/sek. ehk 1,45 m/sek., energiakulukuks aga 75,67 kcal/min. P.E. di Prampero jt. (1970) leidsid Mehhiko olümpiamängudest osavõtjatel viievõistlejatel alaktaatseks võimsuseks 85 kGm/sek., spinteritel ja keskmaajooksjatel oli see vastavalt 77,5 ja 78,5 kGm/sek.

N.I.Volkov ja V.A.Danilov (1973) määrasid korvpalluritel-meistersportlastel alaktaatseks võimsuseks 1,61 m/sek. ja 76,7 kcal/min., I järgu puhul oli see 1,55 m/sek. ja 69 kcal/min, III järgu sportlastel aga 1,38 m/sek. ja 57,1 kcal/min. Kõige suurem alaktaatne võimsus leiti ründemängijatel, 1,53 m/sek., tsentrimängijatel oli see 1,44 m/sek.

TRÜ lihastalitluse laboratooriumis leiti kesk- ja pikamaajooksjatel vertikaalkiiruseks keskmiselt 1,60 m/sek., kümnevõistlejatel-meistersportlastel 1,79 m/sek. Mittetreenitud oli alaktaatseks võimsuseks keskmiselt 1,39 m/sek. Vilniuse korvpallimeeskonna "Statyba" uuri-

misel saadi keskmiseks vertikaalkiiruseks 1,62 m/sek.  
(tabel 17).

Hüppevõime ja 30 m jooksutulemuste kõrvutamise alak-  
taatse võimsusega tõi esile hea kooskõlas. Nii leiti  
suurema vertikaalkiirusega võrkpalluritel ka parem hüp-  
pevõime, 30 m jooksus head aega näidanud noorsportlastel  
aga paremad alaktaatse võimsusega näitajad (J.Pärnat jt.,  
1970).

## A n a e r o o b n e t ö ö v ö i m e j a v a n u s

Anaeroobne töövõime muutub seaduspäraselt olenevalt  
eest. Kõrgeimad näitajad ilmnevad eavaheemikus 20-30  
aastat, pärast seda tekib anaeroobse tootlikkuse lan-  
gus. Siin ilmnevad suurimad väärtused 20-30 aastas-  
tel. TRÜ lihastalitluse laboratooriumis määratud verti-  
kaalkiiruse andmed 10-30 aastaste vaatlusaluste kohta on  
toodud tabelis 18, samas esitatakse ka summaarse  $O_2$ -võla  
väärtused.

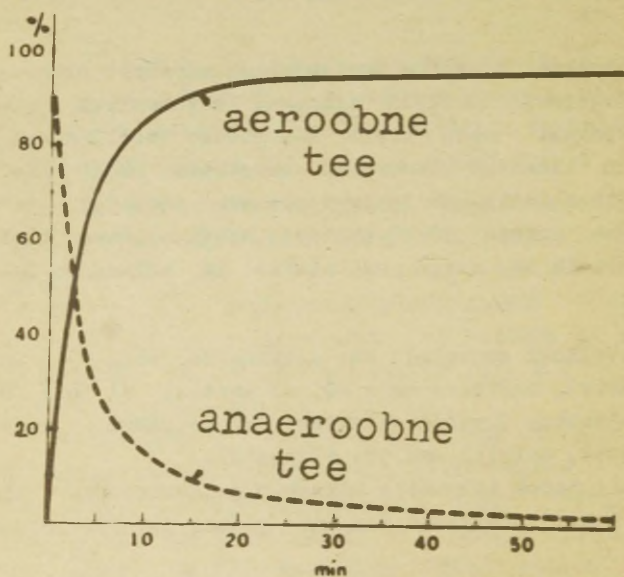
N.I.Volkovi andmetel on alaktaatne võlg suurim  
25. eluaastal, muutused kuni 40. eluaastani ei ole olu-  
lised. Laktaatne  $O_2$ -võlg saavutab oma maksimumi meestel  
23. eluaastal, naistel aga 18. eluaastal.

Ka piimhappe kuhjumise maksimum ja anaeroobse aine-  
vahetuse "lävi" hakkavad langema alates 30.-35. eluaas-  
tast.

A n a e r o o b s e j a a e r o o b s e a i n e -  
v a h e t u s e v a h e k o r r a s t k e h a l i -  
s e l t ö ö l

Aeroobse ja anaeroobse ainevahetuse suhe kehalisel

tööl oleneb selle võimsusest ja kestusest ning sportlase ettevalmistuse astmest. P.-O.Åstrand ja K.Rodahl monograafias (1970) esitatud andmed iseloomustavad hästi erineva kestusega maksimaalsel pingutusel (10 sek. - 120 min.) anaeroobse ja aeroobse ainevahetuse mahtu (kcal) ja suhet. Kui lühiaegsetel pingutustel vabaneb energia ülekaalukalt anaeroobsetest protsessidest, siis pingutuse kestuse pikenedes üle 2 minuti saavutavad ülekaalu aeroobsed mehhanismid. Mõlema protsessi erikaalu muutust olenevalt töö kestusest kujutab joonis 10 (P.-O. Åstrand, K.Rodahl, 1970).



Joonis 10. Aeroobsetest ja anaeroobsetest protsessidest vabaneva energia suhe olenevalt töö kestusest. Töö sooritatakse antud pingutusele maksimaalselt võimaliku intensiivsusega. Kaheminutilise maksimaalsel tööl on aeroobsetest ja anaeroobsetest protsessidest vabaneva energia suhe 50 : 50./P.-O.Åstrand, K.Rodahl, 1970/

G.Agnevik ja J.Karlsson (1967) esitavad aeroobse ja anaeroobse ainevahetuse suhte jooksudistantside 100 m ja 10 000 m puhul (tabel 19). N.I. Volkov jt. (1966) leidsid jooksudistantside 100 m kuni 5000 m korral jooksutulemuste ja hapnikuvõla ning  $\dot{V}_{O_2}$  max vahel olenevalt distantsi pikkusest erinevad korrelatsioonikoefitsiendid (tabel 20).

Erinevate spordialade kohta on aeroobse ja anaeroobse ainevahetuse vahekorda uurinud põhjalikult ka V.Seliger (1973). Kui naistel oli 100 m jooksus vastav suhe 5:95, siis 3 km suusatamisel saadi vastavaks suhtarvuks 85 : 15. Need näited kinnitavad üldtunnustatud seisukohti, mille järgi lühikestel distantsidel on tähtsal kohal  $O_2$ -võla talumisvõime, seevastu hapnikulae osatähtsus on suurem pikkadel distantsidel.

Treenitusseisundi hindamisel on tähtis teada, kui kaua suudetakse hapnikulae-lähedast  $\dot{V}_{O_2}$  hoida. T.K.Curetoni (1956) andmetel kasutatakse maratonijooksus hapnikulaest 75%. P.-O.Astrand jt. (1963) andmetel on hapnikulage võimalik hoida 10 minutit, 95%  $\dot{V}_{O_2}$  max-st 30 minuti kestel, 80% laeväärtusest aga 120 minutit. Veloergomeetritel tehtud uuringutel saime kolmel pikamaajooksjal 30-minutilisel maksimaalsel pingutusel keskmiseks hapniku tarbimiseks 60-80% hapnikulaest.

A.Faulkneri (1968) järgi parandavad tippsportlased tulemusi sageli just anaeroobse töövõime tõstmisega, kuna hapnikulagi on neil suhteliselt stabiilne. Võrreldes jooksuaega 1930.-40. aastail ja 1966.a. ning vastava aja jooksjate aeroobset töövõimet, ei täheldanud autor erinevusi hapnikulaes, olgugi et jooksutulemused selle aja kestel oluliselt paranesid (D.Lash'i  $\dot{V}_{O_2}$  max 81,5; J.Ryuni  $\dot{V}_{O_2}$  max 80,0 ml./min. kg).

Ka kümnevõistlejatel-meistersportlastel tehtud uuring tõi esile anaeroobse töövõime tõusu suurema tähtsuse

T a b e l 19

Anaeroobse ja aeroobse ainevahetuse osatähtsus ole-  
nevalt jooksudistantsist (G.Agnevik,  
J.Karlsson, 1967)

Distants, m	Anaeroobse aineva- hetuse osatähtsus, %	Aeroobse ainevahe- tuse osatähtsus, %
100	95	5
200	90	10
400	75	25
800	55	45
1000	50	50
1500	35	65
5000	10	90
10000	5	95

T a b e l 20

Korrelatiivne seos jooksutulemuste ja hapnikulae  
ning O<sub>2</sub>-võla vahel (N.I. Volkov jt., 1966)

Näitaja	Distants					
	100 m	200 m	400 m	800 m	1500 m	5000 m
$\dot{V}_{O_2}$ max	-0,047	-0,144	0,057	0,472	0.478	0.791
O <sub>2</sub> võlg max	0.562	0.589	0.724	0.606	0.265	0.225

punktide kogusumma parandamisel, võrreldes aeroobse töövõime näitajatega (J.Pärnat jt., 1973).

Seega tuleb aeroobse ja anaeroobse töövõime hindamisel arvestada eelkõige valitud spordiala spetsiifikat ja sportlase kvalifikatsiooni. Vastavalt sellele pühitakse treeningutel tähelepanu aeroobse või anaeroobse töövõime eelisarendamisele või kasutatakse vastavaid treeninguvahendeid võrdsel määral. Peale aeroobse ja anaeroobse töövõime mõjustab sportlikku resultaati ka närvi-libassüsteemi funktsionaalne seisund, sportlase taktikaline ja tehniline ning psüühiline ettevalmistus jt. faktorid, mida peab arvestama ka treeninguplaanide koostamisel ja tulemuste planeerimisel.

SÜDAME-VERESOONTESÜSTEEMI FUNKTSIONAALSE SEISUNDI  
MÄÄRAMINE STEP-TESTI JA PWC<sub>170</sub> ABIL

Kõrvuti aeroobse ja anaeroobse töövõime määramisega leiavad treenitusseisundi hindamisel kasutamist ka suhteliselt lihtsad testid, mille läbiviimine ei nõua aparatuuri ja personali olemasolu. Sellisteks testideks on näiteks step-test ja PWC<sub>170</sub> määramine. Nimetatud näitajaid võivad treenerid ja sportlased määrata ka iseenesel.

S t e p - t e s t i   k a s u t a m i n e  
t r e e n i t u s s e i s u n d i   m ä ä r a m i s s e l

Enam leiab kasutamist Harvardi step-test. Nimetatud test võeti esmakordselt kasutusele Harvardi ülikooli väsimuse uurimise laboratooriumis L.Brouha jt. poolt 1943. aastal. Test seisneb 50,8 cm kõrgusele pingile ja maha astumises sagedusega 30 astumist/min. viie minuti kestel. Pärast tööd loetakse pulsisagedus taastumise teise, kolmanda ja neljanda minuti algusest 30 sek kestel ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ). Selle alusel arvutatakse step-testi indeks (kardiovaskulaarse fitnessi indeks):

$$I = \frac{t \text{ (sek.)} \times 100}{2 \times (P_1 + P_2 + P_3)} \cdot$$

Juhul kui vaatlusalune ei suuda tööd teha 5 minutit, võetakse t väärtuseks tegelik tööaeg. Treenitusseisundi hindamiseks esitavad autorid vastava skaala.

Indeks:	Hinnang:
I < 55	Mitterahuldav
I = 55-64	Alla keskmist
I = 65-79	Keskmine
I = 80-89	Hea
I ≥ 90	Väga hea

Indeksit saab leida ka kiiremini: loetakse pulsi-sagedus 30 sekundi kestel vahetult peale tööd ( $P_1$ ) ja teise tööjärgse minuti esimesel 30 sekundil ( $P_2$ ):

$$I = \frac{t \text{ (sek.)} \times 100}{5,5 \times (P_1 + P_2)} .$$

Antud juhul on indeksi kriteerium muutunud.

Indeks:	Hinnang:
Kuni 50	Mitterahuldav
50-80	Keskpärase
üle 80	Hea

Naiste ja noorukite puhul soovitatakse vähendada astme kõrgust 18 tollile (45 cm) (A.W. Sloan, 1959).

Harvardi step-testi hindedkaala kasutamist Eesti NSV noorsool on selgitatud paljude vaatlusseeriade abil (A.Viru jt. 1968; E.Viru jt., 1972). Tabelis 21 esitatakse step-testi indeksi väärtused vanuserühmade kaupa Eesti NSV noorsool.

T a b e l 21

Vanus	Poeglapsed			Tütarlapsed	
	n	$\bar{x} \pm S\bar{x}$		$\bar{x} \pm S\bar{x}$	
11 - 12	203	89 $\pm$ 0,7		198	83 $\pm$ 0,9
13 - 14	241	87 $\pm$ 0,7		244	81 $\pm$ 0,8
15 - 16	315	86 $\pm$ 0,5		392	83 $\pm$ 0,6
17 - 18	186	86 $\pm$ 0,7		247	81 $\pm$ 0,8
11 - 18	945	87 $\pm$ 0,3		1081	82 $\pm$ 0,4
Üliõpilased	171	75 $\pm$ 1,3		257	70 $\pm$ 1,2

Materjali jaotuskõvera analüüsi abil töötati ENSV koolinoortel välja standardid (E.Viru, 1969).

T a b e l 22

Harvardi step-testi standardid eesti koolinoortel

Hinnang	Poeglapsed			Tütarlapsed	
	Indeks	Juhtude %		Indeks	Juhtude %
Mitterahuldav	< 67	1,3		< 64	3,5
Alla keskmise	67-75	13,3		64-70	8,5
Keskpärase	76-91	52,5		71-88	68,5
Hea	92-100	19,3		89-100	17,5
Väga hea	$\geq$ 101	13,6		$\geq$ 101	7,8

T.T.Džamgarov jt. (1968) soovivad kasutada 3-minutilist step-testi, muus osas järgitakse Harvardi step-testi originaalmeetodit. Autorid soovivad hindekskaalat

- 64 - nõrk;
- 65-75 - alla keskmist;
- 76-89 - rahuldav;
- 90-99 - hea;
- 100 - väga hea.

Meesüliõpilastel kasutati nimetatud modifikatsiooni V.Topaasia poolt (1971), mis andis õiguse selle hindeda-  
la kasutamiseks eesti meesüliõpilastel.

Harvardi step-testi kasutamist treenitusseisundi hin-  
damiseks toetavad paljude autorite uuringud. L.Brouha  
jt. (1943) leidsid sportlastel indeksiks 90, samal ajal  
oli Harvardi üliõpilastel indeks 75. Kehakultuuriüliõpi-  
lastel, võrreldes meditsiiniüliõpilastega täheldasid kõr-  
gemaid indekseid A.W.Sloan ja E.N.Keen (1959). Harvardi  
step-testi indeksiks said D.A.Taddonio jt. (1951) sprin-  
teritel-tõkkejooksjatel 86,45, maratonijooksjatel 98,58,  
ülikooli murdmaajooksu võistkonnal aga 115,5. Tokio olüm-  
piamängudest osavõtnud jaapani sportlastel leiti järg-  
mised step-testi indeksid (T.Ishio, 1967): võimlemine -  
92,9; sprint, keskmaajooks - 11,0; võrkpall - 115,0, uju-  
mine - 172,2; korvpall - 130,4; viievõistlus - 152,6; pi-  
kamaajooks - 160,2. Uurimus näitab, et step-testi indeksid  
on kõrgemad just neil spordialadel, kus tähtsal kohal  
on vastupidavus.

TRÜ lihastalitluse laboratooriumis korraldatud noorte  
suusatajate ja aerutajate uurimisel (1971) tuli ilmsiks  
tugev seos step-testi indeksi ja võistlustulemuste vahel  
( $r = -0,882$  ja  $r = -0,828$ ). Noortel aerutajatel (poisid)  
oli keskmine indeks 88,8, tütarlastel-suusatajatel aga 79,2.  
Rühmal kesk- ja pikamaajooksjatel määrati step-testi indeks  
3 korda aastas (detsember, märts, mai). Esimeses vaatlus-  
seerias leiti indeksiks 126,9, teises seerias 119,8 ja  
viimases seerias 122,4. Seejuures 18 jooksjal oli indeks  
kõrgem kui 110, suurim väärtus 170 leiti T.Jakobil, mis

iseloomustab eriti järsku pulsisageduse langust pärast step-testi. Nimetatud sportlastele oli iseloomulik ka pulsisageduse kiire taastumine peale tõusvaid koormusi veloergomeetril.

Korrelatsioonianalüüs tõi esile olulised seosed in-deksi ja mõnede teiste treenitust iseloomustavate näitajate vahel. Väiksema võimsuse rakendamisel astumistestis (kõrgus 50,8 cm, astumissagedus 15 ja 25 kor-da/min., kestus 3 min.) leitud indeks aga ei oma usalda-tavat seost nimetatud näitajatega. Seevastu pulsisagedus astumissageduse 15 ja 25 astet/min. juures on seoses aeroobse töövõime ja PWC<sub>170</sub>-ga. Selgus, et step-testide ajal registreeritud kopsude ventilatsioon ja hapniku tar-bimine erinevates treeninguperioodides ei muutu oluliselt, vaatamata hapnikulae muutustele. Rühma jooksjate südame löögisageduse ja gaasivahetuste andmed step-testide soori-tamisel esitatakse tabelis 23. Kümnevõistlejatel- meister-sportlastel leiti step-testi keskmiseks indeksiks 104,3. Need näited kinnitavad step-testi sobivust eri spordialade esindajatel treenitusseisundi hindamisel. Tänu step-testi lihtsusele saab seda kasutada nii laste kui ka kesk-ja vanemaealiste uurimiseks.

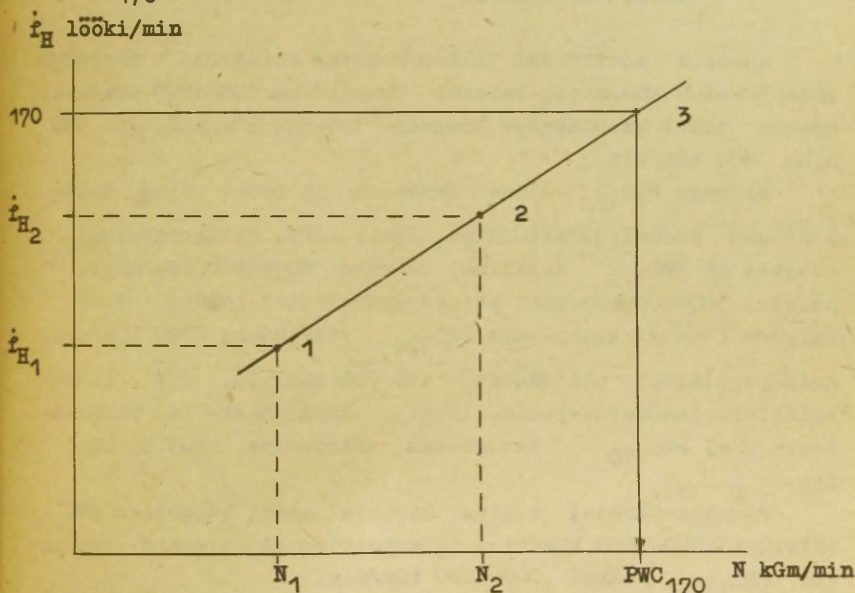
#### PWC<sub>170</sub> m ä ä r a m i n e t r e e n i t u s s e i - s u n d i h i n d a m i s e l

Südame-veresoontesüsteemi funktsionaalse seisundi hin-damisel on laialdaselt kasutusel PWC<sub>170</sub> määramine. Näi-taja PWC<sub>170</sub> (physical working capacity) võeti kasutuse-  
le T.Sjöstrandi (1947) ja H.Wahlundi (1948) poolt PWC<sub>170</sub> näitab koormust (kGm/min.W), mis kutsub püsiseisundi tin-gimustes esile südame löögisageduse tõusu 170 löögini/min. Peale PWC<sub>170</sub> on kasutusel ka PWC<sub>130</sub> ja PWC<sub>150</sub>, mil-le puhul vastav koormus põhjustab pulsisageduse tõusu

130 ja 150 löögini/min.  $PWC_{max}$  korral on tegemist suurima koormusega, mida suudetakse taluda 6 minutit (G. Tornvall, 1963).

Testi PWC autorid kasutasid kuueminutilisi tõusvaid koormusi, kuni südame löögisagedus tõusis 170 löögini/min., tempoks hoiti veloergomeetril 60 pöret/min. Veloergomeetril alustatakse koormusest 300 või 600 kGm/min., iga 6 minuti järel koormust tõstetakse 300 kGm/min. võrra.

Viimasel ajal kasutatakse  $PWC_{170}$  määramisel ka 3-4 minutilisi koormusi. Ekstrapoleerimist kasutades saab  $PWC_{170}$  määrata 2-3 kolme koormuse abil (joonis 11).



Joonis 11.  $PWC_{170}$  määramine. Koormustel  $N_1$  ja  $N_2$  registreeritud pulsisageduse väärtustele  $f_{H1}$ ,  $f_{H2}$  vastavatest punktidest 1 ja 2 tõmmatakse läbi sirgjoon löikumiseni pulsisagedusele 170 lööki/min vastava sirgega. Punktist 3 tõmmatakse ristjoon koormuste skaalale. Löikumis- punkt annabki  $PWC_{170}$  väärtuse.

FWC<sub>170</sub> leidmiseks soovitatavad V.L.Karpman jt.(1969) kasutada valemit

$$FWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \left( \frac{170 - \dot{f}_1}{\dot{f}_2 - \dot{f}_1} \right),$$

kus FWC<sub>170</sub> on kehalise töövõime näitaja, kGm/min.;

N<sub>1</sub> ja N<sub>2</sub> on kasutatavad koormused, kGm/min.;

f<sub>1</sub> ja f<sub>2</sub> on südame löögisagedus esimesel ja teisel koormusel.

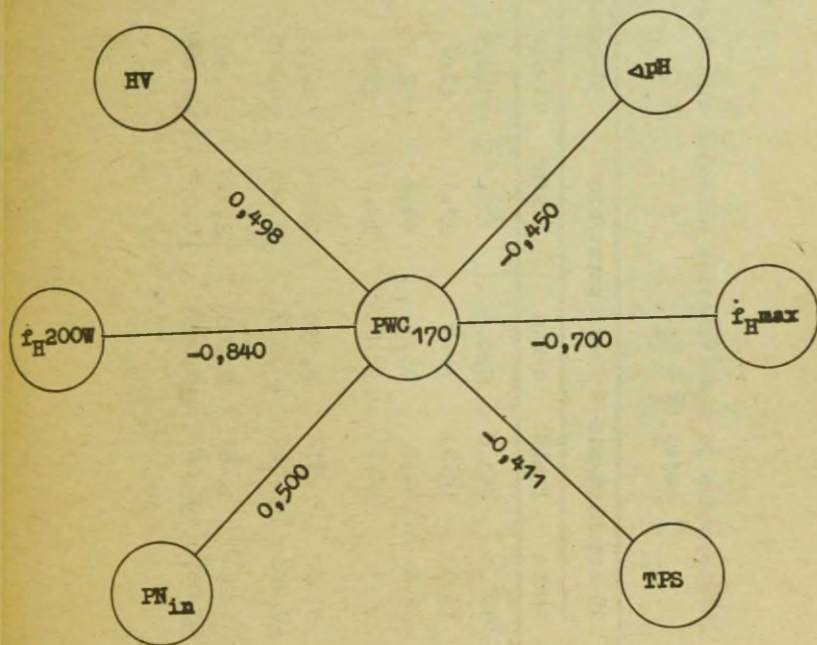
Autorid soovivad valida meestel esimeseks koormuseks 300–600 kGm/min., teiseks koormuseks 600–1500 kGm/min., naiste puhul kasutatakse koormusi 150–300 kGm/min. ja 300 ning 600 kGm/min.

Näitaja FWC<sub>170</sub> oleneb vanusest ja soost ning vaatlusaluse treenitusseisundist, (tabel 24). Mittetreenitud meestel on FWC<sub>170</sub> keskmine väärtus 800–1400 kGm/min., naistel 500–800 kGm/min. Meistersportlastel leidis V.L. Karpman (1969) keskmiseks FWC<sub>170</sub> väärtuseks 1520 kGm/min., naissportlastel oli vastav arv 780 kGm/min. TRÜ lihastalitluse laboratooriumis leiti rühmal kesk- ja pikamaajooksjatel FWC<sub>170</sub> keskmiseks väärtuseks 1603,6 kGm/min.

Meessportlastel tuleks hinnata eriti kõrgeteks FWC<sub>170</sub> väärtusi 1600–1800 kGm/min. Naissportlastel oleksid vastavad FWC<sub>170</sub> andmed 700–1200 kGm/min.

FWC<sub>170</sub> korreleerub paljude treenitust iseloomustavate näitajatega. Nii on leitud positiivne seos FWC<sub>170</sub> ja FWC<sub>max</sub> vahel (G.Tornvall, 1963), FWC<sub>170</sub> ja hapnikulae vahel (W. von Döbeln jt., 1967; V.L.Karpman jt., 1969, 1971).

1971). Mõned  $FWC_{170}$ -ga seoses olevad näitajad esitatakse joonisel 12. (J.Pärnat, 1970). Selgus, et suurema  $FWC_{170}$ -ga vaatlusalustel on suurem südamemaht ja madalam pulsisageduse maksimum kasvavatel koormustel. Kõrgema  $FWC_{170}$ -ga sportlastel taastub pulsisagedus peale kehalist tööd kiiremini, nihked happe-leelise tasakaalus on aga vähem väljendunud (joonis 12)



Joonis 12. Korrelatiivsed seosed  $FWC_{170}$  ja füsioloogiliste näitajate vahel. Andmed esitatakse 22 kesk- ja pikamaajooksja uuringu alusel.

Südame löögisagedus ja gaasivahetuse näitajad step-testi ajal ( $\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$ )

Näitaja	Enne tööd	15-astumist/min		25-astumist/min		30-astumist/min	
		1-min	3-min	1-min	3-min	1-min	3-min
$\dot{f}_H$ , lööki/min	64,6 $\pm 1,9$	107,1 $\pm 1,9$	113,0 $\pm 2,5$	120,3 $\pm 2,5$	136,1 $\pm 3,1$	128,5 $\pm 3,0$	156,9 $\pm 3,1$
$\dot{V}_E$ , l/min	13,7 $\pm 0,5$	38,8 $\pm 2,1$	44,8 $\pm 2,1$	55,9 $\pm 2,5$	61,8 $\pm 2,5$	72,6 $\pm 3,5$	84,4 $\pm 4,6$
$\dot{V}_{O_2}$ , l/min	0,340 $\pm 0,013$	1,482 $\pm 0,083$	1,612 $\pm 0,082$	2,156 $\pm 0,089$	2,254 $\pm 0,081$	2,555 $\pm 0,113$	2,854 $\pm 0,123$
$\dot{V}_{CO_2}$ , l/min	0,338 $\pm 0,014$	1,264 $\pm 0,067$	1,463 $\pm 0,067$	2,008 $\pm 0,089$	2,161 $\pm 0,077$	2,468 $\pm 0,108$	2,836 $\pm 0,127$

FWC<sub>170</sub> andmed mittetreenujil ja sportlastel  
(V.L.Karpman jt. 1974).

Uuritavad	Spordiala	N	FWC <sub>170</sub>	
			$\bar{x}$	$x_{\max} - x_{\min}$
Mehed	mittetreenuitud	51	1027	1530-750
	suusatamine	51	1760	2320-1140
	uisutamine	32	1710	2328-1160
	keskmaa-			
	jooks	26	1694	2400-1200
	jalgratta-			
	sport	12	1670	2130-1220
	korvpall	36	1625	2241-950
	veepall	26	1637	2190-1328
	aerutamine	14	1619	2100-1125
	kaasaegne	32	1594	2236-1145
	vlie-			
	võistlus			
	käimine	9	1548	1867-1250
	jalgpall	19	1528	1910-1200
	jähoki	22	1428	1810-989
	maadlus	22	1370	2150-976
	poks	51	1360	2456-948
	tennis	9	1360	2456-948
	vettehüpped	16	1195	1518-868
tõstmine	33	1148	1660-750	
ratsasport	-	1115	1332-872	
sportlik				
võimlemine	30	1040	1400-793	
Naised	mittetreenuitud	18	640	900-422

FWC<sub>170</sub> andmed lastel

Autorid	Vanus, a.	FWC <sub>170</sub> . kGm/min.		
		Poeglapsed	Tütarlapsed	
F.H.Adams jt., 1961 USA	6	331	265	
	7	368	287	
	8	438	343	
	9	472	337	
	10	551	406	
	11	650	488	
	12	703	483	
	13	739	564	
	14	964	542	
	O.Elo jt., 1965 Soome	7	347	289
		8	424	318
		9	480	430
		10	552	412
		11	574	484
12		583	626	
R.Mocellin jt., 1971 Saksa FV	5-6	318	269	
	7-8	402	339	
	9-10	524	448	
	11-12	651	517	
	13-14	801	616	
	15-16	1106	700	
	17-18	1182	721	
G.R.Cumming jt., 1963 Kanada	6	270	220	
	7	340	250	
	8	457	312	
	9	435	309	
	10	458	329	

11	474	497
12	533	436
13	645	336
14	772	497
15	739	489
16	972	621

E.Bengtsson, 1956  
Rootsi

5-6	234,4	234,4
7-9	313,2	313,2
10-12	468,4	468,4
13-14	633,5	633,5
15-20	1031,0	770,0

Soolised erinevused  $PWC_{170}$  väärtustes ilmnevad juba alates 6-8 eluaastast (F.H.Adams, 1961; G.R.Cumming jt.1963).  $PWC_{170}$  hakkab kasvama lapseeas alates täiskasvanuks saamiseni.  $PWC_{170}$  ealist dünaamikat on selgitatud paljude autorite poolt. Ameerika koolilastel (F.H.Adams, 1961), Kanada õpilastel (G.R. Cumming jt., 1963), soome lastel (O.Elo jt., 1965) ning saksa noorukitel (R.Mocellin jt., 1971) määratud  $PWC_{170}$  väärtused esitatakse tabelis 25.

Kesk- ja vanemaegalistel inimestel on  $PWC_{170}$  väärtused suhteliselt madalad, mis näitab nende ulatuslikumat pulsisageduse reaktsiooni kehalisel töö. Viimasel juhul on enamkasutatavamaks näitajaks  $PWC_{130}$  ja  $PWC_{150}$  (T.Sjöstrand, 1947; J.S.Vainbaum, 1970).

Tuleb rõhutada, et  $PWC_{170}$  määramine treenitusseisundi hindamisel on kaasaja sporditeaduses igati õigustatud. Kuna selleks tuleb lugeda pulsisagedus vahetult töö ajal, on viimatinimetatud testi sportlastel enestel siiski raskem läbi viia võrreldes step-testiga. Kehalise töövõime näitaja määramine tuleb enam arvesse teaduslikes uurimislaboratooriumides ja kehakultuuridispanserites.

Kasutatud lühendid

- $\dot{V}_E$  - hingamise minutimaht, l/min., ml/min.
- $\dot{V}_{E_{max}}$  - maksimaalne hingamise minutimaht e. maksimaalne kopsude ventilatsioon, l/min.
- $\dot{V}_{O_2}$  - hapniku tarbimine, l/min., ml/min.
- $\dot{V}_{O_2 \max}$  - maksimaalne hapniku tarbimine e. hapnikulagi, l/min., ml/min kg.
- $\dot{V}_{CO_2}$  - süsihappegaasi eritumine, l/min., ml/min.
- $RQ \left( \frac{\dot{V}_{CO_2}}{\dot{V}_{O_2}} \right)$  - hingamiskoeffitsient
- PN - pneumotahhomeetri näit, l/sek.
- $F_{I_{O_2}} : F_{E_{O_2}}$
- $F_{A_{O_2}} ; F_{V_{O_2}}$  - hapnikusisaldus vastavalt atmosfäärses ja väljahingatud õhus ning arteriaalses ja venoosses veres
- $\Delta O_2 (A-V)$  - hapniku arterio-venoosne diferents, ml/100 ml vere kohta
- $f_H$  - südame löögisagedus, lööki/min.
- q - südame löögi- ehk süstoolne maht, ml.
- $\dot{Q}$  - südame minutimaht, l/min., ml/min.
- HV - südame maht, cm<sup>3</sup>
- TFS - taastumispulsi summa (pulsilöövide arv taastumisperioodi 3 min. kestel), lööki.
- PWC<sub>170</sub> - kehalise töövõime näitaja, kGm/min., W.

## KIRJANDUS

- Adams, F.H., Linde, L.M., Miyake, H. The physical working capacity of normal school children. - "Pediatrics". 1961 v. 28. p. 55-64.
- Adams, F.H., Berven, E., Wegelius, H. The physical working capacity of normal school children. II. Swedish city and country. - "Pediatrics" 1961 v. 28. p. 243.
- Agnevik, G., Karlsson, J. Energy demands during running. - Vorts. auf 2. Internat. Seminar f. Ergometrie vom 4.-6. Sept. 1967 in W.-Berlin. Kongressband S. 281-284.
- Allard, C., Coulet, C. Physical working capacity in a French-Canadian population, An epidemiological study. - "Försvarsmedicin". 1967. v. 3. H. 3. p. 209-220.
- Allen, J.G. Aerobic capacity and physiological fitness of Australian men. - "Ergonomics". 1966. v. 9. Nr. 6, p. 485-494.
- Allen, J.G., Lomaev, O. Physiological fitness of schoolboys. - "Ergonomics" 1969, v. 12. Nr. 3. p. 459-462.
- Andersen, K.L. Benestad, A., Segren, N., A field study of physiological adjustment to increased

muscular activity with and without cold exposure. P. III. Maximal oxygen uptake. - Acta Univ. Lundensis. Lund. 1966. Sectio II. Nr.12.

- Andersen, K.L. The effect of physical training upon the oxygen uptake power of men of various age and fitness level. - "Försvarsmedicin". 1967. v. 3. H. 3. p. 183-187.
- Andersen, L.K., Magel, J.R. Physiological adaptation to a high level of habitual physical activity during adolescence. - "Int. Z. angew. Physiol." 1970. v. 28. p. 209-227.
- Asmussen, E., Hemmingsen, I. Determination of maximum working capacity at different ages in work with the legs or with the arms. - "Scand. J. Clin. Lab. Invest." 1958. v. 10, p. 67-71.
- Astrand, I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. - "Acta Physiol. Scand." 1960. v. 49. Suppl. 169.
- Astrand, I. Aerobic work capacity its relation to age, sex, and other factors. - "Circulat. Research". 1967. v. 20. Nr. 3. Suppl. I. p. 211-217.
- Astrand, P.-O. Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Munksgaard, Copenhagen. 1952.
- Astrand, P.-O., Ryhming, I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. - "J. Appl. Physiol." 1954. v. 7. p. 218-221.
- Astrand, P.-O. Human physical fitness with special reference to sex and age. - "Physiol. Reviews." 1956. v. 36. Nr. 3. p. 307-335.

- Åstrand, P.-O., Saltin, B. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. - "J. Appl. Physiol." 1961. v. 16. Nr. 6. p. 977-981.
- Åstrand, P.-O., Engström, L., Eriksson, B.O., Karlberg, P., Nylander, I., Saltin, B., Thoren, C. Girl swimmers. With special reference to respiratory and circulatory adaptation and gynaecological and psychiatric aspects. - "Acta Paediatrica" 1963. Suppl. 147.
- Åstrand, P.-O., Christensen, E.H. Aerobic work capacity. Pergamon Press. Oxford-London, Edinburgh, N.-York, Paris, Frankfurt, 1964.
- Åstrand, P.-O., Cuddy, T.E., Saltin, B., Stenberg, J. Cardiac output during submaximal and maximal work. - "J. Appl. Physiol." 1964. v. 19. p. 268-274.
- Åstrand, P.-O. Polkupyöräergometri ja sen käyttö. Varberg 1967. p. 1-33.
- Åstrand, P.-O., Rodahl, K. Textbook of work physiology. New-York. 1970.
- Bengtsson, E. The working capacity in normal children, evaluated by submaximal exercise on the bicycle ergometer and compared with adults. - "Acta Med. Scand." 1956, v. 154. f. II. p. 91
- Binkhorst, B.A., van Leeuwen, P. A rapid method for the determination of aerobic capacity. - Int. Z. angew Physiol." 1963, v. 19. p. 459-467.
- Binkhorst, R.A., Pool, J., van Leeuwen, P., Bouhuys, A. Maximum oxygen uptake in healthy nonathletic males. - Int. Z. angew. Physiol." 1966. v. 22. p. 10-18.
- Bonjer, F.H. Measurement of working capacity by assessment of the aerobic capacity in a single session. - "Fed. Proc." 1966. v. 25. Nr. 4. p. 1363-1365.

- Bottin,R., Petit,J.M., Deroanne,R., Juchmes,J., Pirnay,F.  
Mesures comparées de la consommation maximum d'  
O<sub>2</sub> par paliers de 2 ou de 3 minutes. - "Int. Z.  
Angew. Physiol." 1968., v. 26. p. 355-362.
- Bouhuys,A. Pool,J., Binkhorst,R.A., van Leeuwen,P. Metabolic  
acidosis of exercise in healthy males. - "J. Appl.  
Physiol. " 1966 v. 21. Nr. 3. p. 1040-1046.
- Brouha,L. The step test: A simple method of measuring  
physical fitness for muscular work in young  
men. - "Research Quarterly". 1943. v. 14. p.  
31-36.
- Carter,J.E.L., Kasch,F.W., Boyer,J.L., Phillips,W.H., Ross,  
W.D., Sucec,A. Structural and functional assess-  
ment on a champion runner - Peter Snell. -  
"Research Quarterly". 1965. v.38. Nr. 3. p.  
355-365.
- Cerretelli,P., Radovani,P. Il massimo consumo di O<sub>2</sub> in  
atleti olimpionici di varie specialità. -  
"Boll. Soc. It. Biol. Sper." 1960. v. 36. p.  
1871-1872.
- Christensen,E.H., Högberg,P. Physiology of skiing. -  
"Arbeitsphysiol." 1950, v. 14. p. 292-303.
- Clausen,J.P. Effects of physical conditioning. A hypothesis  
concerning circulatory adjustment to exercise.  
- "Scand. J. Clin. Lab. Invest." 1969. v. 24.  
Nr. 4. p. 305-313.
- Costill,D.L., Hoffman,W.M., Kehoe,F., Miller,S.J., Myers,W.C.  
Maximum anaerobic power among college football  
players. - "J. Sports Med. Phys. Fit." 1968.v.8,  
Nr. 2, p. 103-106.

- Costill, L.D. Metabolic responses during distance running. - "J. Appl. Physiol." 1970. c. 28. Nr. 3. p. 251-255.
- Costill, D.L., Winrow, E. Maximal oxygen intake among marathon runners. - "Arch. Phys. Med." 1970. v. 51. p. 317-320.
- Craig, F.N., Cumming, G.R. Dehydration and muscular work. - "J. Appl. Physiol." 1966. v. 21., p. 670-674.
- Cumming, G.R., Cumming, P.M. Working capacity of normal children tested on a bicycle ergometer. - "Canad. Med. Ass. J." 1963, v. 88, p. 351.
- Cumming, G.R., Current levels of fitness. - "Canad. Med. Ass. J." 1967. v. 96. p. 868-876.
- Cumming, G.R., Goodwin, A., Baggeley, G., Antel, J. Repeated measurements of aerobic capacity during a week of intensive training at a youth's track camp. - "Canad. J. Physiol. Pharmacol". 1967. v. 45. p. 805-811.
- Davies, C.T.M., Limitations to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. - "J. Appl. Physiol." 1968. v. 24. Nr. 5. p. 700-706.
- Davies, C.T.M., Knibbs, A.V., Musgrove, J. The rate of lactic acid removal in relation to different baselines of recovery exercise. - "Int. Z. angew. Physiol." 1970, v. 28.
- De Paurv, Vrijens, J. Untersuchungen bei Elite-Rudern in Belgien. - "Sportarzt u. Sportmed," 1971. v. 22. Nr. 8. s. 176-179.

- De Vries, H.A., Klafs, C.E. Prediction of maximal oxygen intake from submaximal tests. - "J. Sports Med. Phys. Fit." 1965, v. 5. Nr. 4. p. 207-214.
- Diamant, B., Karlsson, J., Saltin, B. Muscle tissue lactate after maximal exercise man. - "Acta Physiol. Scand." 1968. v. 72. p. 383-384.
- di Prampero, P.E., Piñera Limas, F., Sassi, G. Maximal muscular power, aerobic and anaerobic in 116 athletes performing at the XIX th Olympic Games in Mexico. - "Ergonomics". 1970. v. 13. Nr. 6. p. 665-674.
- Dixon, R.W., Faulkner, J.A. Cardiac outputs during maximum effort running and swimming. - "J. Appl. Physiol." 1971. v. 30. Nr. 5. p. 653-656.
- von Döbeln, W. Maximal oxygen intake, body size, and total hemoglobin in normal man. - "Acta Physiol. Scand." 1957. v. 38. p. 193-199.
- von Döbeln, W., Åstrand, I., Bergström, A. An analysis of age and other factors related to maximal oxygen uptake. - "J. Appl. Physiol." 1967. v. 22. Nr. 5. 5 p. 934-938.
- Ekblom, B., Hermansen, L. Cardiac output in athletes. - "J. Appl. Physiol." 1968. v. 25. Nr. 5. p. 619-625.
- Ekblom, B., Åstrand, P.-O., Saltin, B., Stenberg, J., Wallström, B. Effect of training on circulatory response to exercise. - "J. Appl. Physiol." 1968. v. 24. Nr. 4. p. 518-528.
- Ekblom, B., Gjessing, E. Maximal oxygen uptake of the Easter Island population. - "J. Appl. Physiol." 1968, v. 25. Nr. 2. p. 124-129.

- Ekblom, B. Effect of physical training on oxygen transport system in man. - "Acta Physiol. Scand.", 1969. Suppl. 328.
- Ekblom, B. Effect of physical training on circulation during prolonged severe exercise. - "Acta Physiol. Scand." 1970. v. 78. pp. 145-158.
- Elo, O., Hirvonen, L., Peltonen, T., Välimäki, I. Physical working capacity of normal and diabetic children. - "Ann. Paediatr. Fenn." 1965, v. 11. p. 25-29.
- Enschede, F.A.J., Jongbloed, J. The physical condition of topskaters during training. - "Int. Z. angew. Physiol." 1964, v. 20. p. 252-257.
- Faulkner, A. New perspectives in training for maximum performance. - "J. Am. Med. Assoc." 1968. v. 205. Nr. 11. p. 741-746.
- Flynn, R.B. Numerical performance as a function of prior exercise and aerobic capacity for elementary school boys. - "Res. Quart." 1972. v. 43, p. 16-22.
- Fox, E.L., Billings, C.E., Bartels, R.L., Bason, R., Matthews, D. Fitness standards for male college students. - "Int. Z. angew. Physiol." 1973. v. 31. p. 231-236.
- Gadhoke, S., Jones, N.L. The responses to exercise in boys aged 9-15 years. - "Clin. Sci." 1969. v. 37. p. 789-801.
- Graan, van C.H., Greyson, J.S. A comparison between the bicycle ergometer and the step-test for determining maximum oxygen intake on Kalahari Bushmen. - "Int. Z. angew. Physiol." 1970. v. 28. p. 344-348.

- Grimby, G., Wilhelmsen, L., Ekström-Jodal, B., Aurell, M., Bjure, J., Tibblin, G. Aerobic power and related factors in a population study of men aged 54. - "J. Clin. Lab. Invest." 1970. v. 26. p. 287-294.
- Grimby, G., Bjure, J., Aurell, M., Ekström-Jodal, B., Tibblin, G., Wilhelmsen. Work capacity and physiologic responses to work men born in 1913. - "Am. J. Cardiol." 1972. v. 30. Nr. 11. p. 37-42.
- Helbing, G., Nowacki, P.E. Die maximale Sauerstoffschuld als Leitungskriterium. - XVI Weltkongress für Sportmedizin. Hannover, 1966, Ref. 133.
- Henry, F.M. Aerobic oxygen consumption and alactic debt in muscular work. - "J. Appl. Physiol." 1951. v. 3. p. 427-438.
- Henry, F.M., Rafton, I.R. The velocity curve of sprint running with some observations on the muscle viscosity factor. - "Res. Quart". 1951. v. 22. p. 409-422.
- Hermansen, L., Saltin, B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. - "J. Appl. Physiol." 1969. v. 26. Nr. 1. p. 31-37.
- Hermansen, L., Stensvold, I. Production and removal of lactate during exercise in man. - "Acta Physiol. Scand." 1972. v. 86. p. 191-201.
- Hill, A.V., Lupton, H. Muscular exercise, lactic acid and the supply and utilization of oxygen. - "Quart. J. Med." 1923. B. 16. s. 135-171.
- Hill, A.V., Long, C.N.H., Lupton, M. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. - "Proc. Royal Soc." 1924. P. I-III B. 96. p. 438-475.

- Hollmann, W., Knipping, H.W. The ascertainment of physical capacity from the clinical point of view. - Health and fitness in modern world, Athletic Institute. Chicago, 1961. p. 17-30.
- Hollmann, W. Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit der Sportler. München 1963.
- Hollmann, W., Venrath, H. Die Beeinflussung von Herzgröße, maximales O<sub>2</sub>-Aufnahme und der Ausdauergränze durch ein Ausdauertraining mittlerer und hoher Intensität. "Sportarzt u. Sportmed." 1963. Nr. 9. s. 189-193.
- Hong, S.K., Kim, P.K. Pak, H.K., Kim, J.K., Yoo, M.J., Renneie, D.W. Maximal aerobic power of Korean women divers. - "Fed. Proc. 1969. v. 28. p. 1284-1288.
- Huckabee, W.C. Relationships of pyruvate and lactate during anaerobic metabolism. P. I. Effects of infusion of pyruvate or glucose and hyperventilation. - "J. Clin. Invest." 1958, v. 37. p. 244-254.
- Ishio, T. Aerobic capacity and external criteria of performance. - "Canad. Med. Ass. J." 1967. v. 96. p. 746-749.
- Issekutz, B., Rodahl, K. Respiratory quotient during exercise. - "J. Appl. Physiol." 1961. v. 16. Nr. 4. p. 606-610.
- Issekutz, B., Birkhead, N.C., Rodahl, K. Use of respiratory quotients in assessment of aerobic work capacity. - "J. Appl. Physiol." 1962. v. 17. Nr. 1. p. 47-50.
- Jervell, O. Investigation of the concentration of lactic acid in blood and urine under physiological and pathological conditions. - "Acta Med. Scand." 1928. Suppl. 24.

- Keen, E.N., Sloan, A.W. Observations on the Harvard step test. - "J. Appl. Physiol." 1958. v. 13. Nr. 2. p. 241-243.
- Keul, J., Keppler, D., Doll, E. Lactate-pyruvate ratio and its relation to oxygen pressure in arterial, coronarvenous and femoralvenous blood. - "Arch. Internat. Physiol. et Biochim." 1967. v. 73. Nr. 4. p. 573-578.
- Klausen, K., Robinson, S., Michael, E.D., Myhre, L.G. Effect of high altitude on maximal working capacity. - "J. Appl. Physiol." 1966. v. 21. Nr. 4. p. 1191-1194.
- Klissouras, V. Genetic aspects of physical fitness. - Physical fitness. Universita Karlova. Praha 1973. p. 217-223.
- Knuttgen, H.G. Oxygen debt, lactate, pyruvate, and excess lactate after muscular work. - "J. Appl. Physiol." 1962. v. 17. Nr. 4. p. 639-644.
- Kollias, J., Nicholas, W.C., Buskirk, E.R., Mendez, J. Oxygen requirements for running at moderate altitude (2300 m). - "J. Sports Med. Phys. Fit." 1970. Nr. 10. p. 27-35.
- Lacour, J.R., Flandrios, R., Hebral, D., Riotte, M. Etude expérimentale de quelques épreuves de détermination indirecte de l'aptitude physique. - "J. Physiol." (France). 1966. v. 58. Nr. 2, p. 244.
- Linderholm, H. Experience from training of conscripts. - "Försvarsmedicin" 1967, v. 3. H. 3. p. 188-192.
- Macnab, R.B.J., Conger, P.R., Taylor, P.S. Differences in maximal and submaximal work capacity in men and

- women. - "J. Appl. Physiol." 1969. v. 27. Nr. 25. p. 644-648.
- Margarita,R., Edwards,H.T., Dill,T.D. The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. - "Am. J. Physiol." 1933, v. 106. p. 689-715.
- Margarita,E., Cerretelli,P., di Prampero,P.E., Massari, C.,Torelli, G. Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man. - "J.Appl. physiol." 1963. v. 18. Nr. 2. p. 371-377.
- Margarita,R., Aghemo,P., Rovelli,E. Indirect determination of maximal oxygen consumption in man. - "J. Appl. Physiol." 1965. v. 20. p. 1070-1073.
- Margarita,R., Aghemo,P., Rovelli,E., Measurement of muscular power (anaerobic) in man. - "J. Appl. Physiol." - 1966. v. 21. Nr. 5. p. 1662-1664.
- Margarita,R., Assessment of physical activity in oxidative and anaerobic maximal exercise. - "Fed. Proc." 1966. v. 25. p. 1409-1414.
- Margarita,R., Capacity and power of the energy processes in muscle activity their practical relevance in athletics. - "Internat. Z. angew. Physiol." 1968. v. 25. Nr. 4. p. 352-360.
- Maček,M., Cermak,V., Handzo,P., Horak,J., Jirka,Z., Rous,J., Seliger,V., Ulbrich,J. Comparison between 12, 15 and 18 year old groups of country and urban boys and girls. - Physical fitness. Universita Karlova. Praha 1973. p. 244-247.
- Mc Ardle,W.D. Magell,J.R., Kyvallos,L.C. Aerobic capacity, heart rate and estimated energy cost during women's competitive basketball. - "Research Quarterly". 1971. v. 42. Nr. 2. p. 178-186.

- Metheny, E., Brouha, L., Johanson, R.E., Forbes, W.H. Some physiologic responses of women and men to moderate and strenuous exercise: A comparative study. - "Am. J. Physiol." 1942, v. 137. p. 318-326.
- Metz, K.F., Alexander, J.F. Estimation of maximal oxygen intake from submaximal work parameters. - "Res. Quart." 1973. v. 42. p. 187-193.
- Michael, E.D., Horvath, S.M. Physical work capacity of college women. - "J. Appl. Physiol." 1965. v. 20. Nr. 2. p. 263-266.
- Millahn, H.P., Döscher, I. Die maximale Sauerstoffschuld bei Männern und Frauen in Abhängigkeit vom Trainingszustand. - "Internat. Z. angew. Physiol." 1968. v. 25. Nr. 1. p. 67-79.
- Mitchell, J.H., Sproule, B.J., Chapman, C.B. The physiological meaning of the maximal oxygen intake test. - "J. Clin. Invest." 1958. v. 37. p. 538-547.
- Mocellin, R., Rutenfranz, J., Singer, R. Zur Frage von Normwerten der körperlichen Leistungsfähigkeit ( $W_{170}$ ) im Kinder- und Jugendalter. - "Z. Kinderheilk." 1971, B. 110, S. 140-165.
- Mocellin, R., Lindermann, H., Rutenfranz, J., Sbresny, W. Direct and indirect determination of maximal oxygen uptake in children and adolescents. - Physical fitness. Universita Karlova. 1973. p. 282-288.
- Musshoff, K., Reindell, H., Steim, H., König, K. Die Sauerstoffaufnahme pro Herzschlag ( $O_2$ -Puls) als Funktion des Schlagvolumens, der arterio-venösen Differenz des Mindtenvolumens und des Herzvolumens. - "Z. Kreisl. - Forsch." 1959. B. 48. S. 255-277.

- Naimark, A., Wasserman, K., McIlroy, M.B. Continuous measurement of ventilatory exchange ration during exercise: A test a cardiovascular function. - "J. Appl. Physiol." 1964. v. 19. p. 644.
- Nielsen, M., Hansen, O. Maximale körperliche Arbeit bei Atmung O<sub>2</sub>-reicher Luft. - "Skand. Arch. Physiol." 1937. B. 76. S. 37.
- Novak, L.P. Maximal oxygen consumption, pulmonary function, body composition, and anthropometry of adolescent female athletes. - "Int. Z. angew. Physiol." 1973. v. 31. p. 103-119.
- Nowacki, P., Krause, R., Adam, K., Rueffs, M. Über die cardio-pulmonale Leistungsfähigkeit des Deutschlandachters vor seinem Olympiasieg 1968. - "Sportarzt u Sportmedizin". 1971. v. 22. H. 10. S. 227-229.
- Palinska, Z., Lisiecki, A. Przydatności testu Åstranda w ocenie wydolności fizycznej kolarzy-juniorów. - "Wychowanie fizyczne i sportö. 1972. v. 16. Nr. 1, p. 41-50.
- Parizková, J., Eiselt, E., Šprynarova, Š. Body composition, aerobic capacity, and density of muscle capillaries in young and old men. - "J. Appl. physiol." 1971. v. 31. Nr. 3. p. 323-325.
- Pärnat, J. Vereringe ja hingamissüsteemi talitlus ning happe-leelise tasakaalu muutused kasvavate koormuste tingimustes. Dissertatsioon. Tartu, 1970.
- Pärnat, J., Viru A. Estimation of physical working capacity and maximal oxygen intake by stepwise

increasing loads on the bicycle ergometer.  
- Estonian Contributions to the International  
Biological Programme. Tartu, 1971, P. II. p.  
159-164.

- Pärnat, J., Viru, A., Savi, T., Kudu, F., Markusas, F.,  
Untersuchungen der Aeroben und Anaeroben  
Leistungsfähigkeit von Zehnkämpfern. - "Med.  
u Sport.", 1973, Nr. 12. M. S. 366-369.
- Quellet, Y., Poh, S.C., Becklake, M.R. Circulatory factors  
limiting maximal aerobic exercise capacity. -  
"J. Appl. Physiol." 1969. v. 27. Nr. 6. p.  
874-880.
- Reindell, H., Klepzig, H., Stein, H., Musshoff, H.,  
Roskamm, H., Schildge, E. Hers, Kreislaufkrank-  
heiten und Sport. München, 1960.
- Robinson, S., Edwards, H.T., Dill, D.B. New records in  
human power. - "Science". 1937. Nr. 2208.  
p. 409.
- Robinson, S. Experimental studies of physical fitness  
in relation to age. - "Arbeitsphysiol."  
1938. v. 10. p. 251-323.
- Rowell, L.B., Taylor, H.L., Yang Wang. Limitations to  
prediction of maximal oxygen intake. -  
"J. Appl. Physiol." 1964. v. 19. Nr. 5. p.  
919-927.
- Rusko, H., Karvönen, E. Effect of age on the measurement and  
estimation of aerobic power. - Physical  
fitness. Universiata Karlova. 1973. p.  
340-344.
- Rybaczyk, W., Wojcieszak, I. The assessment of work  
capacity and endurance in runners. -  
"Wychowanie Fizyczne i Sport". 1970. Suppl.  
Nr. 4. p. 71-80.

- Ryhming, I. A modified Harvard step test for the evaluation of physical fitness. - "Arbeitsphysiol." 1954. B. 15. S. 235-250.
- Saltin, B. Aerobic and anaerobic work capacity after dehydration. - "J. Appl. Physiol." 1964. v. 19. Nr. 6. p. 1114-1118.
- Saltin, B. Aerobic work capacity and circulation at exercise in man. - "Acta Physiol. Scand." 1964. Suppl. 230. v. 62. p. 1-52.
- Saltin, B. Aerobic and anaerobic work capacity at 2300 meters. - "Med. Thorac." 1967. v. 24. p. 205-210.
- Saltin, B., <sup>a</sup> Astrand, P.-O. Maximal oxygen uptake in athletes. - "J. Appl. Physiol." 1967. v. 23. Nr. 3. p. 353-358.
- Saltin, B. Aerobic and anaerobic work capacity at 2300 meters. - "Med. thorac." 1968, v. 24. p. 205-210.
- Saltin, B., Blomqvist, G., Mitchell, J.H., Johanson, R.L., Eldenthal, K., Chapman, C.B. Response to exercise after bed rest and after training. - "Circulation". 1968. Suppl. 7. v. 38. Nr. 5. p. 1-78.
- Saltin, B., Grimby, G. Physiological analysis of middle - aged and old former athletes. Comparison with still active athletes of the same ages, - "Circulation". 1968. v. 38. p. 1104-1115.
- Scheele, K. Sportmedizinische Gesundheits - und Leistungsuntersuchungen jugendlicher Zehnkämpfer. - "Sportarzt u Sportmed.". 1972. B. 23. Nr. 1. S. 19-20.

- Seliger, V. The influence of sports training on the efficiency of juniors. - "Int. Z. angew. Physiol." 1968, v. 26. p. 309-322.
- Seliger, V. The aerobic and anaerobic metabolic rates in physical exercises. - Physical fitness. Universita Karlova. Praha 1973. p. 351-355.
- Seliger, V. Horak, J., Cermak, V., Handzo, P., Juka, Z., Maček, B., Ulbrich, J. Physical fitness indices for Czechoslovak athletes of 12, 15 and years of age. - Physical fitness. Universite Karlova, 1973. p. 356-361.
- Shephard, R.J. The relative merits of the step test, bicycle ergometer, and treadmill in the assessment of cardiorespiratory fitness. - "Int. Z. angew. Physiol." 1966, v. 23. p. 219-230.
- Shephard, R.J. The prediction of maximum oxygen intake from post - exercise pulse readings. - "Int. Z. angew. physiol." 1967. v. 24. p. 31-38.
- Shephard, R.J., Allen, C., Benade, A.J.S., Davies, C.T., di Prampero, P.E., Hedman, E., Merriman, J.E. Myhre, K., Simmons, R. The maximum oxygen intake. An international reference standard of cardiorespiratory fitness. - "Bull. Wld. Hlth. Org." 1968, v. 38. p. 757-764.
- Shephard, R.J. The heart and circulation under stress of olympic conditions. - "J. Am. Med. Assoc." 1968. v. 205. Nr. 11. p. 775-779.

- Shephard,R.J. Practical indices of metabolic activity. An experimental comparison of pulse rate and ventilation. - "Int.Z. angew. Physiol. 1968. v. 25. p. 13-24.
- Shephard,R.J., Jones,G., Brown J.R. Some observations on the fitness of a canadian population. - "Canad. Med. Ass. J." 1968. v. 98. Nr. 21. p. 977-984.
- Shephard,R.J., Allen,C., Bar-Or,O., Davies,C.T.M., Degre, S., Hedman,R., Ishii,K., Kaneko,M., Da Cour,J.R., di Prampero,P.E., Seliger,V. The working capacity of Toronto school-children. - "Canad. Med. Ass. J." 1969, v. 100. p. 560-566.
- Sinning,W.E., Adrian,M.J. Cardiorespiratory changes in college women due to a season of competative basketball. - "J. Appl. Physiol." 1968. c. 25. Nr. 6. p. 720-724.
- Sjöstrand,T. Changes in the respiratory organs of workmen at an ore smelting works. - "Acta Med. Scand." 1947. v. 128. Suppl. 196, p. 687-699.
- Sloan,A.W., Keen, E.N. The Harvard step test of physical fitness. - "South-African J. of Science". 1959. Nr. 5. p. 113-116.
- Sloan,A.W. A modified Harvard step test for women. - "J.Appl. Physiol. 1959. v. 14. Nr. 6. p. 985-986.
- Sproule,B.J., Mitchell,J.H., Miller, W.F. Cardiopulmonary physiological responses to heavy exercise in patients with anemia. - "J. clin. Invest." 1960. v. 39. p. 378-388.

- Stenberg, J., Ekblom, B.F., Messin, R. Hemodynamics response to work at stimulated altitude 4.000 m. - "J. Appl. Physiol." 1966. v. 21. p. 1589-1594.
- Stenberg, J., Astrand, P.-O., Ekblom, B., Royce, J., Saltin, B. Hemodynamic Response to work with different muscle groups in sitting and supine. - "J. Appl. Physiol." 1967. v. 22. p. 61.
- Szögy, A., Cherebetin, G., Buiac, D., Muresan, I. Relationen zwischen einigen Spiroergometrischen Grössen und den Lauf-Ergebnissen über 800 und 5000 m. - "Med. u. Sport". 1971. Nr. 11. S. 336-338.
- Škranc, O., Havel, V., Bartak, K. A comparison of work capacity measured by graded step-test and a bicycle ergometer. - "Ergonomics" 1970. v. 13. Nr. 6. p. 675-683.
- Šprynarová, Š., Parizkova. Functional capacity and body composition in top weight-lifters, swimmers, runners and skiers. - "Int. Z. angew. Physiol." 1971. v. 29. p. 184-194.
- Zamfirescu, N.R., Szögy, A. Cercetări asupra validității unor teste folosite pentru evaluarea capacității de efort fizic. - "Fiziol. norm. si patol." 1969. v. 15. Nr. 3. p. 213-221.
- Zedda, S., Aresini, G., Cardani, A., Sartorelli, E. Controllo della validita' dei metodi indiretti di misura del massimo consumo di ossigeno nei soggetti normali. - "La Med. del Lav." 1969, v. 60. Nr. 12. p. 721-731.
- Taddonio, D.A., Karpovich, P.V. The Harvard step test as a measure of endurance in running. - "The Res. Quart." 1951. v. 22. p. 381-384.

- Taylor, C.** Some properties of maximal and submaximal exercise with reference to physiological variations and the measurements of exercise tolerance. - "Amer. J. Physiol." 1944, v. 142. p. 200-212.
- Taylor, H.L., Buskirk, E., Henschel, H.** Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. - "J. Appl. Physiol." 1955, v. 8. Nr. 1. p. 73-80.
- Taylor, H.L., Wang, Y., Rowell, L., Blomqvist, G.** The standardization and interpretation of submaximal and maximal tests of working capacity. - "Pediatrics". 1963, P. II, p. 703-722.
- Teräslinna, P., Ismail, A.H., McLeod, D.P.** Nomogramm by Astrand and Ryhming as a predictor of maximum oxygen intake. - "J. Appl. Physiol." 1966. v. 21. Nr. 2. p. 513-515.
- Tornvall, G.** Assessment of physical capabilities. - "Acta Physiol. Scand." 1963. v. 58. Suppl. 201. p. 21-36.
- Vellar, O.D., Hermansen, L.** Physical performance and hemotological parameters. - "Acta Med. Scand." 1971. Suppl. 522. p. 1-40.
- Viru, E.** Harvardi step-testi tulemuste hindamisest Eesti NSV koolinoortel. - Eesti NSV XII vabariiklik metoodiline konverents kehakultuuri alal. Tallinn, 1969, 37-38.
- Viru, E., Viru, A.** Values of the Harvard step-test index in Estonian school-children and university students. Estonian Contributions to the International Biological Programme. Tartu, 1971. P. II. p. 159-164.

- Volkov, N.I., Gordon, S.M., Cheremisinov, V.N., Shirkovets, J.A.:  
Betterment of physical work capacity of men,  
resulting from their special training in  
Sports. - XVI Weltkongress für Sportmedizin,  
Hannover. 1966. I. Ref. 154.
- Wade, O.L., Bishop, J.M. Cardiac output and regional blood  
flow. Oxford, Blackwell. 1962.
- Wahlund, H. Determination of the physical working capacity.-  
"Acta Med. Scand." 1948. Suppl. 215.
- Wasserman, K., Buston, G.G., van Kessel, A.L. Excess lactate  
concept and oxygen debt of exercise. -  
"J. Appl. Physiol." 1965. v. 20. Nr. 6. p.  
1299-1306.
- Wendelin, H., Heikkinen, P., Hirvonen, L. The physical fitness  
of university students. - "J. Sports Med.  
Phys. Fit. 196 v. 17. p. 224-232.
- Williams, C.G., Bredell, G.A.G., Wyndham, C.H., Strydom, N.B.,  
Morrison, J.F., Peter, J., Fleming, P.W., Ward, J.S.  
Circulatory and metabolic reactions to work in  
heat. - "J. Appl. Physiol." 1962. v. 17.  
p. 625.
- Williams, C.G., Wyndham, C.H., von Rahden, M.J.E. Effect of  
training on maximum oxygen intake and on  
anaerobic metabolism in man. - "Int. Z. angew.  
Physiol." 1967. v. 24. p. 18-23.
- Williams, C.G., Du Raan, A.J.N., von Rahden, M.J., Wyndham, C.H.  
The capacity for endurance work in highly  
trained men. - "Int. Z. angew. Physiol." 1968.  
c. 26. p. 141-149.
- Wyndham, C.H., Strydom, N.B., Maritz, J.S., Morrison, J.F.,  
Peter, J., Potgieter, Z.U. Maximum oxygen intake  
and maximum heart rate during strenuous work.  
- "J. Appl. Physiol." 1959. v. 14. p. 927-936.

- Wyndham, C.H., Seftel, H.C., Williams, C.G., Wilson, V., Strydom, N.B., Bredell, G.A.G., von Rahden, M.J.E. Circulatory mechanism of anaerobic metabolism in working muscle. "South Afr. Med. J." 1965. v. 6, p. 1008-1014.
- Wyndham, C.H., Strydom, N.B., Leary, W.P., Williams, C.G. Studies of the maximum capacity of man for physical effort. I. A. comparison of methods of assessing the maximum oxygen intake. - "Int.Z. angew. Physiol." 1966. v. 22. p. 285-295.
- Wyndham, C.H. Submaximal tests for estimating maximum oxygen intake." - Canad. Med. Ass. J." 1967. v. 96, Nr. 25. p. 736-742.
- Артыков М.А. Исследование максимальной аэробной производительности у велосипедистов-шоссейников высшей квалификации. - "Теория и практ. физ. культ.," 1968, № 4, с. 38.
- Артыков А.А. Газовый обмен и оксигенация артериальной крови при напряженной циклической работе в связи с различной тренированностью человека. - Автореф. дисс. биол. наук. Л., 1968.
- Бакулин С.А. Динамика максимального потребления кислорода в процессе тренировки высококвалифицированных пловцов. - Физиологическая характеристика высокой работоспособности спортсменов. М., 1966, с. 173-178.
- Бакулин С.А. Динамика максимального потребления кислорода на разных этапах тренировки высококвалифицированных спортсменов. - XII Всесоюзная научная конференция по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. Львов, 1972, с. 93-94.

- Борисов А.П. Зависимость спортивных достижений от функции дыхания и кровообращения. - "Теория и практ. физ. культ.", 1962, № 6, с. 27-30.
- Вайнбаум Я.С., Аскеров А.А. Степ-тест субмаксимальной нагрузкой для оценки физической работоспособности. - "Теория и практ. физ. культ.", 1970, т. 33, № 2, с. 26-28.
- Васильева В.В., Попов С.Н., Степочкина Н.А., Тесенко Ж. А., Трунин В.В. Опыт медико-биологических наблюдений в процессе тренировки бегунов-стайеров. - "Теория и практ. физ. культ.", 1971, т.34, №11, с. 36-39.
- Васильева В.В., Коссовская Э.Б., Степочкина Н.А., Трунин В.В. Сосудистые реакции и аэробная производительность у велосипедистов в разные периоды круглогодичной тренировки. - "Теория и практ. физ. культ.", 1972, № 6, с. 28-30.
- Волков Н.И., Зацюрский В.М. Кинетика лактата в крови человека при напряженной мышечной работе. - *Acta biol.et.med.German* 1964, v.13. № 5. p.659-673.
- Волков Н.И., Гордон С.М., Ширковец Е.А., Иванов В.С., Максимум аэробной и анаэробной работоспособности у пловцов. - "Теория и практ. физ. культ.", 1968, № 10, с. 31-35.
- Волков П.И. Энергетический обмен и работоспособность человека в условиях напряженной мышечной деятельности. Автореф. дисс. канд. биол. наук. М., 1969.
- Волков И.И., Хволес В.Г., Новикова Д.А., Мотылянская Р. Е., Стогова Л.И., Калугина Г.Е., Гориневская В.С. Внешнее дыхание, газообмен и выносливость. - Выносливость у юных спортсменов. М., 1969. с. 21-67.

- Волков Н.И., Данилов В.А. Максимальная анаэробная мощность баскетболистов. - "Теория и практ. физ.культ.", 1973, № 3, с. 41-46.
- Виру А.А., Рейнтам Н., Прулер А., Маароос Я., Виру Э., Кырге П. Применение Гарвардского степ-теста при изучении функциональных способностей сердечно-сосудистой системы. - Материалы научно-методической конференции Прибалтийских республик и БССР по вопросам спортивной тренировки. Каунас, 1968. с. 15-16.
- Гуминский А.А., Тарасов А.В., Елизарова О.С., Самсонов О.А. Исследование аэробных и анаэробных показателей у хоккеистов (юношей и взрослых). - "Теория и практ. физ. культ.", 1971, т. 34, № 11, с. 39-41.
- Данилов В.А. Экспериментальное исследование специальной работоспособности баскетболистов. - Автореферат дисс. канд. пед. наук. М., 1972.
- Джамгаров Т.Т., Демьяненко Ю.К., Кустов Л.А., Калини П. И., Маришук В.Л., Топурия Г.И., Шуваев Е.Е. Оценка физической тренированности методом высокой нагрузочной функциональной пробы. - "Военно-мед. ж.," 1968, № 1, с. 66-69.
- Евстратов В.Д. Исследование аэробной производительности и потребления кислорода при работе разной интенсивности у лыжников-гонщиков в разные периоды тренировки. - XII Всесоюзная научная конференция по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. Львов, 1972, с. 104-105.
- Зациорский В.М., Крылатых Ю.Г., Неверкович С.Д., Черемিশнов В.Н. Работоспособность велосипедистов в годичном тренировочном цикле. - XII Всесоюзная научная конференция по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. Львов, 1972, с. 15-16.

- Иванов А.С., Зима А.Г. Максимум  $O_2$ -потребления у бегунов в среднегорье и его динамика в период острой адаптации. - Материалы XI Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. Свердловск, 1970, с.157-159.
- Кальюсто Д.Х. К методике определения максимального потребления кислорода у лыжников. - Материалы X Всесоюзной конференции по морфологии, физиологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. М., 1968, II, с. 24.
- Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г. РWC<sub>170</sub> - проба для определения физической работоспособности. - "Теория и практ. физ. культ.", 1969, № 10, с.37-40.
- Карпман В.Л., Гудков И.А., Койдинова Г.А. Непрямое определение максимального потребления кислорода у спортсменов высокой квалификации. - "Теория и практ. физ. культ.", 1972, № 2, с.37-41.
- Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. Исследование физической работоспособности у спортсменов. М., 1974.
- Кару Т.Э., Маарос Я.Я. О максимальном потреблении кислорода и его динамике в предсоревновательном периоде. - Материалы X Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. Тбилиси, 1968, с. 29-30.
- Михайлов В.В., Огольцов И.Г. Максимальное потребление кислорода у членов сборных команд СССР по лыжному спорту и биатлону в процессе подготовки к зимним олимпийским играм. - Материалы У111 Всесоюзной научной конференции по вопросам морфологии, физиологии и биохимии мышечной деятельности. Волгоград, 1964.

- Мотылянская Р.Е. Пути исследования проблемы развития выносливости у юных спортсменов. - Выносливость у юных спортсменов. М., 1969, с. 5-21.
- Огольцов И.Г., Михайлов В.В. Максимальное потребление кислорода у лыжников-гонщиков сборной команды СССР на разных этапах годичной подготовки. - Материалы X конференции кафедры лыжного спорта ГЦОЛИФК по итогам научно-исследовательской методической работы. М., 1965, с. 48-51.
- Полунин А.И. Исследование и обоснование закономерностей возрастного развития выносливости в беге субмаксимальной мощности и ее воспитание у школьников 10-17 лет. Автореф. дисс.канд. пед. наук. М., 1970.
- Попов С.Н., Портных Ю.И., Брегман М.А., Гельчинский С.Я., Кудрявцев Е.И., Семенов Н.И. Количественные методы оценки работоспособности спортсменов при динамических наблюдениях. - Вопросы спортивной медицины. Таллин, 1971, с.7-9.
- Пярнат Я.П. Деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем и сдвиги кислотно-щелочного баланса в условиях возрастающих нагрузок. Автореф. дисс. канд. мед. наук. Тарту, 1970.
- Пярнат Я.П., Виру А.А., Писукке А.П. Взаимоотношения между показателями работоспособности сердечно-сосудистой и дыхательной систем и составом крови у бегунов при мышечной работе с повышающейся мощностью. - "Физиол. ж.", 1970, т. 56, № 10, с. 1427-1432.
- Пярнат Я.П., Виру А.А., Писукке А.П. Показатели аэробной работоспособности у бегунов. - "Бюлл. экп. биол. и мед.", 1972, № 1, с. 25-28.

- Раменская Г.И., Корягин Н.А., Огольцов И.Г. Энергетическая характеристика современных лыжных гонок. - "Теория и практ. физ. культ.", 1968, № 3, с. 34-38.
- Тихвинский С.Б. Физическая работоспособность и показатели кардио-респираторной системы у детей и подростков. - Автореф. дисс. докт. мед. наук. Л., 1972.
- Топасия В.И. Исследование динамики физической подготовленности и спортивных интересов студентов подготовительного отделения. - Автореф. дисс. канд. пед. наук. Тарту, 1971.
- Фарфель В.С., Артыков М.А., Куренков Г.И., Миронов В.И. Максимальное потребление кислорода у спортсменов высшей квалификации в условиях среднегорья. - Адаптация спортсменов к работе при равном кислородном режиме. М., 1969, с. 3-8.

## Sisukord

1. Aeroobne töövõime ja seda mõjustavad tegurid...	5
1.1. Hapniku tarbimise maksimum ja organismi anatoomilis-füsioloogilised näitajad .....	7
1.2. Hapniku tarbimise maksimum mittetreeni- tuil ja sportlastel .....	14
1.3. Aeroobne töövõime ja sportlik treening.....	25
1.4. Aeroobne töövõime ja vanus .....	29
1.5. Hapniku tarbimise maksimum ja välistin- gimused .....	38
2. Aeroobse töövõime määramine laboratoorsetes ja sportliku tegevuse tingimustes .....	41
2.1. Hapnikulae määramine laboratoorsetes tingimustes otseste meetoditega .....	41
2.2. Hapnikulae määramine valitud spordialale spetsiifilise tegevuse abil. ....	48
2.3. Hapniku tarbimise maksimumi määramise kaudsed (indirektsed) meetodid .....	51
2.3.1. Astrand - Ryhmingi meetod (1954) .....	51
2.3.2. R.Margaria jt. meetod (1966) hapnikulae kaudsel määramisel .....	64
2.3.3. Hapnikulae määramine PWC <sub>170</sub> abil .....	66
2.3.4. W. von Döbelni jt. meetod (1967) .....	69
2.3.5. B.Issekutzi jt. meetod (1962) .....	69
2.3.6. R.J.Shephardi meetodid (1967, 1968).....	70
2.3.7. E.Asmusseni ja I.Hemmingseni meetod(1958)..	71

3. Anaeroobne töövõime ja selle määramine .....	73
3.1. Anaeroobse töövõime hindamine hapnikuvõla ja laktaatide sisalduse määramise abil .....	75
3.2. Anaeroobse ainevahetuse sisselülituskritee- rium treenitusseisundi hindamisel .....	81
3.3. R.Margaria "trepitest" kasutamine lihaste alaktaatsuse võimsuse hindamisel .....	83
3.4. Anaeroobne töövõime ja vanus .....	85
3.5. Anaeroobse ja aeroobse ainevahetuse vahe- korrast kehalisel tööl .....	85
4. Südame-veresoonkonna funktsionaalse seisundi mää- ramine step-testi ja PWC <sub>170</sub> abil .....	90
4.1. Step-testi kasutamine treenitusseisundi määramisel .....	90
4.2. PWC <sub>170</sub> määramine treenitusseisundi hinda- misel .....	94
Kasutatud lühendid .....	103
Kirjandus .....	104

Я.Лярдат  
ФИЗИОЛОГИЯ ТРЕНИРОВКИ

I

На эстонском языке  
Тартуский государственный университет  
ЭССР, г.Тарту, ул. Оликооли, 18.

Vasutav toimetaja A. Viru  
Korrektor L. Uba

---

Paljundamisele antud 20.IX 74. Rotaatoripa-  
ber 30x42.1/4. Trükipoognaid 8,25. Tingtrü-  
kipoognaid 7,67. Arvestuspoognaid 6,0. Trü-  
kiarv 500.MB 06558.Tell. nr. 991.  
TRÜ rotaprint, ENSV, Tartu, Palsoni tn. 14.

Hind 21 kop.