

DIE ENERGIEVERBRUIK TYDENS ENKELE PROGRESSIEF
VERSLARENDE OEFENINGE.

deur

TJAART STEFANUS PETRUS VAN DER WALT
(B.Sc., HONNS. B.A., T.H.O.D.)

Voorgeleë ter vervulling van 'n deel van die vereistes
vir die graad Magister Artium in die Fakulteit Lettere
en Wysbegeerte, van die Potchefstroomse Universiteit
vir Christelike Hoër Onderwys, Potchefstroom.

Oktober 1972.

INHOUD

	<u>Bladsy</u>
Voorwoord	viii
Algemene Inleiding	1
Hoofstuk 1	Die probleem en doel van die ondersoek
	4
Hoofstuk 2	Energieverbruik
	7
2.1	Suurstofverbruik as maatstaf vir energieverbruik
	8
2.2	Die suurstofverbruikskromme
	12
2.2.1	Aanpassingsperiode
	14
2.2.2	Funksieplato
	15
2.2.3	Herstelperiode
	16
Hoofstuk 3	Enkele faktore wat die snelheid van energieverbruik beïnvloed
	20
3.1	Individuele verskille
	20
3.1.1	Liggaamsgrootte
	20
3.1.2	Leeftyd
	25
3.1.3	Geslag
	30
3.1.4	Ras
	32
3.1.5	Effektiwiteit van werkverrigting
	33
3.2	Dieet
	39
3.3	Spanning en emosionele opwinding
	42

	<u>Bladsy</u>
3.4	Enkele patologiese toestande 44
3.4.1	Koorsigheid 44
3.4.2	Afwykings van meer algemene hormoon- funksie en funksies van die endokriene kliere 46
3.4.3	Hartsiektes 47
3.5	Omgewingsfaktore 48
3.5.1	Temperatuur 49
3.5.2	Humiditeit 52
3.5.3	Hoogte bo seespieël (Lugdruk) 53
3.6	Oefening 56
Hoofstuk 4	'n Literatuuroorsig met betrekking tot die energieverbruik van enkele aktiwiteite. Algemeen 57
4.1	Stap op 'n gelyke vlak 60
4.2	Stap teen 'n helling 68
4.3	Opstapoeferinge 77
4.4	Hardloop 83
4.5	Die fietsergometer 85
4.6	Vrystaandeoefeninge 89
Hoofstuk 5	Versameling van die gegewens van die ondersoek 94
5.1	Keuse van die oefeninge 94

	<u>Bladsy</u>
5.1.1	Defening op die fietsergometer 95
5.1.2	Die buig-strek-beenoefening 96
5.1.3	Die opstap oefening 96
5.1.4	Die armstoot oefening 96
5.2	Uitvoering van en instruksies vir die oefeninge 97
5.2.1	Die fietsergometer 97
5.2.2	Die buig-strek-beenoefening 98
5.2.3	Die opstap oefening 98
5.2.4	Die armstoot oefening 100
5.3	Die prosedure van toetsing 100
5.3.1	Die aktiwiteite 100
5.3.2	Vitale kapasiteit 105
5.3.3	Dwanguitasemingsvolume (FEV_1) 106
5.3.4	Maksimale asemhalingsvermoë 107
5.4	Die apparaat vir die bepaling van suurstofverbruik 108
Hoofstuk 6	Verwerking van die gegewens van die ondersoek 112
6.1	Persoonlike statistiek van die proefpersone 112
6.2	Die spirometerregistrasie en verwerking van die gegewens van die registrasie 115

6.2.1	Suurstofverbruik	115
6.2.2	Minuutvolume	117
6.2.3	Respirasiesnelheid	122
6.2.4	Getyvolume	124
6.3	Suurstof-ventilasie-ekwivalent	126
6.4	Effektiwiteit van werkverrigting	126
6.5	Statistiese verwerking van die gegewens	128
Hoofstuk 7	Die resultate van die ondersoek	136
7.1	Die buig-strek-beenoefening	137
7.1.1	Die verhouding tussen die tempo van werkverrigting van die buig-strek-beenoefening en die energieverbruik aangegee as suurstofverbruik	137
7.1.2	Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening uitgedruk as metabolismiese eenhede (Met) bokant rustende energieverbruik	143
7.1.3	Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening aangegee volgens die suurstof-ventilasie-ekwivalent	145
7.1.4	Die invloed van die buig-strek-beenoefening op die asemhalingsfunksies	150
7.1.5	Samevatting	153

7.2	Die opstapoefening	154
7.2.1	Die verhouding tussen die tempo van werkverrigting van die opstapoefening en die energieverbruik aangegee as suurstofverbruik	154
7.2.2	Die energieverbruik van die opstap-oefening uitgedruk as metaboliese eenhede (Met) bo rustende energie-verbruik	164
7.2.3	Die effektiwiteit van werkverrigting van die opstapoefening	164
7.2.4	Die energieverbruik van die opstap-oefening aangegee volgens die suurstof-ventilasie-ekwivalent	166
7.2.5	Die invloed van die opstapoefening op die asemhalingsfunksies	169
7.2.6	Samevatting	171
7.3	Die armstootoefening	172
7.3.1	Die verhouding tussen die tempo van werkverrigting van die armstootoefening en die energieverbruik aangegee as suurstofverbruik	172
7.3.2	Die energieverbruik van die armstoot-oefening uitgedruk as metaboliese eenhede (Met) bokant rustende energie-verbruik	175

7.3.3	Die energieverbruik van die armstoot-oefening aangegee volgens die suurstof-ventilasie-ekwivalent	178
7.3.4	Die invloed van die armstootoefening op die asemhalingsfunksies	181
7.3.5	Samevatting	183
7.4	Oefening op die fietsergometer	183
7.4.1	Die verhouding tussen die tempo van werkverrigting van oefening op die fietsergometer en die energieverbruik aangegee as suurstofverbruik	184
7.4.2	Die energieverbruik van oefening op die fietsergometer uitgedruk as metabooliese eenhede (Met) bokant die rustende energieverbruik	190
7.4.3	Die effektiwiteit van werkverrigting op die fietsergometer	192
7.4.4	Die energieverbruik van oefening op die fietsergometer aangegee volgens die suurstof-ventilasie-ekwivalent	192
7.4.5	Die invloed wat oefening op die fietsergometer op die asemhalingsfunksies het	194
7.4.6	Samevatting	197

	<u>Bladsy</u>
Hoofstuk 8	
Samevatting, gevolgtrekkings en verdere navorsing	198
8.1 Samevatting	198
8.2 Gevolgtrekkings	199
8.2.1 Die buig-strek-beenoefening	199
8.2.2 Die opstap oefening	200
8.2.3 Die armstoot oefening	201
8.2.4 Die fietsergometer	202
8.3 Verdere navorsing	203
Bibliografie	206
Summary and conclusions	217

VOORWOORD

Wetenskaplike bewyse is reeds gevind wat die terapeutiese waarde van oefening aantoon. By die aanwending van oefening as terapeutiese hulpmiddel bestaan daar wesenlike probleme aangesien min oefeninge so gegradeer is dat die eise wat die oefening stel, bekend is. Wanneer die eise wat die oefening stel nie bekend is nie, bestaan die gevaar dat pasiënte ooreis kan word.

Met hierdie navorsing is gepoog om vas te stel of dit moontlik is om enkele voorafgekoese oefeninge wetenskaplik te gradeer - so, dat die oefeninge volgens die voorafbepaalde oefentoleransie van 'n persoon, voorgeskryf kan word.

Vir die suksesvolle afhandeling van so 'n ondersoek word die hulp van verskeie persone nodig. My hoogste waardering aan prof. dr. W.J. Putter van die Departement Liggaamlike Opvoedkunde aan die P.U. vir C.H.O. sonder wie se leiding en besieling, reeds tydens my voorgaande studies, hierdie ondersoek nie moontlik sou wees nie.

My dank aan die Potchefstroomse Universiteit vir C.H.O. vir die fasiliteite tot my beskikking gestel asook die beurs aan my toegeken. Veral moet die biblioteekpersoneel van die Ferdinand Postma-Biblioteek lof toegeswaai word. Geen moeite word ontsien om soms haas onuitvoerbare versoeke te probeer uitvoer nie. My opregte dank in die besef dat geen navorsing sonder hulle hulp die volle veld sal kan oorsien nie.

Aan die proefpersone wat bereid was om hul deel by te dra tot die voltooiing van hierdie studie my dank en waardering vir die getrouheid waarmee die toetsessies bygewoon is.

Ek betuig ook graag my dank teenoor meneer T. Hall vir die drukwerk van die prestasiekaarte; teenoor meneer J.L.P. Viljoen vir die taalkundige versorging van die werkstuk; mev. S. Pitt wat met die tikwerk behulpsaam was; dr. J.M. Hatting van die Departement Statistiese Wiskunde van die P.U. vir C.H.O.; mev. A.C. Brits vir haar onbaatsugtige bydrae; my ouers vir hul positiewe aanmoediging en belangstelling.

Aan my vrou Louisa wat onder moeilike omstandighede my tydens die studie aangemoedig en bygestaan het en ook aan my seuns Tjaart en Matthys wat dikwels die geselskap van 'n vader moes ontbeer, my diepste erkentlikheid. Ek dra hierdie verhandeling op aan my seuns.

TABELLE

<u>Tabel</u>		<u>Bladsy</u>
IV.I	Die rustende suurstofverbruik vir normale volwasse persone	58
IV.II	Die rustende kalorieverbruik vir normale volwasse persone	59
IV.III	Die kalorieverbruik van normale mans en dames tydens stap	66
IV.IV	Die gemiddelde energieverbruik van stap op verskillende oppervlakte	67
IV.V	Die energieverbruik van stap teen 'n helling van 5%	72
IV.VI	Die energieverbruik van stap teen 'n helling van 10%	73
IV.VII	Die energieverbruik van stap teen 'n helling van 15%	74
IV.VIII	Die energieverbruik van stap teen 'n helling van 20%	75
VI.I	Korreksiefaktore om gasvolumes by spirometertemperatuur (versadig aan waterdamp) te verwerk na gasvolumes by ligaaamstemperatuur (37°C en versadig aan waterdamp) onderhewig aan 'n lugdruk van 658 mm Hg	121
VII.I	Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening volgens die ligaaamsmassa en die tempo van werkverrigting	144

<u>Tabel</u>		<u>Bladsy</u>
VII.II	Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening in metaboliese eenhede volgens die liggaamsmassa en tempo van werkverrigting	146
VII.III	Die determinasiekwosiënte tussen $\dot{V}_{O_2}$ en $\dot{V}_E$ van die buig-strek-beenoefening	149
VII.IV	Die energieverbruik van die opstapoeffening in metaboliese eenhede volgens die liggaamsmassa en die tempo van werkverrigting	164
VII.V	Die determinasiekwosiënte tussen $\dot{V}_{O_2}$ en $\dot{V}_E$ van die opstapoeffening	167
VII.VI	Die energieverbruik van die armstootoefening volgens die aantal armstote per minuut	176
VII.VII	Die energieverbruik van die armstootoefening in metaboliese eenhede volgens die aantal armstote per minuut	177
VII.VIII	Die determinasiekwosiënte tussen $\dot{V}_{O_2}$ en $\dot{V}_E$ van die armstootoefening	178
VII.IX	Die energieverbruik van oefening op die fietsergometer volgens die liggaamsmassa en die tempo van werkverrigting	189
VII.X	Die energieverbruik van oefening op die fietsergometer in metaboliese eenhede volgens die liggaamsmassa en tempo van werkverrigting	191
VII.XI	Die determinasiekwosiënte tussen $\dot{V}_{O_2}$ en $\dot{V}_E$ van oefening op die fietsergometer	193

GRAFIEKE

<u>Grafiek</u>		<u>Bladsy</u>
4.1	Die energieverbruik van stap teen verskillende snelhede	62
4.2	Die energieverbruik van stap teen verskillende snelhede vir verskillende liggaamsmassas	62
4.3	Die energieverbruik van stap teen verskillende hellings en snelhede	70
4.4	Die energieverbruik van opstapoeffeninge by verskillende vlakke van arbeidsverrigting	79
4.5	Die energieverbruik van opstapoeffeninge teenoor die arbeidsverrigting soos deur verskillende navorsers gevind	81
4.6	Die energieverbruik van hardloop teen verskillende snelhede	84
4.7	Die energieverbruik van oefening op die fietsergometer by verskillende vlakke van arbeidsverrigting	88
7.1	Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening by verskillende tempo's van werkverrigting	138
7.2	Die energieverbruik per kilogram liggaamsmassa van die buig-strek-beenoefening by verskillende tempo's van werkverrigting	141
7.3	Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening teenoor die minuutvolume	148

7.4	Die energieverbruik per kilogram liggaams- massa van die buig-strek-beenoefening teen- oor die minuutvolume per vierkante meter veloppervlak	151
7.5	Die energieverbruik van die opstap oefening by verskillende tempo's van werkverrigting	155
7.6	Die energieverbruik per kilogram liggaams- massa van die opstap oefening by verskillende tempo's van werkverrigting	157
7.7	Die energieverbruik van die opstap oefening teenoor die arbeidsverrigting	160
7.8	Die energieverbruik van die opstap oefening teenoor die arbeidsverrigting - 'n vergely- king met die gegewens van ander navorsers	161
7.9	Die energieverbruik van die opstap oefening teenoor die minuutvolume	168
7.10	Die energieverbruik van die armstoot oefening teenoor die tempo van werkverrigting	173
7.11	Die energieverbruik van die armstoot oefening teenoor die minuutvolume	180
7.12	Die energieverbruik per kilogram liggaams- massa van oefening op die fietsergometer by verskillende tempo's van werkverrigting	186
7.13	Die energieverbruik van oefening op die fietsergometer soos dit met die gegewens van ander navorsers vergelyk	188

Grafiek

Bladsy

- 7.14 Die energieverbruik per kilogram liggaams-
massa van oefening op die fietsergometer
teenoor die minuutvolume per vierkante meter
veloppervlak 195

Nomogram

- Die energieverbruik en arbeidsverrigting
van die opstap oefening volgens die liggaams-
massa en opstap tempo 163

LYS VAN VREEMDE AFKORTINGS WAT IN
DIE WERKSTUK GEBRUIK WORD

A:	arbeid verrig in kilogram-meter per minuut
DK:	determinasiekwosiënt
E.rus :	energieverbruik gedurende rus
f:	asemhalingsfrekwensie
FEV _{1,0} :	dwanguitasemingsvolume in een sekonde
LTD _{versadig} :	liggaamstemperatuur en druk, versadig aan waterdamp
Met :	metaboliese eenhede
MVV ₈₀ :	maksimale asemhalingsvermoë teen 'n tempo van 80 in- en uitasemings per minuut
NE:	netto effektiwiteit van werkverrigting
NTD _{droog} :	normale temperatuur en druk sonder die aanwezigheid van waterdamp
T:	tempo van werkverrigting
$\dot{V}_E$:	minuutvolume
$\dot{V}_{E_{O_2}}$:	suurstof-ventilasie-ekwivalent
VK:	vitale kapasiteit
$\dot{V}_{O_2}$:	suurstofverbruik
V _T :	getyvolume
W:	Tiggaamsmassa

ALGEMENE INLEIDING

Allerweë word aanvaar dat die fisieke aktiwiteite van die hedendaagse mens sodanig verminder het, dat die gesondheid daardeur bedreig word. ^{1,2)} Die fisieke onaktiwiteit, of gebrek aan gesonde liggaamlike beweging, het meegebring dat sommige medici 'n nuwe siekteverskynsel diagnoseer, naamlik hopokenetiese siekte en spesifieke oefeninge as terapie voorskryf. ³⁾

Oefeninge word reeds lank gebruik as terapeutiese middel by die behandeling van liggaamlik gestremdes en die uitwerking daarvan is reeds deeglik nagevors en gewaardeer. ⁴⁾ Reeds by die primitiewe gemeenskappe is oefening as 'n terapeutiese middel aangewend. ⁵⁾ Galen, die Griekse medikus, het oefening as terapeutiese

- 1) Kraus, H. & Raab, W. Hypokinetic disease. Springfield, Ill., Thomas, 1961, p. 4
- 2) Raab, W. Prevention of ischemic heart disease. Springfield, Ill., Thomas, 1966, p. 444
- 3) Kraus & Raab op. cit. p. 6
- 4) Rathbone, Josephine L. & Hunt, Valerie V. Corrective physical education. Philadelphia, Saunders, 1965. p. 3
- 5) Rice, E.A., e.a. A brief history of physical education; 4th ed. New York, Ronald Press, 1958. p. 35

middel sterk beklemtoon.⁶⁾ Ling ⁷⁾ het in die 19de eeu 'n vaste fondament aan die Liggaamlike Opvoedkunde as 'n terapie gegee in die fundering van sy mediese gimnastiek as een van die onderafdelings van die Liggaamlike Opvoedkunde.

Ten einde die uitwerking van sekere soorte oefening, byvoorbeeld: isometriese oefeninge, isotoniese oefeninge, kragsoefeninge, snelheidsoefeninge, rondte oefeninge, intervaloefeninge en uithou-vermoë-oefeninge, op sekere siektetoestande te kan bepaal, is uitgebreide en diepgaande navorsing noodsaaklik.

Soos dit met enige medisyne of farmaseutiese produk die geval is, kan oefening in gevalle van siekte nie onoordeelkundig aangewend word nie. 'n Bepaalde intensiteit (dosis) moet voorgeskryf word wanneer persone met 'n siektetoestand behandel wil word.

Tans is dit reeds moontlik om, volgens verskillende metodes, die oëfentoleransie van 'n persoon vas te stel. Ongelukkig is die oefeninge nie sodanig geklassifiseer en gestandaardiseer dat die dosis in ooreenstemming met die vermoë van die persoon voorgeskryf kan word nie. Hierdie leemte kan waarskynlik gewyt word aan verskillende probleme wat nog nie oorbrug is nie. Hiervan is individuele verskille seker die belangrikste. Ander faktore wat bydra tot die gebrek aan gestandaardiseerde oefeninge, is

6) Ibid. p. 35

7) Ibid. p. 115

faktore soos: variasies in dieet, verskillende patologiese toestande, variasie in omgewingstoestande en twyfel wat nog bestaan oor die uitwerking wat oefening op die mens het. Die probleme moet in die toekoms opgelos word. Wanneer al die probleme opgelos is, sal oefening - soos ander geneesmiddels - deur medici voorgeskryf kan word. Karpovich ⁸⁾ voorsien dit wanneer hy beweer: "Someday physical education will become a science, and on that day physical activities will be prescribed in measured amounts according to the needs of the individual. On that day, doctors and physical educators will use a book which will be called: 'Pharmacopeia of Physical Activities.' Such a book is already in the making ..."

Die navorsing wat onderneem is en hier aangebied word, is 'n beskeie poging om 'n bydrae tot die bogenoemde ideaal te lewer. Hierdie werk en navorsing moet egter steeds op die geloof gefundeer bly. Die wetenskaplike feite wat verkry word, is slegs 'n blootlegging van die geskape orde van God. Daarom moet ons ons ook deur die feite laat lei. Putter ⁹⁾ beweer tereg in dié opsig: "Die Godgeskape wetmatigheid in die liggaam is dat al die organe hard moet werk. Aan hierdie wetmatigheid is die mens gehoorsaamheid verskuldig: dit is gehoorsaamheid aan God."

- 8) Karpovich, P.V. Physiology of muscular activity; 5th ed. Philadelphia, Saunders, 1962, p. 93
- 9) Putter, W.J. Die Christen en fiksheid. Die Kerkblad, 12 Maart 1969. p. 9

HOOFSTUK 1

DIE PROBLEEM EN DOEL VAN DIE ONDERSOEK

Merkwaardige sukses met die wetenskaplike toepassing van oefening by sekere siektetoestande is reeds aan die Departement vir Liggaamlike Opvoedkunde van die P.U. vir C.H.O. behaal. ^{1,2)} Ook in ander wêrelddele is oefening met sukses, veral in gevalle van hartsiektes, toegepas. ^{3,4)}

In gevalle van siekte waar die mens se lewe op die spel is, kan oefening nie op 'n lukraak manier voorgeskryf en gedoen word nie. 'n Noukeurige bepaling van die veilige fisieke werksvermoë (oefentoleransie) van die pasiënt is noodsaaklik en daarvolgens moet oefeninge gegee word wat sodanige vermoë nie sal oorskry

- 1) Strydom, G.L. Die invloed van oefening op die kardio-vaskulêre fiksheid van koronêre-trombose pasiënte. Proefskrifte ter verkryging van die graad D.Phil., P.U. vir C.H.O., Potchefstroom - 1968.
- 2) Buys, F.J. Die invloed van progressief verswaarde oefening op pre-diabetiese en diabetiese pasiënte. Proefskrif ter verkryging van die graad D.Sc., P.U. vir C.H.O., Potchefstroom 1970.
- 3) Karvonen, M.J. & Barry, A.J. Physical activity and the heart. Springfield, Ill., Thomas, 1967.
- 4) Karpovich. *op. cit.* pp. 255 - 260

nie. Oefeninge moet dus gegradeer word sodat hul moeilikheidsgraad bekend is en sal kan aanpas by die oefentoleransie van die pasiënt. In 'n lesing gelewer by 'n kongres van die Suid-Afrikaanse Vereniging van Liggaamlike Opvoeding en Rekreasie wys Van der Merwe.⁵⁾ tewens ook daarop dat persone wat sporadies oefen, aan versigtig gegradeerde aktiwiteite moet deelneem.

Verskillende metodes bestaan waarvolgens die fisieke werkvermoë van 'n persoon vasgestel kan word.⁶⁾ Die gradering van verskillende oefeninge ten einde hul moeilikheidsgraad te bepaal, het egter min aandag geniet. Aktiwiteite waaraan reeds navorsing gewy is, is stap, hardloop, opstapoefeninge en oefening op die fietsergometer. Die behoefte bestaan egter aan gegradeerde vrystaande oefeninge (ook genoem Sweedse gimnastiek) wat maklik uitvoerbaar is, die nodige eise stel en wat binnenshuis beoefen kan word.

Weiss en Karpovich⁷⁾ het 42 verskillende vrystaande oefeninge gegradeer op grond van die energieverbruik wat elke oefening

- 5) Van der Merwe, G.W. Die voorkoming van hart- en bloedsiektes deur deelname aan liggaamlike aktiwiteite en sport. Referaat gelewer voor 'n kongres van SAVLOR gehou vanaf 29 September tot 2 Oktober 1969. Pretoria, p. 14
- 6) De Vries, H.A. Physiology of exercise. London, Staples Press, 1967, p. 205
- 7) Rathbone & Hunt. op. cit. pp. 151 - 154

vereis. Die oefeninge is elk teen 'n bepaalde konstante tempo uitgevoer en daarna is die oefeninge van maklik na moeilik gerangskik. Hierdeur word dus gedeeltelik voorsiening gemaak vir gegradeerde vrystaande oefeninge. Daar is egter bepaalde leemtes in hulle metode van aanbieding van die oefeninge verbonde. Hierdie leemtes sal in hoofstuk 4 bespreek word.

In die literatuur tot die beskikking, kon geen ander wetenskaplik gegradeerde, vrystaande oefeninge gevind word nie. Die probleem bestaan dus, en is aan die Departement vir Liggaamlike Opvoedkunde van die P.U. vir C.H.O. ondervind ⁸⁾, dat daar 'n tekort is aan wetenskaplik gegradeerde vrystaande oefeninge ten einde te voorsien in die verskillende behoeftes, soos aangetref by verskillende pasiënte. Pasiënte kan ook in die meerderheid van gevalle nie tuis met die oefenprogram voortgaan nie, aangesien die huidige oefenmetodes meestal duur apparaat vereis.

Die doel van hierdie ondersoek kan as volg saamgevat word:

Om die energieverbruik van enkele vrystaande oefeninge te bepaal

Om die verband tussen die energieverbruik en die tempo van werkverrigting by die verskillende oefeninge vas te stel en om indien moontlik, 'n regressievergelyking te bereken waarvolgens die energieverbruik van die verskillende oefeninge voorspel kan word.

- 8) Putter, W.J. Professor Departement Liggaamlike Opvoedkunde P.U. vir C.H.O., Potchefstroom. Persoonlike Onderhoud

HOOFSTUK 2

ENERGIEVERBRUIK

Energie word gedefinieer as die vermoë om arbeid te verrig en energie en arbeid kan dan ook in dieselfde eenhede uitgedruk word. ¹⁾

Die meer algemene energie-eenheid wat deur fisioloë gebruik word, is die kalorie. Die neiging is egter om die kalorie met die joule te vervang. Energieverbruik word gewoonlik per eenheid van tyd aangegee naamlik kalorieë per minuut of dan joule per minuut. Die meerderheid bestaande navorsing maak gebruik van die kolo-kalorie en sal as sodanig in hierdie voorstudie behou word.

Energieverbruik per tydseenheid by die mens (ook genoem metabolismiese snelheid) word beskou as die tempo waarteen die chemiese prosesse in die liggaam plaasvind. ²⁾ Volgens Brink ³⁾ sluit die chemiese prosesse die volgende in: "... die chemiese ombouing van een verbinding tot 'n ander, die chemiese verbreking van ingewikkelde verbindings tot eenvoudiger stowwe, die sintese van

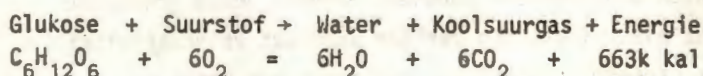
1) De Vries, Op cit. p. 145

2) Kleiber, M. Respiratory exchange and metabolic rate. (In handbook of physiology, Washington, D.C., American Physiological Society, 1965. 2:927)

3) Brink, H.E. Menslike fisiologie; 2e dr. Stellenbosch, Universiteitsuitgewers, 1960. p. 334

suurstofverbruik as 'n maatstaf vir energieverbruik kan geld. Deur die oksidasie van glukose ('n koolhidraat) oorsigtelik te beskou, soos aangegee deur Durnin en Passmore, ⁶⁾ kan die verband tussen suurstofverbruik en energieverbruik duidelik aangetoon word.

Die oksidasie van glukose het die vrystelling van energie ten gevolg asook die vorming van koolsuurgas en water. Die chemiese reaksie kan as volg voorgestel word:



Volgens Avogadro se wet ⁷⁾ beslaan een grammelekule van 'n gas 'n volume van 22,4 liter by standaard temperatuur en druk. In hierdie geval word ses grammelekule suurstof gebruik en die volume van die suurstof wat benodig word vir die volledige oksidasie van een grammelekule glukose, is dus $6 \times 22,4$ liter. Sodanige oksidasie lewer 663 kkal energie volgens Durnin en Passmore. (Navorsers verskil oor die aantal kkal energie wat vrykom. Jongbloed ⁸⁾ stel dit op 673 kkal en Keel en Neil ⁹⁾ stel dit op

- 6) Durnin, J.V.G.A. & Passmore, R. Energy: work and leisure. Londen, Heineman, 1967. pp. 15-16
- 7) Durnin & Passmore. Op cit. p. 65
- 8) Jongbloed, J. Overzicht van de fysiologie van de mens; 9e hers. dr. Utrecht, Oosthoek, 1965. p. 18
- 9) Keel, C.A. & Neil, E. Samson Wright's applied physiology; 10th ed. Londen, Oxford Univ. Press, 1962. p. 400

686 kkal,). Verdere berekening van Durnin en Passmore se gegewens toon aan dat die gebruik van een liter suurstof 'n energievrystelling van 4,93 kkal energie ten gevolg het wanneer een gram molekule glukose geoksideer word. Hieruit kan afgelei word dat 'n aktiwiteit, wat een liter suurstof per minuut vereis, se moeilikheidsgraad gelykstaande is aan 'n energieverbruik van 4,93 k kal per minuut.

Die kaloriewaarde van suurstof verander wanneer vette geoksideer word. Dit moet nie uit die oog verloor word dat spieraktiwiteit, normaalweg ook gepaard gaan met die oksidasie van vette en in 'n baie geringer mate dié van proteïene nie. Krogh en Lindhard ¹⁰⁾ het gevind dat vette as bron van energie, tien persent minder ekonomies is as koolhidrate. Dit hou in dat by die oksidasie van vet meer suurstof benodig word ten einde dieselfde hoeveelheid energie te verskaf as wat die geval sou wees wanneer koolhidrate geoksideer word. In die geval van 'n koolhidraat, soos hierbo aangetoon, word suurstof alleen benodig vir die oksidasie van die koolstofatome van die glukosemolekule. Die glukosemolekule het op sigself genoeg suurstofatome vir die oksidasie van sy eie waterstofatome. By die oksidering van 'n vet word suurstof benodig vir oksidasie van sowel die koolstofatome as van die waterstofatome van die vet. ¹¹⁾ Volgens Jongbloed ¹²⁾ lewer

10) Karpovich. Op cit. p. 57

11) Ibid. p. 55

12) Jongbloed. Op cit. p. 18

die oksidasie van vette deur een liter suurstof, 4,65 kkal energie. Deur die vorige redenasie, wat by die bespreking van die oksidasie van glukose gevolg is, terug te werk, word gevind dat die totale energieverkaffing tydens die oksidasie van een gram-molekule van 'n vet ongeveer 7552,0 kkal energie bedra. (In die geval van een gram-molekule glukose was die energiewaarde 663 kkal). Op die oog af kom dit voor asof een gram-molekule van 'n vet baie meer energie verskaf tydens oksidasie as wat 'n koolhidraat verskaf. In verhouding geneem, word minder suurstof benodig deur koolhidrate om dieselfde hoeveelheid energie as vette te verskaf. Teoreties beskou, word 68,34 gram-molekule suurstof benodig vir die verkryging van 7552,0 kkal energie wanneer een gram-molekule glukose verbrand word teenoor die 72,5 gram-molekule suurstof wanneer een gram-molekule vet geoksideer word.

Die respiratoriese kwosiënt (RK)^x van 'n tipiese vet teenoor dié van glukose, toon ook duidelik aan dat die oksidasie van 'n vet suurstof benodig vir die oksidering van die koolstofatome sowel as die waterstofatome van die vet. In die geval van glukose is die RK 1,0 terwyl dit in die geval van 'n tipiese vet 0,7 is.

Uit bogenoemde bespreking is dit duidelik dat die meting van suurstofverbruik as 'n maatstaf vir energieverbruik kan dien. Kennis van die hoeveelheid koolhidraat en vet wat geoksideer word, is nodig om 'n verband tussen suurstofverbruik en energieverbruik vas te stel. Sodanige kennis sal egter mank gaan aan

x Respiratoriese kwosiënt is die verhouding van die gram-molekule koolsuurgas gevorm tot die gram-molekule suurstof benodig.

korrektheid indien die oksidasie van proteïene buite rekening gelaat word. Navorsing ¹³⁾ het aangetoon dat die oksidasie van proteïene deur een liter suurstof 'n energievrystelling van 4,8 k kal ten gevolg het.

Daar dit moeilik is om presies te bepaal in watter verhouding koolhidrate, vette en proteïene verbrand word, aanvaar navorsers 'n waarde van 4,862 kkal energie vir elke liter suurstof wat gebruik word wanneer die proefpersoon 'n gemengde dieet volg.¹⁴⁾

Terwyl dit dan teoreties moontlik is om die energieverbruik van 'n aktiwiteit te bepaal deur te meet hoeveel suurstof gebruik word, is dit nodig om sekerheid te verkry oor die vraag of dit vir die mens moontlik is om die benodigde hoeveelheid suurstof tydens die duur van die aktiwiteit te absorbeer. Deur vervolgens te let op die verloop van die suurstofopname tydens en na aktiwiteit, kan vasgestel word of die teorie in die praktyk toepasbaar is.

2.2 Die suurstofverbruikskromme

Die tipiese verloop van die suurstofverbruikskromme tydens oefening, sluit 'n aanpassingsperiode in, 'n periode van konstan-

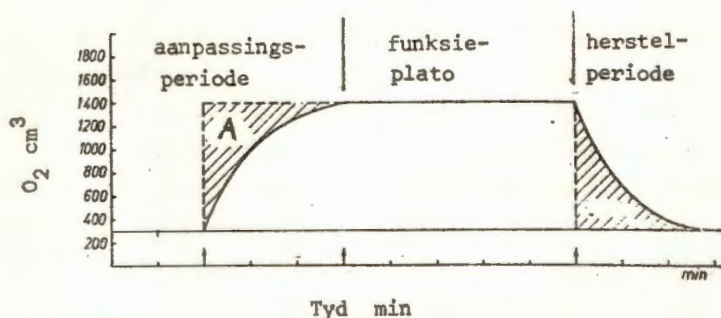
13) Kleiber. Op cit. p. 929

14) Karpovich. Op cit. p. 81

te suurstofopname (die funksieplato), en 'n herstelperiode. Die onderstaande figuur ¹⁵⁾ (Fig. 2.1) bied 'n voorstelling van die tipiese suurstofverbruikskromme vir 'n oefening wat 'n energie-verbruik van 1,40 liter suurstof per minuut vereis.

Figuur 2.1

Die verloop van die suurstofverbruikskromme van
'n oefening met 'n intensiteit van 60 watt



- 15) Hollmann, W. Der Arbeits und Trainingseinfluss auf Kreislauf und Atmung; eine klinische und physiologische Betrachtung. Darmstadt, Steinkopff, 1959. p. 34

2.2.1 Aanpassingsperiode

Die bostaande figuur toon aan dat die aanpassingsperiode drie minute duur. Tydens die periode is daar 'n geleidelike toename in suurstofopname. Aangesien die energieverbruik van die oefening 1,4 liter suurstof per minuut beloop, is daar 'n tekort aan suurstof tydens die eerste drie minute. Die tekort aan suurstof by die aanvang van die oefening, word in die meeste gevalle van oefening aangetref. De Vries ¹⁶⁾ skryf dit toe aan die traagheid van die kardiorespiratoriese prosesse om die verlangde werksvlak te bereik.

Die duur van die aanpassingsperiode hang nou saam met die intensiteit en duur van die oefening. ¹⁷⁾ Wanneer die intensiteit van die oefening laag is, is die aanpassingsperiode korter, terwyl die aanpassingsperiode nog onvoltooid kan wees by staking van oefening met 'n hoë intensiteit en wat kort van duur is.

Nadat die aanpassingsperiode voltooi is, toon die figuur 'n konstante suurstofopname, algemeen bekend as die „steady state.” In die werkstuk sal vervolgens na die „steady state” verwys word as die „funksieplato.”

16) De Vries. Op cit. p. 155

17) Karpovich. Op cit. p. 66

2.2.2 Funksieplato

Die funksieplato dui nie alleen 'n konstante suurstofopname aan nie, maar ander liggaamsfunksies soos respirasie, hartslagsnelheid en melksuurproduksie, bereik ook 'n plato.¹⁸⁾

Karpovich¹⁹⁾ wys daarop dat die funksieplato 'n skynbare plato kan wees. Dit sal gebeur wanneer die intensiteit van die oefening, met die gepaardgaande suurstofbehoefte, sodanig is dat die suurstofkapasiteit * (ook genoem aerobiese kapasiteit) van die persoon oorskry word. In figuur 2.1 sal die plato wat bereik word 'n skynbare funksieplato wees, indien die intensiteit van die oefening 'n suurstofopname van 1,8 liter per minuut vereis terwyl die persoon 'n suurstofkapasiteit van 1,4 liter per minuut het. In so 'n geval dui die funksieplato dan alleenlik die suurstofkapasiteit van die persoon aan en nie die intensiteit of suurstofbehoefte wat die oefening stel nie. Die ander liggaamsfunksies soos respirasie, hartslagsnelheid, maar veral die vorming van melksuur, bereik dan nie 'n plato soos wat deur die figuur aangedui word nie.

* Die suurstofkapasiteit van 'n individu is die maksimum hoeveelheid suurstof wat per tydseenheid deur die persoon opgeneem kan word.

18) Jokl, E. & Simon, E. International research in sport and physical education. Springfield, Ill., Thomas, 1964. p. 325

19) Karpovich. Op cit. p. 66

Tydens aktiwiteite waar die suurstofbehoefte die suurstofvoorsiening oorskry, moet 'n gedeelte van die energievrystelling nodig vir die arbeid, in die afwesigheid van suurstof vrygestel word.²⁰⁾ Die energievrystelling vind dan anaerobies plaas en 'n „suurstofskuld" ontstaan.²¹⁾ Die suurstofskuld word tydens die herstelperiode „terugbetaal."

Dit kan met veiligheid aangeneem word dat 'n suurstofbehoefte van 1,9 liter suurstof per minuut nie die suurstofkapasiteit van normale persone sal oorskry nie.²²⁾

2.2.3 Herstelperiode

Uit figuur 2.1 blyk dit dat die aanvanklike tekort aan suurstof (tydens die eerste drie minute van die oefening) aangevul word nadat die oefening gestaak is. Die suurstoftekort wat tydens die aanpassingsperiode ontstaan, word voorgestel deur die geruite gedeelte A. Die geleidelike afname in suurstofverbruik tydens die herstelperiode word voorgestel deur gedeelte B wat net so groot blyk te wees as gedeelte A. Die suurstoftekort (skuld) word gevolglik „terugbetaal" na afloop van die oefening.

20) De Vries. Op cit. p. 153

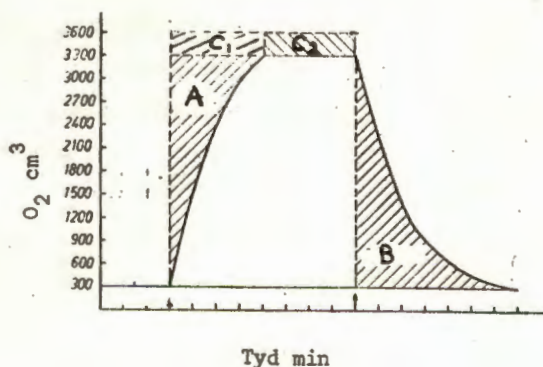
21) Ibid. p. 155

22) Åstrand, P.O. Work tests with the bicycle ergometer. Varberg, Swede, A.B. Cykelfabriken Monark, p. 29

Die voorbeeld wat in die bostaande figuur 2.1 voorgehou word, geld alleenlik wanneer die suurstofbehoefte binne die vermoë van die suurstofkapasiteit van die individu val. Sou die suurstofbehoefte wat die oefening stel, die suurstofkapasiteit oorskry, sal daar nie alleenlik 'n suurstoftekort tydens die aanpassingsperiode wees nie, maar ook tydens die skynbare funksieplato wat bereik word. Figuur 2.2, na aanleiding van 'n grafiek deur Hollman ²³⁾, dien as voorbeeld van die geval waar die suurstofbehoefte tydens die oefening groter is as die suurstofvoorsiening.

Figuur 2.2

Die verloop van die suurstofverbruiks-
kromme van 'n oefening met 'n intensi-
teit van 210 watt



23) Hollmann. Op cit. p. 35

In bostaande figuur 2.2 is die tydsduur van die oefening agt minute terwyl die suurstofbehoefte 3,6 liter suurstof per minuut beloop. Die suurstofvoorsiening kon nie tred hou met die suurstofbehoefte nie. 'n Maksimum suurstofvoorsiening van 3,30 liter per minuut is teen die vierde minuut bereik met 'n gevolglike tekort van nog 0,30 liter suurstof per minuut. Waar gedeelte A in figuur 2.1 die suurstoftekort tydens die hele oefenperiode voorgestel het, word dit in figuur 2.2 deur gedeelte A plus gedeeltes C1 en C2 voorgestel. Gedeelte B van figuur 2.2 stem ooreen met gedeelte A plus gedeelte C1 en gedeelte C2. Gedeelte B stel die terugbetaling van die suurstofskuld voor. Die suurstofskuld wat aangegaan is in die geval van figuur 2.2, is ook groter as in die geval van figuur 2.1. Die duur van die herstelperiode is dan ook langer soos figuur 2.2 aandui.

Die term suurstofskuld kon geïnterpreteer word asof suurstof in die liggaam gestoor word waarvandaan dit „geleen“ word ten einde 'n suurstofskuld aan te gaan. Dit is nie die geval nie, aangesien die mens onder die gunstigste omstandighede nie meer as 2,25 liter suurstof in die longe en die bloed gesamentlik het nie.²⁴⁾ Die energievrystelling, ten einde arbeid te verrig in die afwesigheid van suurstof, word moontlik gemaak deur anaerobiese prosesse.²⁵⁾ Suurstofskuld is dus in werklikheid 'n

24) Karpovich. Op cit. p. 65

25) De Vries. Op cit. p. 155

suurstoftekort wat tydens anaerobiese prosesse ontstaan het, asook 'n onvoldoende verwydering van produkte wat gevorm word as gevolg van die anaerobiese prosesse. ^{26,27)}

In die bespreking tot dusver is kortliks gewys op wat onder energieverbruik verstaan word. Daar is ook kortliks aangedui op water grond suurstofverbruik as maatstaf vir energieverbruik kan dien en verder is oorsigtelik aangetoon hoe suurstofverbruik tydens liggaamlike aktiwiteit plaasvind. In die bespreking is genoem dat die intensiteit en duur van oefening suurstofopname beïnvloed. Verskillende ander faktore, behalwe oefening, beïnvloed die snelheid van suurstofopname en dus die snelheid van energieverbruik. Ten einde korrekte resultate by die bepaling van energieverbruik tydens oefening te verkry, moet gelet word op die invloed wat die verskillende faktore op die snelheid van energieverbruik het.

26) Karpovich. Op cit. p. 68

27) Houssay, B.A. e.a. Human Physiology. McGraw-Hill, Londen, 1955. p. 394

HOOFSTUK 3

ENKELE FAKTORE WAT DIE SNELHEID VAN ENERGIEVERBRUIK BELYND

Metings in verband met die energieverbruik van die mens het aange-
toon dat verskillende faktore die snelheid van energieverbruik
belynd. Dit is bekend dat onder skynbaar identiese omstandig-
hede, 'n redelike groot variasie tussen individu kan voorkom. ¹⁾
Die variasie kan toegeskryf word aan individuele verskille asook
verskeie ander faktore. ²⁾ Waar vergelykbare resultate verlang
word, behoort die verskille en faktore sover moontlik uitgeskakel
te word. Hiervoor is 'n kennis van die belangrikheid van sodanige
verskille en faktore van groot belang.

3.1 Individuele verskille

3.1.1 Liggaamsgrootte

Onder die term liggaamsgrootte kan verstaan word liggaamsmassa,
aktiewe weefselmassa, liggaamslengte en veloppervlakte. Navorsers
verskil oor die verband wat liggaamsmassa en veloppervlakte met

1) Durnin, J.V.G.A. & Namyslowski, L. Individual variations
in the energy expenditure of standardized activities.
Journal of Physiology, 143: 573, 1958.

2) Guyton, A.C. Textbook of medical physiology; 3rd ed.
Philadelphia, Saunders, 1966. pp. 980 - 982.

energieverbruik het sover dit die basale metabolismiese snelheid ^x betref.

Die teorie dat die hitteproduksie van diere van verskillende groottes groter verband hou met hul veloppervlakte as hul massa, is reeds in 1839 deur Sarres en Rameaux ³⁾ gelug. Rubner (1883, 1902), Richet (1889) en ook Voit (1901) bevestig die teorie met kwantitatiewe voorbeelde. ⁴⁾

Kleiber ⁵⁾ vind dat die kataboliese snelheid van tien groepe diere (vanaf rotte tot beeste) proporsioneel nader vergelykbaar is aan liggaamsmassa tot die mag 0,75. Guyton ⁶⁾ erken die korrelasie wat Kleiber by diere gevind het. Hy kritiseer egter die gebruik van liggaamsmassa in plaas van veloppervlakte by die mens. Guyton ⁷⁾ stel dit duidelik dat alnoewel veloppervlakte die nouste verband toon met basale metabolismiese snelheid by die mens, dit bloot 'n empiriese verband is. Veloppervlakte slaag

^x Basale metabolismiese snelheid is die snelheid van energieverbruik van 'n rustende persoon onder sekere gestandaardiseerde toestande naamlik 12 tot 18 uur na 'n maal en by 'n toepaslike omgewingstemperatuur.

3) Keys, A. e.a. The biology of human starvation. Minneapolis, Univ. of Minnesota Press, 1950. Deel I, p. 304.

4) Ibid. p. 304

5) Kleiber. op. cit. p. 930

6) Guyton. op. cit. p. 983

7) Guyton. op. cit. p. 983

nie daarin om 'n verklaring te bied vir verskille tussen individue van dieselfde spesie nie. ⁸⁾ As gevolg van die onverklaarde verband tussen basale metabolisme snelheid en veloppervlakte, probeer Harris en Benedict ⁹⁾ die idee van veloppervlakte vermy en voorspel die basale metabolisme snelheid by die mens met die volgende meervoudige regressievergelykings:

Mans : $B = 66,4730 + 13,751 W + 5,0033s - 6,7550 a$

Dames: $B = 655,0955 + 9,463 W + 1,8496s - 4,6756 a$

waar B die energieverbruik in kilokalorieë per dag voorstel, W die liggaamsmassa in kilogram van die persoon, s die spesifieke lengte * in sentimeter en a die ouderdom in jare. Uit die vergelykings is dit duidelik dat liggaamsmassa die belangrikste rol speel. Van die ander komponente het lengte die kleinste invloed op die basale metabolisme snelheid. Basies bevat die vergelykings dieselfde komponente waarvolgens basale metabolisme snelheid in terme van veloppervlakte uitgedruk word. Dit is algemene gebruik dat die veloppervlakte voorspel word volgens die lengte en massa

* Spesifieke lengte is in hierdie geval die liggaamslengte, gedeel deur die liggaamsmassa tot die mag een derde.

8) Durnin, Passmore, op. cit. p. 36

9) Kleiber. op. cit. 931

van die individu met behulp van die formule van Du Bois ¹⁰⁾
naamlik:

$$m^2 = 0,007184 \times L^{0,725} \times W^{0,425}$$

waar m^2 die veloppervlakte in vierkante meter, L die lengte in sentimeter en W die massa in kilogram aandui. Verder word die leeftyd ook in aanmerking geneem by die bepaling van die basale metabolismiese snelheid. ¹¹⁾ Die vergelykings van Harris en Benedict is ¹²⁾ komplementêr en Kleiber ¹²⁾ beweer dat die fisiologiese betekenis van die kwosiënte opgeoffer word.

Resente navorsing ^{13,14)} het aangetoon dat basale metabolismiese snelheid vir mans en dames dieselfde is wanneer die energieverbruik uitgedruk word per eenheid van aktiewe weefselmassa

- 10) Consolazio, C.F. e.a. Physiological measurements of metabolic functions in man. New York, McGraw-Hill, 1963. p. 32
- 11) Guyton. op. cit. p. 982
- 12) Kleiber. op. cit. p. 931
- 13) Anon. The assessment of physical competence in relation to body mass, composition and age. The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness, 2:96, 1961.
- 14) Durnin, Passmore. op. cit. p. 37

("lean body mass.") Die algemeen aanvaarde idee van veloppervlakte as eenheid van uitdrukking by die bepaling van basale metabolismiese snelheid behoort hiervolgens hersien te word en nuwe standarde behoort saamgestel te word. Ongelukkig vereis die bepaling van die aktiewe weefselmassa isotooptechnieke ¹⁵⁾ wat nie geskik is vir die gebruik by toetsing van groot groepe proefpersone nie. Navorsing behoort gedoen te word wat 'n voorspelling van die aktiewe weefselmassa volgens maklike antropologiese metings moontlik sal maak.

Mahadeva e.a. ¹⁶⁾ het gevind dat, in enige aktiwiteit waar 'n groot gedeelte energieverbruik plaasvind ten einde die liggaamsmassa te beweeg, die metabolismiese snelheid direk eweredig is aan die liggaamsmassa. Die skrywers sê voorts dat 'n faktor soos veloppervlakte nie voldoende belangrikheid besit vir die verkryging van beter vergelykbare resultate tussen die individue nie. Die bevinding word gestaaf deur 'n ondersoek gedoen deur Durnin en Namyslowski ¹⁷⁾ wat bevind dat selfs geslagsverskille onbelangrik word wanneer die energieverbruik van 'n stapoefening per liggaamsmassa uitgedruk word.

15) Consolazio. op. cit. pp. 261, 283 - 288

16) Mahadeva, K.e.a. Individual variations in the metabolic cost of standardized exercises: the effect of food, age, sex and race. Journal of Physiology, 121: 230, 1953

17) Durnin, J. & Namyslowski. op. cit. p. 577

Anon ¹⁸⁾ bespreek 'n eksperiment waartydens persone op 'n fiets-ergometer getoets is. Die arbeidslas is progressief verswaar. Wanneer slegs suurstofverbruik as maatstaf vir die bepaling van energieverbruik geneem is, het die resultate van die proefpersone vir dieselfde arbeidslas grootliks verskil. Wanneer suurstofverbruik in verhouding tot die aktiewe weefselmassa uitgedruk is, was die toetsresultate van die proefpersone konstant vergelykbaar.

Dit wil voorkom asof liggaamsmassa die belangrikste faktor is om in aanmerking te neem ten einde vergelykbare resultate te verkry by die bepaling van energieverbruik tydens aktiwiteite waar die liggaamsmassa beweeg word. Deeglike navorsing word vereis om te bepaal of aktiewe weefselmassa 'n beter kriterium sal wees. Soos blyk uit die bespreking hierbo, sal dit moontlik die beste kriterium wees tydens aktiwiteite waar die liggaamsmassa min of net gedeeltelik beweeg word.

3.1.2 Leeftyd

Die leef tyd van 'n persoon het 'n belangrike invloed op die energieverbruik onder basale toestande. Soos reeds gesien, neem die regressievergelykings van Harris en Benedict leef tyd in aanmerking by die voorspelling van basale metabolisme snelheid. TABELLE wat deur Consolazio ¹⁹⁾ aangegee word, toon aan dat Fleisch,

18) Anon. The assessment of physical competence in relation to body mass, composition and age. op. cit. p. 96

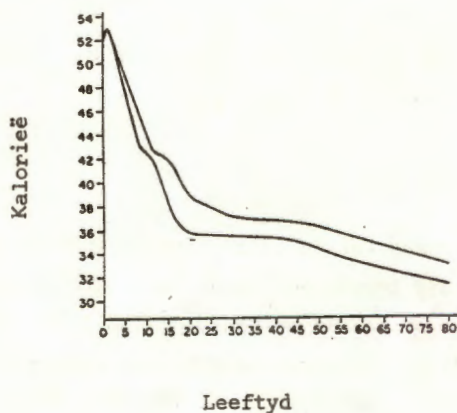
19) Consolazio. op. cit. p. 32

Robertson en Reid, Boothby e.a. asook Aub en Du Bois almal bevind
het dat die basale metabolismiese snelheid afneem namate leeftyd
toeneem

Guyton ²⁰⁾ stel die afname in basale metabolismiese snelheid soos
volg voor:

Figuur 3.1

Die basale metabolismiese snelheid van
verskillende ouderdomsgroepe



20) Guyton. op. cit. p. 981

Bogenoemde ondersoeke en bevindings het almal veloppervlakte as eenheid van uitdrukking vir basale metabolismiese snelheid gebruik. Die nuwere konsep van aktiewe weefselmassa regverdig 'n herondersoek aangaande die invloed wat leeftyd op die basale metabolismiese snelheid het.

Tydens oefening kom dit voor asof leeftyd geen of min verband toon met energieverbruik. Asmussen en Matthiasen ²¹⁾ doen 'n herondersoek op 36 persone na 'n tydsverloop van 25 jaar. Hulle vind dat die energieverbruik van 25 mans, tydens ligte arbeid, gemiddeld ses persent laer is as wat dit tevore was. Die 11 dames se energieverbruik was gemiddeld een persent laer as wat dit 25 jaar tevore was.

Blakeslee en Stamler ²²⁾ beweer dat die energieverbruik vir 'n gegewe taak volgens leeftyd verskil en stel dit dat 'n 65-jarige persoon 10 persent minder energie vir 'n taak verbruik as 'n 25-jarige persoon.

Inoue e.a. ²³⁾ kom tot die gevolgtrekking dat ouer persone, ten

21) De Vries. op. cit. p. 231

22) Strydom, G.L. op. cit. p. 46

23) Inoue, T. e.a. Energy requirement in the aged. Acta Schandinavica Medica. University Kioto. 38: 227 - 32, 1962. (In Biological Abstracts)

spyte van die feit dat hul energiebehoeftes in rus laer is as wat die geval by jonger persone is, geneig is om meer energie te verbruik, al word net ligte arbeid verrig.

Die gegewens weerspreek mekaar dus. Ander ondersoeke dui egter op 'n onbeduidende verband tussen energieverbruik en leeftyd tydens ligte oefening. Ford en Hellerstein ²⁴⁾ vind 'n onbeduidende verskil in die energieverbruik tydens 'n spesifieke oefening by persone wat verskil in leeftyd (20 - 69 jaar). Ondersoeke aan die Harvard Fatigue Laboratory ²⁵⁾ dui aan dat die suurstofopname gedurende 'n ligte aktiwiteit geen betekenisvolle veranderinge met leeftyd toon nie. Wat wel deur leeftyd beïnvloed word, is die maksimale suurstofopname tydens 'n oefening.

Robinson ²⁶⁾ publiseer in 1938 die volgende gegewens oor die suurstofopname tydens 'n maklike stapoefening op die trapmeul:

- 24) Ford, A.B. & Hellerstein, H.K. Energy cost of the Master Two-Step Test. Journal of the American Medical Association, 154: 1868 - 74, 1957.
- 25) Morehouse & Miller. op. cit. p. 297
- 26) Richard, D.W. Pulmonary changes due to aging. (In Handbook of physiology, Washington, D.C., American Physiological Society, 1965. 2: 1527)

Tabel III.I

Suurstofopname van verskillende leeftyds-
groepe tydens 'n stapoefening

Gemiddelde leeftyd (jr.)	Suurstofopname (cm ³ /kg/min)
24	27,1
44	27,1
64	28,3
75	23,9

Die statistiese verwerking van bogenoemde gegewens deur Robinson, het aangetoon dat die verskille in suurstofverbruik by die verskillende ouderdomsgroepe, onbeduidend is.

Mahadeva e.a.²⁷⁾ het in 1952 die invloed van leeftyd op die energieverbruik van opstapoefeninge en 'n stapoefening nagegaan. Hulle navorsing het 50 persone tussen die ouderdomme 13 tot 79 jaar ingesluit. Daar is gevind dat die resultate, wanneer uitgedruk in kilokalorieë per kilogram liggaamsmassa, nie beduidend meer betroubaar word wanneer leeftyd in aanmerking geneem word nie.

Die voorafgaande bespreking dui aan dat daar, indien enige, 'n klein en meestal nigeerbare verband bestaan tussen energiever-

27) Mahadeva. op. cit. p. 230

bruik en leeftyd tydens die uitvoering van ligte oefeninge. Die voorafgaande bevindinge het egter hoofsaaklik oor volwassenes gehandel. Wanneer die voorstelling van die afname in basale metabolismiese snelheid teenoor die toename van leeftyd, soos Guyton dit voorhou, in gedagte gehou word, ontstaan die vraag of die geringe verband tussen leeftyd en energieverbruik tydens oefening ook vir kinders geld. Gedurende die eerste 20 jaar in die mens se leeftyd is daar 'n vinnige afname in die basale metabolismiese snelheid. Daarna is die afname baie meer geleidelik. Verdere navorsing om vas te stel of die energieverbruik van tienerjariges en volwassenes tydens dieselfde aktiwiteit konstant is, is nodig.

3.1.3 Geslag

By die man is die basale metabolismiese snelheid, vanaf net voor puberteit en vir die res van die lewensduur, hoër as by die vrou.²⁸⁾ Brink²⁹⁾ dui aan dat die basale metabolismiese snelheid van die gemiddelde volwasse man ongeveer 40,0 kkal/uur is terwyl dit by die volwasse vrou ongeveer 37,0 kkal/uur is. In terme van liggaamsmassa is die basale metabolismiese snelheid vir albei geslagte gemiddeld 1,0 kkal/kg/uur. De Vries³⁰⁾ stel dit dat die basale metabolismiese snelheid, uitgedruk in verhouding tot spiermassa, geen geslagverskil toon nie. Dit is in ooreenstem-

28) De Vries. op. cit. p. 403

29) Brink. op. cit. p. 345

30) De Vries. op. cit. p. 403

ming met die bevinding van Edinburgse mediese studente ³¹⁾ wat die basale metabolisme snelheid van mans en dames dieselfde vind indien dit per eenheid van aktiewe weefselmassa aangegee word.

Wat die energieverbruik van mans en dames tydens oefening betref, het Mahadeva e.a. ³²⁾ 'n ondersoek in hierdie verband op 35 mans en 15 dames gedoen. Daar is gevind dat geen geslagsverskil tussen die gegewens tydens stapoefeninge en opstapoeffeninge bestaan nie solank die gegewens per eenheid liggaamsmassa uitgedruk word. 'n Latere ondersoek deur Durnin en Namyslowski ³³⁾ staaf bogenoemde bevinding vir 'n stapoefening - op gelyke vlak en teen 'n helling. In die laasgenoemde ondersoek deur Durnin en Namyslowski is ook lê en sit as aktiwiteite geneem. Daar word egter geen kommentaar gelewer oor geslagverskille by lê en sit nie.

Alle gegewens dui daarop dat aanvanklike geslagsverskille in die energieverbruik, tydens aktiwiteite waar die liggaamsmassa beweeg word, verdwyn wanneer die liggaamsmassa in berekening gebring word by die uiteindelijke resultaat. Onsekerheid bestaan nog oor geslagsverskille by die energieverbruik van aktiwiteite waar die liggaamsmassa min of net gedeeltelik beweeg word. Meer eens kan die bepaling van aktiewe weefselmassa en die gebruik daarvan as eenheid van uitdrukking moontlik in sulke gevalle 'n oplossing bied.

31) Durnin & Passmore. op. cit. p. 37

32) Mahadeva. op. cit. p. 231

33) Durnin & Namyslowski. op. cit. p. 577

3.1.4 Ras

Brink ³⁴⁾ beweer dat sommige Oosterse rasse 'n effens laer basale metabolismiese snelheid as Westerse rasse het wat onder dieselfde klimaatstoestande lewe. Durnin en Passmore ³⁵⁾ verskil hiervan en wys daarop dat 'n groep Asiatiese dokters dieselfde basale metabolismiese snelheid gehad het as Europeane nadat die groep dokters 'n ruk in Edinburgh studeer het.

Verskeie ondersoeke ^{36,37)} het bevestig dat inwoners van tropiese dele laer basale metabolismiese snelheidswaardes het as inwoners van ander klimaatstreke. In ooreenstemming hiermee is gevind dat Eskimo's deurgaans 'n hoër metabolismiese snelheid onder basale toestande het as persone in meer gematigde klimaatstreke. ³⁸⁾ Die verskil in basale metabolismiese snelheid word toegeskryf aan klimaatsverskille en nie as gevolg van 'n rasseverskil nie. ³⁸⁾ Die ondersoek van Durnin en Passmore ³⁵⁾ het tevens ook aangetoon dat verskil in ras verdwyn wat basale metabolismiese snelheid betref, wanneer die rasse onder dieselfde klimaatstoestande verkeer.

34) Brink. op. cit. p. 346

35) Durnin & Passmore. op. cit. p. 107

36) Ibid. p. 107

37) Ibid. p. 107

38) Ibid. p. 107

'n Onderzoek wat gedoen is deur Mahadeva e.a. ³⁹⁾ om die invloed van rasseverskille op die energieverbruik tydens oefening na te gaan, het aangetoon dat die resultate geen rasseverskil toon nie. Die ondersoek is met proefpersone wat reeds geruime tyd onder dieselfde klimaatstoestande verkeer het, gedoen.

Uit die bogenoemde bespreking kan tot die gevolgtrekking gekom word dat rasseverskille onbelangrik is by die bepaling van energieverbruik onder basale toestande en tydens aktiwiteit wanneer die klimaatstoestande ooreenstem.

3.1.5 Effektiwiteit van werkverrigting

Effektiwiteit van werkverrigting kan uitgedruk word as die persentasieverhouding van die energieverbruik as gevolg van die arbeid wat verrig word tot die meganiese arbeid wat werklik verrig word. ⁴⁰⁾ Wanneer 'n aktiwiteit of oefening, deur verskillende persone op verskillende maniere uitgevoer word, kan verwag word dat verskille in die energieverbruik van persoon tot persoon sal voorkom, aangesien die effektiwiteit waarteen die arbeid verrig word van individu tot individu sal verskil. Vir die gradering van aktiwiteite in verskillende moeilikheidsgrade, is dit nodig dat aktiwiteite gekies sal word waar die uitvoering, deur alle normale persone, min of meer dieselfde sal wees ten einde vergelykbare resultate tussen die verskillende individue te ver-

39) Mahadeva. op. cit. p. 230

40) Falls, H.B. Exercise physiology. New York, Academic Press, 1968. p. 297

kry. Sulke aktiwiteite sal die uitvoering van normale, alledaagse (dus bekende) en maklik uitvoerbare bewegings moet behels.

Banister en Brown ⁴¹⁾ wys daarop dat effektiwiteit van werkverrigting van verskillende faktore afhanklik is: Die aard van die arbeid wat verrig word; die ekonomie van beweging tydens die uitvoering; die spoed van spiersametrekking in verhouding tot die las; dieet; die fisieke toestand van die individu.

3.1.5.1 Aard van die arbeid

Waardes van die effektiwiteit van werkverrigting wissel van oefening tot oefening. Vir 'n stapoefening teen 'n helling is die effektiwiteit van werkverrigting 40,3 persent terwyl dit by swem op 2,0 persent gestel word. ⁴²⁾

Oefeninge wat algemeen aanvaar word om 'n wisseling in die effektiwiteit van werkverrigting by verskillende individue te hê, is stap- en opstapoefeninge, ⁴³⁾ stap teen 'n helling en in 'n groot mate oefening op die fietsergometer. ⁴⁴⁾ Daar moet op gewys word dat die genoemde oefeninge nie die normale tempo van werkverrigting moet oorskry nie. Sodra die tempo van werkver-

41) Falls. op. cit. p. 298

42) Ibid. p. 298

43) Mahadeva. op. cit. p. 225

44) Astrand, Irma. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. ACTA Scandinavica Physiologica, Vol. 49, (supple. 169), 1960. p. 29

rigting buitengewoon raak, voer die verskillende persone die oefening ook op verskillende maniere uit. 'n Aanduiding van wat met normale perke bedoel word, sal blyk uit die onderstaande bespreking.

3.1.5.2 Ekonomie van beweging

Wanneer 'n oefening onbekende of vreemde bewegings vereis, sal die energieverbruik tydens die oefening aanvanklik hoër wees en later afneem namate die vaardigheid van die persoon toeneem.⁴⁵⁾ Dit is om hierdie rede dat oefeninge maklik uitvoerbaar moet wees en bekende bewegings soos: stap, hardloop, klim en 'n algemeen bekende aktiwiteit soos fietsry moet behels ten einde dieselfde effektiwiteit van werkverrigting tussen individue te verseker.

3.1.5.3 Spoed van spiersametrekking in verhouding tot die las

Wanneer 'n spier vinnig verkort (saamtrek), is die beskikbare krag klein en die hitte nodig vir die onderhouding van die kontraksie ook klein.⁴⁶⁾ Tydens 'n stadige kontraksie is die beskikbare krag groter en die hitte nodig vir die onderhouding van die kontraksie ook groot.⁴⁷⁾ Die verband tussen kontraksiesnelheid en arbeid verrig, is egter nie 'n lineêre verband nie. Karpovich⁴⁸⁾ stel die verhouding tussen kontraksiesnelheid en arbeid verrig soos volg voor:

45) Falls. op. cit. p. 298

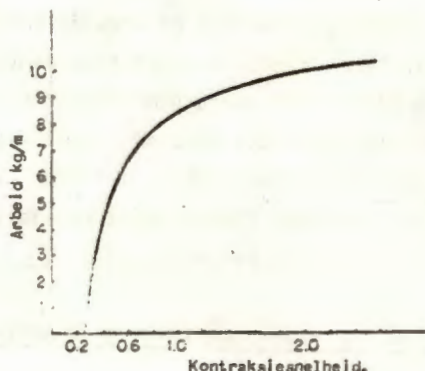
46) Falls. op. cit. p. 298

47) Ibid. p. 298

48) Karpovich. op. cit. p. 22

Figuur III.II

Die verhouding tussen die arbeid en die kontrak-
siesnelheid van 'n spier



Volgens bogenoemde grafiek is dit duidelik dat daar 'n vinnige toename is in die arbeid verrig met 'n geringe toename in kontraksiesnelheid (0,2 tot 0,6 sek) Daarna is die toename in arbeid relatief klein met 'n relatief langer kontraksiesnelheid. Dit volg dus dat 'n stadiger sametrekking met die gepaardgaande groter onderhoudingshitte, 'n kleiner vermeerdering in arbeidsverrigting tot gevolg het - 'n gevolglike kleiner effektiwiteit in werkverrigting. 'n Baie vinnige kontraksie gaan gepaard met 'n klein arbeidsverrigting en 'n klein hoeveelheid onderhoudingshitte - dus ook 'n nadelige effektiwiteit van werkverrigting. 'n Gemiddelde kontraksiesnelheid sal 'n maksimum effektiwiteit van werkverrig-

ting lewer, dit is, wanneer die arbeid verrig ongeveer die helfte van die maksimum waarde is en die kontraksiesnelheid ongeveer een kwart van die maksimum waarde is. ⁴⁹⁾

In die praktyk kom dit daarop neer dat die proefpersone nie net dieselfde tempo van werkverrigting moet volg nie, maar ook moet poog om die verskillende spierbewegings teen dieselfde ritme uit te voer. As illustrasie van bogenoemde kan die opstaptoets as voorbeeld geneem word. Die toets bestaan byvoorbeeld daaruit dat die proefpersone teen 'n tempo van 10 opstappe per minuut op 'n kassie met sekere hoogte moet klim. Een persoon sal die opstap telkens met 'n vinnige beweging uitvoer terwyl 'n ander dit weer op 'n stadige en lui manier doen. Volgens bogenoemde beginsel sal die twee persone nie dieselfde effektiwiteit van werkverrigting hê nie met 'n gevolglike verskil in die energieverbruik.

3.1.5.4 Dieet

Soos reeds in hoofstuk 2 bespreek, is dit bekend dat koolhidrate, vette en proteïene verskillende energiewaardes het. Persone wat 'n hoë koolhidraat dieet volg, sal minder suurstof per eenheid arbeid gebruik as persone wat 'n hoë vetbevattende dieet volg. ⁵⁰⁾ Die effektiwiteit van werkverrigting sal dan verskille toon.

Die probleem van dieet en energieverbruik word meer volledig in 'n ander afdeling hieronder bespreek.

49) Falls. op. cit. p. 299

50) Falls. op. cit. p. 299

3.1.5.5 Fisieke toestand van die individu

Hieronder word verstaan die fiksheid sowel as die patologiese gesteldheid van die individu. Sekere patologiese toestande soos byvoorbeeld polio, sal 'n invloed hê op die metode van uitvoering van 'n oefening. Dit sal meebring dat die effektiwiteit van werkverrigting beïnvloed word.

By normale persone begin die fisieke toestand 'n belangrike rol speel by 'n suurstofinname hoër as twee liter per minuut.⁵¹⁾ In sulke gevalle word meestal melksuur afgeskei as neweproduk van anaerobiese prosesse.⁵²⁾ Die teenwoordigheid van die melksuur inhibeer die chemiese prosesse in die spier⁵³⁾ met 'n gevolglike afname in die effektiwiteit van werkverrigting.

Vir die bepaling van effektiwiteit van werkverrigting is hoofsaaklik drie vergelykings in gebruik^{54,55)} naamlik:

a. % Bruto effektiwiteit = $\frac{A}{H} \times 100$

b. % Netto effektiwiteit = $\frac{A}{H - H_2} \times 100$

c. % Absolute effektiwiteit = $\frac{A}{H - H_w} \times 100$

51) Ibid. p. 299

52) Karpovich. op. cit. p. 21

53) Ibid. p. 22

54) Falls. op. cit. p. 298

55) Karpovich. op. cit. p. 86

waar A die eksterne arbeid wat verrig is voorstel, H die totale energieverbruik tydens die arbeid (rustende energieverbruik ingesluit), H_2 die rustende of basale energieverbruik en H_w die energieverbruik van dieselfde oefening maar sonder 'n las. In die laaste geval sal H_w 'n voorbeeld wees van die energieverbruik van stap op 'n gelyke oppervlak wanneer die werklike oefening stap teen 'n helling is.

Vergelyking b is die vergelyking wat mees algemeen gebruik word.^{56,57)} Die eenhede waarin A, H en H_w gewoonlik uitgedruk word, is die kkal. In die praktyk word A gewoonlik in kgm/min. bepaal en H en H_w in liter suurstof per minuut. Hierdie eenhede word dan verwerk na kkal per minuut.

Dit is nie moontlik om die eksterne arbeid by alle oefeninge te bepaal nie. Tot tyd en wyl geskikte metodes gevind is om eksterne arbeid te bepaal, het effektiwiteit van werkverrigting 'n beperkte toepassing in die berekening van energieverbruik tydens oefening.

3.2 Dieet

Na die eet van 100 gram proteïene in die vorm van vleis, kan die metabolisme snelheid met ongeveer 25 persent styg.⁵⁸⁾ Die sty-

56) Ibid. p. 86

57) Falls. op. cit. pp. 297, 298

58) Brink. op. cit. p. 347

ging in metabolismiese snelheid as gevolg van die inname van vette en koolhidrate is gering en bedra nie meer as 5 persent nie. ⁵⁹⁾

Die duur van die effek wat koolhidrate op die metabolismiese snelheid het, word gestel op twee tot vyf uur na inname en die van proteïene op tien tot twaalf uur na die maal. ⁶⁰⁾

Die effek wat voedselsoorte op die metabolismiese snelheid het, word die „spesifieke dinamiese werking“ van voedsel genoem. ⁶¹⁾ Guyton ⁶²⁾ skryf die spesifieke dinamiese werking van voedsel toe aan die verskillende chemiese reaksies wat plaasvind ten einde die voedsel te verteer, te absorbeer en te stoor.

Bogenoemde gegewens toon aan dat die normale persoon wat gemiddeld agt uur per nag slaap, selde vry is van die spesifieke dinamiese werking van voedsel. Dit is die rede waarom 'n vasperiode van 12 tot 18 uur verlang word voordat die basale metabolismiese snelheid bepaal word.

Hierteenoor het Durnin en Passmore ⁶³⁾ gevind dat metings van die metabolismiese snelheid wat gedoen is drie tot vier ure na 'n ligte maaltyd nie betekenisvol verskil van basale waardes nie.

59) Ibid. p. 347

60) Guyton. op. cit. p. 980

61) Ibid. p. 980

62) Ibid. p. 980

63) . . Durnin & Passmore. op. cit. p. 35

In die lig van die bevinding deur Durnin en Passmore hierbo, kan verwag word dat die spesifieke dinamiese werking van voedsel 'n klein of onbeduidende rol sal speel in die snelheid van energie-verbruik tydens liggaamlike aktiwiteit.

Durnin en Namyslowski ⁶⁴⁾ ondersoek die saak deur persone op verskillende tye van die dag te toets. Hulle vind dat die spesifieke dinamiese werking van die middagmaal oorheers word deur die veranderinge wat normaalweg gedurende die dag voorkom. In die ondersoek word die middagmaal beskryf as 'n „two - or sometimes three - course lunch.“ ⁶⁵⁾ en die aktiwiteite wat getoets is, was lê, sit, stap op 'n gelyke oppervlak en stap teen 'n helling.

Mahadeva en sy medewerkers ⁶⁶⁾ het 'n soortgelyke ondersoek as Durnin en Namyslowski gedoen en ooreenstemmende resultate verkry. Die aktiwiteite deur Mahadeva e.a. getoets, was stap- en opstap-oefeninge. Die bepaling is onderskeidelik na 'n koolhidraatryke, vetryke, proteïenryke en gemengde maaltyd gedoen.

Volgens bogenoemde bevindinge kan tot die gevolgtrekking gekom word dat dieet 'n onbelangrike faktor is by die bepaling van energieverbruik tydens oefeninge van 'n kort duur (nie langer

64) Durnin & Namyslowski. op. cit. p. 576

65) Mahadeva. op. cit. p. 230

66) Mahadeva. op. cit. p. 230

as tien minute nie) ^{67,68,69)} selfs by „oefeninge" soos lê en sit. Soos uit die bespreking in hoofstuk 2 blyk, kan 'n definitiewe effek van 'n langdurige vetryke of koolhidraatryke dieet ver wag word op die energieverbruik tydens aktiwiteit.

3.3 Spanning en emosionele opwinding

Volgens Brink ⁷⁰⁾ kan emosionele opwinding die basale metabolismiese snelheid met vyf tot tien persent verhoog. Daarom dat alle faktore wat opwinding of spanning kan veroorsaak tydens basale metings, vermy moet word. ⁷¹⁾ In 'n ondersoek deur Baldwin en Shaw ⁷²⁾ is gevind dat voetbalspelers wat normaalweg 'n suurstofopname van 265 tot 283 milliliter per minuut tydens bepalinge van hul basale metabolismiese snelheid gehad het, op dae wanneer 'n wedstryd moes plaasvind suurstofopnames van 280 tot 1,150 milliliter per minuut gehad het. Die toename in suurstofverbruik word deur Baldwin en Shaw ⁷³⁾ aan emosionele opwinding toegeskryf.

67) Ibid. p. 226

68) Durnin & Namyslowski. op. cit. p. 574

69) Durnin & Passmore. op. cit. p. 35

70) Brink. op. cit. p. 347

71) Guyton. op. cit. p. 981

72) Cureton, T.K. Jnr. Physical fitness of champion athletes. Urbana, Ill., Univ. Press, 1951. p. 298

73) Ibid. p. 298

Bogenoemde ondersoek wat almal daarop toegespits om die effek van emosionele opwinding en spanning na te gaan waar dit bewustelik teenwoordig was. Bepalings van die basale metabolismiese snelheid behoort dan ook nie gedoen te word wanneer faktore wat spanning opwek, teenwoordig is nie. Een faktor wat egter nie „verwyder“ kan word nie, is die „vreemdheid“ van die apparaat (waarmee die bepaling gedoen word) vir die proefpersoon. Om hierdie rede stel Du Bois ⁷⁴⁾ ten minste drie bepalinge voor en wanneer die laagste twee binne vyf persent ooreenstem, moet hul gemiddeld gebruik word.

Uit die bogenoemde bespreking is dit duidelik dat emosionele opwinding en spanning wel 'n meetbare effek op die basale metabolismiese snelheid van die individu het. Of hierdie effek beduidend is by die toetsing van groot groepe proefpersone tydens rustende metabolismiese snelheid en die meting van energieverbruik tydens aktiwiteit, is te betwyfel. Durnin en Passmore ⁷⁵⁾ het die energieverbruik van proefpersone wat sit, bepaal. Verskillende tipes stoele is gebruik en die toetse is op verskillende tye van die dag uitgevoer. Die genoemde navorsers ⁷⁶⁾ het gevind dat „quite extensive use of the arms can be made without adding more than 0.5 cal/min to the metabolic rate.“

74) Keys. op. cit. p. 306

75) Durnin & Passmore. op. cit. p. 40

76) Ibid. p. 40

In ooreenstemming hiermee het Durnin en Namyslowski ⁷⁷⁾ gevind dat die emosionele toestand van die persoon nie 'n meetbare effek op die energieverbruik van aktiwiteite soos lê, sit, stap (p 'n horisontale vlak en stap teen 'n helling het nie - dus ook nie tydens oefening nie.

Die bogenoemde bespreking dui daarop dat emosionele opwinding en spanning 'n meetbare effek het by die bepaling van basale energieverbruik. Wanneer rustende energieverbruik bepaal word, is die effek van spanning en opwinding onbeduidend. Die effek is ook onbeduidend wanneer energieverbruik tydens oefening bepaal word.

3.4 Enkele patologiese toestande

3.4.1 Koorsigheid

Koorsigheid, ongeag die oorsaak, verhoog die basale metabolismiese snelheid. ⁷⁸⁾ Du Bois ⁷⁹⁾ bereken die toename van metabolismiese snelheid as gevolg van 'n temperatuurstyging van 1°C in die liggaam op 7,2 persent en vir 'n styging van 1°C in liggaamstemperatuur op 13,0 persent.

77) Durnin.& Namyslowski. op. cit. p. 573

78) Guyton. op. cit. p. 981

79) Cureton. op. cit. p. 297

'n Duisend gevalle is deur Barnes ⁸⁰⁾ getoets en hy het gevind dat, behalwe in gevalle waar daar 'n infeksie in die liggaam is, 'n subnormale liggaamstemperatuur gepaard gaan met 'n verlaging in die basale metabolisme snelheid. Dit word gestaaf deur die ondersoek van Van Huss ⁸¹⁾ wat 'n positiewe korrelasie van 0,42 tussen orale temperatuur en basale metabolisme snelheid gevind het.

Gedurende oefening styg die liggaamstemperatuur en gedurende baie inspannende aktiwiteite is 'n rektale temperatuur van tot 105°F gevind terwyl rektale temperature van 102°F algemeen voorkom. ⁸²⁾ Temperatuurstygings gedurende oefening is nie 'n siekteverskynsel nie maar 'n gevolg van die hittevrystelling van die verhoogde metabolisme.

Geen literatuur kon gevind word aangaande die effek wat koorsigheid op die energieverbruik tydens aktiwiteite het nie. Totdat dit anders bewys is, word dit aanvaar dat koorsigheid wel 'n meetbare effek op die energieverbruik tydens liggaamlike aktiwiteit sal hê.

80) Ibid. p. 297

81) Cureton. op. cit. p. 297

82) Morehouse & Miller, op. cit. p. 172

3.4.2 Afwykings van meer algemene hormoonfunksie en funksies van die endokriene kliere

Volgens Brink ⁸³⁾ verlaag die basale metabolismiese snelheid onder die volgende toestande:

Vetsug as gevolg van afwykende hipofise- of hipotalamusfunksie.
Hipotiroïdisme. Hipofunksie van die binnierkorteke (Addison se siekte).

Dieselfde skrywer ⁸⁴⁾ noem die volgende toestande wat basale metabolismiese snelheid kan verhoog.

Hipertiroïdisme.

Diabetes insipidus (hipofunksie van die hipofiseagterlob)

Leukemie

Polisitemie

Sekere hart- en nierkwale.

Guyton ⁸⁵⁾ wys op die volgende:

Die manlike geslagshormoon kan basale energieverbruik 10 tot 15 persent verhoog. Die vroulike geslagshormoon kan basale energieverbruik 'n paar persent verhoog maar gewoonlik nie beduidend nie. Groeihormoon kan die basale energieverbruik 15 tot 20 persent verhoog as gevolg van direkte stimulerings van selmetabolisme.

83) Brink. op. cit. p. 347

84) Ibid. p. 347

85) Guyton. op. cit. p. 981

Die invloed van die genoemde faktore op die snelheid van energieverbruik tydens oefening kan hê, is nog nie duidelik nie. Navorsing in dié verband moet nog gedoen word,

3.4.3 Hartsiektes

Soos reeds onder punt 3.4.2 genoem, kan sekere hartkwale die basale energieverbruik verhoog. Die energieverbruik van hartlyers tydens oefening, is deeglik deur Ford en Hellerstein ⁸⁶⁾ ondersoek. Hulle het 27 persone met myokardiale infarksie getoets, 14 persone met myokardiale infarksie plus angina en twee persone met angina sonder infarksie. Die hartlyers in die proefgroep se ouderdomme het gewissel van 20 tot 69 jaar terwyl die gesonde persone in die kontrolegroep, 20 tot 60 jaar oud was.

Die toets het bestaan uit die "Master Two-Step Test." Daar is gevind dat die energieverbruik nie beduidend verskil het tussen die proefgroep en die kontrolegroep nie. Wat wel beduidend verskil het tussen die twee groepe, was die onvermoë van die hartlyers om dieselfde mate van suurstofverskaffing tydens die oefening te handhaaf. Die hartlyers het die tekort aan suurstof wat tydens die oefening ontstaan het, egter na afloop van die oefening aangevul.

Bogenoemde navorsing dui aan dat die energieverbruik van persone wat aan meer algemene hartsiektes ly, nie beduidend verskil van gesonde persone wanneer oefening gedoen word nie. Die hartlyers

86) Ford & Hellerstein. op. cit. pp. 1868 - 74

kan wel makliker ooreis word, aangesien hulle nie dieselfde mate van suurstofvoorsiening tydens die oefenperiode het, as wat die geval by gesonde persone is nie.

3.5 Omgewingsfaktore

Omgewingsfaktore wat 'n moontlike rol kan speel by die snelheid van energieverbruik, is temperatuur, humiditeit, wind en hoogte bo seespieël. Die faktore dra almal by tot die navorsing van die algemene klimaat waarin die persoon van dag tot dag beweeg.

Die tegnologiese prestasies van die mens bring mee dat die meeste van bogenoemde faktore vandag uitgeskakel kan word. As voorbeeld kan die Kanadese genoem word waarvan die meeste, met hul sentraal-verwarmde huise en kantore, net vir kort periodes aan hul uiterste winters blootgestel word.⁸⁷⁾

Die klimaat, soos deur die weerburo vasgestel, het dus in werklikheid nie altyd betrekking op die klimaat waarin die mens leef nie. Aan die ander kant het min inwoners van die tropiese dele van Afrika 'n soortgelyke beskerming teen die warm en vogtige klimaat wat daar ondervind word.

Die huidige moderne laboratorium bied die nodige fasiliteite om temperatuur, humiditeit, lugbeweging en in enkele gevalle selfs lugdruk te reguleer. Dit is dus moontlik om die invloed van die verskillende omgewingsfaktore op die energieverbruik van die mens afsonderlik te ondersoek.

87) Durnin & Passmore. op. cit. p. 106

3.5.1 Temperatuur

Navorsers ^{88,89,90,91,92)} is dit eens dat 'n nie-beduidende verandering van die basale metabolisme snelheid tussen die grense 19,5°C en 29,5°C voorkom, terwyl die basale energieverbruik kan verhoog wanneer die temperatuur onderkant 19,5°C daal en moontlik kan verhoog, maar meer waarskynlik verlaag, wanneer die temperatuur bokant 29,5°C styg - afhangende van die duur van blootstelling aan die verhoogde temperatuur.

Die temperatuurgrens waartydens basale energieverbruik nie beïndruk sal verander nie, kan wyer wees as hierbo genoem en sal van plek tot plek en van tyd tot tyd verskil. Aklimatisasie van inwoners met die wisselende seisoene sal ook 'n invloed op die temperatuurgrense hê. Wyndham en Strydom ⁹³⁾ gee die volgende tabel aan wat die boonste grens vir 'n gemaklike temperatuur op verskillende plekke aandui.

- 88) Cureton. op. cit. p. 297
- 89) De Vries. op. cit. p. 271
- 90) Guyton. op. cit. p. 982
- 91) Karpovich. op. cit. p. 248
- 92) Brink. op. cit. p. 346
- 93) Wyndham, C.H. & Strydom, N.B. The effect of environmental heat on the comfort, productivity and health of workmen. The South African Mechanical Engineer, 14 : 209 - 21, 1965.

Tabel III.II

Die boonste grense vir 'n gemaklike omgewings-
temperatuur by verskillende plekke

<u>Plek</u>	Temp. (⁰ F)
Groot Brittanje	68
V.S.A.	76
Iran	77
Calcutta	77
Singapoer	78
Malya	81
Australië (Weipa)	81,5

Karpovich ⁹⁴⁾ stel die mees geskikte toestande waaronder arbeid verrig kan word op 68⁰F (20,0⁰C) en 'n humiditeit van 50 persent.

Ten einde vas te stel of energieverbruik tydens arbeid verhoog as gevolg van 'n temperatuurstyging, het Nelson en sy medewerkers ⁹⁵⁾ 'n kalorimetriesse studie gemaak van drie geaklimatiseerde mans in 'n reeks van sewe verskillende hittetoestande wat gewissel het van 32⁰C tot 49⁰C. Dit is gevind dat die metaboliese hitteproduksie vir 'n gegewe hoeveelheid arbeid, onveranderd gebly het, ongeag die veranderde temperatuurtoestande.

94) Karpovich, op. cit. p. 256

95) Passmore, R. & Durnin J.V.G.A. Human energy expenditure. Physiological Reviews, 35 : 826, 1955.

Morehouse en Miller ⁹⁶⁾ vermeld 'n studie wat bevind het dat die suurstofbehoefte vir oefening op 'n fietsergometer, baie min verskil getoon het wanneer die proefpersone in 'n koue vertrek (12°C) en in 'n warm vertrek (34°C) getoets is. 'n Soortgelyke ondersoek deur Gray, Consolazio en Kark ⁹⁷⁾ het aangetoon dat die metabolisme snelheid 'n skommeling van slegs vier persent getoon het tydens 'n temperatuurwisseling van -15°C tot $+32^{\circ}\text{C}$.

'n Onderzoek deur Richardson en Campbell ⁹⁸⁾ in Indië staaf die feit dat redelike groot temperatuurskommelings nie 'n beduidende invloed op die energieverbruik tydens arbeid het nie. Ses Britse soldate is teen 'n konstante marsjeerpas by 27°C en 10°C getoets. Geen beduidende verskil in die energieverbruik is gevind nie,

Norvath en Golden ⁹⁹⁾ het vyf mans tydens arbeid, by temperature wat gewissel het van tussen -16°C en -47°C getoets en 'n toename van 7 persent in die metabolisme snelheid gevind wanneer die temperatuur -47°C bereik het. Hiervolgens kom Passmore en Durnin ¹⁰⁰⁾ tot die gevolgtrekking dat baie koue toestande die energieverbruik van arbeid kan laat toeneem maar dat onder normale omstandighede, die effek van temperatuur onbeduidend is.

96) Morehouse, & Miller. op. cit. p. 184

97) Passmore & Durnin. op. cit. p. 826

98) Ibid. p. 827

99) Ibid. p. 826

100) Passmore & Durnin. op. cit. p. 827

Uiters warm omgewings is ook ondersoek en dit is gevind dat 'n temperatuur van $37,8^{\circ}\text{C}$ die suurstofbehoefte vir standaardaktiwiteite met 10 tot 15 persent laat verhoog het. ¹⁰¹⁾ Durnin en Passmore meld dat so 'n toename in energieverbruik alleen by baie hoë temperature voorkom en beskou die toename (10 tot 15 persent) as nie groot nie. ¹⁰²⁾

Uit bogenoemde bespreking word tot die konklusie gekom dat normale temperatuurskommelings 'n onbeduidende effek op die energieverbruik tydens oefening het. Onder uiterste temperatuurskommelings is die verskil in energieverbruik ook gering.

3.5.2 Humiditeit

Die gemak waarmee die fisiologiese prosesse in die liggaam aanpas by hittetoestande, is afhanklik van die gekombineerde effek van temperatuur en humiditeit. ¹⁰³⁾ Die verdamping van sweet, met die gepaardgaande verkoelingseffek op die liggaam, word teëgewerk deur 'n hoë humiditeit. ¹⁰⁴⁾

Van Huss ¹⁰⁵⁾ het die effek van humiditeit op basale energieverbruikswaardes ondersoek en geen verband gevind tussen rela-

101) Durnin & Passmore. op. cit. p. 107

102) Ibid. p. 108

103) Falls. op. cit. p. 189

104) Ibid. op. 190

105) Cureton. op. cit. p. 297

tiewe humiditeit en energieverbruik nie. Die gegewens van 'n ondersoek deur Brouha ¹⁰⁶⁾ dui aan dat die suurstofverbruik by 'n warm droë klimaat (100°F en 25 persent humiditeit) gemiddeld 14,2 persent laer was as in die geval by normale toestande. By warm nat toestande (90°F en 85 persent humiditeit), was die suurstofverbruik ongeveer dieselfde. Die bepaling is gedoen tydens oefening op 'n fietsergometer. Of die verskille wat gevind is, beduidend is, kan nie vasgestel word nie.

Die ondersoek gedoen deur Richardson en Campbell ¹⁰⁷⁾ op ses Britse soldate tydens 'n gestandaardiseerde aktiwiteit, toon geen beduidende verskil in die energieverbruik by toestande wat gewissel het van 92 persent humiditeit (27°C) en 67 persent humiditeit (10°C) nie.

Bogenoemde ondersoeke het uiterste toestande ondersoek en klein verskille gevind. Dit kan aangeneem word dat normale humiditeitskommings onbeduidende verskille in die energieverbruik van arbeid tot gevolg sal hê.

3.5.3 Hoogte bo seespieël (Lugdruk)

Die rol wat lugdruk by die snelheid van energieverbruik speel, lê waarskynlik opgesluit in die persentasie suurstofversadiging van die bloed by die verskillende hoogtes bo seespieël. Die suurstofversadiging van arteriële bloed nader 'n waarde van 100 per-

106) De Vries. op. cit. p. 274

107) Passmore & Durnin. op. cit. p. 827

sent by seespieël, selfs tydens oefening. ¹⁰⁸⁾ Op 'n hoogte van 19 000 voet bo seespieël is die versadiging tydens rus net 67 persent terwyl oefening op hierdie hoogte die versadiging tot onder 50 persent kan laat daal. ¹⁰⁹⁾ Op 'n relatief geringe hoogte bo seespieël (3 000 voet) verloor selfs geaklimatiseerde persone 'n klein persentasie (vyf persent) van die aerobiese kapasiteit wat hul by seespieël sou gehad het. ¹¹⁰⁾

Karpovich ¹¹¹⁾ beweer dat die hoeveelheid suurstof benodig vir identiese aktiwiteite nie op wisselende hoogte bo seespieël verskil nie. Dié bewering van Karpovich kan betwis word op grond van die feit dat longventilasie toeneem namate die hoogte bo seespieël toeneem ¹¹²⁾ - 'n groter hoeveelheid lug sal benodig word as gevolg van die afname in suurstofdravermoë van die bloed (verlies aan aerobiese kapasiteit). Die toename in arbeid van die respiratoriese apparaat sal 'n groter suurstofverbruik deur die respiratoriese spiere ten gevolg hê, ¹¹³⁾ wat addisionele energieverbruik by die normale energieverbruik sal wees. Die suurstofverbruik van die respiratoriese bewegings word egter op

108) De Vries. op. cit. p. 277

109) Ibid. p. 277

110) De Vries. op. cit. p. 277

111) Karpovich. op. cit. p. 117

112) De Vries. op. cit. p. 277

113) Durnin & Passmore. op. cit. p. 108

ongeveer een persent van basale suurstofverbruik gestel ¹¹⁴⁾ - ongeveer 2 tot 3 milliliter suurstof per minuut. ¹¹⁵⁾ Dit is egter aangetoon dat gedurende maksimale arbeid van korte duur, die arbeid wat deur die respiratoriese apparaat verrig word, meer as 'n honderd keer die rustende waarde kan beloop. ¹¹⁶⁾ Hiervolgens moet aanvaar word dat, aangesien longventilasie met hoogte bo seespieël (daling in lugdruk) toeneem, die energieverbruik van 'n standaard aktiwiteit op 'n groter hoogte bo seespieël ook kan toeneem aangesien die groter respiratoriese aktiwiteit 'n addisionele energieverbruik sal hê. Hierdie effek sal moontlik veral by aktiwiteite met 'n langer duur (1 myl en verder) van groot belang wees.

Tot tyd en wyl meer gegewens ingewin is oor die invloed van lugdruk op die energieverbruik tydens arbeid, behoort die hoogte bo seespieël telkens aangegee te word by bepallings van energieverbruik.

Die invloed wat omgewingsfaktore (binne normale perke) op die energieverbruik tydens ligte aktiwiteite het, is gering soos uit bogenoemde bespreking, afgelei kan word. Durnin en Passmore ¹¹⁷⁾

114) Glasser, O. Medical physics. Illionois, Year Book Publisners, 1960. 3:533, 1960

115) Karpoviciu. op. cit. p. 65

116) Falls. op. cit. p. 43

117) Durnin & Passmore. op. cit. p. 108

som dit soos volg op: „Except under extreme conditions climate probably plays little direct part in determining energy expenditure.”

3.6 Oefening

Die grootste enkele faktor wat die snelheid van energieverbruik bepaal, is liggaamlike aktiwiteit. ¹¹⁸⁾ Brink ¹¹⁹⁾ asook Houssay en medewerkers ¹²⁰⁾ stel die toename in metabolismiese snelheid wat deur oefening veroorsaak kan word op sestien keer bo die normale.

Die literatuur wat bestaan in verband met die energieverbruik van verskillende aktiwiteite, is omvangryk. Om alle aktiwiteite wat reeds nagevors is se invloed op die snelheid van energieverbruik te bespreek, is 'n haas onbegonne taak. Vir die doel van hierdie ondersoek is 'n volledige bespreking van alle literatuur ook nie nodig nie, aangesien 'n baie groot deel van die aktiwiteite nie direk op oefening as sulks betrekking het nie. ^{121,122)}

Slegs enkele aktiwiteite wat betrekking op die ondersoek kan hê, sal vervolgens bespreek word.

118) Guyton. op. cit. p. 980

119) Brink. op. cit. p. 346

120) Houssay. op. cit. p. 399

121) Lehmann, G. Praktische Arbeitsphysiologie; 2e dr. Stuttgart, Thieme, 1962. pp. 131 - 152

122) Passmore & Durnin. op. cit. p. 801 -

HOOFSTUK 4

'N LITERATUUROORSIG MET BETREKKING TOT DIE ENERGIEVERBRUIK VAN ENKELE AKTIWITEITE

Algemeen

In hoofstuk 3 is aangetoon dat oefening die snelheid van energie-verbruik by die mens geweldig laat toeneem. 'n Groot hoeveelheid aktiwiteite is reeds ondersoek waarvan slegs enkeles hier bespreek sal word.

Vir die vergelyking van die intensiteit van verskillende aktiwiteite, is 'n vasgestelde norm nodig. Vir die meeste persone is dit van min betekenis as ons sê dat 'n oefening 7 k kal per minuut of 1 200 liter suurstof per minuut vereis. As die stelling egter gemaak word dat 'n bepaalde oefening ses maal inspannender is as rus, dan is dit vir die mens 'n vergelykbare norm. ¹⁾

Die rustende energieverbruik kan derhalwe as 'n norm vir die beoordeling van die intensiteit van 'n oefening gebruik word.

Durnin en Passmore ²⁾ bied tabelle aan om die rustende energieverbruik vir volwassenes aan te dui. Hierdie tabelle is slegs gemiddeldes met 'n fout van ongeveer 15%. Uitermate vet of maer persone word nie hierby ingesluit nie. Die tabelle is bruikbaar vir volwassenes tot 60-jarige leeftyd. Soos uit die onderstaande tabelle blyk, is daar voorsiening gemaak vir geslagsverskille en vethoeveelheid van die liggaam.

1) Karpovich, op. cit. p. 85

2) Durnin & Passmore, op. cit. p. 31

TABEL IV.I

RUSTENDE SUURSTOFVERBRUIK (ML/MIN) VIR NORMALE VOLWASSE

			<u>PERSONE</u>							
			MASSA (KG)							
			45	50	55	60	65	70	75	80
<u>MANS</u>	<u>DAMES</u>	<u>%VET</u>	<u>ENERGIEVERBRUIK (O₂:ML/MIN)</u>							
Maer		5		206	220	234	248	262	276	290
Gemiddeld		10		196	210	224	238	252	266	280
Effens vet	Maer	15	172	186	200	214	228	242	256	270
Vet	Gemiddeld	20	162	176	190	204	218	232	246	260
	Effens vet	25		166	180	194	208	222	236	250
	Vet	30			170	184	198	212	226	240

TABEL IV.II

RUSTENDE KALORIEVERBRUIK (KKal /MIN) VIR NORMALE VOLWASSE PERSONE

			MASSA (KG)							
			45	50	55	60	65	70	75	80
<u>MANS</u>	<u>DAMES</u>	<u>%VET</u>	<u>ENERGIEVERBRUIK (Kkal/MIN)</u>							
Maer		5	0,99	1,06	1,12	1,19	1,26	1,32	1,39	
Gemiddeld		10	0,94	1,01	1,08	1,14	1,21	1,28	1,34	
Effens vet	Maer	15	0,82	0,89	0,96	1,03	1,09	1,16	1,23	1,30
Vet	Gemiddeld	20	0,78	0,84	0,91	0,98	1,05	1,11	1,18	1,25
	Effens vet	25	0,80	0,86	0,93	1,00	1,07	1,13	1,20	
	Vet	30		0,81	0,88	0,95	1,02	1,08	1,15	

Uit die voorafgaande tabelle is dit duidelik dat 'n vet persoon 'n laer rustende energieverbruik het as 'n maer persoon met dieselfde massa. Die verklaring hiervoor lê moontlik te vind in die feit dat die vet persoon 'n kleiner aktiewe weefselmassa het as die maer persoon met dieselfde liggaamsmassa. (Sien ook afdeling 3.1.1 hierbo).

4.1 Stap op 'n gelyke vlak

Passmore en Durnin ³⁾ beskryf stap as die eenvoudigste en mees algemene vorm van oefening. Die twee skrywers stel 'n grafiek saam ⁴⁾ uit verskillende navorsingstukke oor die energieverbruik tydens stap. Die gegewens wat deur hulle gebruik is vir die samestelling van die grafiek, was afkomstig uit navorsing gedoen in Engeland, Oostenryk, Amerika, Duitsland en Italië. Alhoewel gegewens behalwe die bogenoemde ook beskikbaar was, meld Passmore en Durnin ⁵⁾ dat die gegewens wat hulle gebruik het, so nou ooreengestem het, dat die gebruik van addisionele gegewens nie nodig gevind is nie. Vir praktiese doeleindes het die twee navorsers verder 'n regressievergelyking met behulp van die gegewens bepaal. ⁶⁾ Die regressievergeyking is 'n reglynige verband vir stapshnelhede tussen drie en ses kilometer per uur naamlik:

3) Passmore & Durnin. op. cit. p. 806

4) Ibid. p. 806

5) Ibid. p. 806

6) Passmore & Durnin. op. cit. p. 806

$$4.1.1 \quad E_w = 0,8V + 0,5$$

waar E_w die energieverbruik in kkal per minuut en V die stap-snelheid in kilometer per uur voorstel. (Die liggaamsmassa van die proefpersone het gewissel tussen 60 en 75 kilogram). ⁷⁾

Die bogenoemde reglynige verband geld net vir stapshnelhede tussen drie en ses kilometer per uur. Skrywer wou resultate vir 'n groter stapshnelheid verkry. Verder is dit uit die grafiese voorstelling wat Passmore en Durnin aanbied, duidelik dat die werklike verband 'n regressie vergelyking van die tweede graad is. ⁸⁾ Skrywer het derhalwe die grafiese gegewens vir stapshnelhede van drie tot ses kilometer per uur verwerk en ook 'n lineêre verband bepaal ten einde vas te stel of die grafiese gegewens gebruik kon word om 'n meervoudige regressie vir die totale gegewens te vind.

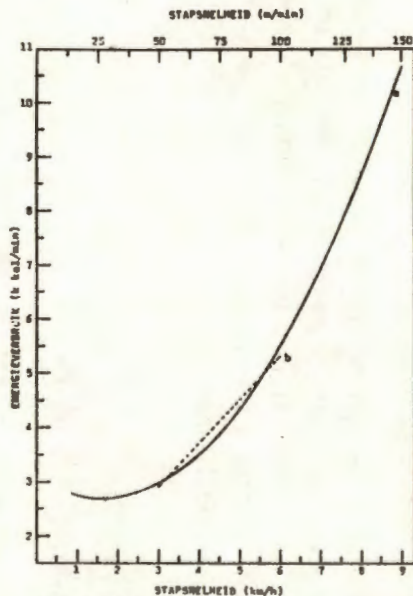
Die lineêre verband wat deur skrywer gevind is, was die volgende:

$$4.1.2 \quad E_w = 0,8V + 0,3$$

Op grond van die klein verskil wat gevind is met die oorspronklike, is die weg oop gesien om al die gegewens van die betrokke grafiek te gebruik om 'n regressie vergelyking te bepaal. 'n Kromme is gevind soos in grafiek 4.1 hiernaas aangedui word. Die kromme stel die regressie vergelyking.

7) Karpovich. op. cit. p. 95

8) Passmore & Durnin. op. cit. p. 806

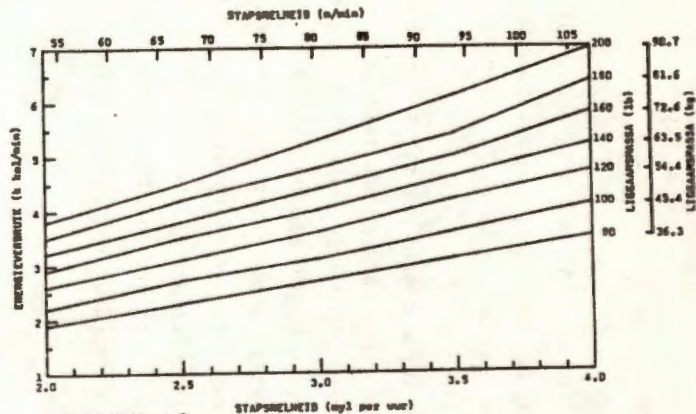


GRAFIEK 4.1

DIE ENERGIEVERBRUIK (kcal/min) VAN STAP
TEEN VERSCHILLENDE SNELHEDE (km/h, m/min)

$$a: E = -0,50V + 0,19V^2 + 3,12$$

$$b: E = 0,0V + 0,5$$



GRAFIEK 4.2

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN STAP (kcal/min) TEEN VERSCHILLENDE SNELHEDE (mgl, m/min)
VIB VERSCHILLENDE LIGGAAMSMASSAS (kg, kg).

$$4.1.3 \quad E = -0,50V + 0,15V^2 + 3,12$$

voor waar E die energieverbruik in kilokalorieë per minuut voorstel en V die snelheid van stap in kilometer per uur.

Die regressievergelyking van Passmore en Durnin, vergelyking 4.1.1 (soos hierbo), is met 'n gebroke lyn op grafiek 4.1 aangedui. Dit is gevind dat die lineêre verband 'n verskil van tot 10,6% met die nie-lineêre toon. Die nie-lineêre verband behoort dus gebruik te word wanneer akkurate bepalinge gedoen wil word.

Bogenoemde vergelykings neem nie 'n liggaamsmassa buite die grense 60 tot 75 kilogram in ag nie. In 'n ondersoek wat gedoen is deur Mahadeva en medewerkers ⁹⁾, is die verhouding tussen energieverbruik en liggaamsmassa van die proefpersone tydens stap (geelyke oppervlak), gevind. Die verhouding word aangegee deur die regressievergelyking

$$4.1.4 \quad E_w = 0,047W + 1,02$$

waar E_w die energieverbruik in kilokalorieë per minuut en W die bruto liggaamsmassa in kilogram voorstel.

Durnin en Passmore ¹⁰⁾ maak gebruik van die laasgenoemde vergelyking en met behulp van vergelyking 4.1.1 hierbo, stel hulle 'n tabel saam wat energieverbruik voorspel volgens liggaamsmassa en snelheid waarteen gestap word. Die tabel word grafies weergegee

9) Mahadeva. op. cit. p. 229

10) Durnin & Passmore. op. cit. p. 95

deur grafiek 4.2 hiernaas en het volgens Durnin en Passmore ¹¹⁾
'n fout van ongeveer 15 persent.

Wanneer grafiek 4.2 van naderby beskou word, word gesien dat 'n min of meer lineêre verband bestaan tussen energieverbruik en stapnelheid wanneer die gewig konstant is. Dit is in ooreenstemming met vergelyking 4.1.1. Wanneer die stapnelheid konstant is, is die verskil in energieverbruik by verskillende liggaamsmassas „nagenoeg” konstant. Redelike groot verskille kom voor by 'n stapnelheid van 3,5 myl per uur. Nogtans is die „konstante” toename in energieverbruik by verskillende liggaamsmassas en konstante snelheid, in „ooreenstemming” met vergelyking 4.1.4. Volgens die verbande wat bogenoemde vergelykings aangee, sou nou verwag kon word dat die toename in energieverbruik by verskillende liggaamsmassas en stapnelhede telkens dieselfde sal wees; dat die helling van die verskillende lyne soos in grafiek 4.2 aangedui word, dieselfde sal wees. Dit is nie die geval nie. Die rede hiervoor moet gevind word in die foutiewe aanname dat 'n reglynige verband bestaan tussen stapnelheid en energieverbruik van stap. Vergelyking 4.1.3 (sien hierbo) toon 'n duidelike kromme.

'n Uiteraars bruikbare formule wat stapnelheid, liggaamsmassa en energieverbruik in ag neem, is deur Ralston ¹²⁾ saamgestel.

$$4.1.5 \quad Ew = 29 + 0,0053V^2$$

waar Ew die energieverbruik in kalorieë (klein kalorieë) per

11) Ibid. p. 42

12) Karpovich. op. cit. p. 95

kilogram liggaamsmassa per minuut voorstel en V die snelheid in meter per minuut. Die vergelyking geld vir mans en dames.

Vergelyking 4.1.5 word aanbeveel vir praktiese gebruik aangesien dit rekening hou met die nie-lineêre verwantskap wat daar tussen stapsnelheid en energieverbruik bestaan. Die energieverbruik volgens vergelyking 4.1.5 stem ook ooreen met die kromme van grafiek 4.1 tussen die snelhede van 3 en 6 kilometer per uur. Waar daar gebruik gemaak word van 'n afgemete baan of trapmeul vir stapoefeninge, is dit ook meer prakties om die stapsnelheid aan te dui in meters per minuut. Die energieverbruik wat deur vergelyking 4.1.5 aangegee word, kan maklik verwerk word na die gebruiklike kilokalorieë per minuut deur die energieverbruik met 1 000 te deel.

Vanweë die praktiese bruikbaarheid van vergelyking 4.1.5 het skrywer 'n tabel (tabel IV.III hieronder) saamgestel wat die energieverbruik, in k kal per minuut, vir die gewigsgrense 50 tot 100 kilogram en snelhede van 3 tot 6 kilometer per uur, voorspel. Die berekening van die gegewens van onderstaande tabel, is gedoen met behulp van vergelyking 4.1.5 in die vorm

$$4.1.6 \quad E_w = W(29 + 0,0053V^2) + 1\,000$$

waar E_w die energieverbruik in k kal/min voorstel, W die liggaams-massa in kilogram en V die stapsnelheid in m/min.

TABEL IV.III

DIE KALORIEVERBRUIK VAN NORMALE MANS EN DAMES TYDENS STAP

MASSA KG	STAPSNELHEID : (M/MIN)										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	ENERGIEVERBRUIK: (KJAL/MIN										
50	2,11	2,25	2,40	2,57	2,75	2,94	3,15	3,37	3,58	3,84	4,10
55	2,32	2,48	2,64	2,83	3,02	3,24	3,46	3,70	3,96	4,23	4,51
60	2,54	2,70	2,89	3,08	3,30	3,53	3,78	4,04	4,32	4,61	4,92
65	2,75	2,93	3,13	3,34	3,57	3,82	4,09	4,37	4,68	4,99	5,33
70	2,96	3,15	3,37	3,60	3,85	4,12	4,40	4,71	5,04	5,38	5,74
75	3,17	3,38	3,61	3,85	4,12	4,41	4,72	5,05	5,39	5,76	6,15
80	3,38	3,60	3,85	4,11	4,40	4,71	5,03	5,38	5,75	6,15	6,56
85	3,59	3,83	4,09	4,37	4,67	5,00	5,35	5,72	6,11	6,53	6,97
90	3,80	4,05	4,33	4,63	4,95	5,29	5,66	6,07	6,47	6,91	7,38
95	4,01	4,28	4,57	4,88	5,22	5,59	5,98	6,39	6,83	7,30	7,79
100	4,23	4,50	4,81	5,14	5,50	5,88	6,29	6,73	7,19	7,68	8,20

Ten einde vergelykbare resultate te verkry wat die energieverbruik tydens stap betref, moet gelet word op die aard van die oppervlak waarop gestap word. Lehman ¹³⁾ gee die volgende tabel aan wat die energieverbruik vir stap op verskillende oppervlaktes aandui:

TABEL IV.IV

ENERGIEVERBRUIK VAN STAP OP VERSKILLENDEN OPPERVAKTES

<u>OPPERVLAK</u>	<u>STAPSNELHEID (KM/H)</u>	<u>ENERGIEVERBRUIK(KAL/MIN)</u>
Asfalt	4	3,1
grasbaan	4	3,6
stoppelland	3,5	4,3
aartappelland	4	4,3
diegeploegde land	3	5,2

By bogenoemde tabel kan gevoeg word dat Heitanen en sy medewerkers ¹⁴⁾ gevind het dat stap op 'n vloer wat met olie bedek was, die energieverbruik met 72,9 persent verhoog het. Wanneer energieverbruiksvoorspellings met behulp van enige van die genoemde vergelykings in hierdie afdeling, gemaak wil word, behoort toegesien te word dat die loopvlak stewig is.

Indien die stapoefening op 'n trapmeul plaasvind, beweer sommige navorsers dat die energieverbruik vir 'n bepaalde stapsnelheid

13) Lehman. op. cit. p. 146

14) Karpovich, op. cit. p. 96

afneem namate die vaardigheid van die proefpersoon toeneem. ¹⁵⁾
Dit word ook beweer dat 'n trapmeul met rollers as glybaan, 'n
groter vaardigheid van die proefpersoon vereis as in die gevalle
waar die glybaan 'n vaste plaat is. ^{16,17)} Dit volg dus dat
proefpersone 'n oefenperiode op die trapmeul gegun moet word
alvorens met energieverbruikbepalings begin word.

By stapoefeninge behoort verder in ag geneem te word dat die
arbeidsverrigting minder effektief word wanneer die normale snel-
heid (3 tot 6 km/h) oorskry word. ¹⁸⁾ Stap teen 'n snelheid vin-
niger as 6 kilometer per uur word onnatuurlik terwyl die effekti-
witeit van werkverrigting gevolglik beïnvloed sal word. Daar kan
verwag word dat die energieverbruik by verskillende persone be-
duidende verskille sal vertoon by stapsnelhede groter as 6 kilo-
meter per uur. ¹⁹⁾

4.2 Stap teen 'n helling

In eksperimente waar die effek van 'n stygende arbeidslas nage-
gaan wil word, is dit beter om die helling van die loopvlak te

15) Ibid. p. 96

16) Karpovich. op. cit. p. 97

17) Johnson, W.R. Science and medicine of exercise and sports.
New York, Harper 1960. p. 133

18) Durnin & Passmore. op. cit. p. 42

19) Ibid. p. 42

verander as om die snelheid te vermeerder. ^{20,21)} Stap teen 'n snelheid vinniger as 6 kilometer per uur (4 mpu) word onnatuurlik. Deur die stapnelheid konstant te hou en die helling te verander kan die aktiwiteit verswaar word sonder dat buitengewone vaardigheid vereis word.

Erickson en sy medewerkers ²²⁾ het die energieverbruik op die trapmeul nagegaan deur die snelheid en helling waarteen gestap word telkens te verander. Margaria ²³⁾ het die saak op dieselfde wyse ondersoek. Die resultate van die navorsers kom basies ooreen. Dit is gevind dat die energieverbruik vir die verskillende stapnelhede vir elke besondere helling 'n positiewe kromme vertoon. Soortgelyke resultate is deur Cotes en Mead ²⁴⁾ gevind.

Durnin en Passmore ²⁵⁾ het die resultate van Margaria gebruik en 'n grafiese voorstelling gemaak van die energieverbruik vir verskillende snelhede (mpu) en hellings. Skrywer het die snelhede na meter per minuut verwerk en grafiek 4.3 saamgestel wat 'n weergawe is van die energieverbruik vir stap teen verskillende hellings en snelhede. Vanuit 'n praktiese oogpunt gesien, het

20) Ibid. p. 43

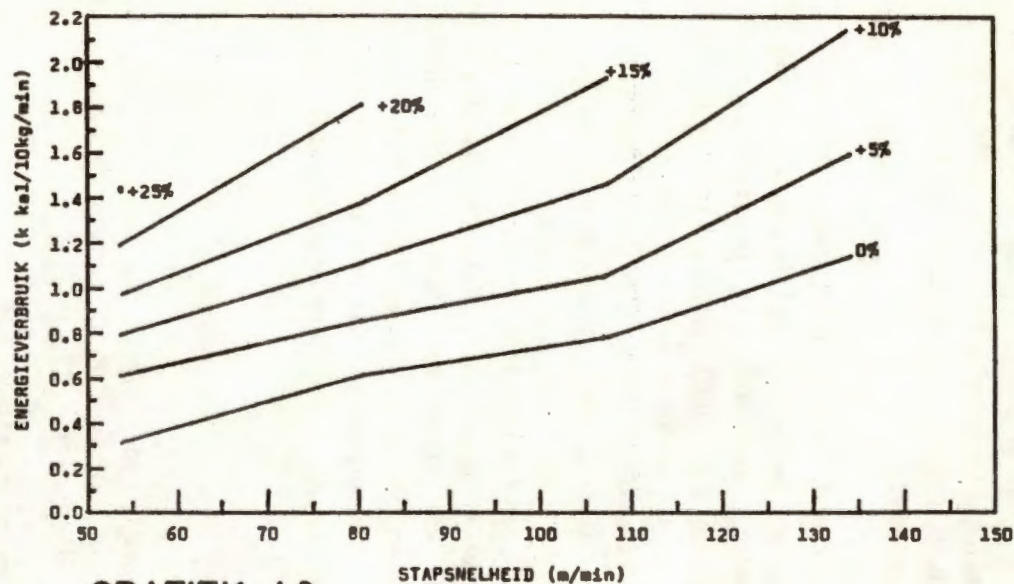
21) Johnson. op. cit. p. 130

22) Johnson. op. cit. p. 130

23) Passmore & Durnin. op. cit. p. 808

24) Durnin & Passmore. op. cit. p. 43

25) Ibid. p. 44



GRAFIEK 4.3

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN STAP (k kal/10kg/min) TEEN VERSKILLENDE
HELLINGS (%) EN STAPSNELHEDE (m/min) .

die grafiese voorstelling beperkte bruikbaarheid aangesien verdere berekening vereis word ten einde die energieverbruik vir 'n persoon met 'n bepaalde liggaamsmassa te voorspel. Skrywer het vervolgens tabelle vir vier hellings vanaf die gegewens van grafiek 4.3 saamgestel. Die tabelle verskyn hiernaas naamlik nommers IV.V, IV.VI, IV.VII en IV.VIII.

Soos hierbo aangetoon, is dit beter om die stapsnelheid konstant te hou en die helling te verander tydens oefening op die trapmeul. Dit sou dus gerieflik wees om die energieverbruik te kan voorspel volgens die helling en snelheid waarteen gestap word. Skrywer het van die gegewens van Durnin en Passmore (sien grafiek 4.3) gebruik gemaak om 'n regressievergelyking tussen die verskillende hellings (0% tot 25%) en die energieverbruik te bepaal by 'n stapsnelheid van 2 mpu (3,22 km/h of 54 m/min). Die regressievergelyking verkry, is:

$$4.2.1 \quad E_w = W (0,032 + 0,004H)$$

waar E_w die energieverbruik in kilokalorieë voorstel, W die liggaamsmassa in kilogram en H die helling in persent.

Bogenoemde vergelyking voorspel energiewaardes wat 5,5 tot 15,0 persent verskil van energiewaardes wat deur tabelle IV.V, IV.VI, IV.VII en IV.VIII aangegee word. Die verskil van 5,5 tot 15,0 persent, is te wyte aan die feit dat die gegewens, soos verkry uit bogenoemde tabelle in werklikheid nie 'n volkome reglynige verband (deur vergelyking 4.2.1 voorgestel) toon nie maar wel 'n

TABEL IV.V

ENERGIEVERBRUIK VIR STAP TEEN 'N HELLING VAN +5% (4,5°)

MASSA KG	SNELHEID: M/MIN.										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	ENERGIEVERBRUIK: Kkal/MIN										
50	2,90	3,10	3,35	3,55	3,83	4,00	4,23	4,40	4,60	4,80	4,95
55	3,19	3,41	3,69	3,91	4,10	4,40	4,65	4,84	5,06	5,28	5,45
60	3,48	3,72	4,02	4,26	4,47	4,80	5,07	5,28	5,52	5,76	5,94
65	3,77	4,03	4,36	4,62	4,84	5,20	5,49	5,72	5,98	6,24	6,44
70	4,06	4,34	4,69	4,97	5,22	5,60	5,92	6,16	6,44	6,72	6,93
75	4,35	4,65	5,03	5,33	5,59	6,00	6,34	6,60	6,90	7,20	7,43
80	4,64	4,96	5,36	5,68	5,96	6,40	6,76	7,04	7,36	7,68	7,92
85	4,93	5,27	5,70	6,04	6,33	6,80	7,18	7,48	7,82	8,16	8,42
90	5,22	5,58	6,03	6,39	6,71	7,20	7,61	7,92	8,28	8,64	8,91
95	5,51	5,89	6,37	6,75	7,08	7,60	8,03	8,36	8,74	9,12	9,41
100	5,80	6,20	6,70	7,10	7,45	8,00	8,45	8,80	9,20	9,60	9,90

TABEL IV.VI

ENERGIEVERBRUIK VIR STAP TEEN 'N HELLING VAN +10% (9^o)

MASSA KG	SNELHEID: M/MIN										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
ENERGIEVERBRUIK: K KAL/MIN											
50	3,73	4,03	4,30	4,60	4,90	5,23	5,55	5,85	6,18	6,50	6,80
55	4,10	4,43	4,73	5,06	5,39	5,75	6,11	6,44	6,79	7,15	7,48
60	4,47	4,83	5,16	5,52	5,88	6,27	6,66	7,02	7,41	7,80	8,16
65	4,84	5,23	5,59	5,98	6,37	6,79	7,22	7,61	8,03	8,45	8,84
70	5,22	5,64	6,02	6,44	6,86	7,32	7,77	8,19	8,65	9,10	9,52
75	5,59	6,04	6,45	6,90	7,35	7,84	8,33	8,78	9,26	9,75	10,20
80	5,96	6,44	6,88	7,36	7,84	8,36	8,88	9,36	9,88	10,40	10,88
85	6,33	6,84	7,31	7,82	8,33	8,88	9,44	9,95	10,50	11,05	11,56
90	6,71	7,25	7,74	8,28	8,82	9,41	9,99	10,53	11,12	11,70	12,24
95	7,08	7,65	8,17	8,74	9,31	9,93	10,55	11,12	11,73	12,35	12,92
100	7,45	8,05	8,60	9,20	9,80	10,45	11,10	11,70	12,35	13,00	13,60

TABEL IV.VII

ENERGIEVERBRUIK VIR STAP TEEN 'N HELLING VAN 15% (13,5°)

MASSA KG	SNELHEID: M/MIN										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
ENERGIEVERBRUIK: Kkal/MIN											
50	4,55	4,95	5,33	5,70	6,10	6,48	6,85	7,37	7,88	8,40	8,90
55	5,01	5,45	5,86	6,27	6,71	7,12	7,54	8,10	8,66	9,24	9,79
60	5,46	5,94	6,39	6,84	7,32	7,77	8,22	8,84	9,45	10,08	10,68
65	5,92	6,44	6,92	7,41	7,93	8,42	8,91	9,57	10,24	10,92	11,57
70	6,37	6,93	7,46	7,98	8,54	9,07	9,59	10,31	11,03	11,76	12,46
75	6,83	7,43	7,99	8,55	9,15	9,71	10,28	11,05	11,81	12,60	13,35
80	7,28	7,92	8,52	9,12	9,76	10,36	10,96	11,78	12,60	13,44	14,24
85	7,74	8,42	9,05	9,69	10,37	11,01	11,65	12,52	13,39	14,28	15,13
90	8,19	8,91	9,59	10,26	10,98	11,66	12,33	13,26	14,18	15,12	16,02
95	8,65	9,41	10,12	10,83	11,59	12,30	13,02	13,99	14,96	15,96	16,91
100	9,10	9,90	10,65	11,40	12,20	12,95	13,70	14,73	15,75	16,80	17,80

TABEL IV.VIII

ENERGIEVERBRUIK VIR STAP TEEN 'N HELLING VAN +20% (18°)

MASSA KG	SNELHEID: M/MIN						
	50	55	60	65	70	75	80
	ENERGIEVERBUIK: KKAL/MIN						
50	5,50	6,08	6,65	7,24	7,82	8,42	8,99
55	6,05	6,68	7,32	7,96	8,60	9,26	9,88
60	6,60	7,29	7,98	8,69	9,38	10,10	10,78
65	7,15	7,90	8,65	9,41	10,17	10,94	11,68
70	7,70	8,51	9,31	10,14	10,95	11,78	12,58
75	8,25	9,11	9,98	10,86	11,73	12,62	13,48
80	8,80	9,72	10,64	11,58	12,51	13,46	14,38
85	9,35	10,33	11,31	12,31	13,29	14,31	15,27
90	9,90	10,94	11,97	13,03	14,08	15,15	16,17
95	10,45	11,54	12,64	13,76	14,86	15,99	17,07
100	11,00	12,15	13,30	14,48	15,64	16,83	17,97

derdegraadse verband van die vorm

$$4.2.2 \quad E_w = W (0,02999 + 0,00599H - 0,00021H^2 + 0,0000055H^3)$$

waar E_w , W en H dieselfde voorstelling het as in vergelyking 4.2.1 hierbo. Indien 'n rekenmasjien beskikbaar is, kan vergelyking 4.2.2 gebruik word. Gemaklikheidshalwe word die gebruik van vergelyking 4.2.1 soos volg aanbeveel:

$$4.2.3 \quad \text{Helling} + 5\%: E_{5\%} = W (0,032 + 0,004H) + 15\% \text{ van die waarde van die berekende } E_{5\%}.$$

$$4.2.4 \quad \text{Helling} + 10\%: E_{10\%} = W (0,032 + 0,004H) + 9\% \text{ van die waarde van die berekende } E_{10\%}.$$

$$4.2.5 \quad \text{Helling} + 15\%: E_{15\%} = W (0,032 + 0,004H) + 5.5\% \text{ van die waarde van die berekende } E_{15\%}.$$

$$4.2.6 \quad \text{Helling} + 20\%: E_{20\%} = W (0,032 + 0,004H) + 6\% \text{ van die waarde van die berekende } E_{20\%}.$$

E stel in die laasgenoemde vier vergelykings die energieverbruik in kilokalorieë voor, W die liggaamsmassa in kilogram en H die helling in persent. Die vergelykings stel die navorser in staat om die arbeidslas te vergroot sonder dat die stapsnelheid vermeerder word en nogtans die energieverbruik te kan voorspel. (Die moontlikheid bestaan dat die proefpersoon balans kan verloor en dus oneffektiewe arbeid verrig wanneer die trapmeul se spoed vermeerder word. Die helling kan, sonder dat die beweging wat die proefpersoon uitvoer benadeel word, makliker verander word as wat die stapsnelheid vermeerder kan word).

4.3 Opstapoeefeninge

Opstaptoetse geniet wye aandag. Van die bekendstes is die Harvard opstaptoets²⁶⁾ (waarvan verskillende vorme bestaan), die Tuttle polsverhouding - toets,²⁷⁾ Die Åstrand-Rhyming-opstaptoets²⁸⁾ en die „Master Two-Step Test“²⁹⁾. Die toetse is standaardtoetse en poog in die meeste gevalle om fisieke fiksheid of fisieke werksvermoë te meet.

Die opstaptoets word selde gebruik as 'n oefenmetode alhoewel dit verskeie belangrike voordele het. Margaria³⁰⁾, wat die opstaptoets as 'n toets vir suurstofkapasiteit bepleit, som die voordele as volg op:

- a. 'n trap is maklik bekombaar.
- b. dit is goedkoop.
- c. dit vereis nie kalibrasie nie.
- d. dit is 'n oefening waarmee almal bekend is en vereis nie uitengewone vaardigheid nie.

26) Clarke, H.H. Application of measurement to health and physical education. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1968. p. 188

27) Ibid. p. 185

28) Ibid. p. 193

29) Ford & Hellerstein. op. cit. pp. 1868 - 74

30) Karvonen, M.J. & Barry, A.J. Physical activity and the heart. Springfield, Ill., Thomas, 1967. p. 333

- e. die effektiwiteit van werkverrigting is verbasend konstant.
- f. die energieverbruik is afhanklik (binne normale perke) van die mate waartoe die liggaamsmassa opgelig word, dit wil sê, energieverbruik kan voorspel word volgens die meganiese arbeid wat verrig word.

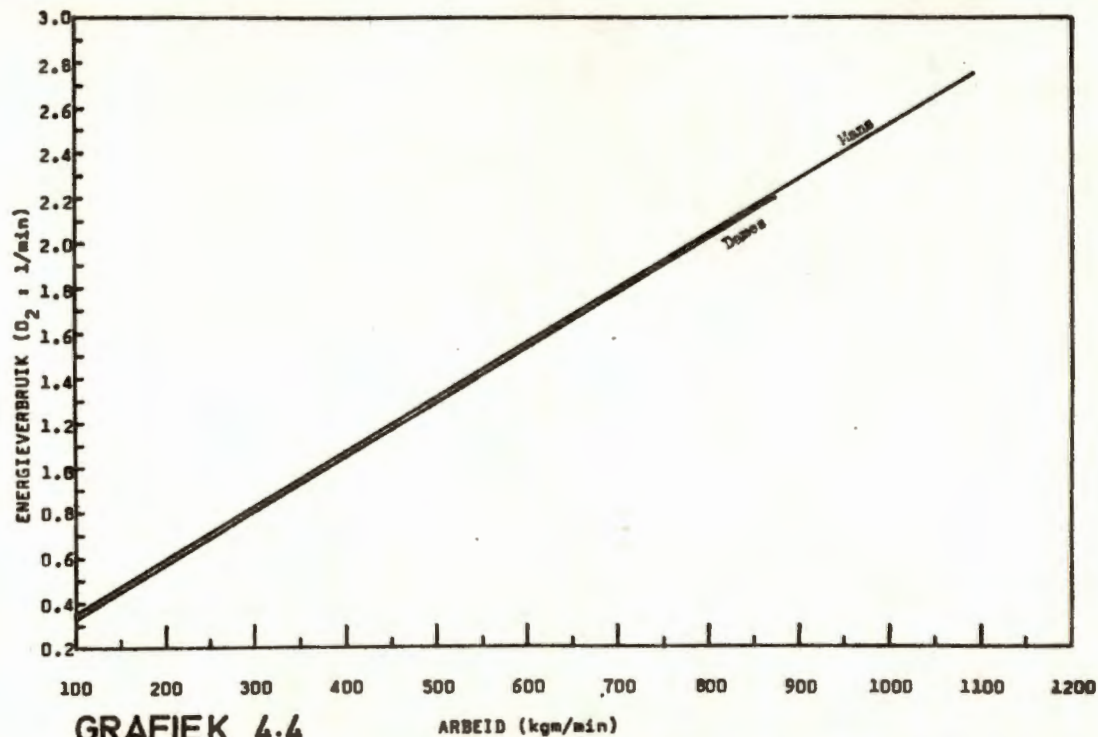
'n Nadeel van die oefenmetode is verveling.

Vanaf 'n nomogram, deur Åstrand en Rhyning³¹⁾ saamgestel, is die energieverbruik vir opstappe grafies voorgestel (grafiek 4.4). In hierdie geval was die trap (kassie) se hoogte 40 cm en die tempo waarteen opgestap is, 30 opstappe per minuut.³²⁾ Mans is getoets. Vir die dames is die hoogte van die trap 33 cm en die opstaptempo bly 30 opstappe per minuut.³³⁾ Die leeftyd van die proefpersone het gewissel tussen 18 en 30 jaar. Grafiek 4.4 gee die gegewens vir mans en dames afsonderlik aan. Dit is duidelik dat die energieverbruik vir mans en dames prakties dieselfde is ('n verskil van 0,5%). Die bespreking wat in hoofstuk 3 gevoer is, word hierdeur gestaaf naamlik dat geslagsverskille, asook individuele verskille verdwyn wanneer liggaamsmassa in aanmerking geneem word tydens oefening waar 'n groot deel van die liggaamsmassa beweeg word. Verder word die bewering dat meganiese effektiwiteit konstant bly, selfs by verskille in die hoogte van die trap ook deur die gegewens gestaaf.

31) Consolazio. op. cit. p. 391

32) Clarke. op. cit. p. 193

33) Consolazio. op. cit. p. 391



GRAFIEK 4.4

ENERGIEVERBRUIK VAN OPSTAPOEFENINGE (O₂ l/min) TEENDOOR ARBEIDVERRIGTING (kgm/min).

Margaria ³⁴⁾ het gevind dat die energieverbruik (kkal/min) by opstappe 5,7 maal die arbeid, soos bereken volgens die mate waartoe die liggaamsmassa opgelig word, is. Sodanige berekening is gedoen vir enkele van die arbeidsvlakke van grafiek 4.4. Die resultaat verskyn as die gebroke lyn in grafiek 4.5. Aangesien dit nie bekend is of die proefpersone deur Margaria gebruik onder basale dieettoestande getoets is nie, is vir teoretiese doeleindes aanvaar dat een liter suurstof 'n energieverbruik van 5,047 kkal voorstel (RK = 1,0) wat gelykstaande is aan 'n arbeidsverrigting van 2 153,0 kgm/min. Die aanname mag verkeerd wees. Skrywer doen die verwerking alleenlik ten einde 'n grafiese voorstelling te verkry waarmee ander gegewens vergelyk kan word.

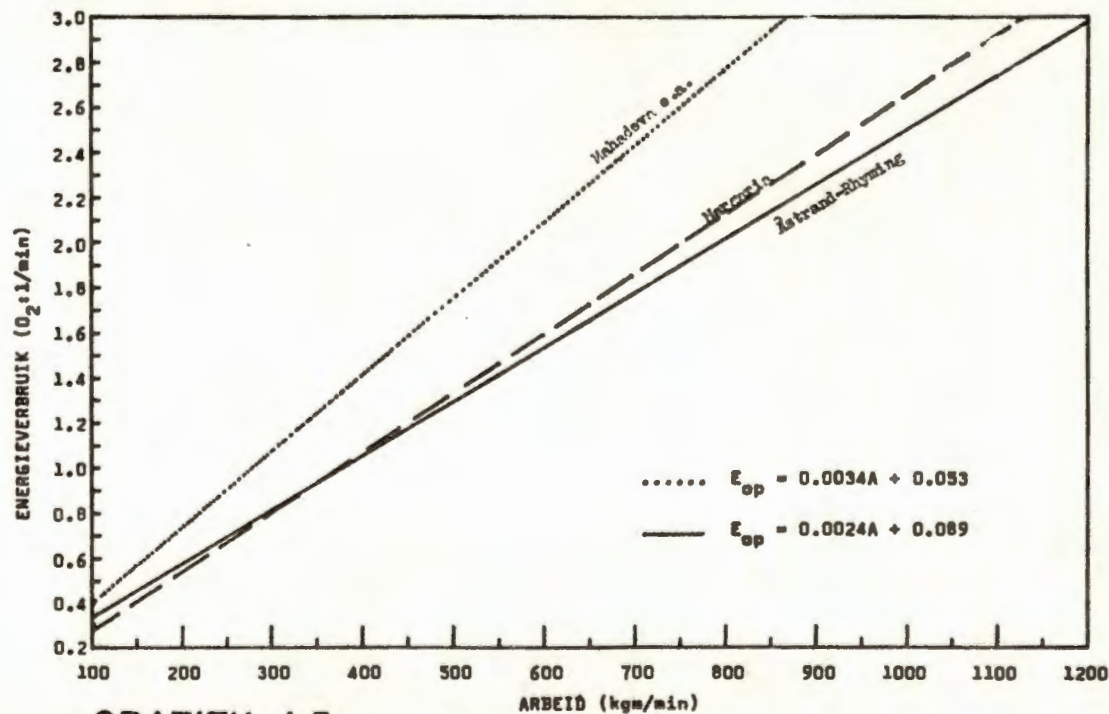
Die aaneenlopende lyn op grafiek 4.5 dui die regressielyn aan wat vir beide mans en dames, volgens die gegewens van grafiek 4.4, deur skrywer bepaal is. Die regressievergelyking wat deur die aaneenlopende lyn voorgestel word, is:

$$4.3.1 \quad E_o = 0,0024A + 0,089$$

waar E_o die energieverbruik in liter suurstof per minuut en A die arbeid in kgm/min aandui.

Volgens grafiek 4.5 is dit duidelik dat daar 'n geringe verskil is in die helling van die twee lyne. 'n Merkbare verskil in die energieverbruik word egter aangedui.

34) Karvonen & Barry. op. cit. p. 333



GRAFIEK 4.5

ENERGIEVERBRUIK VAN OPSTAPOEFENINGE (O_2 l/min) TEENOOAR ARBEIDVERRIGTING (kgm/min).

Mahadeva en sy medewerkers ³⁵⁾ het 50 persone getoets wat verskil het in geslag en ras. Die hoogte van die trap was 25,4 sentimeter en 'n opstaptempo van 15 opstappe per minuut is gebruik. Die resultate deur Mahadeva ³⁶⁾ verkry, word aangegee in kkal/min. Aangesien die proefpersone 'n gemengde dieet gevolg het tydens die eksperiment, is die RK as 0,35 deur skrywer geneem. Een liter suurstof is geneem as gelykstaande aan 4,862 kkal. ³⁷⁾ Nadat die resultate verwerk is, het skrywer 'n regressievergelyking bereken wat energieverbruik in liter suurstof per minuut aangee teenoor die arbeid verrig in kgm/min. Die vergelyking lyk soos volg:

$$4.3.2 \quad E_0 = 0,0034A + 0,053$$

waar E_0 die suurstofverbruik in l/min aangee en A die arbeidsverrigting in kgm/min.

Laasgenoemde vergelyking word grafies voorgestel deur die stippellyn op grafiek 4.5. Die stippellyn verteenwoordig gegewens waar die rustende energieverbruik by ingesluit is terwyl die ander twee lyne op grafiek 4.5 suiwer die energieverbruik wat die oefening vereis, verteenwoordig. Die gemiddelde rustende energiever-

35) Mahadeva. op. cit. p. 288

36) Ibid. p. 288

37) Karpovich. op. cit. ahangsel

bruik van die proefpersone wat gebruik is om vergelyking 4.3.2 saam te stel, was 0,224 liter suurstof per minuut. Deur die rus-tende energieverbruik van die waardes, volgens die stippellyn, af te trek, sal waardes wat nouer ooreenstem met die waardes soos deur die ander twee lyne aangegee, verkry word. Die helling van die stippellyn toon egter 'n groot verskil met die hellings van die twee ander lyne. Die rede vir die groot verskil kan miskien gevind word in die feit dat die stippellyn gegewens verteenwoordig waar die tempo van werkverrigting konstant was (15 opstappe per minuut.) Daar was dus nie soos in die geval van die ander twee lyne se gegewens 'n progressiewe toename in tempo van werkverrigting nie. Die arbeidsverskil wat by die proefpersone, deur Manadeva gebruik ³⁸⁾, voorgekom het, is bloot die gevolg van die verskil in liggaamsmassa wat by die proefpersone voorgekom het. Betroubare voorspellings kan dus nie gemaak word deur bogenoemde metode te volg nie. Verskillende tempo's waarteen opgestap word moet ook in aanmerking geneem word.

4.4 Hardloop

Die energieverbruik van hardloop teen verskillende snelhede, word aangedui deur grafiek 4.6. Die grafiek stel versamelde gegewens voor wat verkry is deur Åstrand, Christensen en Högberg, Dill e.a. Gemmill e.a., Hill e.a., Margaria e.a., Robinson e.a., asook Sargent e.a. ³⁸⁾. Die versameling van die gegewens is gedoen deur Bus-

38) Johnson. op. cit. p. 319

kirk en Bass.³⁹⁾ Die gegewens is deur skrywer gebruik en 'n regressievergelyking is bepaal, naamlik:

$$4.4.1 \quad E_H = 1,1444 - 0,009V + 0,00002V^2$$

waar E_H die energieverbruik in kkal/min voorstel en V die snelheid waarteen gehardloop word in m/min.

Die vergelyking behoort alleen vir tentatiewe bepalinge gebruik te word aangesien die energieverbruik tydens hardloop groot individuele verskille toon. Individue vertoon verskil in arm-beweging, hardloopstyl, treelengte en graad van geoefendheid. Die effektiwiteit van werkverrigting is nie konstant tussen verskillende individue nie. Meer navorsing word vereis in verband met die energieverbruik van hardloop. Faktore soos liggaamsmassa, lengte, aktiewe weefselmassa, veloppervlak, treelengte en die verhouding tussen die beste tyd oor 'n kort afstand (byvoorbeeld 10 meter) en 'n langer afstand (byvoorbeeld 100 meter) behoort in ag geneem te word ten einde 'n kriterium te verkry wat individuele verskille in die energieverbruik tydens hardloop sal uit-skakel.

4.5 Die fietsergometer

'n Oefenmetode wat in die huidige tyd geweldig veld gewen het, is fietsry op die fietsergometer. Die belangrikste bydrae op hierdie gebied is die van ^OAstrand.⁴⁰⁾

39) Buskirk, E.R. & Bass, D.E. Climate and exercise. (In Johnson. op. cit. p. 319)

40) ^OAstrand. op. cit.

Oefening op die fietsergometer hou verskeie voordele in: 'n Kontinue en konstante tempo van werkverrigting is moontlik. Die liggaamsbewegings wat tydens die oefening uitgevoer word, is bykans identies van individu tot individu. Die romp van die fietsryer beweeg relatief min sodat metings van bloeddruk, hartslagsnelheid en respiratoriese funksies maklik is tydens die oefening. Die oefening vereis geen buitengewone vaardigheid nie en stel dieselfde energiebehoefte soos 'n bepaalde werkswaai, ongeag leeftyd of geoefendheid. ⁴¹⁾ Die oefening is 'n uitstekende metode vir die bepaling van die oefentoleransie van 'n persoon ^{42,43)} asook die suurstofkapasiteit van die persoon. ⁴⁴⁾

Die oefenmetode maak dit moontlik om die uitwendige arbeid wat verrig word, presies te bepaal. ^{45,46)}

Dit is gebruikelik om arbeidsverrigting op die fietsergometer uit te druk in kilopond-meter per minuut (kpm/min). Een kilopond is die krag wat inwerk op een kilogram by die normale versnelling

41) Åstrand. op. cit. p. 9

42) Ibid. pp. 15 - 17

43) Karvonen & Barry. op. cit. p. 22

44) Ibid. p. 15 - 29

45) Karpovich. op. cit. p. 92

46) Falls. op. cit. p. 297

as gevolg van gravitasiekrag.⁴⁷⁾ Een kilopond-meter verteenwoordig een kilogram-meter.

Aangesien die effektiwiteit van werkverrigting⁴⁸⁾ min verskil van individu tot individu en die arbeidslas presies bepaal kan word, kan die energieverbruik van 'n proefpersoon redelik akkuraat volgens die arbeidslas voorspel word. Uit die grafiese voorstelling (grafiek 4.7) van gegewens versamel deur Åstrand⁴⁹⁾ en Åstrand en Rhyning⁵⁰⁾, is dit duidelik dat 'n lineêre verband bestaan tussen energieverbruik en arbeid. Die grafiek is 'n voorstelling van die regressievergelyking:

$$4.5.1 \quad E_f = 0,0023A + 0,064$$

waar E_f die energieverbruik in suurstof (l/min) voorstel en A die arbeidsverrigting in kpm/min.

Vir die praktiese gebruik van die fietsergometer word verwys na hoofstuk 5 in hierdie werkstuk, die werk deur Åstrand⁵¹⁾ en 'n praktiese toepassing deur Denolin, Messin en Degré.⁵²⁾

47) Ibid. p. 297

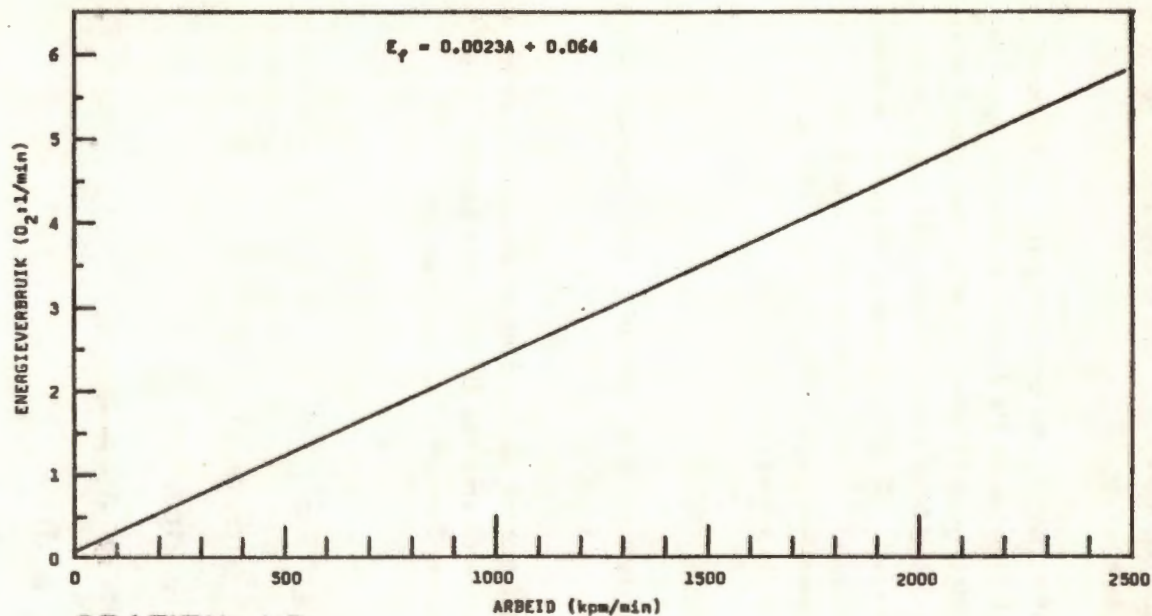
48) Karvonen & Barry. op. cit. p. 23

49) Åstrand. op. cit. p. 18

50) Consolazio. op. cit. p. 391

51) Åstrand. op. cit.

52) Karvonen & Barry. op. cit. p. 22



GRAFIEK 4.7

ENERGIEVERBRUIK VAN OEFENING OP DIE FIETSERGOMETER (O_2 , l/min) TEENDOOR ARBEID (kpm/min)

Die grootste voordeel in die gebruik van die fietsergometer lê opgesluit in die feit dat die oefentoleransie van 'n persoon maklik bepaal kan word, dit wil sê, dat die maksimale hoeveelheid arbeid waartoe die persoon in staat is, sonder om 'n sekere hartslagsnelheid te oorskry, vasgestel kan word; die maksimale energieverbruik waartoe die persoon in staat is (by 'n sekere veilige hartslagsnelheid), bepaal kan word.

4.6 Vrystaande oefeninge.

Die enigste literatuur wat in verband met die gradering van vrystaande oefeninge, volgens energieverbruik, gevind kon word, is dié deur Weiss en Karpovich^{53,54}). Die oefeninge verskyn hier naas (Afbellding 1)

Die oefeninge word met behulp van 'n metronoom uitgevoer wat die tellings per minuut (TPM) aangee. Al die oefeninge word met vier bewegings uitgevoer behalwe oefening 8 wat met agt bewegings uitgevoer word.

Die energieverbruik van die oefeninge word aangegee as die verhouding van die energieverbruik tydens oefening en die rustende energieverbruik - kortweg gestel - as die metaboliese eenhede (Met).

53) Karpovich. op. cit. pp. 110 - 111

54) Rathbone & Hunt. op. cit. pp. 151 - 4

Oef.
nr. TPM

AFBEELDING 1

Energie-
verbruik

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66
67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78
79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102
103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114
115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132
133	134	135	136	137	138
139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156
157	158	159	160	161	162
163	164	165	166	167	168
169	170	171	172	173	174
175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186
187	188	189	190	191	192
193	194	195	196	197	198
199	200	201	202	203	204
205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216
217	218	219	220	221	222
223	224	225	226	227	228
229	230	231	232	233	234
235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246
247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258
259	260	261	262	263	264
265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276
277	278	279	280	281	282
283	284	285	286	287	288
289	290	291	292	293	294
295	296	297	298	299	300

Die gradering van die vrystaande oefeninge soos hierbo beskryf, hou sekere nadele in. In die eerste plek moet die rustende energieverbruik van die persoon bepaal word voordat die gegewens gebruik kan word. Die probleem kan egter gereedelik oorbrug word deur gebruik te maak van gemiddelde waardes vir rustende energieverbruik, soos deur Durnin en Passmore aangegee (sien afdeling „Algemeen" in hierdie hoofstuk). Dit is egter gemiddelde waardes met 'n fout van ongeveer 15%. Karpovich meld self dat bogenoemde energieverbruikswaardes alleenlik 'n riglyn is en dat die energieverbruik van individu tot individu sal verskil ⁵⁵⁾. Hierdie individuele verskille plus die fout van 15% as gevolg van die aanvaarding van 'n gemiddelde rustende energieverbruik, veroorsaak dat die bogenoemde gradering van vrystaande oefeninge onbetroubaar word.

'n Verdere nadeel van die gradering van oefening soos deur Weiss en Karpovich hierbo gedoen, is dat 'n reeks van 42 verskillende oefeninge gedoen moet word om 'n energieverbruik 1,2 tot 9,3 maal die rustende energieverbruik te dek. Dit sou voordeliger gewees het om enkele oefeninge te neem en die oefeninge teen verskillende tempo's van werkverrigting te laat uitvoer. Op hierdie manier sou vir elke oefening 'n progressiewe toename in energieverbruik bepaal kon word. Proefpersone kan makliker touwys gemaak word met 'n standaardmetode van uitvoering wanneer slegs enkele oefeninge in die gedrang is. Individuele verskille wat die uitvoering betref, kan sodoende grootliks uitgeskakel word. Wanneer die energieverbruik van oefeninge bepaal word, moet dan ook daarop gelet word dat die oefening nie groot verskille in die effektiwiteit

55) Karpovich. op. cit. p. 111

teit van werkverrigting sal toon nie. Die spesifieke oefening moet hom leen tot 'n standaardmetode van uitvoering wat min sal verskil van proefpersoon tot proefpersoon. Individuele uitvoeringsverskille kan sodoende geredelik uitgeskakel word, wat weer 'n beter korrelasie tussen die energieverbruik van verskillende proefpersone moontlik sal maak.

Die metode wat deur Weiss en Karpovich hierbo gevolg is, hou wel ook voordele in. Die aangee van energieverbruik in verhouding tot die rustende energieverbruik is 'n uiters bruikbare vorm van aanbieding. Wie alleen kan die moeilikheidsgraad van die aktiwiteit maklik begryp word nie, maar dit skakel ook individuele verskille in die normale basiese energieverbruik van verskillende persone uit wanneer voorspellings gemaak moet word. Die werk van Weiss en Karpovich maak dit moontlik om, alhoewel tentatief, 'n oefenprogram saam te stel van 'n min of meer bepaalde moeilikheidsgraad.

HOOFSTUK 5

VERSAMELING VAN DIE GEGEWENS VAN DIE ONDERSOEK

5.1 Keuse van die oefeninge

By die keuse van die oefeninge vir hierdie ondersoek is die volgende faktore in ag geneem:

- a. Die oefeninge moes geen buitengewone vaardigheid vereis nie. Wanneer die oefeninge buitengewone vaardighede sou vereis, kan dit meebring dat die effektiwiteit van werkverrigting van proefpersoon tot proefpersoon sal verskil. Die verskil in effektiwiteit van werkverrigting sal 'n verskil in suurstofopname teweegbring.
- b. Waar moontlik, moes die oefeninge geskik wees vir persone wat in 'n baie swak gesondheidstoestand verkeer - selfs bedlêend is.
- c. Die oefening moet sonder uitsondering binnenshuis uitgevoer kan word.
- d. Duur apparaat wat vereis word ten einde die oefeninge uit te voer moes, waar moontlik, vermy word.
- e. Voorkeur moes gegee word aan oefeninge wat die groter spiergroepe betrek. Arbeid deur die groter spiergroepe stel hoër energievereistes as arbeid deur kleiner spiergroepe.

- f. Die oefeninge moet waar moontlik vergelykbaar wees met navorsing wat reeds gedoen is ten einde 'n kontrole te hê waaraan die navorsing in die werkstuk gemeet kan word.
- g. Die oefeninge moes verkieslik 'n ritmiese tempo hê. Navorsers is dit eens dat ritmiese oefeninge die geskikste is, veral vir hartpasiente.¹⁾
- h. Die tempo van werkverrigting moes sodanig wees dat die oefening gemaklik vir ten minste 5 minute volgehou kan word. Sodanige tempo van werkverrigting sal verseker dat 'n funksieplato voor 'n tydsvloep van 5 minute bereik word (sien hoofstuk 3).

5.1.1 Oefening op die fietsergometer

Die apparaat is gekies omdat met oefening daarop vasgestel sou kon word of die bepalinge vir energieverbruik van hierdie ondersoek ooreenstem met ander navorsing wat op hierdie gebied gedoen is. Oefening op dié ergometer is ritmies en betrek die groot beenspierre. Die oefening vereis geen buitengewone vaardigheid nie en kan binnenshuis beoefen word. Die verskillende tempo's van werkverrigting is so gekies dat al die proefpersone dit gemaklik vir 5 minute kon volnou.

Die enigste nadeel, gemeet aan die bogenoemde vereistes, is die feit dat die ergometer duur is en dus nie so geskik is vir alge-

1) Raab, W. Prevention of ischemic heart disease. Springfield, Ill., Thomas, 1966. p. 329

mene gebruik nie. Goedkoper ergometers is wel beskikbaar dog met geeneen van die modelle kon die arbeidstempo bepaal word nie. 'n Konstante arbeidstempo is ook moeilik te handhaaf met die goedkoper modelle aangesien die „vliegwiël" nie die nodige middelpuntvlietende krag besit nie.

5.1.2 Die buig-strek-beenoefening

Die uitvoering van die oefening word in afdeling 2.2 hieronder bespreek. Die rede vir die keuse van die oefening is in die feit geleë dat dit deur bedlêende pasiente uitgevoer kan word. Die arbeidstempo is ritmies en betrek die groter beenspiere en gedeeltelik ook spiere van die laer abdomen. Die oefening vereis geen apparaat nie behalwe 'n pasaangeër (metronoom). Geen buitengewone vaardigheid word deur die oefening vereis nie. Die tempo's van werkverrigting is so gekies dat al die proefpersone dit gemaklik vir 5 minute kan volhou.

5.1.3 Die opstap oefening

Die opstap oefening word beskou as een van die mees geskikte oefeninge (sien afdeling 4.3 hierbo) en voldoen aan al die gestelde vereistes. 'n Houtkassie, wat maklik vervaardig kan word, en 'n pasaangeër (metronoom) is die enigste apparaat wat benodig word. Die oefening betrek die groter beenspiere. Die energie-verbruik vir die oefening is ook vergelykbaar met ander ondersoeke op die gebied.

5.1.4 Die armstoot oefening

Aanvanklik is besluit om die gebruiklike armstoot oefening („push up") vanaf die vloer as oefening te ondersoek. Die oefe-

ning sou egter moeilik uitgevoer kon word met die apparaat wat gebruik word om die suurstofopname te meet. Die oefening sou ook nie vir die volle tydsduur van vyf minute volgehou kon word nie. Daar is besluit om die oefening in 'n staande posisie uit te voer. ('n Volledige beskrywing van die uitvoering van die oefening word in afdeling 5.2.4 hieronder gegee).

Die armstootoefening betrek hoofsaaklik die armspiere. Dit het die nadeel dat 'n relatief geringe energieverbruik plaasvind.

Behalwe 'n pasaangeër (metronoom) word geen apparaat vereis nie. Die oefening leen hom geredelik tot 'n gestandaardiseerde metode van uitvoering sodat min individuele verskille in hierdie opsig voorkom. Die tempo waarteen geoefen word, is ritmies en die tempo's van werkverrigting is sodanig dat die proefpersone dit gemaklik vir vyf minute kan volhou.

5.2 Uitvoering van en instruksies vir die oefeninge

5.2.1 Die fietsergometer

'n Monark fietsergometer van die AB Cykelfabriken Monark, Swede, is gebruik.

Die proefpersone het die fietsergometer teen 'n vasgestelde tempo van 50 volle omwentelings per minuut by alle werksvlakke getrap. Die tempo is aangegee deur 'n metronoom wat gestel was om 100 enkelslae per minuut aan te dui. Die arbeidsvlakke was respektiewelik 150, 300, 450 en 600 kpm per minuut. Die tydsduur van 'n oefenperiode was telkens vyf minute. Op die bevel „begin” het die proefpersoon begin trap en op die bevel „stop” is die oefening gestaak.

5.2.2 Die buig-strek-beenoefening

Die oefening word uitgevoer terwyl die proefpersoon gestrek op sy rug lê met die hande oor die bors gevou. Die tempo waarteen geoefen word, word aangedui deur 'n metronoom waarvan die klokkie telkens lui. Met die lui van die klokkie, trek die proefpersoon die een been op (sonder dat die voet kontak met die oefenbank verloor) totdat die been ten volle gebuig is. Daarna word die been weer dadelik reguit gestoot. Met die volgende lui van die klokkie word dieselfde beweging met die ander been uitgevoer. Afbeelding 2 illustreer die oefening.

Werksvlakke wat getoets is, was 5, 8, 10, 12, 15, 18, 20 en 24 bewegings per minuut. Die getalle dui die bewegings aan wat elke been afsonderlik uitgevoer het.

Die duur van die oefening by die verskillende werksvlakke was telkens vyf minute waartydens 'n rustige en ritmiese tempo volgehou is.

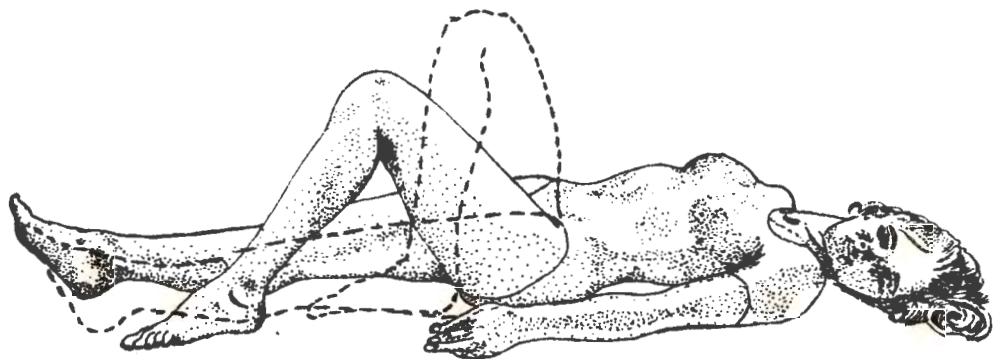
Die bevel "begin" en "stop" het die aanvang en einde van die oefening aangedui.

5.2.3 Die opstap oefening

Die oefening is uitgevoer deur op en af te klim van 'n houtkassie wat 0,31 meter hoog is. Opstaptempo's van 5, 8, 10, 12, 15, 18, 20 en 24 opstappe per minuut is getoets. Die opstaptempo's is aangedui deur die lui van 'n metronoom se klokkie. Met die lui van die klokkie is opgeklim en met die volgende lui van die klokkie is afgeklim. Die duur van die oefening was by alle werksvlakke vyf minute en is aangedui deur die bevel "begin" en "stop".

AFBEELDING 2

DIE BUIG - STREK - BEENOEFENING



5.2.4 Die armstootoefening

Die proefpersoon neem twee van sy eie voetlengtes vanaf 'n muur, in 'n staande posisie, stelling in, gesig na die muur gekeer met die arms ontspanne langs die sye. (Dit is gevind dat 'n groter afstand vanaf die muur veroorsaak dat die proefpersone tydens die terugstootbeweging nie genoeg stootkrag utoefen nie en gevolglik nie weer balans herwin in die staande posisie nie. Die proefpersone trap dan vorentoe met een van die voete om balans te behou. 'n Sodanige beweging sal 'n ongevraagde toevoeging tot die energieverbruik van die oefening tot gevolg hê.) Op bevel of die lui van 'n klokke, word die gestrekte arms tot skouerhoogte opgelig. Daarna leun die proefpersoon vooroor sodat die hande kontak maak met die muur. Die arms word nou gebuig totdat die voorkop net aan die muur raak en onmiddellik weer gestrek en in die gestrekte posisie laat sak tot weer langs die sye. Op die volgende bevel of lui van die klokke word die prosedure herhaal.

Die tempo's waarteen die armstote uitgevoer is, was 3, 4, 5, 6, 8, 10, en 12 armstote per minuut. Tempo's van 3, 4, 5 en 6 armstote per minuut is met behulp van 'n stophorlosie en op bevel van die toetsafnemer uitgevoer. 'n Metronoom het met die lui van 'n klokke die ander tempo's van werkverrigting aangedui,

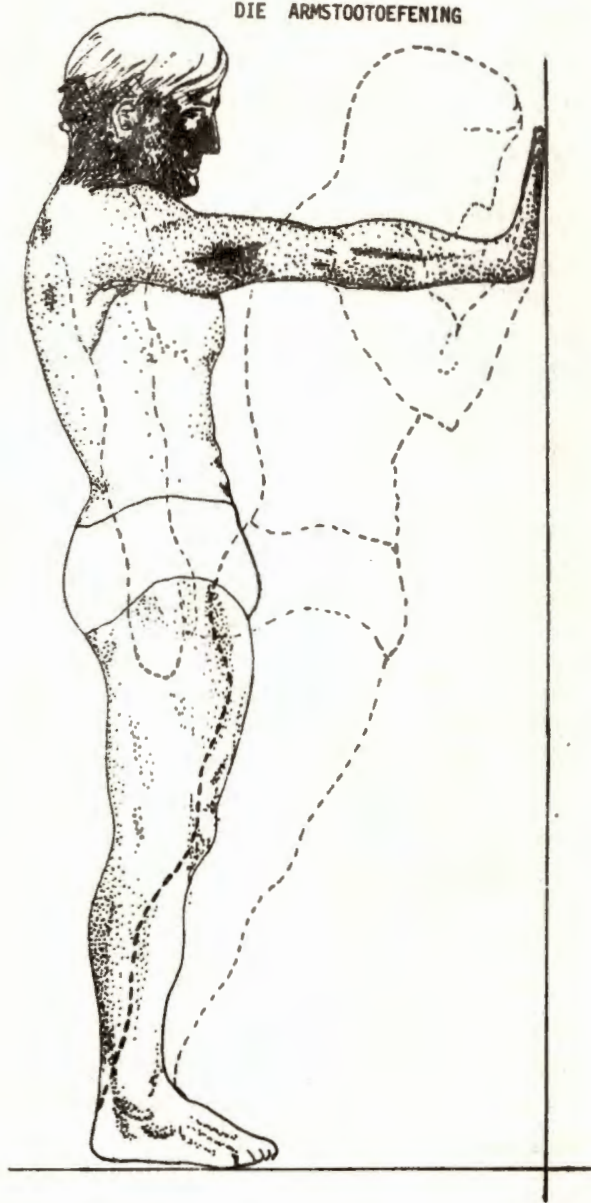
Afbeelding 3 illustreer die armstootoefening.

5.3 Die prosedure van toetsing

5.3.1 Die aktiwiteite

Die toetstye en dae waarop die proefpersone getoets is, het van proefpersoon tot proefpersoon verskil en is deur die proefpersone

DIE ARMSTOOTOEFENING



self gekies. Die tye het gewissel tussen 6:00 voormiddag en 7:00 namiddag. Die toetstye van drie proefpersone het ook gewissel. Aanvanklik is die drie proefpersone om 6:00 vm getoets. Later is die toetstye respektiewelik verskuif na 12:00 namiddag, 5:00 namiddag en 6:00 namiddag. Die verskuiwing het plaasgevind omdat die nagtemperatuur begin daal net en dit moeilik was om 'n gemaklike temperatuur in die toetskamer te reguleer.

Op grond van die bespreking in hoofstuk 3, afdeling 3.2, is dit duidelik dat dieet en verskil in tyd van toetsing nie 'n merkbare effek op die energieverbruik tydens oefening het nie. Daar is nogtans op gelet dat proefpersone ten minste twee ure na 'n maaltyd getoets is.

Aangesien oefening die grootste enkele faktor is wat energieverbruik beïnvloed (sien hoofstuk 4), is die proefpersone versoek om hulle vir ten minste twee ure voor toetsing, rustig te gedra.

By die aanvang van die toetse is alle proefpersone se bruto liggaamsmassa (liggaamsmassa met die klere waarmee die proefpersoon oefen), lengte en ouderdom bepaal en genoteer.

Alvorens met die bepaling van die suurstofverbruik vir 'n bepaalde oefening begin is, is toegesien dat die kamertemperatuur nie laer as 16°C en nie hoër as $29,5^{\circ}\text{C}$ is nie. (Sien hoofstuk 3 afdeling 3.5.1). Gedurende die kouer maande was dit soms nodig om die temperatuur met behulp van 'n elektriese verwarmers te reguleer. In sulke gevalle is noukeurig toegesien dat deure en vensters nie onnodig oop en toegemaak word nie. Sodoende is temperatuurskommelings, wat ook die apparaat kon beïnvloed, voorkom.

Alle proefpersone is, voordat met werklike toetsing begin is, eers toegelaat om vertrouwd te raak met die apparaat en die procedure van toetsing. Dit is ervaar dat proefpersone aanvanklik benoud is wanneer hulle via die apparaat asemhaal en as gevolg van die benoudheid hiperventileer. Registrasies is nte aanvaar alvorens die proefpersone op hul gemak gevoel het met die apparaat nie. Proefpersone moes eers 'n normale minuutventilasie ²⁾ vertoon alvorens aanvaar is dat hulle gemaklik ventileer.

Die procedure van suurstofbepaling was soos volg:

Proefpersone het vir ten minste 10 minute voor die aanvang van die toets in 'n gemaklike stoel gesit en rus. Gedurende die rusperiode is suurstof in die spirometer ingelaat, nagegaan of die skrywers genoeg ink bevat, die registrasiepapier in posisie geplaas en die spirometer- en kamertemperatuur genoteer.

Aan die einde van die rusperiode is die neus van die proefpersoon deur die proefpersoon self toegeklamp. Hierna het die proefpersoon getoets of die neusklem dig sluit deur die asem deur die neus te probeer uitblaas. Daar is baie deeglik op gelet dat geen lekkasie voorkom nie (sien afdeling 5.4 hieronder).

Vervolgens het die proefpersoon die asem deur die mond uitgeblaas en die mondstuk in die mond geplaas. Ventilاسie het nou in die spirometer plaasgevind. Die pype waaraan die mondstuk gekoppel is, is hierna met 'n breë elastiese band om die bors bevestig sodat die pype nte onnodig rondswaai tydens die oefening nie en nie die mondstuk se posisie versteur nie.

2) De Vries. op. cit. p. 117

Die spirometerdrom is hierna aangeskakel.

Die proefpersoon het in die rustende posisie vir ten minste tien minute verkeer sodat die rustende suurstofverbruik en minuutvolume bepaal kon word.

Nadat die bepalings in rus gedoen is, is die proefpersoon versoek om op of by die apparaat wat vir die oefening gebruik word, posisie in te neem.

Nadat die proefpersoon posisie op of by die oefenapparaat ingeneem het, is die metronoom in werking gestel. (In alle gevalle is die oefeninge vooraf aan die proefpersone gedemonstreer.)

Op die bevel „begin" het die proefpersoon begin oefen.

Die oefenperiode het in alle gevalle ten minste vyf minute geduur en in hierdie periode is suurstof in die apparaat ingelaat soos wat nodig gevind is, die spirometertemperatuur is weer genoteer en daar is gekontroleer of die proefpersoon die oefening korrek uitvoer. In gevalle waar twyfel bestaan het of 'n funksieplato wel bereik is, is die duur van die oefening met twee minute verleng. Indien die oefening nie korrek uitgevoer is nie, is die toets op 'n ander dag herhaal.

Aan die einde van die oefenperiode is die oefening gestaak op die bevel „stop". Die proefpersoon het weer op die stoel gaan sit. Die spirometertemperatuur is weer genoteer.

Die suurstofverbruik is vervolgens vir minstens drie minute na afloop van die oefening bepaal.

Hierna is die neusklem en mondstuk verwyder en die apparaat afgeskakel. Die registrasiepapier is vervolgens verwyder en die nommer van die oefening, naam van die proefpersoon, temperatuurlesings, datum en tyd van die dag getoets, daarop aangebring. Die lugdruk is later, volgens datum en tyd, vanaf die registrasie van 'n barograaf, gelees en op die betrokke registrasiepapier aangebring.

5.3.2 Vitale kapasiteit

Dit is die volume gas wat deur 'n geforseerde uitaseming uitgeblaas kan word nadat maksimaal ingeasem is. ³⁾

Die vitale kapasiteit van al die proefpersone is soos volg bepaal:

Die proefpersoon is op sy rug op die oefenbank laat lê, gekoppel aan die spirometer. Die spirometer is aangeskakel terwyl die proefpersoon normaalweg asemhaal.

Terwyl die proefpersoon normaalweg asemgehaal het, is hy gevra om maksimaal in te asem en daarna al die asem uit te blaas. Daarna is die proefpersoon toegelaat om weer rustig te respireer. Die toets is nog twee maal herhaal.

Die apparaat is hierna afgeskakel en die mondstuk verwyder. Die spirometerregistrasie is verwyder en die naam, temperatuur, datum en lugdruk daarop aangebring, en daarna gestoor.

3) De Vries. op. cit. p. 110

5.3.3 Dwanguitasemingsvolume ($FEV_{1,0}$)

Die dwanguitasemingsvolume is die grootste hoeveelheid gas wat in 'n sekere tyd (1 sek.) gedurende 'n geforseerde uitaseming uitgeblaas kan word.⁴⁾

Die prosedure vir die toetsing van die dwanguitasemingsvolume ("forced expiratory volume") was soos volg:

Die koolsuurgasabsorbeerder (natronkalk) word uit die spirometer verwyder.

Die eenrigtingklep in die pyp waarin normaalweg uitgeasem word, word verwyder.

Kamerlug word in die spirometer ingelaat.

Die proefpersoon se neus word toegeklem en daarna word die mondstuk in die mond geplaas.

Die apparaat word op maksimumsnelheid aangeskakel (dromsnelheid 1 900 mm/sek.)

Die proefpersoon inspireer maksimaal en blaas dan die ingeasemde lug teen maksimale snelheid uit. Die toets word nog twee keer herhaal.

Die apparaat word afgeskakel, die proefpersoon van die apparaat ontkoppel en die registrasie verwyder.

- 4) Warren E. Collins, Inc., 220 Wood Road, Braintree, Massachusetts, 02184. Aanhangel verskaf met Warren E. Collins Spirometer, Cat. No. p-465-B

Die proefpersoon se naam, datum van toetsing, spirometertemperatuur en lugdruk word op die registrasie aangebring.

5.3.4 Maksimale asemhalingsvermoë (MV_{80})

Maksimale asemhalingsvermoë dui die hoeveelheid lug aan wat 'n persoon kan ventileer gedurende vrywillige maksimale ventilasie vir 'n bepaalde tyd.⁵⁾

Die toetsprosedure was die volgende:

Alle kleppe en die koolsuurgasabsorbeerder word uit die spirometer verwyder.

Kamerlug word in die spirometer ingelaat.

'n Metronoom wat 'n tempo van 80 slae per minuut aandui, word in werking gestel.

Die proefpersoon word aan die spirometer gekoppel.

Die spirometer word op maksimumsnelheid (1 900 mm/min.) aangeskakel.

Die proefpersoon ventileer maksimaal teen 'n tempo van 80 in- en uitasemings per minuut vir 15 sekondes.

Die spirometer word afgeskakel en die proefpersoon word ontkoppel om te rus vir 5 minute.

5) Warren E. Collins. op. cit. Aanhangsel: Cat. No. p.-465-B

Die toets word nog twee maal herhaal.

Hierna word die registrasie verwyder en die proefpersoon se naam, datum van toetsing, spirometertemperatuur en lugdruk op die registrasie aangebring.

5.4 Die apparaat vir die bepaling van suurstofverbruik

Vir die bepaling van suurstofverbruik is gebruik gemaak van 'n Warren E. Collins spirometer met 'n kapasiteit van 9 liter. Die apparaat kan verskillende longfunksies asook suurstofverbruik, minuutvolume en respirasiesnelheid, direk registreer.

Die suurstofverbruik en minuutvolume (met respirasiesnelheid) word met twee afsonderlike skrywers op 'n roterende drom (met registrasiepapier) geregistreer. Die suurstofverbruik word aangetoon met behulp van swart ink terwyl die minuutvolume met rooi ink aangedui word.

Die spirometer se werking word nie hier beskryf nie. Dit is standaard apparaat waarvan die werking deeglik beskryf is.^{6,7)}

Volgens Consolazio⁸⁾ is die spirometer onderhewig aan die volgende foute:

6) De Vries. op. cit. p. 150

7) Warren E. Collins. Spirometry. Warren E. Collins, 220 Wood Road, Braintree, Massachusetts.

8) Consolazio. op. cit. p. 23

Die kalibrasie van die spirometer kan foutief wees.

Temperatuurveranderinge kan volumes beïnvloed.

Die absorpsie van koolsuurgas kan onvolledig wees.

Die vogtigheid van die gasse in die spirometer kan onvoldoende wees.

Lekkasies by die mondstuk of neusklamp kan voorkom.

Lekkasies kan in die spirometersisteem voorkom.

Die verhouding tussen suurstofopname en stikstofeliminering kan foutief wees.

Met bogenoemde moontlike foute in ag geneem, is die volgende voorsorgmaatreëls deur die toetsafnemer getref:

Daar is alleenlik gebruik gemaak van die registrasiepapier wat deur die vervaardigers van die apparaat verskaf word. Om korrekte kalibrasie verder te verseker, is die snelheid waarteen die drom roteer van tyd tot tyd met 'n stophorlosie gekontroleer. Dit het deurgaans geblyk korrek te wees.

Tydens alle bepalinge is die temperatuur van die spirometergasse self asook dié van die kamer voor, tydens en na bepalinge gekontroleer en genoteer. Daar is seker gemaak dat deure en vensters toe is sodat lugbeweging in die vertrek tot 'n minimum beperk is.

Die natronkalk is gereeld nagegaan en 30 minute voor die bestaande tyd van 180 minute verwyder en met nuwe natronkalk vervang. So-doende is verseker dat koolsuurgas volledig geabsorbeer word.

Tydens die vervanging van natronkalk is dit aangeklam deur dit met water te besprinkel. Daarna is 'n ongenoteerde, rustende bepaling van 15 minute gedoen. Op hierdie manier is verseker dat die vogtigheid van die spirometergasse met die van die uitgeasemde lug tydens genoteerde bepalinge korrespondeer. Proefpersone het ook reeds vir 'n minimum tydperk van tien minute deur die apparaat gerespireer voordat met werklike bepalinge begin is.

Wanneer die neusklamp bevestig is, is die proefpersoon telkens gevra om lug deur die neus te probeer uitblaas. Indien lug deur die neus uitgeforseer kon word, moes die neusklamp herbevestig word totdat verseker is dat daar nie lekkasies voorkom nie. Daar is sover moontlik gepoog om lekkasies by die mondstuk te voorkom deur elastiese materiaal oor die mondstuk te span nadat die mondstuk in die mond geplaas is.

Daar is herhaaldelik getoets vir lekkasies in die apparaat self deur 'n gewiggie op die klok van die apparaat te plaas en die skrywer dop te hou. Wanneer die gewiggie verwyder is, moes die skrywer na die oorspronklike posisie terugkeer. Alle koppelings is gereeld nagegaan om die stewigheid daarvan te bevestig. Addisioneel is die rubberkoppelings met geskikte tou bevestig.

Deur die proefpersone vir 'n minimum van tien minute voor aan-
vang van die bepaling deur die apparaat te laat respireer, is
verseker dat die verhouding tussen die suurstofopname en stik-
stofeliminering korrek is.

Met bogenoemde voorsorgmaatreëls in aanmerking geneem, word
nagtans aanvaar dat bepalinge wat met die respirometer gedoen
word, 'n fout het van tot 12 persent.⁹⁾

9) Consolazio. op. cit. p. 23

HOOFSTUK 6

VERWERKING VAN DIE GEGEWENS VAN DIE ONDERSOEK

6.1 Persoonlike statistiek van die proefpersone

Alle persoonlike gegewens van die proefpersone is op 'n afsonderlike kaart vir persoonlike statistiek, waarvan 'n voorbeeld hiernaas verskyn, aangebring.

Leeftyd

Die geboortedatum van elke proefpersoon is genoteer by die aanvang van die toetse. Die leeuftyd van elke proefpersoon is verwerk na jare, waar ses maande en meer as 'n volle jaar beskou is. Die gemiddelde ouderdom (in jaar) gedurende die verloop van die toetsperiode is as die proefpersoon se ouderdom aanvaar.

Lengte

Die proefpersone se lengte is by die aanvang van die toetse in sentimeter bepaal. Die lengte is sonder skoeisel in 'n staande posisie, teen 'n gelyke oppervlak, bepaal.

Liggaamsmassa

Die liggaamsmassa van die proefpersone is in ponde bepaal en omgewerk tot die naaste halwe kilogram waar een kilogram aanvaar is as gelyk aan 2,205 pond. Die liggaamsmassa wat bepaal is, was die bruto liggaamsmassa (massa van die klere waarmee geoefen is, ingesluit). Geeneen van die proefpersone het 'n beduidende verandering in liggaamsmassa gedurende die toetsperiode ondergaan nie.

— PERSOONLIKE STATISTIEK —

Naam

Geboorte Datum

Ouderdom By Aanvang jr. Gemiddelde

Ouderdom By Afsluiting jr. Ouderdom jr.

Toetstyd Aanvang - - 69

Afsluiting - - 69. Toetsperiode mnd.

Gewig By Aavang kg. Gemiddelde

Gewig By Afsluiting kg. Gewig kg.

Lengte cm.

Gemiddelde Veloppervlak m²

Vitaalkapasiteit liter (L.T.D. Versadig)

FEV₁ liter (L.T.D. Versadig)

MVV₈₀ liter (L.T.D. Versadig)

Rustende Energie Verbruik ml O₂/min N.T.D. Droog

FEV₁ : Dwanguitademingsvolume

MVV₈₀ : Maksimale Ademhalingsvermoë 80/min.

Veloppervlak

Elke proefpersoon se veloppervlak is bereken volgens sy lengte en massa deur gebruik te maak van 'n nomogram wat saamgestel is volgens die formule van Du Bois en Du Bois ¹⁾ naamlik:

$$6.1.1 \quad m^2 = 0,007184 \times L^{0,725} \times W^{0,425}$$

waar m die veloppervlak in vierkante meter aandui, L die lengte in sentimeter en W die massa in kilogram.

Vitale kapasiteit

Die vitale kapasiteit van die proefpersone is in liter bepaal soos in afdeling 5.3.2 hierbo beskryf is. Die volume is later verwerk na die volume by normale liggaamstemperatuur en druk en versadig aan waterdamp (LTD versadig). Die faktore waarvolgens die volume verwerk is, word hieronder aangegee in afdeling 6.2.2. Dit is gebruikelik dat alle volumes wat op longfunksie betrekking het, verwerk word volgens die toestande wat in die longe heers. ²⁾

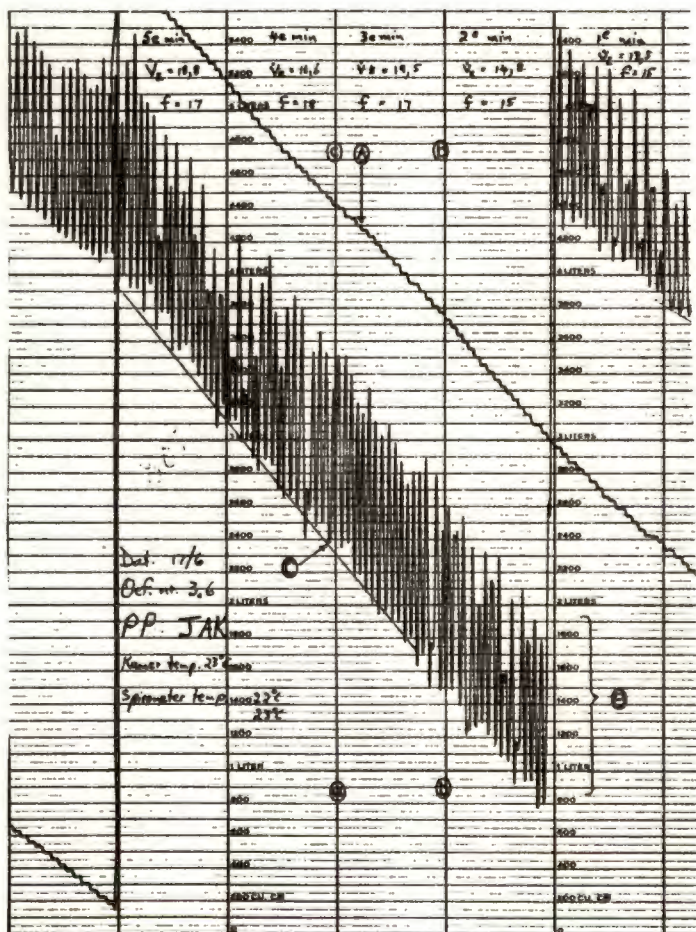
Dwanguitasemingsvolume (FEV_{1,0})

Die volume lug, in liter, wat die proefpersoon in een sekonde kon uitblaas nadat maksimaal ingeasem is, is vir elke proefpersoon bepaal. Die resultaat is verwerk na liggaamstemperatuur en -druk, versadig aan waterdamp. Die toetsprosedure word beskryf in afdeling 5.3.3.

1) Consolazio. op. cit. p. 32

2) Consolazio. op. cit. p. 195

AFBEELDING 4



COPIE PAPER

WELD PAPER PAPER

Maksimale asemhalingsvermoë ($\dot{MVV}_{80}$)

Die maksimale asemhalingsvermoë van elke proefpersoon is vir 12 sekondes vasgestel. Die resultaat is uitgedruk in liter per minuut by normale liggaamstemperatuur en druk, versadig aan waterdamp. Die toetsprosedure word beskryf in afdeling 5.3.4.

6.2 Die spirometerregistrasie en verwerking van die gegewens van die registrasie

Afbeelding 4 is 'n voorbeeld van 'n spirometerregistrasie wat tydens 'n bepaalde oefening verkry is. Die gegewens van die registrasie en die verwerking daarvan, is soos volg:

6.2.1 Suurstofverbruik ($\dot{V}_{O_2}$)

Die suurstofverbruik word aangedui deur die onderste helling van registrasie B. Die helling van registrasie B word aangedui met 'n reguitlyn C wat met behulp van 'n liniaal getrek word. Indien die helling van registrasie B nie konstant is vir ten minste twee minute nie, word aanvaar dat 'n funksieplato nie bereik is nie. Die afstand tussen lyne a en b stel 'n tydsverloop van een minuut voor. Deur die lesings van die snypunte van lyn C met lyne a en b te verkry en die kleiner lesing van die groter lesing af te trek, word die suurstofverbruik vir een minuut, in liter verkry.

Aangesien die lugdruk en temperatuur gedurig wissel en die toets-tye nie ooreengekom het nie, is alle suurstofverbruiksbepalings na normale temperatuur en lugdruk in 'n vogvrye toestand (NTD droog) verwerk. Sodoende is bepalinge by verskillende temperature en druk vergelykbaar met mekaar. Die kamertemperatuur

— SUURSTOFVERBRUIK — VENTILASIE EKWALENT (V.E_m) —

Naam _____

Oefening

Gewig kg.

Veloppervlak m²

Oefening Nr.								
Datum								
Tempo - min								
Arbeid kgm.								
Korreksie Faktor N.T.D.								

SUURSTOFVERBRUIK: Rus ml - min - kg N.T.D.

[illegible]

VENTILASIE EKWIVALENT_(V.E.02)

$\text{Boer L.T.D.} / \text{Boor}_{02}$	N.T.D.				
V.R. ₀₂ / kg					
V.R. ₀₂ / m ²					

N.T.D. = Normale Temperatur en Druk Droog.

m.e. - Metaboliese Eenhede

L.T.D. - Lichaamstemperatuur en Druk Versadigd

is in grade Celsius gelees en die lugdruk in mmHg. Lugdruk is deur 'n barograaf geregistreer. Die verwerking van die suurstofverbruik na normale temperatuur en druk, droog, is met behulp van 'n korreksiefaktor gedoen wat vanaf 'n nomogram gelees is. Die nomogram wat gebruik is, is 'n aanhangsel verskaf deur Consolazio.³⁾

Al die gegewens in verband met die suurstofverbruik is aangebring op 'n prestasiekaart waarvan 'n voorbeeld hiernaas verskyn.

Die suurstofverbruiksbepalings is verder verwerk en uitgedruk as milliliter per kilogram liggaamsmassa, milliliter per vierkante meter veloppervlak en metaboliese eenhede bokant rus. Die verwerkings is gedoen ten einde die ondersoek na 'n beter uitdrukkingsverband vir energieverbruik, tydens oefening, te vergemaklik (sien hoofstuk 7).

6.2.2 Minuutvolume

Die sig-saglyn, lyn A, op afbeelding 4 dui die volume gas aan wat gedurende die oefening ingeasem word. Die skrywer wat lyn A registreer, registreer net wanneer ingeasem word deur 'n nagenoeg vertikale lyn na bo te trek. Dié vertikale lyne verteenwoordig een vyf-en-twintigste van die beweging van die klok van die spirometer. Die minuutvolume word bepaal deur die verskil in die waardes wat die snypunte van lyn A met lyne b en c maak, met 25 te vermenigvuldig. (Die minuutvolume van 'n sekere

3) Consolazio. op. cit. p. 7

— MINUUTVOLUME —

Datum Naam Oefening

Arbeid Tempo Oef. Nr.

Gewig kg. Velopp. m³

MVV₈₀ $\frac{l}{min}$ L.T.D. vers. Lugdruk mmHg. Temp °C

Korreksie Faktor L.T.D. vers.

	l/min	l/min L.T.D. vers.	l/min/cm	l/min/kg	l/min/cm ²	So Rus	Prosentasie Rus	Prosentasie MVV ₈₀
RUS								
VOOR								
Eerste Min. van								
Tweede								
Derde								
Vierde								
Vyfde								
Eerste Min. na								
Tweede								
Derde								
Vierde								
Vyfde								

MVV₈₀ - Maksimale asemhalingsvermoë 80 min.

Velopp. - Veloppervlak

L.T.D. vers - Liggaamstemperatuur en druk vermindig.

minuut word in die vorige minuut geregistreer; dit wil sê, die hoeveelheid lug wat gebruik is tydens die suurstofopname van die vyfde minuut, word aangegee deur die gedeelte van lyn A in die vierde minuut). Die resultaat is die volume lug, in liter, wat gedurende een minuut geventileer is.

Minuutvolumes is by alle registrasies vir elke minuut van die registrasie bepaal. Tydens rustende energieverbruiksregistrasies is die gemiddelde minuutvolume van die aantal minute wat in rus verkeer is, bereken. Tydens energieverbruiksregistrasies wat gedurende oefening gedoen is, is die gemiddelde minuutvolume van die laaste drie minute geneem as verteenwoordigend van die betrokke werksvlak van die oefening.

'n Voorbeeld van die prestasiekaart waarop die gegewens vir minuutvolume aangelring is, verskyn hiernaas.

Alle bepalinge van minuutvolume is verwerk na liggaamstemperatuur en omgewingslugdruk, versadig aan waterdamp. Ten einde laasgenoemde verwerking te doen, is gebruik gemaak van korreksiefaktore wat van 'n korreksietabel verkry is. 'n Voorbeeld van sodanige tabel word deur Consolazio ⁴⁾ aangegee. Die tabel deur Consolazio aangegee is egter saamgestel vir 'n lugdruk van 760 mmHg en maak ook nie voorsiening vir die temperature wat deur skrywer ondervind is nie. Die gemiddelde lugdruk waarby die proefpersone vir hierdie werkstuk getoets is, was 658 mmHg. Dit is nie

4) Consolazio. op. cit. p. 195

nodig gevind om by die samestelling van 'n eie tabel (tabel VI.1) hieronder die verskille in lugdruk wat tydens verskillende bepālings voorgekom het, in ag te neem nie. Berekening het aangetoon dat 'n verskil van 10 mmHg bo of onder 658 mmHg 'n geringe verskil van 0,001 in die korreksiefaktor teweeg bring. Consolazio ⁵⁾ beskou dit as onbeduidend. Die lugdrukverskille wat tydens die toetse in hierdie werkstuk ondervind is, het gewissel tussen 653 mmHg en 662 mmHg - 'n verskil van -5 mmHg en +4 mmHg van die gemiddelde druk van 658 mmHg

Die berekening van die korreksiefaktore vir volumes, LTD versadig, soos hieronder in tabel VI.1 aangegee, is met behulp van die volgende formule ⁶⁾ gedoen:

$$6.2.1 \quad V(\text{LTD versadig}) = V \left(\frac{273 + 37^{\circ}\text{C}}{273 + t} \times \frac{658 - \text{WD1}}{658 - \text{WD2}} \right)$$

waar die gedeelte tussen hakies die korreksiefaktor verteenwoordig, V die volume gas soos deur die spirometer aangegee, 273 die Absolute temperatuur, 37°C die normale liggaamstemperatuur, t die spirometertemperatuur, 658 die lugdruk in mmHg WD1 die waterdampdruk by die spirometertemperatuur gemeet en WD2 die waterdampdruk by normale liggaamstemperatuur van 37°C. Die waterdampdruk by die verskillende temperature is gevind in 'n tabel deur Darling ⁷⁾ saamgestel.

5) Consolazio. op. cit. p. 196

6) Ibid. p. 196

7) Consolazio. op. cit. p. 99

Aangesien daar in die verband tussen suurstofverbruik en minuutvolume, in verskillende uitdrukkingsvorme, belang gestel is, is minuutvolume ook uitgedruk as liter per kilogram liggaamsmassa, liter per vierkante meter veloppervlak en liter per sentimeter liggaamslengte. Die persentasie toename van die minuutvolume bokant rus en die minuutvolume as persentasie van die maksimale asemhalingsvermoë per minuut is ook bepaal.

6.2.3 Respirasiesnelheid

Die respirasiesnelheid is bepaal deur die aantal stygings in die sig-sag lyn, lyn A (sien afbeelding 4 hierbo) te tel. Elke styging verteenwoordig die fase wanneer die proefpersoon inasem. Net soos in die geval van die minuutvolume, hierbo beskryf, is die gedeelte van lyn A wat in die 3e minuut van oefening voorkom, verteenwoordigend van die 4e minuut. Die aantal stygings van lyn A stem ooreen met die kruine van registrasie B in die volgende minuut.

Die respirasiesnelhede van elke minuut van alle bepalinge is bereken. Die toename in respirasiesnelheid bo die rustende respirasiesnelheid asook die persentasie toename bo die rustende waarde, is telkens vir elke oefening bepaal.

Die respirasiesnelhede van die betrokke oefeninge is bepaal deur die gemiddelde respirasiesnelheid van die laaste drie minute van die betrokke werksvlak van die oefening te bereken. 'n Voorbeeld van die prestasiekaart waarop die gegewens vir respirasiesnelheid aangebring is, verskyn hiernaas.

— RESPIRASIESNELHEID —

Naam

Oefening

Datum				
Oef. Nr.				
Arbeid				
Tempo				

★	Aantal Min.	Toename Bo Rus	Persent. van Rus	Aantal Min.	Toename Bo Rus	Persent. van Rus	Aantal Min.	Toename Bo Rus	Persent. van Rus	Aantal Min.	Toename Bo Rus	Persent. van Rus
RUS												
VOOR												
Eerste Min. van												
Tweede												
Derde												
Vierde												
Vyde												
Eerste Min. na												
Tweede												
Derde												
Vierde												
Vyde												

6.2.4 Getyvolum

Getyvolum stel die gemiddelde hoeveelheid lug voor wat met elke asemhaling geventileer word. Die getyvolum is bepaal deur die minuutvolum (LTD versadig) te deel deur die respirasiesnelheid vir die betrokke minuut. Die resultaat is aangegee in kubieke sentimeter (LTD versadig)

Rustende getyvolumes is vir elke proefpersoon bepaal deur die gemiddelde getyvolum van alle rustende registrasies van die proefpersoon te bereken. Die rustende getyvolum is vir elke minuut tydens oefening bepaal. Die gemiddelde getyvolum van die laaste drie minute tydens oefening is geneem as verteenwoordigend van die betrokke werksvlak van die oefening.

Getyvolum is ook uitgedruk in kubieke sentimeter per sentimeter liggaamslengte, kubieke sentimeter per kilogram liggaamsmassa, kubieke sentimeter per vierkante meter veloppervlak, as persentasie van die rustende getyvolum, as persentasie van die vitale kapasiteit en as persentasie van die dwalguitasemingsvolum. In hoofstuk 6 verskyn die redes vir bogenoemde uitdrukkingsvorme vir elke oefening afsonderlik.

Die gegewens van die getyvolumes is op 'n aparte prestasiekaart, waarvan 'n voorbeeld hiernaas verskyn, aangebring.

— GETYVOLUME —

Datum Naam Oefening

Arbeid Tempo Oef. Nr.

Gewig kg. Velopp. m²

V.K. hier
L.T.D. vers. FEV₁ hier
L.T.D. vers.

	ml L.T.D. vers	ml/min	ml/kg	ml/m ²	So Rug	Prosentasie Rug	Prosentasie V.K.	Prosentasie FEV ₁
RUS								
VOOR								
Eerste Min. van								
Tweede								
Derde								
Vierde								
Vyfde								
Eerste Min. na								
Tweede								
Derde								
Vierde								
Vyfde								

FEV₁ - Deengwaasingsvolume
L.T.D. vers - Liggaamstemperatuur en druk versoenig

V.K. - Vastekapastiteit
Velopp. - Veloppervlak

6.3 Suurstof-ventilasie-ekwivalent (VE_{O_2})

Die suurstof-ventilasie-ekwivalent is die verhouding van die minuutvolume (LTD versadig) tot die suurstofverbruik (NTD droog). Dit is bereken deur die minuutvolume (liter) van 'n betrokke werksvlak te deel deur die suurstofverbruik (liter) van dieselfde werksvlak. Die resultaat word as 'n getal aangegee.

Die ventilasie-ekwivalent is ook in verhouding tot die liggaams-massa (kg) en veloppervlak (m^2) bereken.

Die gegewens is op 'n prestasiekaart, waarvan 'n voorbeeld hierbo in afdeling 6.2.1 verskyn, aangeteken.

6.4 Effektiwiteit van werkverrigting

Die effektiwiteit van werkverrigting dui aan hoe effektief die energieverbruik aangewend is ten einde die uitwendige arbeid te verrig. In hierdie werkstuk is die netto effektiwiteit van werkverrigting bepaal. Die netto energieverbruik word verkry deur die rustende energieverbruik eers af te trek van die totale energieverbruik sodat alleen die energieverbruik wat deur die oefening vereis word, verkry word.⁸⁾

Netto effektiwiteit van werkverrigting is m.b.v. formule 6, afdeling 3.1.5 hierbo, bereken naamlik:

8) Karpovich. op. cit. p. 86

$$6.4.1 \quad NE (\%) = \frac{A}{H - H_2} \times 100$$

waar NE die netto effektiwiteit van werkverrigting voorstel, A die eksterne arbeid wat verrig is, in kilogram meter per minuut, H die totale suurstofverbruik (omgewerk na kilogram meter per minuut) en H_2 die rustende suurstofverbruik (omgewerk na kilogram meter per minuut)

Vir die omrekening van suurstofverbruik na arbeid, uitgedruk in kilogram-meter, is een liter suurstof as die ekwivalent van 2 073,0 kilogram meter aanvaar aangesien die proefpersone almal 'n gemengde dieet gevolg het.⁹⁾

Die omrekeningsfaktor vir suurstofverbruik na kilogram-meter is by die formule gevoeg sodat die formule vir die persentasie netto effektiwiteit van werkverrigting, in sy finale vorm, as volg daar uit sien:

$$NE (\%) = \frac{A}{(H - H_2) 2\,073} \times 100$$

waar 2 073 die arbeid in kgm voorstel wat deur 1,0 liter suurstof verteenwoordig word.

Die bepaling van eksterne arbeidsverrigting was alleen moontlik by die opstap oefening en by die oefening op die fietsergometer. In die eerste geval kon die arbeid wat per minuut verrig is, bereken word deur die produk van die hoogte van die kassie (31,0cm) en die getal opstappe per minuut,

9) Karpovich. Aanhangsel. op. cit.

te vermenigvuldig met die liggaamsmassa van die proefpersoon. Die resultaat word in kilogram meter per minuut aangegee. Die fietsergometer is gekalibreer en gee die arbeidsverrigting per minuut in kilo pond meter (kpm) per minuut aan. (Een kpm is gelyk aan een kgm - sien hoofstuk 4, afdeling 4.5)

6.5 Statistiese verwerking van die gegewens

Die bepaling van energieverbruik tydens progressief verswarende aktiwiteite lewer meestal probleme op wanneer daar gekom word tot die verwerking van die resultate. Consolazio ¹⁰⁾ som die probleme as volg op: "Most professional statisticians have little sympathy for metabolic physiologists and have spent most of their time on large sample statistics. Often they do not realize that metabolic studies are expensive in terms of time and money. The authors estimate that one patient in a metabolic ward costs about 50 dollars per day (1962 money) In most metabolic studies, one subject demands about two technical observers to keep up with the experimental requirements. In short, metabolic physiologists are virtually forced into small sample experimental design and need help from the statisticians, not complaints about fewer than 30 subjects."

By die toetsing van energieverbruik tydens progressiefverswarende tempo's van werkverrigting, is dit verkieslik dat dieselfde proefpersone gebruik word by die verskillende tempo's van werkverrigting. ¹¹⁾ Dit beteken dat die gegewens wat

10) Consolazio. op. cit. p. 439

11) Falls. op. cit. p. 306

verkry word nie onafhanklik van mekaar is nie; 'n toestand wat nie die bepaling van die beduidendheid, al dan nie, van die passing op die gegewens moontlik maak nie. Om onafhanklike steekproewe van proefpersone op elke werksvlak te kies, hou die voordele in dat op grond van sekere aannames betroubaarheid van regressiepassings, regressiekwosiënte en betroubaarheidsintervalle bereken kan word. Die nadele daarvan is egter prakties van aard. Daar sou 'n groot aantal (verskillende) proefpersone betrokke moes wees met gepaardgaande probleme waarvan onkoste en aanleer van die gebruik van die apparaat die belangrikstes is. Waar verskillende navorsers ^{12,13,14,15,16)} egter gevind het dat onafhanklike streekproewe (selfs gegewens van verskillende navorsers van verskillende lande) ooreenstemmende resultate met afhanklike steekproewe toon, is besluit om 'n groep proefpersone te kies en hulle by die verskillende werksvlakke te toets. Die aanname is dus implisiet dat naastenby dieselfde aard van verspreiding van gegewens verkry sou word indien onafhanklike proefpersone op elke arbeidsvlak gekies sou word. Die ondersoek poog dus meer om die moontlike verband(e) se aard te ondersoek. Verwerking van die resultate van hierdie ondersoek toon noue verband met ander ondersoeke (sien afdelings 7.2 en 7.4)

12) Passmore & Durnin. op. cit. p. 806

13) Durnin & Passmore. op. cit. p. 43

14) Johnson. op. cit. p. 319

15) Consolazio. op. cit. p. 391

16) Karvonen & Barry. op. cit. p. 333

In die huidige ondersoek is van 10 proefpersone gebruik gemaak. Dieselfde proefpersone is by die verskillende werksvlakke van elke oefening getoets. Die resultate van een van die proefpersone kon nie gebruik word nie. Die proefpersoon het deur- gaans hiperventileer en weens die ongemak as gevolg van 'n kunsgebit, dikwels nie die toets voltooi nie. Die gegewens wat in die ondersoek verwerk is, is dus afkomstig van bepalinge wat op 9 proefpersone gedoen is.

In die werkstuk wat hier aangebied word, is die berekening van die gegewens wat op die prestasiekaarte verskyn, met 'n Facit rekenmasjien gedoen. Daarna is die verskillende verbande wat tussen die gegewens bepaal is, met behulp van 'n reken- outomaat gedoen. Die verbande word in die vorm van regressie- vergelykings aangedui. Die program wat gebruik is, is 'n standaard Fortran program.

Die programmering is sodanig dat die regressielyn wat die beste op die gegewens pas, verkry word.

'n Voorbeeld van die resultate soos deur die rekenoutomaat verwerk, verskyn in afbeelding .5. Die gegewens van afbeelding 5 verskaf die volgende:

Die konstante waarde in die regressievergelyking word deur „Intercept” aangegee naamlik 0,32328575.

Die veranderlike waardes word aangegee deur „Regression Coefficients” naamlik 0,04025713.

POLYNOMIAL REGRESSION.....

4

AFBEELDING 5

NUMBER OF OBSERVATION,

6

POLYNOMIAL REGRESSION OF DEGREE 1

INTERCEPT 0.32328575

REGRESSION COEFFICIENTS
0.04025713

ANALYSIS OF VARIANCE FOR 1 DEGREE POLYNOMIAL

SOURCE OF VARIATION	DEGREE OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	IMPROVEMENT IN TERMS OF SUM OF SQUARES
DUE TO REGRESSION	1	0.70902	0.70902	754.09814	0.70902
DEVIATION ABOUT REGRESSION	4	0.00376	0.00094		
TOTAL	5	0.71278			

POLYNOMIAL REGRESSION OF DEGREE 2

INTERCEPT 0.32060867

REGRESSION COEFFICIENTS
0.04106045 -0.00003213

Die regressievergelyking is dus:

$$Y = 0,32328575 + 0,04025713X$$

Die standaard fout (S_E) van die berekening word verkry deur die vierkantswortel van die „mean square” te bepaal. (Die standaard fout van die skattings van energieverbruik uit arbeidstempo is die vierkantswortel van die variansie van die regressielyn. Die variansie word bereken deur die verskil van die werklike Y-waardes met die Y-waardes soos aangegee deur die regressievergelyking, te verkry, die verskille dan te kwadrateer, daarna die som van die kwadrate te bepaal en dit met die grade van vryheid te deel.¹⁷⁾ Bogenoemde verwerking word deur die rekenoutomaat gedoen en die variansie word aangegee as die „mean square”)

Die standaard fout as gevolg van die „deviation about regression” is dus volgens die gegewens van afbeelding 5.

$$S_E = \sqrt{0,00094}$$

Die mate waartoe die regressievergelyking die Y-waardes voorspel, is verkry deur die determinasiekoëffisiënt ($R^2 \times 100$) te bepaal. (R is die korrelasiekoëffisiënt tussen die waargenome Y-waardes en die Y-waardes soos bereken deur die regressievergelyking.¹⁸⁾ (R^2 kan as 'n veralgemening van

17) Wilks, S.S. Elementary statistical analysis; 10e dr. Princeton, N.J., University Press, 1958. p. 250

18) Smillie, K.W. An introduction to regression and correlation. London Academic Press, 1966. p. 56

r^2 beskou word. ¹⁹⁾ R^2 word deur die volgende formule ²⁰⁾ bereken, naamlik:

$$R^2 = \frac{\text{som van die kwadrate van die regressie}}{\text{totale som van die kwadrate}}$$

Volgens die gegewens van afbeelding 5 sal R^2 dus wees

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{0,70902}{0,71278} \\ &= 0,994 \end{aligned}$$

Wanneer R^2 die grootte van 1,0 het, beteken dit dat die waargenome en berekende waardes identies is. Wanneer die waarde van R^2 0,0 is beteken dit dat die waargenome en berekende waardes nie korreleer nie. ²¹⁾ Hoe nader die waarde van R^2 dus aan 1,0, hoe beter is die passing van die regressievergelyking. Deur R^2 met 100 te vermenigvuldig word die determinasiekoëffisiënt (DK) verkry. Die determinasiekoëffisiënt dui die persentasie van die Y-waardes aan wat deur die regressievergelyking verklaar kan word. ²²⁾ Volgens bogenoemde voorbeeld sal die determinasiekoëffisiënt dus 99,4% wees. Die korrelasie tussen waargenome en berekende skattings is dus goed)

19) Ostle, B. Statistics in research. Ames, Iowa, State College Press, 1956. pp. 181, 215, 223.

20) Smillie. op. cit. p. 56

21) Ibid. p. 56

22) Ibid. p. 57

Volgens die voorbeeld wat afbeelding 5 voorhou, het die rekenoutomaat 'n tweedegraadse en ook 'n derdegraadse verband gevind, naamlik:

$$Y = 0,32060867 + 0,04106045X - 0,00003213X^2 \text{ en}$$

$$Y = 0,29991263 + 0,05995851X - 0,00210127X^2 + 0,00005517X^3$$

Soos reeds hierbo gestel, is die bes passende lyn vir die gegewens gevind. Berekening van die verdere gegewens van afbeelding 5, toon aan dat die determinasie koëffisiënt vir die tweede- en derdegraadse regressievergelykings respektiewelik 99,5% en 99,9% is. Dit is 'n geringe verbetering van 0,1% en 0,5% teenoor die determinasiekoëffisiënt van die eerstegraadse regressievergelyking.

Wanneer bogenoemde drie regressievergelykings vir praktiese energieverbruiksvoorspellings oorweeg word, word voorkeur aan die eerstegraadse vergelyking gegee. In die eerste plek sal voorspellings met die laasgenoemde twee vergelykings tydwende berekening verg. Die verbetering wat die laasgenoemde twee vergelykings in die voorspellingswaarde teweeg bring, is ook gering.

Vir die berekening van die gegewens van hierdie ondersoek word om bogenoemde redes die eerstegraadse verband aanvaar indien 'n tweedegraadse verband nie 'n uitsonderlike verbetering toon nie. Alle getalle is ook afgerond tot 'n punt waar die derde desimale syfer van die finale antwoord beïnvloed sal word. Dit word gedoen omdat suurstofbepalings tot die naaste kubieke

sentimeter (0,001 liter) gedoen is. Bogenoemde vergelykings sal dus as volg daar uitsien:

$$Y = 0,3233 + 0,0403X$$

$$Y = 0,3206 + 0,0411X - 0,00003X^2$$

$$Y = 0,2999 + 0,0599X - 0,0021X^2 + 0,00006X^3$$

Samevattend kan dit gestel word: dat S_E die standaard fout is van die passing wat op die waargenome waardes gemaak is; dat R^2 aandui hoe getrou die berekende waardes (soos met die regressie-vergelyking bereken) met die waargenome waardes ooreenstem (daarop pas); dat R^2 'n aanduiding is van die korrelasie tussen die veranderlike en konstante waardes; dat DK analoog is aan R^2 in persentasievorm en dus dieselfde as R^2 in persentasievorm, aandui. Aangesien DK analoog aan R^2 is, word by alle regressie-vergelykings wat deur die ondersoek gevind is, slegs die determinasiekwasiënt (DK) met die standaard fout (S_E) van die berekening, gegee.

HOOFSTUK 7

DIE RESULTATE VAN DIE ONDERSOEK

'n Volledige bespreking oor die verwerking van die resultate van die ondersoek is in hoofstuk 5 gevoer. In hierdie hoofstuk word elke oefening eers afsonderlik behandel en daarna word 'n vergelyking tussen die verskillende oefeninge getref.

In die ondersoek word verkies om energieverbruik aan te dui as suurstofverbruik per minuut. Wanneer energieverbruik as kalorieë per tydseenheid aangegee word, sou die korrekte metode van meting dié van hittevrystelling wees, aangesien die kalorie 'n eenheid van hitte is. In die huidige ondersoek word nie hittevrystelling nie, maar wel suurstofverbruik gemeet. Waar suurstofverbruik gemeet word, sou dit meer korrek wees om die resultate as sulks aan te gee. Morehouse en Miller ¹⁾ stel dit duidelik: "The energy cost of various activities is best expressed in terms of the oxygen consumption required since oxygen consumption and not heat production is usually measured."

Alle waardes van suurstofverbruik wat aangegee word, is by normale temperatuur en druk, droog. Alle waardes vir minuut-volume en getyvolume word aangegee by liggaamstemperatuur (37°C) en 'n gemiddelde lugdruk van 658 mm Hg, versadig aan waterdamp.

- 1) Morehouse, L.E. & Miller, A.T. Physiology of exercise; 4e dr. Saint Louis, Mosby, 1963. p. 180

Waardes vir energieverbruik (suurstofverbruik) sluit rustende energieverbruik in, tensy anders vermeld word. Wat die afkortings en simbole betref, word verwys na die lys voor in hierdie werkstuk.

7.1 Die buig-strek-beenoefening

Die uitvoering van die oefening is volledig beskryf in hoofstuk 5. Die resultate wat hieronder bespreek word, is deur die toetsing van sewe proefpersone verkry. Altesaam 36 toetssessies is gehou waarvan die gegewens van vier van die sessies ongeskik was as gevolg van hiperventilasie deur die betrokke proefpersone.

7.1.1 Die verhouding tussen die tempo van werkverrigting van die buig-strek-beenoefening en die energieverbruik aangegee as suurstofverbruik.

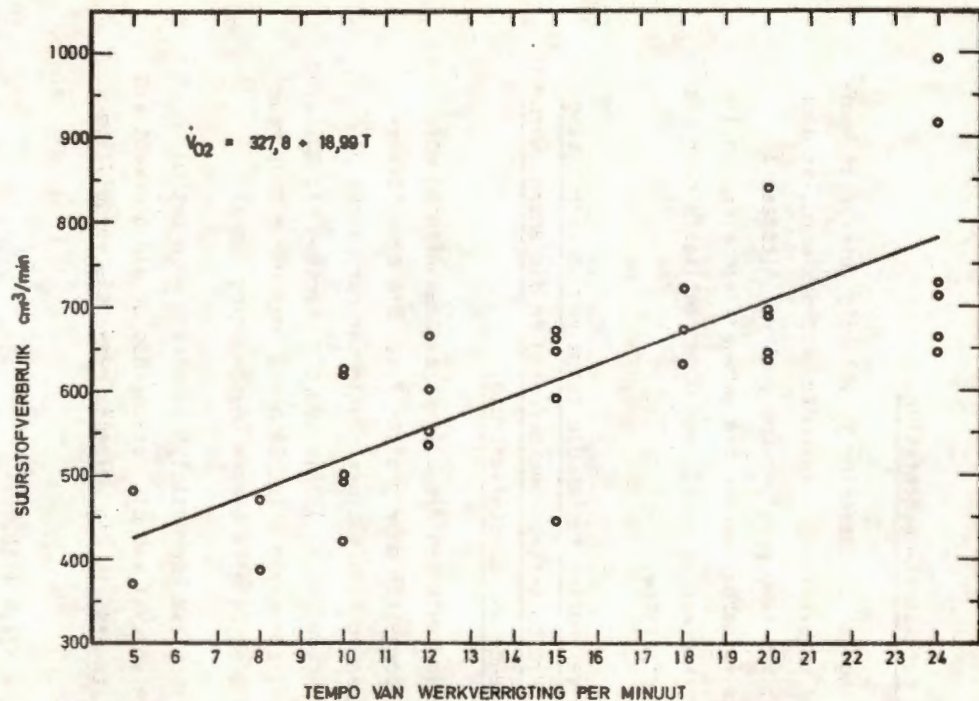
Die suurstofverbruik van die buig-strek-beenoefening word aanskoulik voorgestel deur grafiek 7.1. Die suurstofverbruik word aangegee in kubieke sentimeter per minuut (voortaan aangedui as $\dot{V}_{O_2}$) Die tempo's waarteen die oefening uitgevoer is, strek van 5 tot 24 herhalings per minuut waar die getalle 5 en 24 elke tweede beenbeweging voorstel.

Deur 'n polinomie se regressielyn (voortaan word net na 'n regressielyn verwys) van die eerstegraad op die gegewens van grafiek 7.1 te pas, is die volgende regressie vergelyking verkry:

$$7.1.1 \quad \dot{V}_{O_2} = 327,8 + 18,99T$$

$$(S_E = 102,6 \text{ , } DK = 55,40\%)$$

waar T die tempo van werkverrigting voostel.



GRAFIEK 7.1

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN DIE AUG-STREK-BEENOEFENING BY VERSKILLENDE TEMPO'S
VAN WERKVERRIGTING

Volgens bogenoemde regressievergelyking is die korrelasie tussen die waargenome en berekende skattings dus laag (55,40%) wanneer 'n eerstegraadse regressieverband op die gegewens gepas word.

'n Regressieverband van die tweede graad is op die gegewens gepas ten einde vas te stel of die korrelasie nie sal verbeter nie. 'n Korrelasie van 55,40 persent is gevind wat geen verbetering is nie. Die regressielyn wat vergelyking 7.1.1 voorstel, is derhalwe op grafiek 7.1 aangebring.

Volgens bogenoemde bevindings moet afgelei word dat die energieverbruik nie akkuraat voorspel kan word met behulp van vergelyking 7.1.1 nie.

Die gegewens dui verder daarop dat die beste verband tussen $\dot{V}_{O_2}$ en die tempo van werkverrigting 'n eerstegraadse verband is. Feitlik geen verbetering in die passing word met 'n tweedegraadse verband verkry nie.

Die energieverbruiksvereistes van die buig-strek-beenoefening by die hoogste werkswlak (24 pare herhalings per minuut) is nie hoog nie. Die energieverbruik by die hoogste werkswlak, soos deur vergelyking 7.1.1 voorspel, bedra 989,0 kubieke sentimeter per minuut wanneer twee standaardfoute bygereken word. De Vries ²⁾ stel die hoogste energieverbruik vir ligte arbeid ("moderate exercise") op 2 250 kubieke sentimeter per minuut.

2) De Vries, op. cit. p. 118

Die afsnitwaarde op die Y-as van die lyn op grafiek 7.1 aangebring, word deur vergelyking 7.1.1 aangegee as $327,8 \dot{V}_{O_2}$. Hierdie waarde dui die energieverbruik aan wanneer daar nie geoefen word nie (tempo 0) met ander woorde, die rustende energieverbruik. Dit stem nou ooreen met die waarde van 320 wat die gemiddelde rustende suurstofverbruik was van die proefpersone wat gebruik is.

Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening is ook ondersoek wanneer $\dot{V}_{O_2}$ uitgedruk word per kilogram liggaams-massa. $\dot{V}_{O_2}$ van elke proefpersoon, soos gevind by die verskillende werksvlakke, is in verhouding tot die liggaams-massa uitgedruk en die gegewens wat verkry is, is op grafiek 7.2 aangebring.

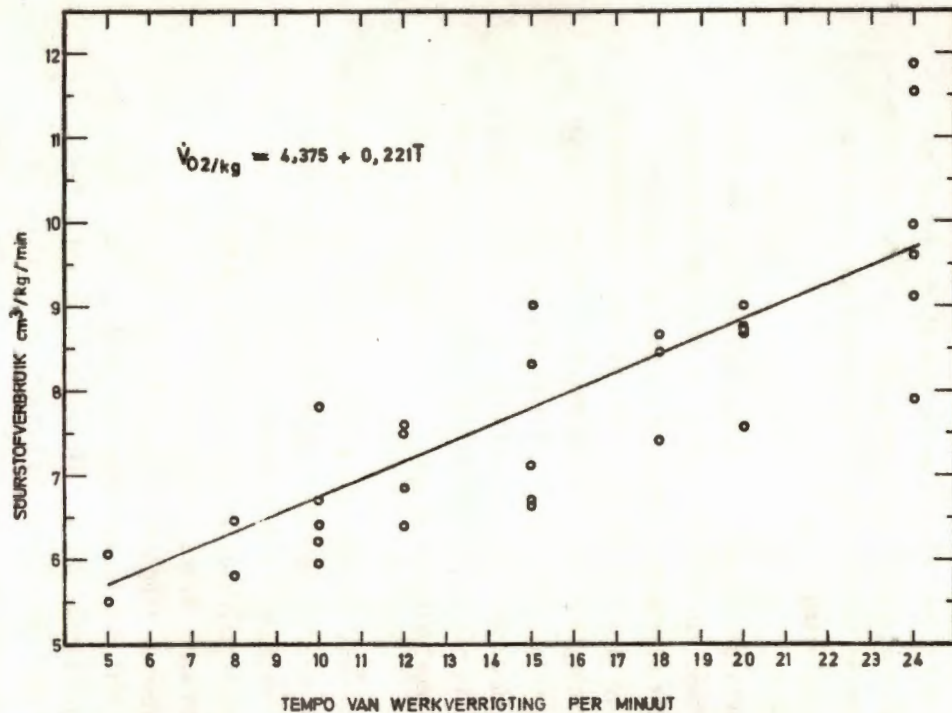
'n Regressieverband van die eerste graad is op die gegewens gepas en word aangedui deur die volgende regressievergelyking:

$$7.1.2 \quad \dot{V}_{O_2}/\text{kg} = 4,375 + 0,221T$$

$$(S_E = 0,765, \text{ DK} = 69,75\%)$$

waar T die tempo van werkverrigting voorstel.

'n Regressieverband van die tweede graad is ook op die gegewens van grafiek 7.2 gepas en 'n geringe verbetering van 0,0063 is met die korrelasie van die eerstegraadse verband gevind. Die korrelasie tussen die waargenome en berekende waardes by die tweedegraadse verband is 1,06 persent beter as by die eerstegraadse verband. Die verbetering is aanvaar as onbeduidend en die regressielyn van vergelyking 7.1.2 is op grafiek 7.2



GRAFIEK 7.2

DIE ENERGIEVERBRUIK PER KILOGRAM LIGGAAMSMASSA VAN DIE SUIG-STRAK-BEENOEFENING
BY VERSKILLANDE TEMPO'S VAN WERKVERRIGTING

aangebring.

Die korrelasie tussen die waargenome en berekende waardes van vergelyking 7.1.2 toon 'n verbetering van 14,35 persent met dié van vergelyking 7.1.1. Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening kan dus meer akkuraat voorspel word met behulp van vergelyking 7.2.1.

Die moontlikheid dat die voorspelling van die energieverbruik volgens die tempo van werkverrigting kan verbeter, indien die energieverbruik uitgedruk word as 'n verhouding van die veloppervlakte, is ook ondersoek. Die voorspellingsmoontlikheid van die energieverbruik, uitgedruk per vierkante meter veloppervlak, volgens die tempo van werkverrigting is gevind as 64,56 persent met die passing van 'n eerstegraadse verband. Dit is nie 'n verbetering op die voorspellingsmoontlikheid van vergelyking 7.1.2 nie.

Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening kan dus die beste voorspel word volgens die tempo van werkverrigting wanneer die liggaamsmassa in aanmerking geneem word. Die voorspellingsmoontlikheid, indien die liggaamsmassa in aanmerking geneem word, bedra 69,75 persent. Dit is laag. Hierdie lae voorspellingsmoontlikheid kan moontlik toegeskryf word aan die feit dat individuele verskille by die proefpersone voorkom wat die uitvoering van die oefening betref. Verskillende metodes van uitvoering kan die energieverbruik beïnvloed. 'n Beter kriterium as liggaamsmassa en veloppervlak bestaan moontlik waarvolgens die energieverbruik uitgedruk kan word wat individuele verskille in energieverbruik sal uitskakel; individuele verskille in energieverbruik sal

moontlik grootliks geëlimineer word indien die energieverbruik uitgedruk word in verhouding tot die aktiewe weefsel-massa van die individu.

Die getrouste korrelasie tussen die waargenome en berekende waardes van energieverbruik van die buig-strek-beenoefening, is die energieverbruik soos dit voorspel word deur vergelyking 7.1.2 hierbo. Hierdie vergelyking kan as volg aangebied word:

$$7.1.3 \quad \dot{V}_{O_2} = W(4,375 + 0,221T)$$

waar W die liggaamsmassa in kilogram voorstel.

Vergelyking 7.1.3 is gebruik en tabel VII.I is saamgestel. Vanaf tabel VII.I kan die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening by verskillende werksvlakke vir verskillende liggaamsmassas afgelees word.

7.1.2 Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening uitgedruk as metaboliese eenhede (met) bokant rustende energieverbruik.

'n Belangrike en toepaslike vorm waarin energieverbruik uitgedruk kan word, is die sogenaamde metaboliese eenheid. Metaboliese eenhede is die aantal rustende metaboliese eenhede bokant die rustende energievlak.

Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening kan met behulp van vergelyking 7.1.3 as volg in metaboliese eenhede (Met) bokant rustende energieverbruik uitgedruk word:

TABEL VII.I

ENERGIEVERBRUIK VAN DIE BJIG-STREK-BEENOEFENING (KUBIEKE
SENTIMETER SUURSTOF PER MINUUT) VOLGENS LIGGAAMSMASSA EN
DIE TEMPO VAN WERKVERRIGTING

ENERGIEVERBRUIK : KUBIEKE SENTIMETER SUURSTOF/MIN											
Liggaams- massa (kg)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Tempo per min.											
5	274	304	329	356	384	411	438	466	493	521	548
6	286	316	342	371	399	428	456	485	513	542	570
7	297	328	355	385	415	444	474	503	533	563	592
8	308	340	369	399	430	461	491	522	553	584	614
9	319	352	389	414	445	477	509	541	573	605	636
10	330	364	395	428	461	494	527	560	593	626	659
11	341	376	408	442	476	510	544	579	613	647	681
12	352	388	422	457	492	527	562	597	632	668	703
13	363	400	435	471	507	544	580	616	652	689	725
14	374	412	448	485	523	560	598	635	672	710	747
15	385	424	461	500	538	577	615	654	692	731	769
16	396	436	475	514	554	593	633	672	712	752	791
17	407	448	488	529	569	610	651	691	732	773	813
18	418	460	501	543	585	626	668	710	752	794	835
19	429	472	514	557	600	643	686	729	772	815	857
20	440	484	528	572	616	660	704	748	792	836	880
21	451	496	541	586	631	676	721	766	811	857	902
22	462	508	554	600	647	693	739	785	831	878	924
23	473	520	567	615	662	709	757	804	851	899	946
24	484	532	581	629	678	726	774	823	871	920	968

$$7.1.4 \quad \text{Met} = \frac{W(4,375 + 0,221T) - E_{\text{rus}}}{E_{\text{rus}}}$$

waar E_{rus} die rustende energieverbruik, uitgedruk in kubieke sentimeter suurstof per minuut, is.

Deur van vergelyking 7.1.4 gebruik te maak, asook van die gemiddelde rustende energieverbruikswaardes (suurstof) soos deur Durnin en Passmore aangegee word (sien hoofstuk 4 afdeling 4.1), is tabel VII.II, hiernaas, saamgestel. Met benulp van tabel VII.I kan die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening in metaboliese eennede $\dot{V}_E$ rus, volgens liggaamsmassa en tempo van werkverrigting afgelees word.

7.1.3 Die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening aangegee volgens die suurstof-ventilasie-ekwivalent

Verskeie navorsers het aangetoon dat daar 'n konstante verhouding tussen energieverbruik en minuutvolume ($\dot{V}_E$) bestaan. ^{3,4,5)} Die energieverbruik kan dus voorspel word indien $\dot{V}_E$ bekend is. Die verhouding tussen energieverbruik en $\dot{V}_E$ verskil egter van aktiwiteit tot aktiwiteit. ⁶⁾ Karpovich ⁷⁾ wys egter daarop dat die metode waarvolgens energieverbruik voorspel kan word, onbetroubaar is.

3) De Vries. op. cit. p. 118

4) Morehouse & Miller. op. cit. p. 145

5) Ford, A.B. & Hellerstein, H.K. Estimation of energy expenditure from pulmonary ventilation. Journal of Applied Physiology, 14: 891 - 93, 1959.

6) Karpovich. op. cit. p. 74

7) Ibid. p. 74

TABEL VII.II

ENERGIEVERBRUIK (MET BO RUS) VIR MANS VAN DIE BUIG-
STREK-BEENOEFENING VOLGENS LIGGAAMSHASSA (KG) EN DIE
TEMPO VAN WERKVERRIGTING

ENERGIEVERBRUIK : METABOLIESE EENHEDE BO RUS											
Liggaams- massa (kg)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Tempo per min.											
5	0,40	0,43	0,47	0,50	0,52	0,55	0,56	0,59	0,60	0,62	0,63
6	0,45	0,49	0,53	0,56	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,68	0,70
7	0,51	0,55	0,59	0,62	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,76
8	0,56	0,61	0,65	0,68	0,71	0,73	0,75	0,78	0,79	0,81	0,83
9	0,61	0,66	0,71	0,74	0,77	0,79	0,82	0,84	0,86	0,88	0,89
10	0,66	0,72	0,76	0,80	0,83	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96
11	0,71	0,78	0,82	0,86	0,89	0,92	0,94	0,97	0,99	1,01	1,03
12	0,77	0,84	0,88	0,92	0,95	0,98	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09
13	0,82	0,90	0,94	0,98	1,02	1,04	1,07	1,10	1,12	1,14	1,16
14	0,87	0,95	1,00	1,04	1,08	1,11	1,13	1,16	1,18	1,20	1,22
15	0,92	1,01	1,06	1,10	1,14	1,17	1,20	1,22	1,25	1,27	1,29
16	0,97	1,07	1,12	1,16	1,20	1,23	1,26	1,29	1,31	1,34	1,35
17	1,02	1,13	1,18	1,22	1,26	1,29	1,32	1,35	1,38	1,40	1,42
18	1,08	1,19	1,24	1,28	1,32	1,36	1,39	1,42	1,44	1,47	1,49
19	1,13	1,24	1,30	1,34	1,38	1,42	1,45	1,48	1,50	1,53	1,55
20	1,18	1,30	1,36	1,40	1,44	1,48	1,51	1,54	1,57	1,60	1,62
21	1,23	1,36	1,42	1,46	1,51	1,54	1,57	1,61	1,63	1,66	1,68
22	1,28	1,42	1,48	1,52	1,57	1,60	1,64	1,67	1,70	1,73	1,75
23	1,34	1,48	1,53	1,58	1,63	1,67	1,70	1,74	1,76	1,79	1,82
24	1,39	1,53	1,59	1,64	1,69	1,73	1,76	1,80	1,83	1,86	1,88

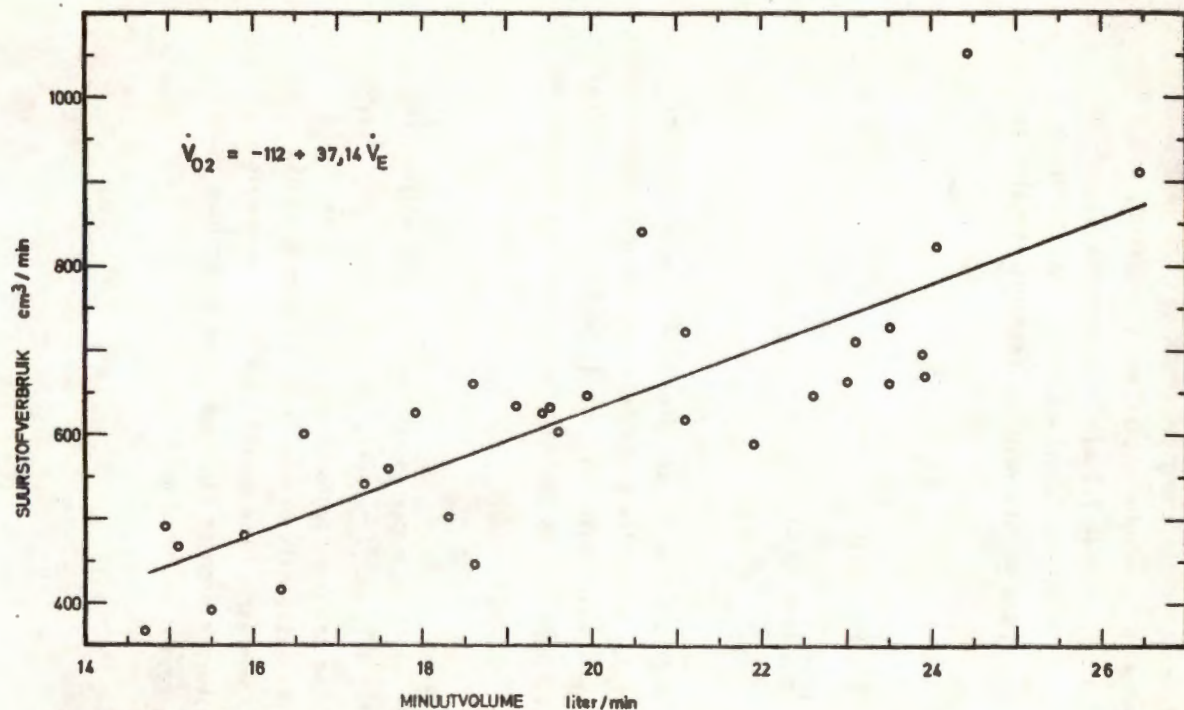
Ten einde vas te stel of die energieverbruik van die buigstrek-beenoefening 'n konstante verband met $\dot{V}_E$ vertoon, is $\dot{V}_{O_2}$ met $\dot{V}_E$ vergelyk. Grafiek 7.3 bied die gegewens wat gevind is aanskoulik aan. 'n Regressieverband van die eerste graad is op die gegewens gepas en die volgende regressievergelyking is verkry:

$$7.1.5 \quad \dot{V}_{O_2} = -112,9 + 37,14\dot{V}_E$$

$$(S_E = 95, DK = 61,67\%)$$

Dit is gevind dat 'n regressie van die tweede graad nie beter op die gegewens pas nie. Die gevolgtrekking kan dus gemaak word dat 'n reglynige verband tussen $\dot{V}_{O_2}$ en $\dot{V}_E$ bestaan. Die regressielyn van vergelyking 7.1.5 is derhalwe op grafiek 7.3 aangebring.

Die korrelasie tussen die waargenome en berekende waardes van vergelyking 7.1.5 is 61,67 persent. Dit is laag. Deur $\dot{V}_{O_2}$ en $\dot{V}_E$ in verhouding tot die liggaamsmassa, veloppervlak en liggaamslengte respektiewelik uit te druk, is gepoog om die korrelasie te verbeter. Die moontlikhede wat ondersoek is, word in tabelvorm hieronder aangegee. Die determinasiekoëffisiënte wat gevind is, word aangedui.



GRAFIEK 7.3

DIE ENERGIEVERBRUK VAN DIE BUIG-STREK-BEENOEFENING TEENOR DIE MINUTVOLUME

TABEL VII.III

Determinasiekoëffisiënte van die eerste-
graadse regressieverband tussen $\dot{V}_{O_2}$ en
 $\dot{V}_E$ soos vir verskillende uitdrukkingsvor-
me gevind

<u>$\dot{V}_{O_2}$</u>	<u>$\dot{V}_E$</u>	<u>DK</u>
1. /min	/cm/min	58,43%
2. /min	/kg/min	13,52%
3. /min	/m ² /min	37,49%
4. /kg/min.	/min	56,44%
5. /kg/min.	/cm/min	66,63%
6. /kg/min	/m ² /min	66,85%
7. /m ² /min.	/min	60,84%
8. /m ² /min.	/cm/min	66,42%
9. /m ² /min	/kg/min	30,03%

Uit bogenoemde tabel blyk dit dat gevalle 5, 6 en 8 die beste korrelasie tussen die waargenome en berekende waardes besit met nagenoeg geen verskil in die getrouheid van die passing nie. Dit strook met die bevinding hierbo (vergelyking 7.1.2) dat $\dot{V}_{O_2}$, uitgedruk in verhouding tot die liggaamsmassa, die beste verband met die tempo van werkverrigting toon. Geval 8 in bogenoemde tabel, dui moontlik daarop dat die verband tussen $\dot{V}_{O_2}$ en $\dot{V}_E$ afhanklik is van beide liggaamslengte en veloppervlakte.

Die korrelasie tussen die berekende en waargenome waardes van gevalle 5, 6 en 8 is nogtans laag. Die gegewens van die geval

met die beste passing (geval 6) is op grafiek 7.4 aangedui. 'n Regressieverband van die eerste graad is op die gegewens gepas en die volgende regressievergelyking is gevind:

$$7.1.6 \quad \dot{V}_{O_2}/\text{kg} = -0,453 + 0,8375V_{E/m}^2$$

$$(S_E = 0,9155, \text{ DK} = 66,85\%)$$

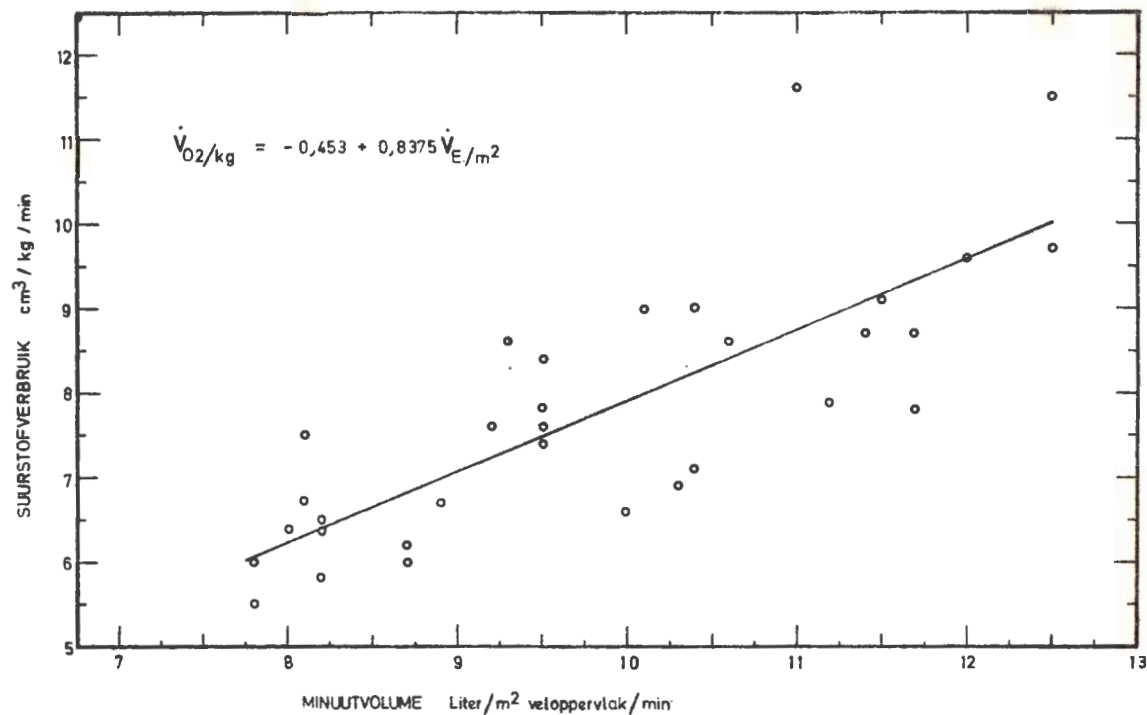
Vergelyking 7.1.6 kan as volg aangebied word ten einde die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut te verkry:

$$7.1.7 \quad \dot{V}_{O_2} = W(-0,453 + 0,8375\dot{V}_{E/m}^2)$$

Die suurstof-ventilasie-ekwivalent (die hoeveelheid lug wat geventileer word om een liter suurstof te lewer) van die buig-strek-beenoefening, is dus volgens vergelyking 7.1.7 afhanklik van die liggaamsmassa en die veloppervlakte. Vir praktiese toepassing is die vergelyking egter moeilik bruikbaar. Die passing van vergelyking 7.1.7 is ook net 5,18 persent beter as die van vergelyking 7.1.5 wat hierbo aangedui is.

7.1.4 Die invloed van die buig-strek-beenoefening op die asemhalingsfunksies

Ten einde vas te stel of die buig-strek-beenoefening nie buitengewone eise aan die respiratoriese stelsel stel nie, is die verbande tussen die tempo van werkverrigting en die minuutvolume ($\dot{V}_E$), die tempo van werkverrigting en die getyvolume (V_T) asook die tempo van werkverrigting en die asemhalingsfrekwensie (f), vasgestel. Die lineêre verbande tussen die tempo van werkverrigting en die genoemde drie funksies is:



GRAFIEK 7.4

DIE ENERGIEVERBRUIK PER KILOGRAM LIGGAAMSMASSA VAN DIE ZUIG-STREK-BEENOEFENING TEENOR
DIE MINUUTVOLUME PER VIERKANTE METER VELOPPERVAK

$$7.1.8 \quad \dot{V}_E = 12,926 + 0,443T$$

$$7.1.9 \quad f = 16,8 + 0,0046T$$

$$7.1.10 \quad V_T = 0,749 + 0,031T$$

waar T die tempo van werkverrigting aandui, $\dot{V}_E$ die minuut-volume in liter, f die asemhalingsfrekwensie en V_T die gety-volume in liter.

Die hoogste minuutvolume wat tydens bepalinge vir die buig-strek-beenoefening gevind is, was 32,652 liter per minuut. De Vries ⁸⁾ dui aan dat 'n minuutvolume van ongeveer 50 liter per minuut by die boonste grens van ligte arbeid aangetref word. Gesien in die lig van die aanduiding van De Vries, stel die buig-strek-beenoefening dus nie hoër eise aan die totale hoeveelheid lug wat per minuut geventileer moet word nie.

Tydens die toetsing van die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening, was die hoogste asemhalingsfrekwensie wat gevind is, 'n frekwensie van 30 teue per minuut (proefpersoon WJP). Dit oorskry nie die boonste grens van asemhalingsfrekwensie op land nie. ⁹⁾ Proefpersoon WJP het trouens by 'n volgende hoër werksvlak 'n asemhalingsfrekwensie van 19,3 per minuut gehad. Die asemhalingsfrekwensie van 19,3 is laer terwyl verwag word dat dit hoër moet wees by 'n opvolgende hoër arbeidstempo. Die neiging om 'n eie gemaklike asemhalingsfrekwensie by elke besondere werksvlak te kies, is by al die proefpersone aangetref.

8) De Vries. op. cit. p. 118

9) Karpovich. op. cit. p. 130

Die hoogste getyvolumen wat tydens die toetsing van die buig-strek-beenoefening gevind is, was 2,723 liter. Dit is hoog as in aanmerking geneem word dat die getyvolumen van maksimale arbeid op gemiddeld 2,5 liter gestel word.¹⁰⁾ Daar moet egter nie uit die oog verloor word nie dat maksimale arbeid gepaard gaan met 'n asemhalingsfrekwensie van 50 tot 60 teue per minuut - vinnige en diep asemhalings. Tydens die getyvolumen van 2,734 liter wat in hierdie werkstuk gevind is, was die proefpersoon se asemhalingsfrekwensie net 12 teue per minuut - dus rustig en diep.

7.1.5 Samevatting

Die buig-strek-beenoefening, vir die werksvlakke soos in hierdie werkstuk getoets, stel nie hoër eise wat die energieverbruik, asemhalingsfrekwensie, getyvolumen en minuutvolumen betref nie. Die oefening kan as 'n ligte oefening geklassifiseer word.

Die energieverbruik van die oefening kan die beste bereken word met behulp van die regressievergelyking

$$\dot{V}_{O_2} = W(4,375 + 0,221T)$$

waar $\dot{V}_{O_2}$ die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut voorstel, W die liggaamsmassa in kilogram en T die tempo van werkverrigting. Die passing van die berekende waardes op die waargenome waardes is laag naamlik 69,75 persent.

Tabelle is saamgestel waarvolgens die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening in kubieke sentimeter suurstof per minuut of in metaboliese eenhede bokant rus volgens die

10) Falls. op. cit. p. 48 - 51

liggaamsmassa en die tempo van werkverrigting afgelees kan word.

7.2 Die opstapoefening

Die uitvoering van die oefening is volledig beskryf in hoofstuk 5. Die resultate wat hieronder bespreek word, is deur die toetsing van agt proefpersone verkry. Altesaam 42 bepalinge is gedoen.

Die resultate wat verkry is, word in die onderstaande bespreking, met die resultate van ander navorsers vergelyk.

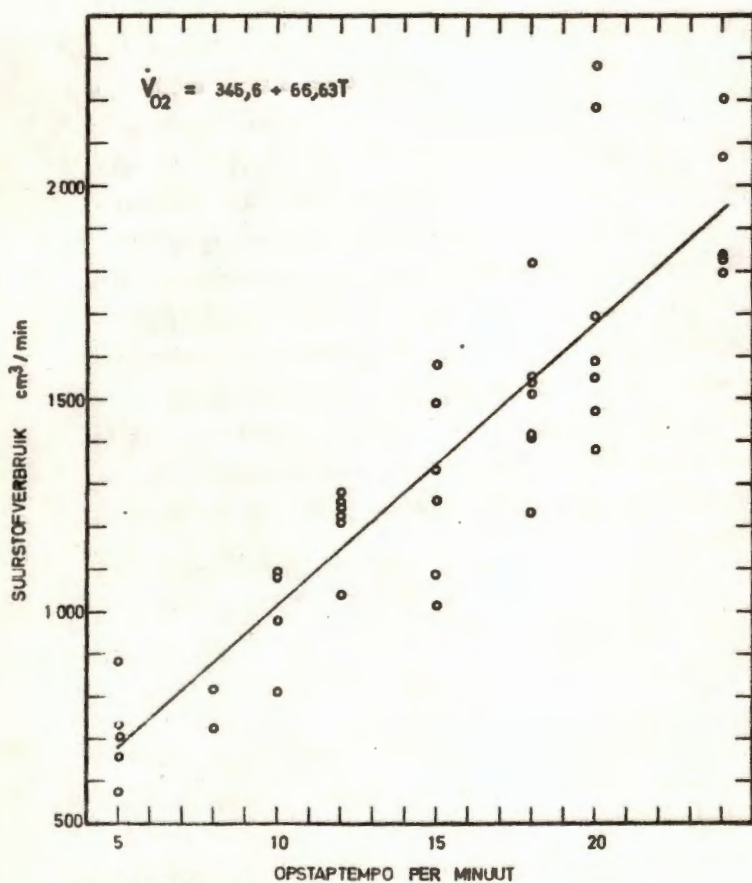
7.2.1 Die verhouding tussen die tempo van werkverrigting van die opstapoefening en die energieverbruik, aangegee as suurstofverbruik.

Die suurstofverbruik van die proefpersone tydens die uitvoering van die oefening by die verskillende werksvlakke, is met die tempo van werkverrigting (aantal opstappe per minuut) en ook met die arbeidsverrigting (kgm) per minuut vergelyk.

Grafiek 7.5 dui die suurstofverbruik teenoor die tempo van werkverrigting aan. 'n Eerstegraadse regressieverband is op die gegewens van grafiek 7.5 gepas en het geblyk die bespassende lyn te wees. Die eerstegraadse verband is op grafiek 7.5 aangebring en is 'n passing van die volgende regressievergelyking wat bereken is:

$$7.2.1 \quad \dot{V}_{O_2} = 345,6 + 66,63T$$

$$(S_E = 197,7, DK = 79,83\%)$$



GRAFIEK 7.5

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN DIE OPSTAPTOEFENING BY VERSKILLENDE
TEMPO'S VAN WERKVERRICHTING

waar $\dot{V}_{O_2}$ die suurstofverbruik in cm^3 per minuut is en T die tempo van werkverrigting.

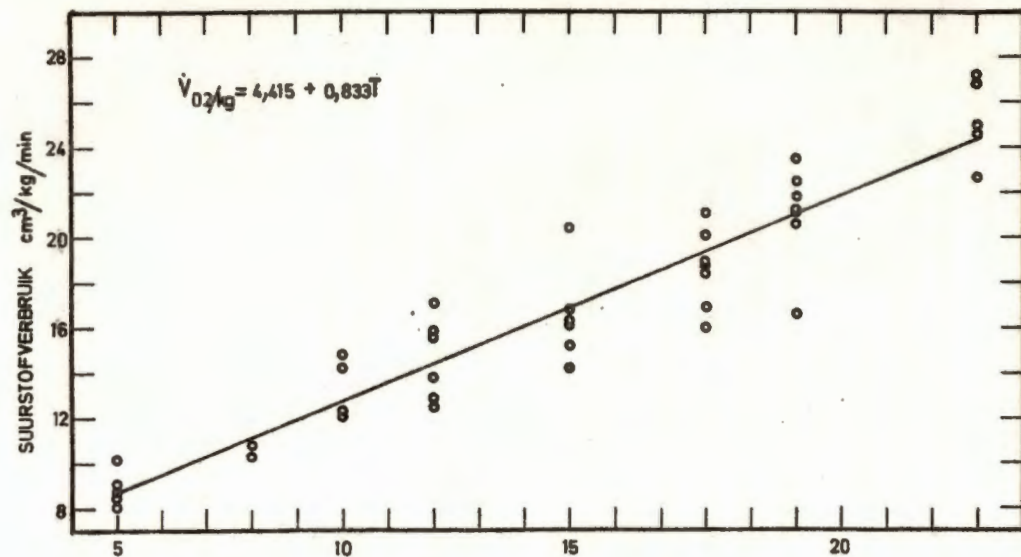
Volgens die gegewens van vergelyking 7.2.1 bestaan daar 'n hoë korrelasie tussen $\dot{V}_{O_2}$ en die tempo van werkverrigting (DK = 79,83%) Die standaardfout van die passing bedra egter 197,7 kubieke sentimeter suurstof. Die persentasie van die waargenome waardes wat deur die berekende waardes verklaar kan word, is 79,83 persent. Volgens die bespreking wat in hoofstuk 4, afdeling 4.3 gevoer is, kan die suurstofverbruik van die oefening meer akkuraat voorspel word wanneer die liggaamsmassa van die proefpersone in aanmerking geneem word. Die bewering is vir die gegewens van hierdie ondersoek nagegaan deur die suurstof per kilogram liggaamsmassa uit te druk. Daar is gevind dat die volgende eerstegraadse regressievergelyking, getoon deur grafiek 7.6, die beste op die gegewens pas:

$$7.2.2 \quad \dot{V}_{O_2/\text{kg}} = 4,415 + 0,833T$$

$$(S_E = 1,733, \text{ DK} = 88,95\%)$$

waar $\dot{V}_{O_2/\text{kg}}$ die suurstofverbruik per kilogram liggaamsmassa per minuut aandui en T die tempo van werkverrigting.

'n Hoë korrelasie (DK = 88,95%) bestaan tussen die suurstofverbruik, uitgedruk per kilogram liggaamsmassa, en die tempo van werkverrigting. Die bewering dat 'n suurstofverbruik meer akkuraat voorspel kan word wanneer liggaamsmassa in aanmerking geneem word, word hierdeur gestaaf. Die passing van vergelyking 7.2.2 toon ook 'n verbetering van 9,12 persent



GRAFIEK 7.6

DIE ENERGIEVERBRUIK PER KILOGRAM LICGAAMSMASSA VAN DIE OPSTAPOLFENING
BY VERSKILLENDE TEMPO'S VAN WERKVERRICHTING

met die van vergelyking 7.2.1. Dit is dus duidelik dat die liggaamsmassa 'n beduidende rol speel in die mate waartoe energie tydens die uitvoering van die opstap oefening verbruik word. Laasgenoemde bevinding word verklaar wanneer in ag geneem word dat die uitvoering van die oefening die herhaaldelike vertikale oplog van die liggaamsmassa vereis. Die swaarder proefpersoon sal dus meer energie verbruik.

Die moontlikheid dat die suurstofverbruik, uitgedruk per vierkante meter veloppervlakte, 'n beter korrelasie tussen $\dot{V}_{O_2}$ en die tempo van werkverrigting sal teweeg bring, is ook ondersoek. 'n Determinasiekwosiënt van 87,47% is gevind. Die korrelasie is hoog maar nogtans laer as die korrelasie wat verkry word wanneer die suurstofverbruik per kilogram liggaamsmassa uitgedruk word.

Die beste voorspelling van die suurstofverbruik van die opstap oefening word egter verkry wanneer V_{O_2} voorspel word volgens die arbeid wat verrig word. Die arbeid word bereken deur die liggaamsmassa met die hoogte van die kassie en die aantal opstappe per minuut te vermenigvuldig (kgm/min). Die korrelasie tussen $\dot{V}_{O_2}$ en die arbeid wat verrig is, is 88,95%. Die regressieverband wat die beste op die gegewens pas is 'n verband van die eerste graad en word deur die volgende regressie-vergelyking voorgestel:

$$7.2.3 \quad \dot{V}_{O_2} = 309,6 + 2,82A$$

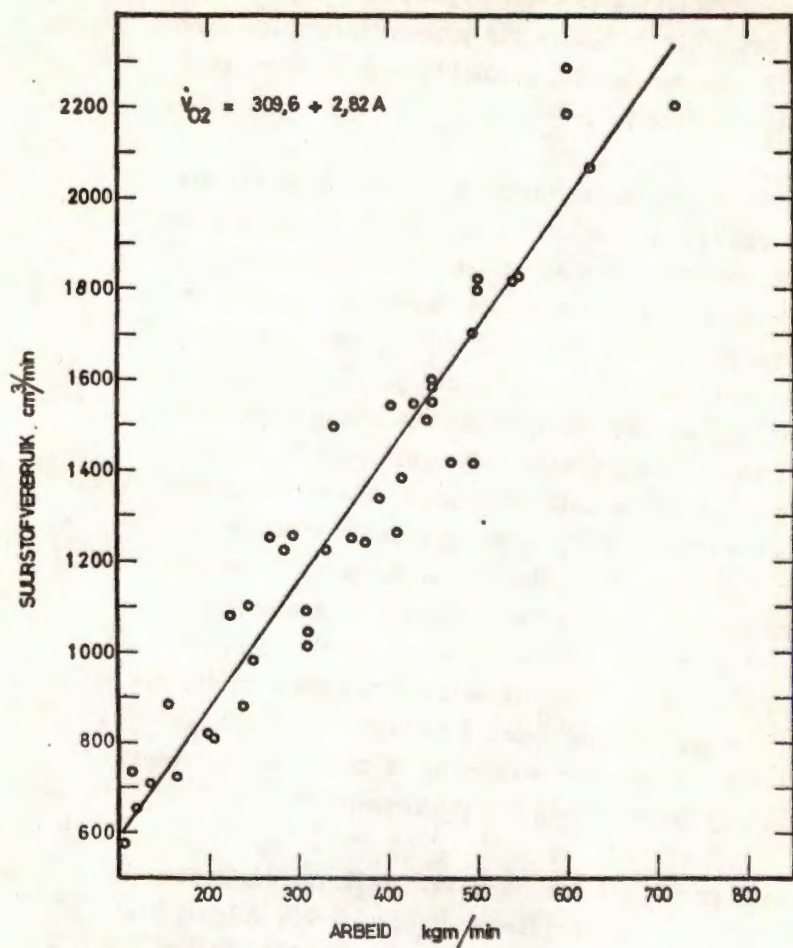
$$(S_E = 128,2, \text{ DK} = 92,35\%)$$

waar $\dot{V}_{O_2}$ die suurstofverbruik in liter per minuut voorstel en A die arbeid in kgm per minuut.

Laasgenoemde vergelyking verklaar 92,35 persent van die waargenome waardes. Dit is hoog. Die gegewens waarvolgens vergelyking 7.2.3 saamgestel is, asook die regressielyn, word aangedui deur grafiek 7.7.

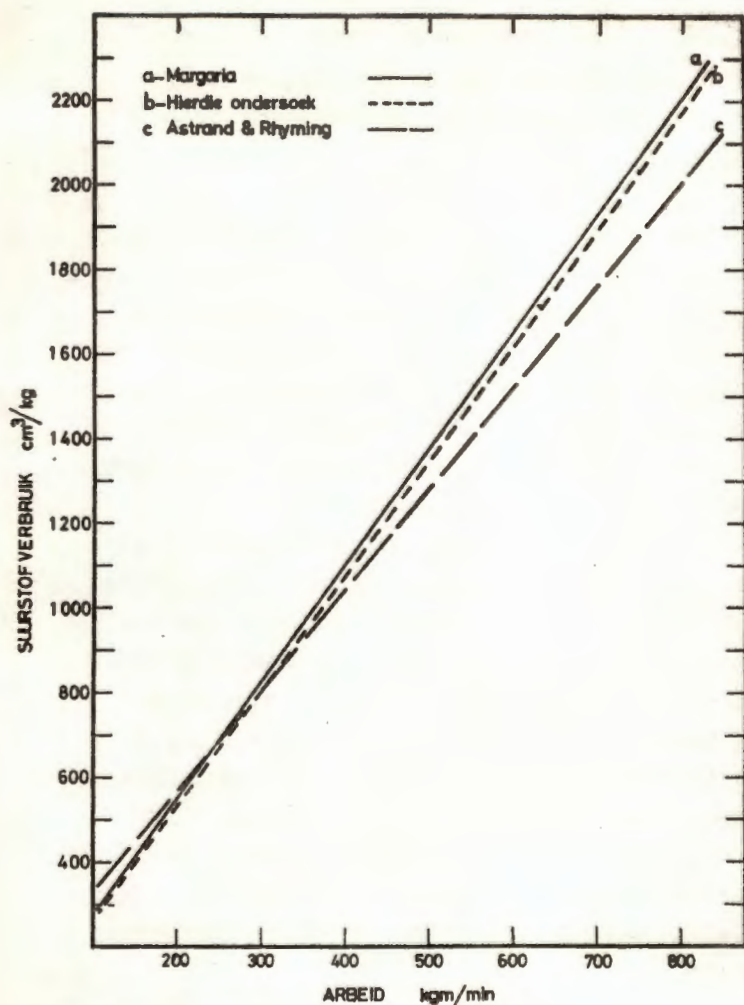
Die regressielyn van vergelyking 7.2.3 is vergelyk met die bevindings van Åstrand en Rhyning en die van Margaria (sien hoofstuk 4, afdeling 4.3). Aangesien die regressielyn van vergelyking 7.2.3 die rustende energieverbruik insluit en die rustende energieverbruik nie in aanmerking geneem is deur die laasgenoemde navorsers nie, is die gemiddelde rustende energieverbruik van die proefpersone van die huidige ondersoek afgetrek van die gegewens van vergelyking 7.2.3 ten einde vergelykbare resultate te verkry. Die mate waartoe die gegewens van die huidige ondersoek ooreenstem met die gegewens van Åstrand en Rhyning en van Margaria, word aanskoulik voorgestel deur grafiek 7.8. Die aaneenlopende lyn op grafiek 7.8 stel die bevindings van Margaria voor, die stippellyn die gegewens van die huidige ondersoek en die gebroke lyn die gegewens van Åstrand en Rhyning. Dit is duidelik dat daar 'n noue ooreenstemming is tussen die gegewens van die huidige ondersoek en die van Margaria.

Margaria het gevind dat die energieverbruik van die opstap-oefening 5,7 keer die arbeidsverrigting (bereken volgens die mate waartoe die liggaamsmassa per minuut opgelig word en uitgedruk in kilokalorieë per minuut) is. Hiervolgens kan vir die gegewens van die huidige ondersoek afgelei word dat die suurstofverbruik per minuut (rustende energieverbruik ingesluit) 2,82 keer die arbeid is wanneer die arbeid uitgedruk word in kilogram meter per minuut. (Die aanname word



GRAFIEK 7.7

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN DIE OPSTAPOEFENING TEENHOOR
DIE ARBEIDSVERRICHTING



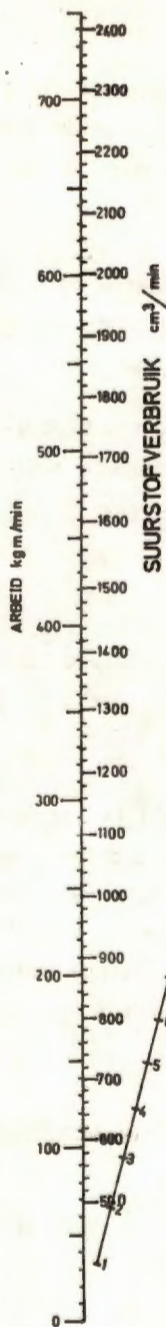
GRAFIEK 7.8

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN DIE OPSTAPOEFENING TEGENoor DIE
ARBEIDSVERRICHTING - 'N VERGELYKING MET DIE GEDEWENS VAN
ANDER NAVORSERS

gemaak dat die rustende energieverbruik van die proefpersone wat in die huidige ondersoek gebruik is, 309,6 kubieke sentimeter suurstof per minuut is - sien die afsnitwaarde van vergelyking 7.2.3)

Vanweë die noue ooreenstemming wat bestaan tussen die gegewens van die huidige ondersoek en die gegewens deur ander navorsers verkry, word tot die gevolgtrekking gekom dat betroubare resultate verkry kan word met die toetsing van 'n klein groep proefpersone. 'n Verdere afleiding wat gemaak word is dat die gebruik van dieselfde groep proefpersone by die verskillende werksvlakke nie 'n invloed het op die verloop van die energieverbruik namate die tempo van werkverrigting toeneem nie. Die afhanklikheid van die gegewens wat by die verskillende werksvlakke verkry is, speel dus nie 'n rol in die bepaling van die regressielyn nie en die beduidendheid van die resultate sou dus vasgestel kon word asof die gegewens onafhanklik van mekaar is. Laasgenoemde bevinding kan egter nie van toepassing gemaak word op ander oefeninge nie. In die geval van die opstapoeffening is dit gevind dat die effektiwiteit van werkverrigting verbasend konstant is vir verskillende proefpersone (sien hoofstuk 4, afdeling 4.3) en dat individuele verskille in die effektiwiteit van werkverrigting dus grootliks uitgeskakel word. Dit kan nie van alle oefeninge gesê word nie.

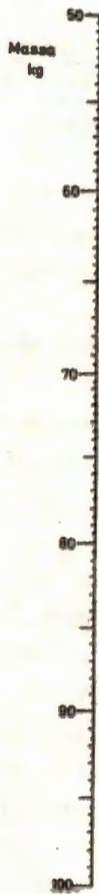
Vir praktiese en voorskriftelike gebruik van die opstapoeffening is van vergelyking 7.2.3 gebruik gemaak en is 'n nomogram saamgestel (afbeelding hiernaas) waarop die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut en die arbeidsverrigting in kilogram meter per minuut volgens die



OPSTAPOEFENING

Nomogram vir bepaling van
suurstofverbruik en arbeid
(trapezhoëte 31,0 cm)

$$\dot{V}_{O_2} = 300,6 \div 2,82 A$$



liggaamsmassa en die aantal opstappe per minuut vir 'n opstap-hoogte van 31 sentimeter, afgelees kan word. Vir die gebruik van die nomogram, word die aanhangsel in die rugblad van hierdie werkstuk aanbeveel.

7.2.2 Die energieverbruik van die opstapoefening uitgedruk as metaboliese eenhede (Met) bo rustende energieverbruik

Die energieverbruik van die opstapoefening kan met behulp van vergelyking 7.2.3 soos volg in metaboliese eenhede bokant die rustende energieverbruik uitgedruk word:

$$7.2.4 \quad \text{Met} = \frac{(309,6 + 2,82A) - E_{\text{rus}}}{E_{\text{rus}}}$$

waar E. rus die rustende energieverbruik in kubieke sentimeter suurstof per minuut voorstel en A die arbeid verrig in kgm per minuut.

Met behulp van vergelyking 7.2.4 is tabel VII.IV saamgestel wat die energieverbruik van die opstapoefening as metaboliese eenhede bokant die rustende energieverbruik aanbied vir verskillende liggaamsmassas en opstaptempo's. Vir die samestelling van tabel VII.IV is gebruik gemaak van die rustende suurstofverbruikswaardes vir mans met 'n 10% vetwaarde soos dit in hoofstuk 4, afdeling 4.1 aangegee word.

7.2.3 Die effektiwiteit van werkverrigting van die opstapoefening

In hoofstuk 3, afdeling 3.1.5 is 'n uitvoerige bespreking gevoer

TABEL VII.IV

ENERGIEVERBRUIK (MET 80 RUS) VIR MANS VAN DIE OPSTAPOEFENING VOLGENS LIGGAAMSMASSA (KG, 10% VET) EN DIE TEMPO VAN WERKVERRIGTING

Liggaams- massa (kg)	ENERGIEVERBRUIK : METABOLIESE EENHEDE 80 RUS										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Tempo per min.											
5	1,68	1,60	1,53	1,48	1,42	1,38	1,33	1,30	1,26	1,23	1,20
6	1,90	1,83	1,76	1,71	1,66	1,62	1,58	1,55	1,51	1,48	1,46
7	2,12	2,05	1,99	1,95	1,90	1,86	1,83	1,79	1,76	1,74	1,71
8	2,33	2,28	2,23	2,18	2,14	2,10	2,07	2,04	2,02	1,99	1,97
9	2,55	2,50	2,45	2,41	2,38	2,35	2,32	2,29	2,27	2,25	2,23
10	2,77	2,73	2,67	2,65	2,62	2,59	2,56	2,54	2,52	2,50	2,48
11	2,99	2,95	2,92	2,88	2,86	2,83	2,81	2,79	2,77	2,75	2,74
12	3,21	3,18	3,15	3,12	3,10	3,07	3,05	3,04	3,02	3,01	2,99
13	3,43	3,40	3,38	3,35	3,33	3,32	3,30	3,29	3,27	3,26	3,25
14	3,65	3,63	3,61	3,59	3,57	3,56	3,55	3,53	3,52	3,51	3,51
15	3,87	3,85	3,84	3,82	3,81	3,80	3,79	3,78	3,78	3,77	3,76
16	4,09	4,08	4,07	4,06	4,05	4,04	4,04	4,03	4,03	4,02	4,02
17	4,31	4,30	4,30	4,29	4,29	4,29	4,28	4,28	4,28	4,28	4,27
18	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53	4,53
19	4,75	4,75	4,76	4,76	4,77	4,77	4,77	4,78	4,78	4,78	4,79
20	4,97	4,98	4,99	5,00	5,01	5,01	5,02	5,03	5,03	5,04	5,04
21	5,19	5,20	5,22	5,23	5,25	5,26	5,27	5,28	5,28	5,29	5,30
22	5,41	5,43	5,45	5,47	5,48	5,50	5,51	5,53	5,53	5,54	5,55
23	5,63	5,66	5,68	5,70	5,72	5,74	5,76	5,77	5,79	5,80	5,81
24	5,85	5,88	5,91	5,94	5,96	5,98	6,00	6,02	6,04	6,05	6,07

oor die effektiwiteit van werkverrigting. Die netto effektiwiteit van werkverrigting van die opstapoefening kan met behulp van vergelyking 7.2.3 as volg bereken word:

$$7.2.5 \quad NE (\%) = \frac{A}{(309,6 + 2,82A - E_{\text{rus}}) 2,073} \times 100$$

waar A die eksterne arbeid in kgm/min voorstel, E.rus die rustende suurstofverbruik in cm^3/min en 2,073 die aantal kgm arbeid wat deur $1,0\text{cm}^3$ suurstof verteenwoordig word.

Die gemiddelde rustende energieverbruik van die proefpersone wat in die huidige ondersoek gebruik is, was 327 kubieke sentimeter suurstof per minuut. Met behulp van vergelyking 7.2.5 toon berekening aan dat die persentasie netto effektiwiteit van werkverrigting van die opstapoefening 35,5 persent bedra. Alleen 35,5 persent van die energieverbruik van die opstap-oefening word dus effektief aangewend.

7.2.4 Die energieverbruik van die opstap-oefening, aangegee volgens die suurstof-ventilasie-ekwivalent

Ten einde vas te stel of die energieverbruik van die opstap-oefening 'n konstante verband met die minuutvolume vertoon, is die verskillende regressieverbande tussen die suurstofverbruik en minuutvolume volgens verskillende uitdrukkingsvorme nagegaan. Die getrouheid van die passings op die gegewens van die verskillende verbande word deur tabel VII.V aangegee:

TABEL VII.V

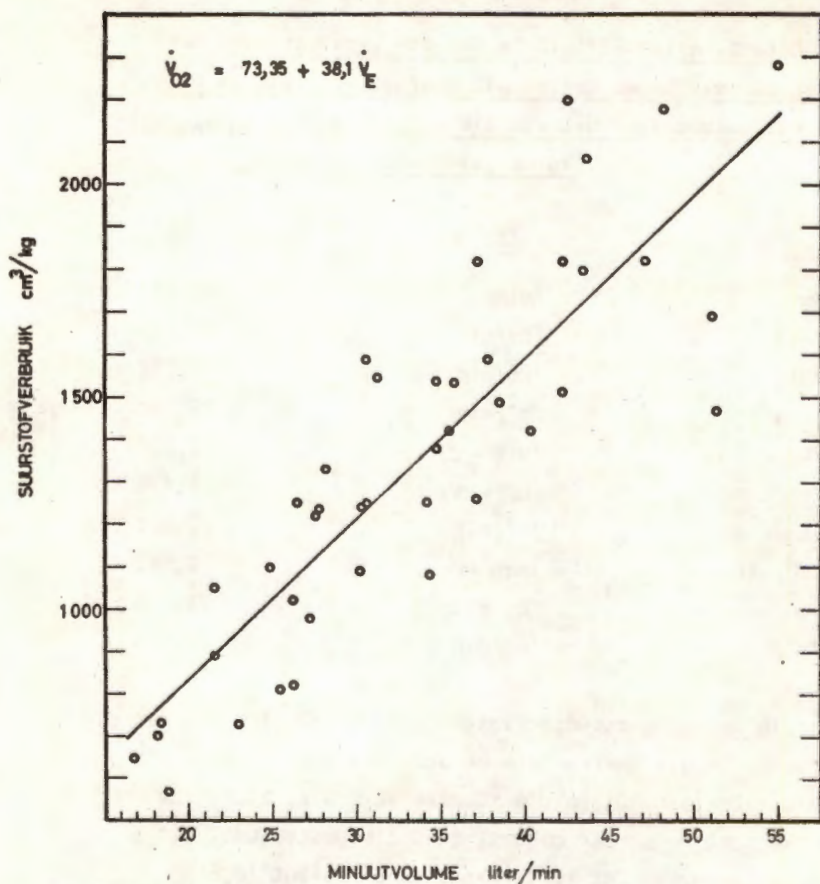
Determinasiekoëffisiënte van die eerstegraadse regressieverbande tussen die suurstofverbruik en minuutvolume soos dit vir die verskillende uitdrukkingsvorme gevind is

	<u>$\dot{V}_{O_2}$</u>	<u>$\dot{V}_E$</u>	<u>DK</u>
1.	/min	/min	78,61%
2.	/min	/cm/min	77,12%
3.	/min	/kg/min	59,23%
4.	/min	/m ² /min	72,50%
5.	/kg/min	/min	62,20%
6.	/kg/min	/cm/min	64,47%
7.	/kg/min	/m ² /min	72,93%
8.	/m ² /min	/min	72,94%
9.	/m ² /min	/cm/min	74,90%
10.	/m ² /min	/kg/min	70,14%

Volgens die gegewens van die laasgenoemde tabel blyk dit dat die energieverbruik die akkuraatste bereken kan word volgens die verband wat bestaan tussen die suurstofverbruik, uitgedruk in kubieke sentimeter per minuut, en die minuutvolume, uitgedruk in liter per minuut (determinasiekoëffisiënt 78,61%) Die eerstegraadse regressieverband wat gevind is (sien ook grafiek 7.9) is die volgende:

$$7.2.6 \quad \dot{V}_{O_2} = 73,35 + 38,1 \dot{V}_E$$

$$(\xi_E = 203,7, \text{ DK} = 78,61\%)$$



GRAFIEK 7.9

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN DIE OPSTAPOEFENING TEENOR DIE
MINUUTVOLUME

waar $\dot{V}_E$ die minuutvolume, uitgedruk in liter per minuut, voorstel.

Laasgenoemde metode vir die berekening van die energieverbruik van die opstapoeffening vergelyk egter swak met die regressie-passings wat reeds hierbo bespreek is (sien vergelykings 7.2.2 en 7.2.3)

7.2.5 Die invloed van die opstapoeffening op die asemhalings-funksies

Die hoogste minuutvolume ($\dot{V}_E$) wat gedurende toetsing van die opstapoeffening gevind is, was 55,487 liter per minuut (proefpersoon JDP). Dit is hoog vir 'n relatief ligte arbeidsverrigting van 601,40 kgm/min. Daar is egter gevind dat proefpersoon JDP die hoogste maksimale asemhalingsvermoë ($\dot{V}_{E_{80}}$) van die proefpersone wat gebruik is, gehad het nl. $\dot{V}_{E_{80}} = 211,30$ liter per minuut. Proefpersoon JDP gebruik dus slegs 26,20 persent van sy teoretiese maksimale asemhalingsvermoë. Gesien teenoor proefpersoon JLV wat 30,20 persent van sy $\dot{V}_{E_{80}}$ ($\dot{V}_{E_{80}} = 118,23$ l/min) vir 'n kleiner arbeidsverrigting (429,66 kgm/min) gebruik het, word tot die gevolgtrekking gekom dat die relatief hoë minuutvolume wat by proefpersoon JDP gevind is, gemaklik deur laasgenoemde proefpersoon hanteer kon word. Die opstapoeffening stel dus in geen een van die gevalle wat getoets is, buitengewoon hoë eise aan die minuutvolume nie.

Ten einde vas te stel of 'n eweredige verband tussen die minuutvolume en tempo van werkverrigting bestaan, is 'n regressiepassing op die gegewens gemaak en die volgende lineêre verband

is gevind:

$$7.2.7 \quad \dot{V}_E = 11,552 + 1,454T$$

$$(S_E = 5,6, \text{ DK} = 70,25\%)$$

waar T die tempo van werkverrigting aandui.

Volgens vergelykings 7.2.7 kan met redelike sekerheid afgelei word dat 'n toename in die tempo van werkverrigting ook 'n toename in die minuutvolume tot gevolg sal hê.

Dit is gevind dat die hoogste werksvlak van die opstapoefening (24 opstappe per minuut) 'n hoogste getyvolum (V_T) van 3,572 liter vereis het (proefpersoon JDP). Dit is hoog as in aanmerking geneem word dat die getyvolum van maksimale arbeid op gemiddeld 2,5 liter gestel word.¹¹⁾ Daar moet egter nie uit die oog verloor word dat maksimale arbeid gepaard gaan met 'n asemnalingsfrekwensie van 50 tot 60 frekwensies per minuut nie. Dit bring mee dat die minuutvolume ongeveer 125 tot 150 liter per minuut sal beloop. In die geval van proefpersoon JDP was die asemnalingsfrekwensie slegs 12 per minuut - 'n minuutvolume van 42,364 liter per minuut. Daar kan tot die gevolgtrekking gekom word, dat die tempo's van werkverrigting van die opstapoefening, nie buitengewone eise aan die getyvolum stel nie.

'n Eerstegraadse verband is tussen die getyvolum en die tempo van werkverrigting gevind en word deur die volgende regressie-vergelyking aangedui:

11) De Vries. op. cit. p. 116

$$7.2.8 \quad V_T = 0,892 + 0,066T$$

$$(S_E = 0,458, DK = 41,64\%)$$

waar T die tempo van werkverrigting aandui.

Die determinasiekwasiënt van vergelyking 7.2.8 (DK = 41,64%) toon aan dat die getyvolumie swak korreleer met die tempo van werkverrigting. 'n Verhoging in die tempo van werkverrigting sal dus nie noodwendig 'n verhoging in die getyvolumie teweegbring nie.

Geen buitengewone effek van die opstapoeffening op die asemhalingsfrekwensie is gevind nie. Die hoogste asemhalingsfrekwensie (f) wat gevind is, was 'n frekwensie van 23,7 per minuut. 'n Waarde van $f = 23,7$ is nie hoog nie (sien afdeling 7.1.4)

7.2.6 Samevatting

Die energieverbruik van die opstapoeffening kan met 'n hoë mate van noukeurigheid bereken word met behulp van die volgende twee regressievergelykings:

$$\dot{V}_{O_2/kg} = 4,415 + 0,833T$$

$$\dot{V}_{O_2} = 309,6 + 2,82A$$

waar $\dot{V}_{O_2/kg}$ die suurstofverbruik in kubieke sentimeter suurstof per minuut per kilogram liggaamsmassa voorstel, T die tempo van werkverrigting (aantal opstappe per minuut) $\dot{V}_{O_2}$ die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut en A die arbeid, uitgedruk in kilogram-meter per minuut.

'n Nomogram is opgestel waarvolgens die suurstofverbruik en arbeid afgelees kan word indien die liggaamsmassa en opstap-tempo bekend is.

Geen besondere invloed wat die opstapoefening op die asemhalingsfunksies het, is gevind nie.

'n Tabel is saamgestel waarvolgens die energieverbruik van die opstapoefening as metaboliese eenhede bokant die rustende energieverbruik afgelees kan word.

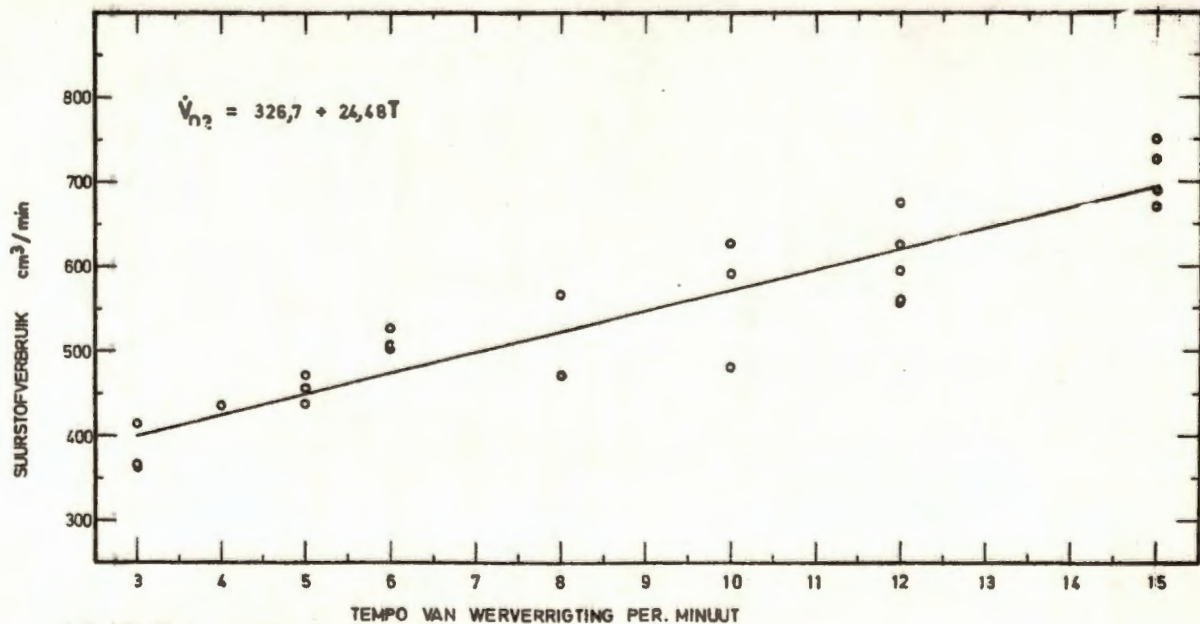
7.3 Die armstootoefening

Die uitvoering van die armstootoefening is volledig beskryf in hoofstuk 5. Die resultate wat hieronder bespreek word, is deur die toetsing van ses proefpersone verkry. Altesaam 25 toets-sessies is gehou waarvan die gegewens van twee van die sessies ongeskik was as gevolg van foutiewe uitvoering van die oefening.

7.3.1 Die verhouding tussen die tempo van werkverrigting van die armstootoefening en die energieverbruik aangegee as suurstofverbruik

Die suurstofverbruik van die armstootoefening word aanskoulik voorgestel deur grafiek 7.10. Die suurstofverbruik word aangegee in kubieke sentimeter per minuut. Die tempo's waarteen die oefening uitgevoer is, strek van 3 tot 15 armstote per minuut.

Deur 'n eerstegraadse regressielyn op die gegewens van grafiek 7.10 te pas, is die volgende regressievergelyking verkry:



GRAFIEK 7.10

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN DE ARMSTOOTOEFENING TOEGROEIT MET HET TEMPO VAN WERKVERRIGTING

$$7.3.1 \quad \dot{V}_{O_2} = 326,7 + 24,48T$$

$$(S_E = 43,3, DK = 85,34\%)$$

waar T die tempo van werkverrigting (aantal armstote per minuut) aandui.

Volgens die laasgenoemde regressievergelyking bestaan daar 'n hoë korrelasie tussen die suurstofverbruik en die tempo van werkverrigting. Die passing van die berekende waardes op die waargenome waardes van die laasgenoemde vergelyking is hoog naamlik 85,34%. Die energieverbruik van die armstootoefening kan dus in 'n hoë mate met behulp van vergelyking 7.3.1 bereken word.

'n Regressieverband van die tweede graad is ook op die gegewens van grafiek 7.10 gepas. Die passing van die tweedegraadse regressieverband is slegs 0,01% beter as die van die eerste-graadse regressieverband. Dit is gering. 'n Regressieverband van die eerste graad word dernalwe as die geskikste aanvaar.

Volgens vergelyking 7.3.1 blyk dit dat die energieverbruik by die hoogste werksvlak (15 armstote per minuut) wat getoets is, slegs 694,0 kubieke sentimeter suurstof per minuut bedra. Die oefening kan dus as baie ligte oefening geklassifiseer word.¹²⁾

Die suurstofverbruik, uitgedruk per kilogram liggaamsmassa en die suurstofverbruik uitgedruk per vierkante meter veloppervlakte teenoor die tempo van werkverrigting, is ook nagegaan.

12) De Vries. op. cit. p. 118

Geeneen van die laasgenoemde twee uitdrukkingsvorme bied 'n beter berekening vir die energieverbruik nie. Die passing van die berekende op die waargenome waardes is respektiewelik 76,39% en 84,85%. Tabel VII.VI is derhalwe met behulp van vergelyking 7.3.1 saamgestel waarop die suurstofverbruik in kubieke sentimeter suurstof per minuut volgens die tempo van werkverrigting, aangegee as die aantal armstote per minuut, afgelees kan word.

7.3.2 Die energieverbruik van die armstootoefening, uitgedruk as metaboliese eenhede (Met) bokant rustende energieverbruik

Die energieverbruik van die armstootoefening kan met behulp van vergelyking 7.3.1 as volg in metaboliese eenhede (Met) bokant rustende energieverbruik uitgedruk word:

$$7.3.2 \quad \text{Met} = \frac{326,7 + 24,48T - E_{\text{rus}}}{E_{\text{rus}}}$$

waar E_{rus} die rustende energieverbruik, uitgedruk in kubieke sentimeter suurstof per minuut, is.

Deur van laasgenoemde vergelyking gebruik te maak, asook van die gemiddelde rustende energieverbruikswaarde van 326,7 kubieke sentimeter suurstof per minuut (vergeelyking 7.3.1) is tabel VII.VII hiernaas, saamgestel. Met behulp van tabel VII.VII kan die energieverbruik van die armstootoefening in metaboliese eenhede bo_{rus} , volgens die tempo van werkverrigting afgelees word.

TABEL VII.VI

ENERGIEVERBRUIK VAN DIE ARMSTOOTEFENING (KUBIEKE
SENTIMETER SUURSTOF PER MINUUT) VOLGENS DIE AAN-
TAL ARMSTOTE PER MINUUT

ARMSTOTE PER MINUUT	ENERGIEVERBRUIK (O ₂ CM ³ /MIN.)
3	400
4	425
5	449
6	474
7	498
8	523
9	547
10	572
11	596
12	620
13	645
14	669
15	694

TABEL VII.VII

ENERGIEVERBRUIK (M.E. BO RUS) VAN DIE ARMSTOOT-
DEFENING VIR MANS VOLGENS DIE AANTAL ARMSTOTE
PER MINUUT

TEMPO VAN WERKVERRIGTING	ENERGIEVERBRUIK (METABOLIESE EENHEDE BO RUS)
3	0,22
4	0,30
5	0,37
6	0,45
7	0,52
8	0,60
9	0,67
10	0,75
11	0,82
12	0,90
13	0,97
14	1,05
15	1,12

7.3.3 Die energieverbruik van die armstootoefening, aangegee volgens die suurstof-ventilasie-ekwivalent ($\dot{V}_{E_{O_2}}$)

Die verhouding van die minuutvolume en die suurstofverbruik is ook nagegaan. Verskillende uitdrukkingsvorme is ondersoek en die resultate, aangegee as die determinasiekoëffisiënt, word in tabel-vorm hieronder aangegee:

TABEL VII.VIII

Determinasiekoëffisiënte (DK) van die eerste-
graadse regressieverbande tussen $\dot{V}_{O_2}$ en $\dot{V}_E$ soos
vir verskillende uitdrukkingsvorme gevind is.

	<u>$\dot{V}_{O_2}$</u>	<u>$\dot{V}_E$</u>	<u>DK</u>
1.	/min	/min	77,59%
2.	/min	/cm/min	78,37%
3.	/min	/kg/min	54,57%
4.	/min	/m ² /min	72,29%
5.	/kg/min	/min	43,82%
6.	/kg/min	/cm/min	56,79%
7.	/kg/min	/m ² /min	71,61%
8.	/m ² /min	/min	59,44%
9.	/m ² /min	/cm/min	70,83%
10.	/m ² /min	/kg/min	72,23%

Volgens die gegewens van tabel VII.VIII.blyk dit dat die verband tussen suurstofverbruik en minuutvolume bestaan wanneer die suurstofverbruik aangegee word in kubieke sentimeter suurstof per minuut en die minuutvolume uitgedruk word in

liter per sentimeter liggaamslengte per minuut. Die passing van die berekende op die waargenome waardes van die laasgenoemde uitdrukkingsverband is 78,37%. Die daaropvolgende beste passing wat verkry word, is die wanneer die suurstofverbruik uitgedruk word in kubieke sentimeter per minuut en die minuut-volume in liter per minuut naamlik 77,59%. Laasgenoemde syfer is slegs 0,78% minder getrou as die van geval twee in tabel VII.VIII. Vir praktiese gebruik sal dus voorkeur verleen word aan geval 1 van tabel VII.VIII aangesien geen addisionele berekening vereis word nie.

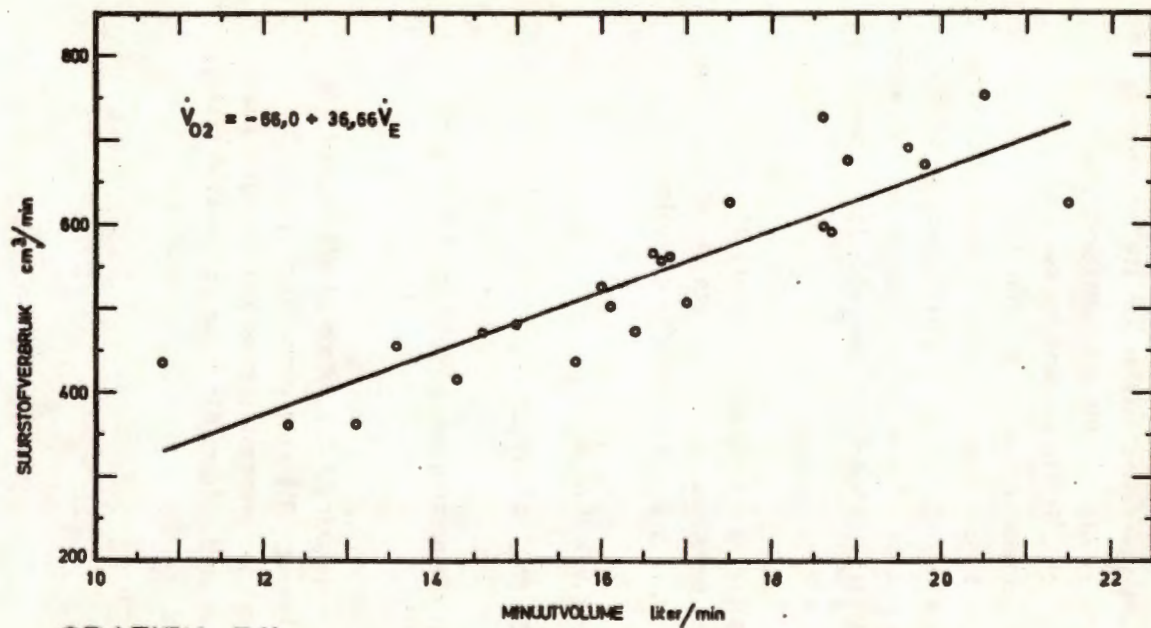
Die regressievergelyking waarvolgens die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut met behulp van die minuutvolume in liter per minuut uitgedruk kan word, is die volgende:

$$7.3.3 \quad \dot{V}_{O_2} = -66,0 + 36,66 \dot{V}_E$$

$$(S_F = 53,67 \text{ , } DK = 77,59\%)$$

Grafiek 7.11 toon die passing van vergelyking 7.3.3 op die gegewens.

Die passing van vergelyking 7.3.3 beloop 77,59% teenoor die 85,34% van vergelyking 7.3.1 - 'n verskil van 7,75%. Die energieverbruik van die armstootoefening kan gevolglik meer betroubaar bereken word volgens die tempo van werkverrigting.



GRAFIEK 7.11

DIE ENERGIEVERBRUK VAN DIE ARMSTOOTOPSPENING TENMOOR DIE MINUUTVOLUME

7.3.4 Die invloed van die armstootoefening op die asemhalingsfunksies

Soos in die geval van die buig-strek-beenoefening en die opstap oefening (sien afdelings 7.1.4 en 7.2.5) stel die armstootoefening nie hoë eise aan die asemhalingsfunksies nie.

Die hoogste minuutvolume wat gedurende die toetsing van die armstootoefening gevind is, was 21,477 liter per minuut (proefpersoon JNE). Dit is laag soos uit die bespreking in afdeling 7.1.4 geblyk het. Wanneer die getyvolume van 21,477 l/min as 'n persentasie van proefpersoon JNE se maksimale asemhalingsvermoë ($\dot{V}_{V_{80}}$) bereken word, word gesien dat die betrokke proefpersoon slegs 12,20 persent van sy maksimale vermoë gebruik het. Dit is min.

Die invloed wat progressief verswarende tempo's van werkverrigting op die minuutvolume gehad het, is ook nagegaan en die resultaat van die ondersoek word deur vergelyking 7.3.4 aangegee, naamlik:

$$7.3.4 \quad \dot{V}_E = 12,049 + 0,516T$$

$$(S_E = 1,591, DK = 65,78\%)$$

waar T die tempo van werkverrigting aandui.

Die verband wat deur vergelyking 7.3.4 aangegee word, is 'n lineêre verband van die eerste graad. Die determinasiekwasiënt dui aan dat die korrelasie tussen die minuutvolume en die tempo van werkverrigting 65,78% beloop. Dit is nie 'n goeie korrelasie nie dog wil daarop dui dat 'n toename in die tempo van

werkverrigting ook 'n toename in die minuut volume tot gevolg sal hê.

Die hoogste getyvolume (V_T) wat tydens die toetsing van die armstootoefening gevind is, was die van proefpersoon DS, naamlik 1,508 liter. Dit is nie hoog nie (sien afdeling 7.1.4) Die vitale kapasiteit van proefpersoon DS was trouens 5,320 liter. Dit beteken dat die getyvolume van 1,508 liter slegs 28,3 persent van die vitale kapasiteit is. Proefpersoon DS het dus slegs 28,3 persent van die maksimale hoeveelheid lug wat hy kan inasem, gebruik.

Die verband wat tussen die tempo van werkverrigting en die getyvolume bestaan, is nagegaan en word deur die volgende vergelyking voorgestel:

$$7.3.5 \quad V_T = 0,753 + 0,037T$$

$$(S_E = 0,137 \text{ , } DK = 56,65\%)$$

waar T die tempo van werkverrigting voorstel.

Die korrelasie tussen V_T en T van vergelyking 7.3.5 is swak. Vergelyking 7.3.5 dui nogtans op 'n lineêre verband van die eerste graad dog in alleen 56,65 persent van die gevalle sal die berekende waardes ooreenstem met die waargenome waardes.

Geen buitengewone effek van die armstootoefening op die asemhalingsfrekwensie is gevind nie. Die asemhalingsfrekwensies van al die proefpersone, by alle werksvlakke, het gewissel tussen 10,7 en 21,0 frekwensies per minuut. Dit is nie hoog nie (sien afdeling 7.1.4).

7.3.5 Samevatting

'n Goeie passing (DK = 85,34%) vir die berekening van die energieverbruik van die armstootoefening is gevind met behulp van die volgende regressievergelyking:

$$\dot{V}_{O_2} = 326,7 + 24,48T$$

waar $\dot{V}_{O_2}$ die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut voorstel en T die tempo van werkverrigting, aangegee as die aantal armstote per minuut.

'n Tabel is met behulp van die laasgenoemde vergelyking saamgestel waarvan die suurstofverbruik volgens die aantal armstote wat per minuut uitgevoer word, afgelees kan word. 'n Tweede tabel is saamgestel waarvan die energieverbruik van die armstootoefening in metaboliese eenhede bokant die rustende energieverbruik volgens die aantal armstote wat per minuut uitgevoer word, afgelees kan word.

Geen besondere invloed wat die armstootoefening op die asemhalingsfunksies het, is gevind nie.

Die armstootoefening kan as baie ligte oefening geklassifiseer word vir die werksvlakke wat in hierdie ondersoek getoets is.

7.4 Oefening op die fietsergometer

Die uitvoering van die oefening is volledig beskryf in hoofstuk 5. Die resultate wat hieronder bespreek word, is deur die toetsing van ses proefpersone verkry. Altesaam 19 toetssessies is gehou.

7.4.1 Die verhouding tussen die tempo van werkverrigting van oefening op die fietsergometer en die energie-verbruik aangegee as suurstofverbruik

Die suurstofverbruik is vir vier werksvlakke getoets naamlik 150 kpm/min, 300 kpm/min, 450 kpm/min en 600 kpm/min. Drie uitdrukkingsvorme vir suurstofverbruik is nagegaan naamlik suurstofverbruik as kubieke sentimeter per minuut ($\dot{V}_{O_2}$) as kubieke sentimeter per kilogram liggaamsmassa per minuut ($\dot{V}_{O_2/kg}$) en suurstofverbruik as kubieke sentimeter per vierkante meter veloppervlak per minuut ($\dot{V}_{O_2/m^2}$) Die volgende regressievergelykings is gevind:

$$\begin{aligned} 7.4.1 \quad \dot{V}_{O_2} &= 467,1 + 1,72A \\ (S_E &= 121,4, \text{ DK} = 83,18\%) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7.4.2 \quad \dot{V}_{O_2/kg} &= 4,61 + 0,026A \\ (S_E &= 1,172, \text{ DK} = 92,28\%) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7.4.3 \quad \dot{V}_{O_2/m^2} &= 204,2 + 0,95A \\ (S_E &= 41,79, \text{ DK} = 92,66\%) \end{aligned}$$

waar A die arbeidstempo in kpm/min voorstel.

Volgens die determinasiekwasiënte van die vergelykings hierbo, blyk dit dat vergelyking 7.4.3 die akkuraatste passing van die berekende waardes op die waargenome waardes het (DK = 92,66%) Vergelyking 7.4.3 bereken die suurstofverbruik per vierkante meter veloppervlakte. Ten einde die veloppervlakte van 'n

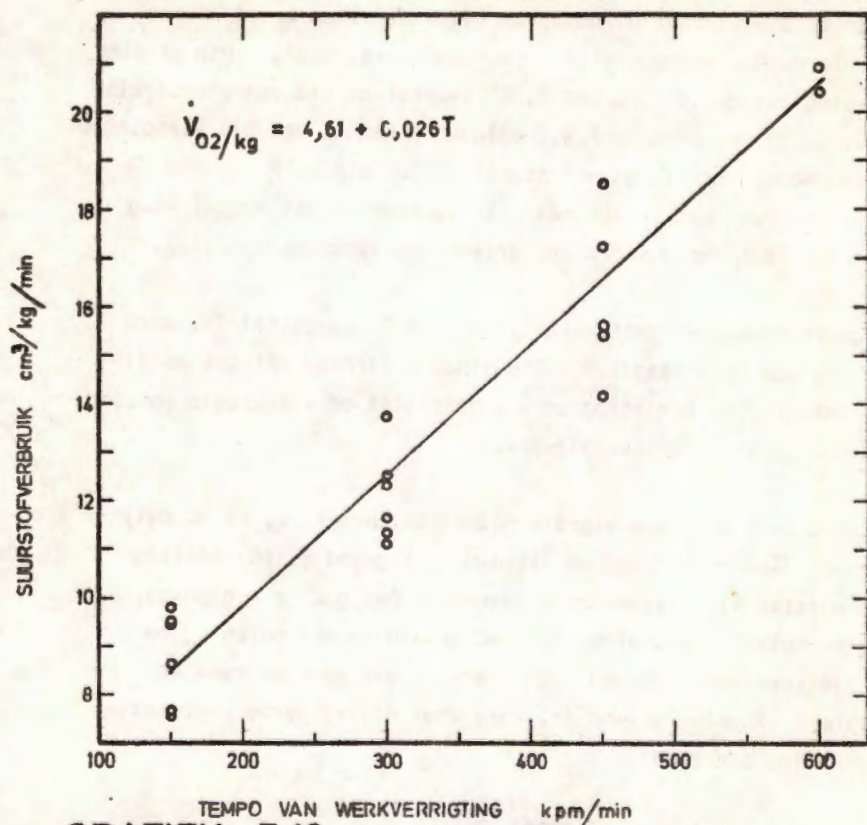
persoon te bepaal, is kennis van die liggaamsmassa, liggaams-lengte en die formule of nomogram (sien afdeling 6.1.4 hierbo) waarvolgens die veloppervlakte voorspel word, nodig. Die passing van vergelyking 7.4.2 is net 0,36% swakker as dié van vergelyking 7.4.3. Waar vergelyking 7.4.2 alleen 'n kennis van die persoon se liggaamsmassa vereis, en vir praktiese doeleindes energieverbruik net so akkuraat kan bereken as wat vergelyking 7.4.3 dit doen, word voorkeur verleen aan vergelyking 7.4.2.

Die gegewens waarvolgens vergelyking 7.4.2 saamgestel is, word deur grafiek 7.12 aangedui. Die lineêre verband wat tussen die suurstofverbruik per kilogram liggaamsmassa en die arbeid bestaan, word ook op die grafiek aangedui.

Die resultaat wat deur hierdie ondersoek bereik is, is vergelykbaar met die van Åstrand en Åstrand & Rhyning (sien afdeling 4.5 hoofstuk 4) Laasgenoemde navorsers het ook 'n reglynige verband tussen suurstofverbruik en arbeid tydens oefening op die fietsergometer gevind. Die verband wat deur Åstrand en Åstrand & Rhyning gevind is, word deur die volgende regressie-vergelyking aangegee:

$$7.4.4 \quad \dot{V}_{O_2} = 0,064 + 0,0023A$$

waar $\dot{V}_{O_2}$ die suurstofverbruik in liter en A die arbeidstempo in kpm/min voorstel. Die suurstofverbruik, soos voorspel deur vergelyking 7.4.4 sluit nie die rustende energieverbruik in nie.



GRAFIEK 7.12

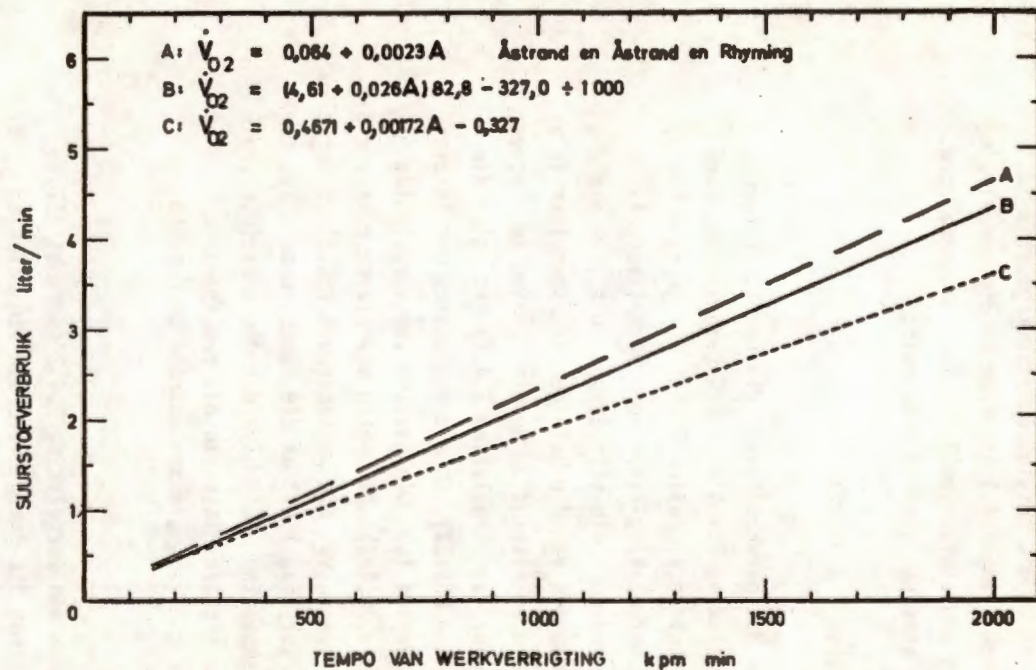
DIE ENERGIEVERBRUIK PER KILOGRAM LIGGAAMSMASSA VAN
 OEFENING OP DE FIETSERGOMETER BY VERSKILLENDE TEM-
 PO'S VAN WERKVERRICHTING

Ten einde die resultaat van hierdie ondersoek te vergelyk met vergelyking 7.4.4 is die gemiddelde rustende energieverbruik van die proefpersone wat in die huidige ondersoek gebruik is ($327,0\text{cm}^3$), van vergelyking 7.4.1 afgetrek en die vergelyking omgewerk sodat die suurstofverbruik in liter aangegee word. Vergelyking 7.4.1 sien dan soos volg daaruit:

$$7.4.5 \quad \dot{V}_{O_2} = 0,140 + 0,00172A$$

In Vergelyking van die berekening van die suurstofverbruik soos dit deur vergelyking 7.4.4 en 7.4.5 gedoen word, word aanskoulik voorgestel deur grafiek 7.13. Die gebroke lyn op grafiek 7.13 stel vergelyking 7.4.4 voor terwyl vergelyking 7.4.5 voorgestel word deur die stippellyn. Dit blyk dat die suurstofverbruikswaardes van die huidige ondersoek laer is as die wat deur Åstrand en Åstrand & Rhyning gevind is. Vergelyking 7.4.5 (afgelei van vergelyking 7.4.1) het egter die swakste passing (DK = 83,18%) van die regressies wat in die huidige ondersoek gevind is. Die passing van vergelyking 7.4.2 is beter (DK = 92,28%) Die netto energieverbruik vir die gemiddelde liggaamsmassa van die proefpersone (82,8) is derhalwe met behulp van vergelyking 7.4.2 as die aaneenlopende lyn op grafiek 7.13 aangebring. Dit blyk dat die energieverbruik vir die gemiddelde liggaamsmassa van die proefpersone nou ooreenstem met die gegewens van Åstrand en Åstrand & Rhyning.

Deur gebruik te maak van vergelyking 7.4.2 is tabel VII.IX saamgestel waarvolgens die energieverbruik van oefening op die fietsergometer afgelees kan word vir verskillende tempo's van



GRAFIEK 7.13

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN OEFENING OP DIE FIETSERGOMETER SOOS DIT MET DIE
 GEGEWENS VAN ANDER NAVORSERS VERGELYK

TABEL VII.IX

ENERGIEVERBRUIK VAN OEFENING OP DIE FIETSERGOMETER (KUBIEKE SENTIMETER
SUURSTOF PER MINUUT) VOLGENS LIGGAAMSMASSA (KG) EN TEMPO VAN WERK-
VERRIGTING (KPM/MIN.)

ENERGIEVERBRUIK : KUBIEKE SENTIMETER SUURSTOF/MIN											
Liggaams- massa (kg)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Tempo per min.											
150	456	501	547	592	638	683	729	774	820	865	911
300	681	749	817	885	953	1021	1089	1157	1225	1293	1361
450	906	996	1087	1177	1268	1358	1449	1539	1630	1720	1811
600	1131	1244	1357	1470	1583	1696	1809	1922	2035	2148	2261
750	1356	1491	1627	1762	1898	2033	2169	2304	2440	2575	2711
900	1581	1739	1897	2055	2213	2371	2529	2687	2845	3003	3161
1050	1806	1986	2167	2347	2528	2708	2889	3069	3250	3430	3611
1200	2031	2234	2437	2640	2843	3046	3249	3452	3655	3858	4061

werkverrigting en liggaamsmassas. Alhoewel die hoogste tempo van werkverrigting wat in die huidige ondersoek getoets is, 600,0 kpm/min beloop het, is die gewens wat tabel VII.IX aanbied, uitgebrei tot 'n arbeidstempo van 1200,0 kpm/min. Hierdie „ekstrapolasie" word geregverdig op grond van die feit dat Astrand en Astrand & Rhyning 'n reglynige verband tussen die energieverbruik en arbeidstempo gevind het, wat stand hou tot by 'n arbeidsverrigting van 2500,0 kpm/min (sien afdeling 4.5, hoofstuk 4)

7.4.2 Die energieverbruik van oefening op die fietsergometer, uitgedruk as metaboliese eenhede (Met) bokant die rustende energieverbruik

Met behulp van vergelyking 7.4.2 kan die energieverbruik van oefening op die fietsergometer as volg in metaboliese eenhede bokant die rustende energieverbruik uitgedruk word:

$$7.4.6 \quad \text{Met} = \frac{W(4,61 + 0,03A) - E.\text{rus}}{E.\text{rus}}$$

waar W die liggaamsmassa in kilogram en E.rus die energieverbruik tydens rus, uitgedruk in kubieke sentimeter suurstof, voorstel.

Vir die praktiese aanwending van vergelyking 7.4.6 is tabel VII.X saamgestel deur gebruik te maak van die rustende energieverbruikswaardes soos dit in hoofstuk 4, tabel IV.1 in hierdie werkstuk aangegee word. Die rustende energieverbruikswaardes is die vir mans met 'n gemiddelde vetpersentasie nl. 10 persent.

TABEL VII.X

DIE ENERGIEVERBRUIK VAN OEFENING OP DIE FIETSERGOMETER (METABOLIESE
EENHEDE) VOLGENS LIGGAAMSMASSA (KG) EN TEMPO VAN WERKVERRRIGTING
(KPM/MIN.)

ENERGIEVERBRUIK (METABOLIESE EENHEDE PER MIN.)											
Liggaams- massa (kg)	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Tempo per min.											
150	1,33	1,39	1,44	1,49	1,53	1,57	1,60	1,63	1,66	1,69	1,71
300	2,47	2,57	2,65	2,72	2,78	2,84	2,89	2,94	2,98	3,02	3,05
450	3,62	3,74	3,85	3,95	4,03	4,11	4,18	4,23	4,29	4,34	4,39
600	4,77	4,92	5,06	5,18	5,28	5,38	5,46	5,54	5,61	5,67	5,73
750	5,92	6,10	6,26	6,40	6,53	6,64	6,75	6,84	6,92	7,00	7,07
900	7,07	7,28	7,47	7,63	7,78	7,91	8,03	8,14	8,24	8,33	8,41
1050	8,21	8,46	8,67	8,86	9,03	9,18	9,32	9,44	9,55	9,65	9,75
1200	9,36	9,64	9,88	10,09	10,28	10,45	10,60	10,74	10,87	10,98	11,09

7.4.3 Die netto effektiwiteit van werkverrigting op die fietsergometer

Aangesien die eksterne arbeidsverrigting tydens oefening op die fietsergometer bekend is, is dit moontlik om te bepaal watter persentasiegedeelte van die energieverbruik nuttig aangewend word. Die netto effektiwiteit van werkverrigting op die fietsergometer kan met behulp van vergelyking 7.4.1 as volg bereken word:

$$7.4.7 \quad NE(\%) = \frac{A}{(467,1 + 1,72A - E_{\text{rus}}) 2,073} \times 100$$

waar A die arbeidstempo in kpm/min voorstel, E_{rus} die rustende energieverbruik van die proefpersone naamlik $327\text{cm}^3\text{O}_2$ en die getal 2,073 die aantal kilogram-meter-arbeid wat een kubieke sentimeter suurstof verteenwoordig.

Berekening met behulp van vergelyking 7.4.7 toon aan dat die netto effektiwiteit van werkverrigting vir arbeidstempo's 150 tot 600 kpm/min tussen 18 persent en 25 persent is. Dit stem ooreen met die bevindings van Karpovich ¹³⁾ en Astrand. ¹⁴⁾

7.4.4 Die energieverbruik van oefening op die fietsergometer, aangegee volgens die suurstof-ventilasie-ekwivalent

Ten einde die moontlikheid om die energieverbruik van oefening op die fietsergometer met behulp van die minuutvolume te bereken, is die volgende uitdrukkingsverbande, hieronder in tabelvorm aangegee, nagegaan:

13) Karpovich. op. cit. p. 99

14) Astrand, Irma. In: Karvonen. op. cit. p. 23

TABEL VII.XI

Determinasiekoëffisiënte (DK) van die eerstegraadse regressieverbande tussen $\dot{V}_{O_2}$ en $\dot{V}_E$ soos dit vir verskillende uitdrukkingsvorme gevind is

	<u>$\dot{V}_{O_2}$</u>	<u>$\dot{V}_E$</u>	<u>DK</u>
1.	/min	/min	78,82%
2.	/min	/cm/min	75,53%
3.	/min	/kg/min	53,64%
4.	/min	/m ²	68,84%
5.	/kg/min	/min	68,71%
6.	/kg/min	/cm/min	71,54%
7.	/kg/min	/m ² /min	83,01%
8.	/m ² /min	/min	77,96%
9.	/m ² /min	/cm/min	80,22%
10.	/m ² /min	/kg/min	73,97%

Volgens die gegewens wat tabel VII.XI hierbo bevat, word gesien dat die korrelasie tussen die energieverbruik van oefening op die fietsergometer en die minuutvolume, in alle gevalle laag is wanneer dit vergelyk word met die determinasiekwosiënt van vergelyking 7.4.2 (DK = 92,28%)

Die beste verband wat tussen die energieverbruik en die minuutvolume gevind is, is die van geval 7, soos deur tabel VII.XI aangegee word (DK = 83,02%) Die regressievergelyking wat gevind is en wat die verband aangee, is die volgende:

$$7.4.8 \quad \dot{V}_{O_2/\text{kg}} = -1,65 + 1,053 \dot{V}_{E/\text{m}^2}$$

$$(S_E = 1,739, \text{DK} = 83,02\%)$$

Grafiek 7.14 bied vergelyking 6.4.8 aanskoulik aan.

Die regressievergelyking wat die verband tussen die energieverbruik en die minuutvolume aandui, sonder dat liggaansmates in aanmerking geneem is, sien soos volg daar uit:

$$7.4.9 \quad \dot{V}_{O_2} = -67,15 + 39,22 \dot{V}_E$$

$$(S_E = 136,2, \text{DK} = 78,82\%)$$

7.4.5 Die invloed wat oefening op die fietsergometer op die asemhalingsfunksies het

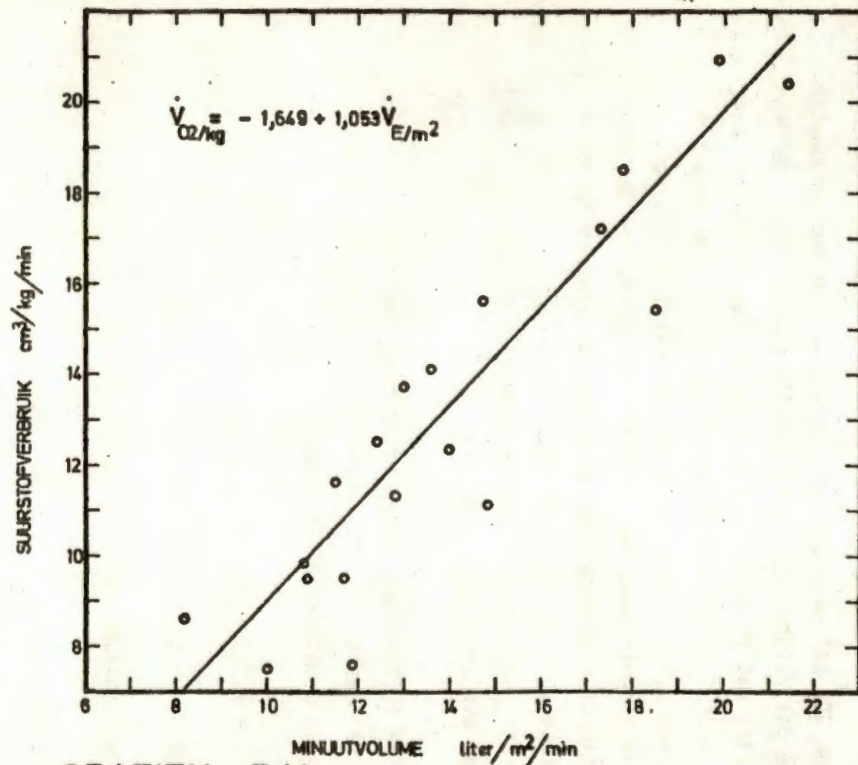
Die hoogste minuutvolume (V_E) wat gedurende die toetse op die fietsergometer gevind is, was 39,665 liter per minuut (proefpersoon WJP). Dit is laag en oorskrei nie die gestelde perke wat vir ligte oefening gestel word nie (sien die bespreking in afdeling 7.1.4)

Die verband wat tussen die minuutvolume en die arbeidsverrigting bestaan, is ook ondersoek en word deur die volgende vergelyking aangedui:

$$7.4.10 \quad \dot{V}_E = 15,927 + 0,037A$$

$$(S_E = 3,416, \text{DK} = 74,07\%)$$

waar A die arbeidsverrigting in kpm/min voorstel.



GRAFIEK 7.14

DIE ENERGIEVERBRUIK PER KILOGRAM LICHAAMSMASSA VAN OEFENING
OP DIE FIETSERGOMETER TEGENHOOR DIE MINUUTVOLUME PER VIERKANTE
METER VELOPPERVLAKE

Dit blyk dat die korrelasie tussen die minuutvolume en die hoeveelheid arbeid verrig 74,07% is, wat beteken dat 74,07% van die waargenome waardes deur die berekening (vergelyking 7.4.10) verklaar kan word.

Proefpersoon JDP het gedurende die toetse op die fietsergometer die hoogste getyvolume (V_T) gehad naamlik 2,597 liter. Volgens die bespreking wat in afdeling 7.1.4 gevoer is, is dit nie hoog nie. Die asemhalingsfrekwensie van proefpersoon JDP tydens die getyvolume van 2,597 liter, was slegs 12,7 frekwensies per minuut. Die minuutvolume van proefpersoon JDP is dus 32,982 liter per minuut - heelwat laer as die geval van proefpersoon WJP wat hierbo aangedui is. Die bespreking dui dus daarop dat die werksvlakke wat op die fietsergometer getoets is, nie hoë eise aan die getyvolume stel nie.

Die moontlike verband wat tussen die getyvolume en die arbeidsverrigting kan bestaan, is ook ondersoek en vergelyking 7.4.11 toon die verband wat gevind is naamlik:

$$7.4.11 \quad V_T = 1,210 + 1,444A$$

$$(S_E = 0,357 ; D_R = 28,56\%)$$

waar A die arbeidsverrigting in kpm/min voorstel

Dit blyk uit vergelyking 7.4.11 dat die korrelasie tussen die getyvolume en die arbeidsverrigting swak is ($D_R = 28,56\%$). Hiervolgens kan afgelei word dat 'n verhoging in die hoeveelheid arbeid wat verrig word, nie noodwendig 'n verhoging in die getyvolume tot gevolg sal hê nie.

HOOFSTUK 8

SAMEVATTING, GEVOLGTREKKING EN VERDERE NAVORSING

8.1 Samevatting

Oefening het terapeutiese waarde maar behoort nie in ongekontroleerde dosisse toegedien te word nie. Dit is noodsaaklik dat die oefening vooraf gegradeer word en daarna in ooreenstemming met die oefentoleransie van die persoon, soos in hoofstuk 1 aange-
toon is, voorgeskryf word. Daar bestaan 'n groot leemte aan kennis van gegradeerde oefeninge, veral vrystaande oefeninge, waarvan die energieverbruik by verskillende tempo's van werk-
verrigting bekend is.

Alvorens oefeninge wetenskaplik gegradeer word, moet kennis gedra word van die faktore wat 'n invloed kan hê op die energieverbruik van die mens. Bespreking aangaande die faktore is in hoofstuk 3 gevoer.

Oefening is die belangrikste faktor wat 'n invloed op die energieverbruik van die mens het. In hoofstuk 4 is die oefeninge waarvan die energievereistes deur ander navorsers bepaal is, bespreek. Bruikbare tabelle en grafieke waarvolgens die energieverbruik by verskillende tempo's van werkverrigting afgelees kan word, is deur skrywer saamgestel. Die enigste vrystaande oefeninge wat in die literatuur gevind kon word en wat in hoof-
stuk 4 bespreek is, is dié van Weiss en Karpovich. Die energieverbruik van laasgenoemde oefeninge is egter nie by verskillende, progressief verswarende tempo's van werkverrigting bepaal nie. Dit is slegs moontlik om die energieverbruik van laasgenoemde oefeninge by benadering te voorspel volgens 'n enkele vasgelegde

tempo van werkverrigting. Die leemte aan gegradeerde vrystaande oefeninge word dus nie deur die oefeninge van Weiss en Karpovich gevul nie.

In die huidige ondersoek is gepoog om vas te stel of vrystaande oefeninge wetenskaplik gegradeer kan word en of die energieverbruik van die oefeninge deur middel van die tempo waarteen geoefen word, bereken kan word.

Twee vrystaande oefeninge is ondersoek en twee oefeninge wat apparaat vereis en ook deur ander navorsers ondersoek is. Die laasgenoemde twee oefeninge is gekies ten einde vas te stel of die resultate wat verkry word met dié van ander navorsers ooreenstem.

8.2 Gevolgtrekkings.

Die oefeninge wat ondersoek is, is die buig-strek-beenoefening, die opstapoefening, die armstootoefening en oefening op die fietsergometer. Die uitvoering van die oefeninge is volledig bespreek in hoofstuk 5.

8.2.1 Die buig-strek-beenoefening

Die arbeidstempo's wat tydens die toetse van die buig-strek-beenoefening nagegaan is, plaas die oefening in die groep van ligte oefeninge. Daar is gevind dat die energieverbruik van die oefening met die volgende regressievergelyking bereken kan word:

$$\dot{V}_{O_2/Kg} = 4,375 + 0,221T$$

$$(S_E = 0,765 ; DK = 69,75\%)$$

waar $\dot{V}_{O_2}/\text{kg}$ die suurstofverbruik in kubieke sentimeter suurstof per kilogram liggaamsmassa per minuut voorstel en T die tempo van werkverrigting per minuut.

Die determinasiekwasiënt van die bogenoemde vergelyking toon aan dat alleen 69,75% van die waargenome waardes met die vergelyking ooreenstem.

Tabelle is saamgestel waarvolgens die energieverbruik van die buig-strek-beenoefening as suurstofverbruik of as metaboliese eenhede bokant die rustende energieverbruik volgens die liggaams-massa en die tempo van werkverrigting afgelees kan word.

8.2.2 Die opstapoefening

Die ondersoek na die opstapoefening het getoon dat die tempo's van werkverrigting wat getoets is, die oefening binne die groep van ligte oefeninge plaas. (Die hoogte van die trap wat gebruik is, was 31,0 sentimeter).

Daar is gevind dat die energieverbruik van die opstapoefening met 'n hoë mate van noukeurigheid met behulp van die volgende twee regressievergelykings bereken kan word:

$$\dot{V}_{O_2}/\text{kg} = 4,415 + 0,833T$$
$$(S_E = 1,733 ; DK = 88,95\%)$$

$$\dot{V}_{O_2} = 309,6 + 282A$$
$$(S_E = 128,2 ; DK = 92,35\%)$$

waar $\dot{V}_{O_2/kn}$ die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut per kilogram liggaamsmassa voorstel, T die tempo per minuut waarteen opgestap word, V_{O_2} die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut en A die arbeidsverrigting in kilogram-meter per minuut.

Die determinasiekwosiënte van laasgenoemde twee vergelykings toon aan dat die berekende waardes van die energieverbruik van die opstap oefening in 88,95 persent en 92,35 persent van die gevalle met die waargenome waardes sal ooreenstem.

'n Nomogram is saamgestel waarvolgens die suurstofverbruik per minuut asook die arbeid wat per minuut verrig word, afgelees kan word indien die liggaamsmassa en tempo van opstappe bekend is. 'n Tabel is ook saamgestel waarvolgens die energieverbruik van die opstap oefening as metaboliese eenhede bokant die rustende energieverbruik afgelees kan word vir verskillende liggaamsmassas en opstap tempo's.

8.2.3 Die armstoot oefening

Die armstoot oefening, soos dit in hierdie werkstuk ondersoek is, kan as ligte oefening geklassifiseer word. Daar is gevind dat die energieverbruik van die oefening met behulp van die volgende regressievergelyking bereken kan word:

$$\dot{V}_{O_2} = 326,7 + 24,48T$$

$$(S_E = 43,3 \quad ; \quad DK = 85,34\%)$$

waar $\dot{V}_{O_2}$ die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut en T die tempo van werkverrigting per minuut voorstel.

Die determinasiekwosiënt (DK) dui aan dat die berekende waardes vir energieverbruik in 85,34 persent van die gevalle met die waargenome waardes sal ooreenstem.

Tabelle is saamgestel waarvolgens die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per minuut en die energieverbruik in metaboliese eenhede bokant die rustende energieverbruik per minuut, afgelees kan word vir verskillende tempo's van werkverrigting.

8.2.4 Die fietsergometer

Tot en met 'n arbeidsverrigting van 600 kpm/min kan oefening op die fietsergometer as ligte oefening geklassifiseer word. Daar is gevind dat die energieverbruik van oefening op die fietsergometer met behulp van die volgende regressievergelyking, bereken kan word:

$$\dot{V}_{O_2/kg} = 4,61 + 0,03A$$

$$(S_E = 1,172 \quad ; \quad DK = 92,28\%)$$

waar $\dot{V}_{O_2/kg}$ die suurstofverbruik in kubieke sentimeter per kilogram liggaamsmassa per minuut voorstel en A die arbeid wat in kilogram meter per minuut verrig word.

Die determinasiekwosiënt (DK) van die laasgenoemde vergelyking toon aan dat in 92,28 persent van die gevalle die waargenome waardes ooreenstem met die waardes wat met die vergelyking bereken kan word.

Tabelle is saamgestel waarvolgens die energieverbruik van oefening op die fietsergometer as suurstofverbruik of as metabolisme eenhede bokant die rustende energieverbruik afgelees kan word vir verskillende liggaamsmassas en tempo's van werkverrigting.

Dit is duidelik dat die berekening van die energieverbruik van die opstapoefening en oefening op die fietsergometer noukeuriger waardes lewer as dié van die buig-strek-beenoefening en die armstootoefening. Daar word tot die gevolgtrekking gekom dat die energieverbruik van vrystaande oefeninge nie met dieselfde mate van akkuraatheid volgens 'n indirekte metode bereken kan word as wat die geval is met oefeninge wat 'n standaard metode van uitvoering op alle proefpersone afdwing nie. Die gegewens dui egter daarop dat vrystaande oefeninge, volgens die metode wat in hierdie werkstuk gevolg is, wel gegradeer kan word en dat die energieverbruik wel in 'n hoë mate volgens die tempo van werkverrigting bereken of voorspel kan word.

Die gegewens van die ondersoek dui verder daarop dat die berekening van die energieverbruik afhanklik is van faktore soos byvoorbeeld liggaamsmassa, veloppervlak en andere. Die moontlikheid bestaan dat 'n beter berekening gemaak sal kan word wanneer die verskillende faktore se invloed op die energieverbruik gesamentlik ondersoek word om 'n meervoudige regressieverband te vind.

8.3 Verdere navorsing

Tydens die ondersoek is gevind dat die volgende vraagstukke bestaan en nie deur die ondersoek voldoende opgeklaar kan word nie:

1. Sal die resultaat wat bereik word, wanneer die energieverbruik tydens oefening bepaal word met verskillende proefpersone, by die verskillende werksvlakke, ooreenstem met die resultaat wat bereik sal word wanneer dieselfde proefpersone by die verskillende werksvlakke getoets word? Indien daar nie 'n verskil is nie, sal navorsing in hierdie opsig baie bespoedig en vergemaklik word.

2. Faktore soos liggaamsmassa, liggaamslengte, veloppervlak e.a. kan 'n rol speel as uitdrukkingseenhede van die energieverbruik tydens oefening. Die faktore se gesamentlike invloede behoort ondersoek te word ten einde 'n beter uitdrukkingsvorm vir energieverbruik tydens oefening te vind.

3. Sal die energieverbruik tydens oefening, uitgedruk per eenheid aktiewe weefselmassa, 'n beter ooreenstemming tussen die energieverbruikswaardes van verskillende proefpersone vir dieselfde oefening toon en indien wel, kan 'n eenvoudiger metode vir die bepaling van die aktiewe weefselmassa gevind word?

4. Watter effek het verskillende siektetoestande, met die klem veral op afwykings van die tiroïed, op die energieverbruik tydens oefening?

5. In hierdie ondersoek is die groot leemte aan gegradeerde vrystaande oefeninge aangetoon. Daar is ook gewys op die bydrae wat sulke oefeninge tot die herstel van persone, onderhewig aan sekere siektetoestande, kan lewer. Veel meer vrystaande oefeninge moet nog gegradeer word. Dit is egter noodsaaklik om daarop te wys dat die oefeninge volgens hul energieverbruik by verskillende werksvlakke gegradeer moet word.

6. In hoe 'n mate kan die verskil in uitvoering van 'n oefening, deur verskillende persone, die energieverbruik wat die oefening vereis, beïnvloed?

7. Die basale metabolismiese snelhede van tienerjariges en volwassenes verskil grootliks. Is die energieverbruik van tienerjariges en volwassenes tydens oefening vergelykbaar?

8. Stem die energieverbruik van mans en dames tydens vrystaande oefeninge ooreen?

9. Verdere navorsing in verband met die energieverbruik van oefening op die trapmeul behoort gedoen te word ten einde die voorspellingsmoontlikheid van die energieverbruik by verskillende hellings en 'n konstante stapsnelheid te ondersoek.

10. Die energieverbruik tydens hardloop vertoon groot individuele verskille by dieselfde snelhede. In watter mate kan die individuele verskille uit die weg geruim word wanneer faktore soos liggaamsmassa, liggaamslengte, aktiewe weefselmassa, veloppervlak en paslengte in berekening gebring word?

=====

BIBLIOGRAFIE

AEROBIC and anaerobic metabolism in exercising dogs.
Journal of applied physiology, 19: Jan. 1964.

AMERICAN ASSOCIATION FOR HEALTH, PHYSICAL EDUCATION AND RECREATION. Measurement and evaluation materials in health, physical education and recreation. 1950.

ANDERSON, A.K. Essentials of physiological chemistry; 4th ed. New York, Wiley, 1953.

ANDERSON, R.L. & BANCROFT, T.A. Statistical theory in research. New York, McGraw-Hill, 1952.

^o
ASTRAND, Irma. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age.
(Acta Physiologica Scandinavica, 49 1960. Byvoegsel no. 169)

A NOMOGRAM for predicting treadmill-walking oxygen consumption. Journal of applied physiology, 1 : 150, Jan. 1964.

^o
ASTRAND, P.O. Work tests with the bicycle ergometer. Varberg, Swede, A.B. Cykelfabriken Monark.

BODY composition, resting oxygen consumption and urinary creatinine in Edinburgh students.

The Lancet, 1: 728, Apr. 1965.

BRINK, H.E. Eksperimentele fisiologie; 3e uitg. Stellenbosch, Univ.-uitg., 1963. 251 p.

BRINK, H.E. Menslike fisiologie; 2e dr. Stellenbosch, Univ.-uitg., 1960. 2 dle.

BRUCE, R.A. Evaluation of functional capacity and exercise tolerance of cardiac patients. Modern concepts of cardiovascular disease, 25: 321-6, 1956.

BUSKIRK, E.R. & BASS, D.E. Climate and exercise.
(In Johnson, W.R. Science and medicine of exercise and sports. New York, Harper, 1960)

BUYS, F.J. Die invloed van progressief verswaarde oefening op pre-diabetiese en diabetiese pasiente. Potchefstroom, 1970.

Proefskrif — D.Sc. (P.U. vir C.H.O.)

BUYS, F.J. Die kardiorespiratoriese ontwikkeling van blanke skoolseuns tussen die ouderdomme van dertien tot sestien jaar. Potchefstroom.

Verhandeling — M.Ed. (P.U. vir C.H.O.)

CARDIAC output during muscular work and its regulation. Physiological Reviews, 35: 778, 1955.

CLARKE, H.H. Application of measurement to health and physical education; 4th ed. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1967. 487 p.

CONSOLAZIO, C.F. e.a. Physiological measurements of metabolic functions in man. New York, McGraw-Hill, 1963. 505 p.

COSTILL, D.L. e.a. Maximum anaerobic power among college football players. The Journal of sports, medicine and physical fitness, 8:103, 1968.

CURETON, T.K. jnr. Physical fitness of champion athletes. Urbana, Ill., Univ. Press, 1951

DE VRIES, H.A. Immediate and long term effects of exercise upon resting muscle action potential level. The Journal of sports, medicine and physical fitness, 8:1, 1968.

DE VRIES, H.A. Physiology of exercise for physical education and athletics. Londen, Staples, 1967. 422 p.

DOWNIE, N.M. Fundamentals of measurement; 3rd ed. Londen, Oxford Univ. Press, 1961

DU RAAN, A.J.N. A biochemical estimation of efficient energy expenditure during the performance of arduous manual efforts. Patchefstroom, 1965.

Verhandeling — M.Sc. (P.U. vir C.H.O.)

DURNIN, J.V.G.A. & NAMYSLOWSKI, L. Individual variations in the energy expenditure of standardized activities. Journal of physiology, 143:573-8, 1958.

DURNIN J.V.G.A. & PASSMORE, R. Energy: work and leisure. Londen, Heineman, 1967.

DU TOIT, J.M. Statistiese metodes; 'n inleiding vir studente in die Sielkunde, Opvoedkunde en Sosiale wetenskappe. Stellenbosch, Kosmo, 1963.

EFFECT of repetition on the energy expenditure of women performing selected activities. Journal of applied physiology, 20:1313, Nov. 1965.

EMOTIONAL state and energy expenditure. The Lancet, 1:237, 1959.

ENERGY expenditure of young men during weekends. The Lancet, 1:727, April 1965

EXCESS lactate concept and oxygen debt of exercise. Journal of applied physiology, 20:1299, Nov. 1965.

FALLS, H.B. Exercise physiology. New York, Academic Press, 1968. 471 p.

FORD, A.B. & HELLERSTEIN, H.K. Energy cost of the Master Two-Step Test. The Journal of the American Medical Association, 164:1868-74, 1957.

FORD, A.B. & HELLERSTEIN, H.K. Estimation of energy expenditure from pulmonary ventilation. Journal of applied physiology, 14:891-93, 1959.

GARRETT, H.E. Statistics in psychology and education; herdr. New York, Longmans, Green, 1929.

GLASSER, O. Medical physics. Illinois, Year Book Publishers, 1960.

GRAYBILL, F.A. An introduction to linear statistical models. New York, McGraw-Hill, 1961.

GUYTON, A.C. Function of the human body; 3rd ed. Philadelphia, Saunders, 1968. 475 p.

GUYTON, A.C. Textbook of medical physiology; 3rd ed. Philadelphia, Saunders, 1968. 1210 p.

HALHUBER, M.J. A longitudinal investigation on hypertensive patients during exercise at 2 000 metres altitude. The Journal of sports medicine and physical fitness, 8:12, 1968

HANDBOOK of physiology. Washington, D.C., American Physiological Society, 1965.

HOLLMANN, W. Der Arbeits und Trainingseinfluss auf Kreislauf und Atmung; eine klinische und physiologische Betrachtung. Darmstadt, Steinkopff, 1959

HUMAN physiology; 2e dr. New York, McGraw-Hill, 1955.

INOUE, T. e.a. Energy requirement in the aged. Acta Scandinavica Medica, University Kioto. 38:227-32, 1962. (In Biological Abstracts)

JEZER, A. Work capacity of the cardiac. The medical clinics of North America, :667-84, 1953.

JOHNSON, W.R. Science and medicine of exercise and sports. New York, Harper, 1960.

JOKL, E. & SIMON, E. International research in sport and physical education. Springfield, Ill., Thomas, 1964.

JONGBLOED, J. Overzicht van de fysiologie van de mens; 9e hers. dr. Utrecht, Oosthoek, 1965. 373 p.

KARPOVICH, P.V. Physiology of muscular activity; 6e dr. Philadelphia, Saunders, 1966. 305 p.

KARVONEN, M.J. & BARRY, A.J. Physical activity and the heart. Springfield, Ill., Thomas, 1967. 405 p.

KEEL, C.A. & NEIL, E. Samson Wright's applied physiology; 10th ed. Londen, Oxford Univ. Press, 1962. 555 p.

KEYS, A. e.a. The biology of human starvation. Minneapolis, Univ. of Minnesota Press, 1950.

KLEIBER, M. Respiratory exchange and metabolic rate. (In Handbook of physiology. Washington, D.C., American Physiological Society, 1965. Sec. 3, Vol. II)

KNOWLTON, R.G. & WEBER, H. A case study of training responses in a female endurance runner. The Journal of sports medicine and physical fitness, 8:228, 1968.

KRAUS, H & RAAB, W. Hypokinetic disease. Springfield, Ill., Thomas, 1961. 193 p.

LEHMANN, G. Praktische Arbeitsphysiologie; 2e dr. Stuttgart, Thieme, 1962.

MAHADEVA, K. e.a. Individual variations in the metabolic cost of standardized exercises: the effects of food, age, sex and race. Journal of physiology, 121:225-31, 1953.

MATTHEWS, D.K. Measurement in physical education; 2nd ed. Philadelphia, Saunders, 1963. 373 p.

MENDENHALL, C.E. e.a. College physics; 4th ed. Boston, Heath, 1956.

MONCRIEFF, J. Individual differences, reliabilities and intercorrelations of oxygen intake measures. The Journal of sports medicine and physical fitness, 8:153, 1968.

MOREHOUSE, L.E. & MILLER, A.T. Physiology of exercise; 4th ed. St. Louis, Mosby, 1963. 323 p.

MORRISON, J.F. e.a. A comparison of word study assessments and physiological measurements of men at work. The South African mechanical engineer, 14:234-8, 1965.

MORRISON, J.F. e.a. The determination of the heat load on labourers when near submerged arc furnaces. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy. 1966.

MORRISON, J.F. e.a. Energy expenditure of mining tasks and the need for the selection of labourers. Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy. 1968.

NIXON, J.E. e.a. An introduction to physical education; 6th ed. Philadelphia, Saunders, 1964. 270 p.

OSTLE, B. Statistics in research. Ames, Iowa, State College Press, 1956

OXYGEN consumption during three yoga-type breathing patterns. Journal of applied physiology, 1:75, Jan. 1964.

PASSMORE, J.W. & DURNIN, J.V.G.A. Human energy expenditure. Physiological reviews, 35:826, 1955.

POSTMA, J.W. Inleiding tot die Liggaamlike Opvoedkunde. Kaapstad, Balkema, 1965. 336 p.

PUTTER, W.J. Die Christen en fiksheid. Die Kerkblad, 1990:8-9, 1969.

PUTTER, W.J. Konsekwensies van fisieke onaktiwiteit. Die Kerkblad, 2025:6-7, 1969.

PUTTER, W.J. Die liggaamlike geskiktheid van blanke en nie-blanke mans, Potchefstroom, 1964.
Proefskrif — P.U. vir C.H.O.

PUTTER, W.J. Onrusbarende onfiksheid. Die Kerkblad, 2000:12. 1969.

RAAB, W. Prevention of ischemic heart disease. Springfield, Ill., Thomas, 1966. 466 p.

RATHBONE, Josephine L. & HUNT, Valerie V. Corrective physical education. Philadelphia, Saunders, 1965.

RENAL clearances during prolonged supine exercise at different loads. Journal of applied physiology, 20:1295, Nov. 1965.

RICE, E.A. e.a. A brief history of physical education; 4th ed. New York, Ronald Press, 1958.

RICHARD, D.W. Pulmonary changes due to aging (In Handbook of physiology, Washington, D.C., American Physiological Society, 1965, 2:927)

RUCH, T.C. & PATTON, H.D. Physiology and biophysics; 19th ed. London, Saunders, 1960.

RUSHMER, R.F. Cardiovascular dynamics; 2nd ed. Philadelphia, Saunders, 1967. 503 p.

SHVARTZ, E. Energy cost of a handstand. The Journal of sports medicine and physical fitness, 8:18, 1968.

SIENKO, M.J. & PLANE, R.A. Chemistry. New York, McGraw-Hill, 1957.

SMILLIE, K.W. An introduction to regression and correlation, Toronto, Ryerson Press, 1966.

SMITH, D.P.J. Die doel en plek van Liggaamlike Opvoeding in die opvoedingsprogram. Potchefstroom, 1951.
Inougrele rede.

SMITH, D.P.J. Prestasieskale in aktiwiteite van die Liggaamlike Opvoedkunde vir jongelinge van 12 tot 19 jaar. Potchefstroom.

Verhandeling — M.Ed. (P.U. vir C.H.O.)

SMITH, D.P.J. Die samestelling van prestasieskale in die atletiek vir studerende blanke jongelinge van 16 jaar en ouer. Potchefstroom, 1948.

Proefskrif — D.Phil. (S.A.)

STRYDOM, G.L. Die invloed van oefening op die kardiorespiratoriese ontwikkeling van mansstudente. Potchefstroom, 1966.

Verhandeling — M.A. (P.U. vir C.H.O.)

STRYDOM, G.L. Die invloed van oefening op die kardiovaskulêre fiksheid van koronêre-trombose pasiënte. Potchefstroom, 1968.

Proefskrif — D.Phil. (P.U. vir C.H.O.)

STRYDOM, N.B. e.a. The influence of water restriction on the performance of men during a prolonged march. South African medical journal, 40:539-44, 1966.

TODOROVIC, B. e.a. Comparison of some formulae for the prediction of vital capacity. The Journal of sports medicine and physical fitness, 8:70, 1968.

VAN DER MERWE, G.W. Maksimale suurstofopname en maksimale hartsnelheid tydens spierarbeid en 'n indirekte metode vir die vasstelling van die suurstofkapasiteit van jong blanke mans. Pretoria, 1962.

Proefskrif — D.Ed. (U.P.)

VAN DER MERWE, G.W. Die voorkoming van hart- en bloedvatsiektes deur deelname aan liggaamlike aktiwiteite en sport. Referaat gelewer voor 'n kongres van S.A.V.L.O.R., 29 Sept. - 2 Okt. 1969.

WARREN E. COLLINS, INC. Directions... for your 9 litre respirometer. Braintree, Mass.

WHITE, A. e.a. Principles of biochemistry; 3rd ed. New York, McGraw-Hill. 1964.

WILKS, S.S. Elementary statistical analysis; 10th ed. Princeton, N.J., Univ. Press, 1958.

WILLIAMS, C.G. Physiological responses to work performed under normal conditions and in severe heat by bantu miners with special reference to blood lactate and pyruvate. Potchefstroom, 1960. .
Verhandeling — M.Sc. (P.U. vir C.H.O.)

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health factors involved in working under conditions of heat stress. Geneve, 1969. (Technical report series, no. 412)

WYNDHAM, C.H. An examination of the methods of physical classification of African labourers for manual work. Suid-Afrikaanse tydskrif vir geneeskunde, 275-8, 1966.

WYNDHAM, C.H. & STRYDOM, N.B. The effect of environmental heat on the comfort, productivity and health of workmen. The South African mechanical engineer, 14:209-21, 1965.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The energy cost of several exercises, tested at different work levels progressing in intensity.

1. The problem and purpose of this research

The rehabilitation value of exercise programs in different illnesses is clearly stated. What type of exercise to be used, is not so clearly marked out. In the process to find out which exercise will be the best remedy for the different illnesses one should make sure that the working capacity of the persons used for testing is not exceeded. A knowledge of the energy cost of the exercises is therefore needed.

In this study the first problem therefore, was to calculate the energy cost of several exercises at different progressing work levels.

The second problem was to find the relation, if existing, between the energy cost of the exercises and the rate or amount of work done.

Thirdly to try and find a regression equation to enable one to calculate the energy cost, at different rates of work done.

2. The method of research

In this study nine European men, randomly picked, between the ages of 27 and 61 were used as experimental subjects.

Each one of the subjects was tested at different work levels of four different exercises. The energy cost of the exercises was expressed in cubic centimetres of oxygen per minute. The oxygen used by each individual was also expressed in terms of his own body mass, height and skin surface area.

The four exercises that were tested, were the bend-stretch leg exercise, a step-up exercise, the push away arm exercise and exercise on a bicycle ergometer.

3. Conclusions

The energy cost of the four exercises can be calculated with the aid of the following regression equations (see abbreviations at end of summary).

Bend-stretch leg exercise:

$$\dot{V}_{O_2}/kg = 4,375 + 0,221 T \quad S_E = 0,765$$

Step-up exercise:

$$\dot{V}_{O_2}/kg = 4,415 + 0,833 T \quad S_E = 1,733$$

OR

$$\dot{V}_{O_2} = 309,6 + 2,82 A \quad S_E = 128,2$$

Push away arm exercise:

$$\dot{V}_{O_2} = 326,7 + 24,48 T$$

$$S_E = 43,3$$

Bicycle ergometer:

$$\dot{V}_{O_2/kg} = 4,61 + 0,03 A$$

$$S_E = 1,172$$

In the study it was found that exercises can be scientifically graded and that the energy cost of the exercises can be indirectly calculated.

Abbreviations

A	=	amount of work done in kgm/min
S_E	=	standard error
T	=	rate per minute at which the exercise is performed
$\dot{V}_{O_2}$	=	oxygen consumption in cubic centimetres per minute
$\dot{V}_{O_2/kg}$	=	oxygen consumption in cubic centimetres per kilogram body mass per minute