

'N VERGELYKING TUSSEN 'N VYFMINUUT-ONDERBROKE EN
TWEEMINUUT-ONONDERBROKE-TOETS VIR DIE BEPALING VAN
DIE FISIEKE WERKSVERMOË VAN MANS MET BEHULP VAN
DIE FIETSERGOMETER

deur

JOHANNES GERHARDUS UYS VAN WYK
(HONNS. B.A. in Ligg. Opv.)

Voorgelê ter vervulling van 'n deel van die vereistes
van die graad Magister Artium (Liggaamlike Opvoedkunde)
in die Fakulteit Lettere en Wysbegeerte aan die
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys.

POTCHEFSTROOM

November 1977

VOORWOORD

Daar bestaan 'n uitgebreide reeks fisieke werksvermoëtoetse waarvan so te sê elkeen verskil ten opsigte van konstruksie en aanwending. Van die belangrikste probleme ten opsigte van werksvermoëtoetse is onder andere die invloed van eksterne en interne faktore, en tweedens 'n té lang tydsduur. Laasgenoemde vorm dan ook die probleemsituasie waaroor dit gaan in hierdie ondersoek.

Die doel met hierdie navorsing is om vas te stel of 'n twee-minuut-ononderbroke-toets (Weiner, 1969, p. 240) goed vergelyk met die metode wat algemeen in gebruik is, naamlik die metode van Astrand (1958b, p. 76). Daarmee sou die probleem van 'n te lang toets uitgeskakel wees.

Vir die suksesvolle afhandeling van so 'n ondersoek word die hulp van verskeie persone benodig. Hiermee wens ek my dank te betuig teenoor mnr. T.S.P. van der Walt vir sy bekwame leiding en voortdurende bereidwilligheid om my op geleë en ongeleë tye van raad te bedien, asook aan prof. W.J. Putter wie se leiding en entoesiasme my altyd gemotiveer het, tydens my voorgraadse studies.

Aan die proefpersone wat hul deel getrou bygedra het en hul streng aan die instruksies gehou het, my dank en waardering.

Ek betuig ook my dank teenoor dr. H.S. Steyn en mnr. H. van Wyk van die Departement Statistiek, P.U. vir C.H.O., vir hulle waardevolle hulp met die statistiese verwerking van die resultate; mnr. P. Engelbrecht vir die taalkundige versorging; mev. A. Olivier wat met die tikwerk behulpzaam was, en alle persone en instansies wat op een of ander wyse bygedra het om dié eindproduk moontlik te maak.

My innige dank ook aan my vrou vir haar inspirasie en onontbeerlike hulp in die voorbereiding van hierdie verhandeling.

'n Spesiale woord van dank aan my ouers vir hul volgehoue belangstelling, aanmoediging en finansiële hulp; met liefde dra ek hierdie verhandeling aan hulle op.

Aan God alleen die eer.

INHOUD

BLADSY

VOORWOORD

ALGEMENE INLEIDING	1
--------------------	---

HOOFSTUK:

1	DIE PROBLEEM EN DOEL VAN DIE ONDERSOEK	2-4
2	FISIEKE WERKSVERMOËMETING - 'N LITERATUUR-OORSIG	5-19
2.1	Inleidend	5
2.2	Parameters wat gebruik word as aanduiding van fisieke werksvermoë	8
2.2.1	Hartslagsnelheid	8
2.2.2	Suurstofverbruik	10
2.2.3	Ander parameters	12
2.3	Metodes vir die evaluering van die kardiovas-kulêre funksies met behulp van fisieke werksvermoëtoetse	13
2.3.1	Soorte kardiovaskulêre toetse	14
a.	evaluering sonder aktiwiteit	14
b.	evaluering tydens maksimale of submaksimale inspanning	15
c.	evaluering na afloop van 'n oefendosis	17
d.	verskeie kombinasies van bogenoemde	18
3	VERSKILLENDE METODES OM FISIEKE WERKSVERMOË MET BEHULP VAN DIE FIETSERGOMETER TE MEET	20-42
3.1	Inleidend	20

3.2	Kriteria vir die klassifikasie van fisieke werksvermoëtoetse op die fietsergometer	23
3.3	Verskillende metodes om fisieke werksvermoë met behulp van die fietsergometer te meet	24
3.4	Die voor- en nadele van die fietsergometer	34
3.4.1	Voordele van die fietsergometer as toetsapparaat en as geskikte werksvorm	34
3.4.2	Nadele van die fietsergometer tydens evaluering	36
3.5	Faktore wat 'n werksvermoëtoets mag beïnvloed	37
4	DIE VERSAMELING EN VERWERKING VAN DIE GEGEWENS VAN DIE ONDERSOEK	43-55
4.1	Die versameling van die gegewens	43
4.1.1	Keuse van proefpersone	43
4.1.2	Keuse van aktiwiteit	43
4.1.3	Toetstye	44
4.1.4	Eksterne invloede	45
4.1.5	Toetsapparaat	45
4.1.6	Prosedure van toetsing	45
4.2	Die verwerking van die gegewens van die ondersoek	46
4.2.1	Die verslagkaart	46
4.2.2	Die statistiese verwerking van die gegewens	50
5	BESPREKING VAN DIE RESULTATE VAN DIE ONDERSOEK	56-99
5.1	Die lineêre verwantskap tussen hartslagsnelheid en arbeidsverrigting tydens die twee toetse	56
5.1.1	Die 5-minuut-onderbroke-toets (Metode A)	56
5.1.2	Die 2-minuut-ononderbroke-toets (Metode B)	59

5.2	Die ooreenkoms tussen die passings op twee en op vier punte in die voorspelling van die FWV ₁₅₀ en FWV ₁₇₀ tydens die metodes en hulle herhalings	63
5.3	Die korrelasies van die hartslagsnelhede by elke arbeidsvlak	69
5.3.1	Die 5-minuut-onderbroke-toets (Metode A)	69
5.3.2	Die 2-minuut-ononderbroke-toets (Metode B)	70
5.4	'n Vergelyking tussen 'n metode en sy herhaling se afgeleide FWV ₁₅₀ en FWV ₁₇₀	79
5.5	Die korrelasies tussen die werklike en afgeleide FWV ₁₅₀ en FWV ₁₇₀	84
5.6	Die korrelasies van die twee metodes en hul herhalings	89
5.7	Die subjektiewe waarnemings van die proefpersone na afloop van die projek	98
5.8	Opsommende bespreking	99
6	SAMEVATTING, GEVOLGTREKKING EN VERDERE NAVORSING	100-102
6.1	Samevatting en gevolgtrekking	100
6.2	Verdere navorsing	101
	BIBLIOGRAFIE	103-116
	SUMMARY AND CONCLUSIONS	117-118

TABELLE

TABEL

BLADSY

I	Die rekenkundige gemiddeldes en standaardafwykings van die massa, leeftyd en lengte van 30 blanke mans	48
II	Die rekenkundige gemiddelde en standaardafwyking van die kamertemperatuur tydens toetsaflegging van die 30 blanke mans	49
III	Die gemiddelde verskille en maksimale oor- of onderskatting tussen die FWV ₁₅₀ en FWV ₁₇₀ - waardes soos verkry met verskillende tweepunt-passings ten opsigte van die ooreenstemmende vierpuntpassing	68
IV	Die ooreenstemming tussen die hartslagsnelhede van die herhalings met die die hartslagsnelhede verkry by die eerste poging	69
V	Die korrelasies tussen 'n metode en sy herhaling se afgeleide FWV ₁₅₀ en FWV ₁₇₀	80
VI	Die korrelasies tussen werklike en afgeleide FWV ₁₅₀ en FWV ₁₇₀ by die metodes en hulle herhalings	85
VII	Die persentasie oor- of onderskatting tussen die empiriese en afgeleide FWV ₁₅₀ en FWV ₁₇₀ by die metodes en hulle herhalings	86
VIII	Die korrelasies van die waargenome en afgeleide fisieke werksvermoë van die proefpersone wat maksimale en die proefpersone wat submaksimale hartslagsnelhede bereik het	87

TABELBLADSY

IX Die gemiddelde waardes van die fisieke werksvermoëns van die twee metodes vir beide groepe proefpersone	88
X Die korrelasies van die hartslagsnelhede tussen die metodes en hulle herhalings by arbeidsvlakke 100 - 175 watt	90
XI Die korrelasies van die afgeleide FWV ₁₅₀ en FWV ₁₇₀ van Metode A met Metode B (n = 14)	97

GRAFIEKEGRAFIEKBLADSY

1. Die bepaling van die fisieke werksvermoë van 'n proefpersoon by 'n hartslagsnelheid van 150 en 170 slae per minuut	22
2. 'n Regressiepassing op die waarnemings by proefpersoon D.M.	52
3. Die bepaling van die arbeidsverrigting by 'n hartslagsnelheid van 170 slae per minuut by proefpersoon D.M.	53
4. 'n Vergelyking van die eerstegraadse regressiepassings by proefpersoon D.M. tydens die eerste toetsing (A) en die tweede toetsing (AH)	55
5. 'n Eerstegraadse regressiepassing op die waarnemings van 30 proefpersone van Metode A	57
6. 'n Eerstegraadse regressiepassing op die waarnemings van 30 proefpersone van Metode AH	58
7. 'n Eerstegraadse regressiepassing op die waarnemings van 30 proefpersone van Metode B	61
8. 'n Eerstegraadse regressiepassing op die waarnemings van 30 proefpersone van Metode BH	62

9. Die ooreenkoms tussen passings op twee en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode A 65
10. Die ooreenkoms tussen passings op twee en op vier punte in die voorspelling van die FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode AH 65
11. Die ooreenkoms tussen passings op twee en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode B 66
12. Die ooreenkoms tussen passings op twee en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode BH 66
13. Die ooreenkoms tussen passing op twee punte (100 en 150 watt) en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode A 67
14. Die ooreenkoms tussen passings op twee punte (125 en 175 watt) en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode A 67
15. Die ooreenkoms tussen passings op twee punte (100 en 150 watt) en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode B 67
16. Die ooreenkoms tussen passings op twee punte (125 en 175 watt) en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode B 67

- | | |
|--|----|
| 17. Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 100 watt tydens Metode
A en sy herhaling | 71 |
| 18. Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 125 watt tydens Metode
A en sy herhaling | 72 |
| 19. Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 150 watt tydens Metode
A en sy herhaling | 73 |
| 20. Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 175 watt tydens Metode
A en sy herhaling | 74 |
| 21. Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 100 watt tydens Metode
B en sy herhaling | 75 |
| 22. Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 125 watt tydens Metode
B en sy herhaling | 76 |
| 23. Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 150 watt tydens Metode
B en sy herhaling | 77 |
| 24. Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 175 watt tydens Metode B
en sy herhaling | 78 |
| 25. 'n Vergelyking tussen Metode A en sy herhaling
se afgeleide FWV_{150} en FWV_{170} van proefpersoon
G.V. | 81 |
| 26. 'n Vergelyking tussen Metode B en sy herhaling
se afgeleide FWV_{150} en FWV_{170} van proefpersoon
G.V. | 82 |

GRAFIEKBLADSY

27.	Die verspreiding van die waarnemings van Metode A en B	92
28.	Die verspreiding van die waarnemings van Metode AH en BH	93
29.	Die verspreiding van die waarnemings van Metode A en BH	94
30.	Die verspreiding van die waarnemings van Metode B en AH	95

AFBEELDINGSAFBEELDINGBLADSY

1.	Die Astrand - fisieke werksvermoëtoets	26
2.	Die IBP - werksvermoëtoets	28
3.	Die Howald - fisieke werksvermoëtoets (Schönholzer, 1974, p. 10)	30
4.	Die verslagkaart van die gegewens van die 30 proefpersone	47

ALGEMENE INLEIDING

In die twintigste eeu het kardiovaskulêre siektes ontwikkel tot een van die belangrikste oorsake vir kardiovaskulêre siektes onder middeljarige mans. Andersen (1971, p. 7) wys daarop dat prosedures vir die bepaling van die doeltreffendheid van die hart en sirkulatoriese een van die belangrikste faktore geword het in die voorkoming van kardiovaskulêre siektes. Tereg beveel die American Heart Association aan dat proefpersone wat ouer as 35 jaar is, se fisieke werksvermoë bepaal moet word alvorens hulle hul aan aktiwiteit wil onderwerp, aldus Zohman (1973, p. 39).

Werksvermoëtoetse is algemeen in gebruik, en as gevolg van tekortkominge is metodes baie gewysig, met die gevolg dat daar reeds 'n uiteenlopende reeks metodes bestaan.

'n Fisieke werksvermoëtoets soos gekonstrueer deur Astrand (1958b, p. 76) en Sjöstrand-Wahlund (1947, p. 690), geniet geruime tyd al voorkeur in dié veld. In hierdie studie word die IBP - werksvermoëtoets van Weiner (1969, p. 240) vergelyk met die metode van Astrand (1958b, p. 76), om vas te stel of die twee metodes 'n eenderse indikasie gee van fisieke werksvermoë. Verder wil ook vasgestel word of die metode van Weiner sal beantwoord aan die eise wat daaraan gestel sal word, indien dit as diagnostiese evalueringsmetode op die gebied van remediërende gimnastiek toegepas word.

HOOFSTUK 1

DIE PROBLEEM EN DOEL VAN DIE ONDERSOEK

Die algemene gebruik is om by voorskryf van oefenprogramme vir die fietsergometer allereers die proefpersoon se fisieke werksvermoë te bepaal. Hieruit kan dan afgelei word wat die proefpersoon se fisieke werksvermoë by 150 en 170 slae per minuut sal wees.

Fisieke werksvermoëtoetse gaan egter mank aan tekortkominge. Daarom bestaan daar verskeie probleme ten opsigte van werksvermoëtoetsing. Daar is byvoorbeeld eksterne faktore soos temperatuur en interne faktore soos dieetgewoontes wat die resultaat van die toets kan beïnvloed. Ander probleme word weer veroorsaak deur die prosedure wat sommige toetse vereis, soos byvoorbeeld 'n lang tydsduur wat dan 'n langdurige fisieke inspanning vereis en dus hoë eise stel aan die fisiese en psigiese kwaliteite van 'n proefpersoon. 'n Bykomende probleem tydens die duur van sulke toetse is die keuse van die arbeidsvlakke. Word 'n té lae aanvanklike arbeidslading gekies, word die toets onnodig verleng en kan dit selfs 25 - 30 minute duur. Dit is gewoonlik toe te skryf aan onervarendheid van die toetsafnemer. Laastens moet ook gewys word op die moontlikheid dat die uitslag van 'n fisieke werksvermoëtoets die vermoë van 'n proefpersoon kan oorskakel of onderskakel, aangesien daar in die praktyk by die bepaling van die fisieke werksvermoë gehou word by submaksimale arbeidsvlakke en gevolglik 'n voorspelling gewaag word oor die werklike werksvermoë. Dit berus op die beginsel van reglynige verband tussen hartslagsnelheid en arbeid.

Sommige van die probleme wat vermeld is, kan op verskillende maniere oorbrug word. Eksterne faktore wat die toetsresultaat kan beïnvloed, kan deur die korrekte toepassing van prosedure beheer word. Die keuse van arbeidsvlakke kan vergemaklik word deur 'n kort toetslopie. Die tydsduur van 'n toets kan egter moeilik verander word, indien die voorgeskrewe prosedure dit stel dat 'n arbeidsvlak 6 minute moet duur. As alternatief bestaan die moontlikheid van 'n toets van korter tydsduur. Die ideaal sou dan wees om 'n toets te kies met 'n korter tydsduur wat die risikofaktor (oor of onderskatting van werksvermoë) sou verlaag en daarbenewens lokale spieruitputting sou voorkom.

Tans geniet die fisieke werksvermoëtoets van Astrand en Sjöstrand-Wahlund wye erkenning. Die toetse het egter ook nadele soos muskulêre uitputting van veral die quadriceps. Die belangrikste nadeel is dat die tydsduur van die toets nie gewysig kan word nie, omdat die prosedure 'n aantal arbeidsvlakke behels met elk 'n duur van 5 - 6 minute wat onderbreek word deur ruspouses. 'n Derde probleem rakende dié metode gaan oor die keuse van arbeidsvlakke. 'n Toetslopie is nie altyd prakties moontlik nie en word daar dus op die oordeelsvermoë van die toetsafnemer staat gemaak, wat weer die vermoëns van die proefpersoon kan oorskat of onderskat.

Bogenoemde nadele vorm die probleemsituasie waaroor dit in hierdie werkstuk gaan. Benewens die Astrand-metode, wil ook 'n korter toetsprosedure ondersoek word, naamlik die IBP - werksvermoëtoets (Weiner, 1969, p. 240) wat in

HOOFSTUK 2

FISIEKE WERKSVERMOËNING - 'N LITERATUUROORSIG

2.1 INLEIDEND

Fisieke werksvermoë by 'n bepaalde vlak kan omskryf word as die vlak van aerobiese funksie waartoe 'n individu se kardio-respiratoriese stelsel in staat is (Olrice, 1965, p. 84; Rowell, 1964, p. 919). Dahlstrom (1964, p. 560) sien dit weer as spierwerking, hetsy op die sportveld of op 'n apparaat soos die trapmeul of ergometer.

'n Gebrek aan oefening bevorder die ontwikkeling van kardio-vaskulêre swakhede (Sterky, 1963, p. 1). Op grond hiervan propageer liggaamlike opvoedkundiges, fisioloë en medici gereelde aktiewe deelname aan oefening (Astrand, 1976, p. 7) en lê klem op 'n fisieke werksvermoëtoets voordat aktiwiteit voorgeskryf word indien kardiovaskulêre swakhede vermoed word. Omdat meer mense deesdae in oefening belangstel as gedurende die begin van hierdie eeu (Willgoose, 1961, p. 104), is die oogmerk met oefening dan om 'n werksvermoë te verhoog wat sal voldoen aan die behoefte wat ontstaan as gevolg van roetine-werk, of wat ooreenstem met daaglikse energieverbruik of ekstra inspanning (Astrand, 1976, p. 7).

Daar is eenstemmigheid onder liggaamlike opvoedkundiges en fisioloë dat die vermoë om intense fisieke arbeid te verrig, verwant is aan die maksimale kapasiteit van die kardiovaskulêre en respiratoriese sisteem om suurstof op te neem, te vervoer

en te verbruik (Glassford, 1965, p. 509); met ander woorde die vermoë om aan die toenemende metaboliese behoeftes van aktiewe weefsels te voorsien (Knuttgen, 1967, p. 655).

Indien 'n fiksheidstoets dan verlang word, word die respons van die hart as aanduiders van die fisieke toestand gebruik. Liggaamlike opvoedkundiges is dit eens dat so 'n werksvermoëtoets bruikbaar is in die bepaling van die maksimale kapasiteit van die liggaam om 'n swaar arbeidslading vir 'n kort tydskuur te deurstaan (Karpovich, 1959, p. 280), maar ook teen 'n laer lading vir 'n langer tydskuur.

Vir fisioloë en liggaamlike opvoedkundiges lê die waarde en noodsaaklikheid van die werksvermoëtoets daarin dat dit onder andere 'n indikatie gee van 'n atleet se minuutvolume, die herstel van hartslagsnelheid na intense aktiwiteit, en vasomotoriese tonus van die vaskulêre sisteem (Murphy, 1940, p. 67). Maar ook in die samestelling, evaluering en verbetering van oefenprogramme is die waarde van 'n werksvermoëtoets prominent (Andersen, 1971, p. 27).

Die fisieke werksvermoëtoets word verder gebruik in kliniese laboratoria, by chirurgiese terapie (McDonough, 1969, p. 26 - 33), in mediese praktyke (Larsen, 1971, p. 195), navorsing, kardiologie, psigiatrie (Astrand, 1960, p. 49) en kinetio-terapie (Strydom, 1975, p. 107). Die werksvermoëtoets is 'n wesentlike diagnostiese hulpmiddel (Larsen, 1971, p. 195), in die bepaling van abnormaliteite soos koronêre valvulêre en pre-kliniese myokardiale iskemiese toestande (McDonough, 1969, p. 26 - 33). Hieronder resorteer diegene wat dink hulle is asimptomaties (Wilson, 1975, p. 43), diabetikers en

persone wat oormassa is (Falls, 1968, p. 230 en 388), by wie ook deur middel van genoemde toets, iskemiese toestande en aritmes aangedui kan word. McDonough (1969, p. 26 - 33) kom tot die gevolgtrekking dat 'n werksvermoëtoets waardevolle inligting verskaf in die diagnose en behandeling van sekere siektetoestande, met spesiale klem op myokardiale afwykings.

Opsommend kan die waarde van fisieke werksvermoëtoetse as volg saamgevat word:

- i. dit is 'n metode om die fisieke toestand te evalueer (diagnosties),
- ii. dit bied 'n aanduiding waarvolgens bepaal kan word watter graad van intensiteit 'n oefenprogram mag aanneem (voorskrywend), en
- iii. is die waarde in die feit dat fisieke werksvermoëtoetse kwantitatief kan aandui in watter mate daar vordering gemaak word met die verbetering van 'n persoon se fisieke toestand.

Die noodsaaklikheid van fisieke werksvermoëtoetse lê in die risiko wat geloop sou word indien oefenprogramme lukraak voorgeskryf sou word. Voordat besluit kan word op 'n effektiewe oefenprogram is dit noodsaaklik dat die fisieke werksvermoë bekend moet wees.

Gesien in die lig van die feit dat die waarde en noodsaaklikheid van fisieke werksvermoëtoetse nie betwyfel kan word nie, is dit nodig om 'n bespreking te wy aan die verskillende maatstawwe wat gebruik word om fisieke werksvermoë te evalueer.

2.2 PARAMETERS WAT GEBRUIK WORD AS AANDUIDING VAN FISIEKE WERKSVERMOË

Astrand (1952, p. 140) is van mening dat daar nog nie genoegsame onderskeiding gemaak word tussen fisieke werksvermoë en fisieke toestand nie. Hy beskou werksvermoë as 'n sintese van aerobiese en anaerobiese kapasiteit, meganiese effektiwiteit en fisieke toestand; daarteenoor sentreer fisieke toestand om die vraag hoe die sirkulatoriese, respiratoriese en spierstelsel geoeven is om langdurige intensiewe arbeid te verrig. Daarom kan aanvaar word dat werksvermoë na die kwantitatiewe verwys en fisieke toestand na die kwalitatiewe.

Vervolgens gaan daar verwys word na enkele parameters wat gebruik word as aanduiding van die fisieke werksvermoë van 'n proefpersoon:

2.2.1 HARTSLAGSNELHEID

Dit is die parameter wat die langste in gebruik is, dit is eenvoudig om te monitor en verg min opleiding (Clarke, 1970, p. 287). Deur hartslagsnelheid in rus, by verskillende arbeidsladings, en as herstelindeks na aktiwiteit te monitor, is een van die beste kriteria vir die evaluering van fisieke werksvermoë van 'n proefpersoon, aldus Vuori (1969, p. 44). Hierdie stelling word ook ondersteun deur Consolazio (1963, p. 397).

Daar is 'n lineêre verwantskap tussen hartslagsnelheid en arbeid (Astrand, 1952, p. 31; Bengtsson, 1956, p. 94) met ander woorde hartslagsnelheid neem toe met die intensiteit van oefening. Volgens Karpovich (1959, p. 195) is daar 'n

vinniger styging van hartslagsnelheid aan die begin van muskulêre aktiwiteit. De Jager (1973, p. 48) het bevind dat hoe hoër die hartslagsnelheid gedurende arbeid styg, hoe swakker is die werksvermoë van 'n proefpersoon. Inoefening verlaag hartslagsnelheid in rus en by verskillende arbeidsladings; met 'n gevolglike toename in werksvermoë, aldus Michael (1965, p. 264) en Hermansen (1965, p. 427).

Na afloop van die aanvanklike styging in hartslagsnelheid tydens konstante arbeid, word 'n arbeidsplato bereik (Astrand, 1958, p. 76). Wanneer arbeid lig is, gewoonlik benede 'n waarde van 100 - 120 slae per minuut, sal hartslagsnelheid meer deur eksterne en interne faktore beïnvloed word. As die arbeidslading weer te swaar is sal dit 'n stremming op die koöperatiewe beginsel plaas en oorbelading impliseer risiko (Astrand, 1976, p. 9).

In 1967 het Wilson (p. 355) vasgestel dat dit hartslagsnelheid nagenoeg drie minute neem om by 'n betrokke arbeidsvlak aan te kom. As die arbeidsplato by submaksimale werksvlakke nie bereik word nie, word die proefpersoon versoek om vir 'n verdere minuut arbeid te verrig, dit wil sê hartslagsnelheid word dan gemonitor tussen die vierde en vyfde minuut. 'n Toename van meer as vyf slae per minuut sal 'n indikasie wees dat hartslagsnelheid nog toeneem en dus nie 'n plato bereik het nie.

Karvonen (1967, p. 31-2) maak teen die gebruik van hartslagsnelheid as parameter by proefpersone met atriale fibrillasie, hoë leeftye en persone met sirkulatoriese abnormaliteite.

2.2.2 SUURSTOFVERBRUIK

Suurstofverbruik is die beste enkele maatstaf om die kardio-respiratoriese potensiaal van 'n persoon gedurende aerobiese werksverrigting te bepaal (Consolazio, 1963, p. 397). Hierdie stelling word benadruk deur Glick (1974, p. 22) wat betroubaarsheids- en geldigheidswaardes van 0,921 en 0,892 respektiewelik gee vir die meting van kardio-respiratoriese vermoë deur middel van suurstofverbruik.

Net soos hartslagsnelheid lineêr toeneem met die toename in arbeid, neem suurstofverbruik ook toe met 'n toename in arbeids-lading (Andersen, 1963, p. 766; 1965, p. 432), totdat 'n arbeidsplato bereik word. Ten opsigte van suurstofverbruik beteken dit dat die suurstofopname in die longe korreleer met die suurstofbehoefte van die weefsels (Astrand, 1976, p. 9). Die afplatting van suurstofopname tydens 'n toenemende arbeids-lading word gebruik as aanduiding dat 'n maksimale waarde bereik is (Andersen, 1965, p. 426). Dit word ook aanvaar as die proefpersoon se aerobiese kapasiteit (De Vries, 1967, p. 205).

Robinson (Astrand, 1952, p. 20) het bewys dat na twee minute van maksimale arbeid 90 - 98% van die maksimale suurstofinname verkry is, en na drie minute 95 - 98%. Baie belangrik in die bepaling van maksimale suurstofverbruik is dat waardes verkry volgens direkte metings 10% hoër meting gee as voorspelde waardes verkry volgens indirekte metings (Glick, 1974, p. 22).

Die maksimale suurstofverbruik asook kardio-respiratoriese aanpassings by submaksimale werksvlakke kan met redelike akkuraatheid bepaal word deur die hartslagsnelheid te meet wanneer die werklike arbeidsvlakke bekend is (Astrand, 1960, p. 45). Hiervoor is die Astrand - Rhyning-nomogram gekonstrueer (De

Vries, 1965, p. 214). Glassford en De Vries se betroubaarheids-korrelasies vir dié nomogram is 0,80 en 0,736 onderskeidelik (Teräslinna, 1966, p. 515).

Consolazio (1963, p. 341) en Skubic (1963, p. 194) het dié uniforme vereiste aan 'n werksvermoëtoets gestel dat die arbeidsvlakke hoog genoeg moet wees om 'n hartslagsnelheid van 120 - 170 per minuut te lewer. Teräslinna (1966, p. 514) verkies op sy beurt weer 'n maksimale vlak van 180 slae per minuut. Alderman (1966, p. 316) se beginsel lui dat 'n hart-salgsnelheid van 170 per minuut 'n waarde van 80 persent van maksimale suurstofopname lewer. Laasgenoemde navorser meen daar is 'n beduidende toename in betroubaarheid vanaf 100 na 160 slae per minuut van suurstofopname. Betroubaarheid is deur hom gevind laer te wees by 180 slae per minuut as by 160 slae.

Daar is 'n lineêre verwantskap tussen hartslagsnelheid en suurstofverbruik, aldus Andersen (1963, p. 766), Sterky (1963, p. 5) en Grimly (1962, p. 321-8). Cumming (1963, p. 202-8) vind hierdie lineêre verwantskap ook by hartslag-snelhede van 170, en selfs 210 slae per minuut.

Wanneer die arbeidsvlak bekend is, kan daar met behulp van hartslagsnelheid met redelikheid bepaal word wat die suurstof-verbruik van 'n proefpersoon by submaksimale arbeidsvlakke is (Astrand, 1960, p. 45; Margaria, 1965, p. 1070).

Samevattend is daar die volgende aspekte wat in gedagte gehou moet word ten opsigte van die gebruik van suurstofverskaffing as parameter by werksvermoëtoetse:

- i. Suurstofverbruikbepaling geniet groot aanhang en is betroubaar ($r = 0,921$) en geldig ($r = 0,892$) aldus Glick (1974, p. 22).
- ii. Faktore wat 'n werksvermoëtoets mag beïnvloed soos dieetgewoontes, medikamente en aktiwiteit moet konstant gehou word, omdat suurstofverbruik nes hartslagsnelheid deur genoemde faktore beïnvloed kan word (p. 37 - 42).
- iii. Die afplatting van suurstofopname by 'n bepaalde arbeidsvlak kan 'n indikasie wees dat 'n funksie-plato bereik is.
- iv. Direkte evaluering van suurstofverbruik is meer akkuraat as indirekte bepaling.
- v. Suurstofverbruik kan, as liggaamsmassa en die arbeidsvlak bekend is, deur die Astrand - Rhyming nomogram voorspel word deur middel van hartslagsnelheid.

2.2.3 ANDER PARAMETERS

Ten slotte gaan daar net kortliks verwys word na verdere parameters wat gebruik word by die bepaling van die werksvermoë van 'n proefpersoon:

- i. Parameters met betrekking tot longfunksie:

In dié kategorie is daar die volgende:

- asemhalingsfrekwensie, minuutvolume (Mathews, 1968, p. 204).
- vitale en totale longkapasiteit (Robinson, 1938, p. 267; Astrand, 1958b, p. 75).
- getyvolume (Robinson, 1938, p. 267).

- respiratoriese-kwasiënt (Robinson, 1938, p. 288).
- koolstofdiksieduitaseming, respirasie-ekwivalent en respirasievolume (Raab, 1966, p. 407).

ii. Parameters met betrekking tot biochemiese bepalinge:

- piruviensuurkonsentrasie (Strandell, 1964, p. 197 - 216).
- bloedlaktat (Astrand, 1958, p. 76).

2.3 METODES VIR DIE EVALUERINGS VAN DIE KARDIOVASKULÊRE FUNKSIES MET BEHULP VAN FISIEKE WERKSVERMOËTOETSE

Die doel van kardiovaskulêre toetse is die evaluering van die liggaam se periodieke response tot verskeie organiese en funksionele toestande (McCloy, 1954, p. 290). Navorsers bestee baie tyd in hulle soeke na 'n enkele toets wat fisiese fiksheid kan evalueer (Mathews, 1963b, p. 187), met die gevolg dat daar 'n uitgebreide reeks fiksheidstoetse bestaan (Karpovich, 1959, p. 278).

Die fiksheidstoetse maak gebruik van verskillende beginsels en aktiwiteite (Andersen, 1971, p. 27) en word geklassifiseer op grond van die volgende parameters:

- i. herstelindeks na strawwe aktiwiteit;
- ii. vasomotoriese tonus van die vaskulêre sisteem;
- iii. redistribusie-meganisme met betrekking tot verandering in posisie;
- iv. redistribusie-meganisme met betrekking tot verandering

in hidrostatiese drukke as reaksie tot verandering in posisie (Murphy, 1940, p. 67);

- v. sistoliese en diastoliese bloeddruk en veneuse drukke (Clarke, 1967, p. 180).

2.3.1 SOORTE KARDIOVASKULÊRE TOETSE

Andersen (1971, p. 27) verdeel kardiiovaskulêre toetse in twee kategorieë: naamlik toetse gebaseer op die herstelvermoë van die liggaam, wat dus uitgevoer word na aktiwiteit, en tweedens is daar toetse wat tydens aktiwiteit uitgevoer word, en in sub-twee subgroepe verdeel word, naamlik maksimale en submaksimale toetse.

Aangesien daar reeds 'n groot hoeveelheid toetse ontwerp is, word die toetse nie volledig bespreek nie. Slegs 'n kort skets van die aard van die toetse word gegee met 'n volledige bronverwysing vir nadere inligting. 'n Eie klassifikasie wil daarom soos volg voorgestel word:

a. Evaluering sonder aktiwiteit:

Hoofsaaklik vier toetse kan onderskei word:

1. Barach - energie - indeks: Die toets bestaan daaruit dat sistoliese en diastoliese bloeddruk gemeet word, asook hartslagsnelheid vir een minuut. Alle waarnemings word indie sitposisie uitgevoer. Die indeks word dan as volg bereken:

Energie - Indeks =

$$\frac{(\text{Sistoliese} + \text{Diastoliese druk}) \times \text{polsslag}}{100}$$

'n Telling van 110 - 160 word as normaal en gesond beskou, terwyl die maksimum perk as 200 en die minimum perk as 90, beskou word (Clarke, 1945, p. 181-2).

- ii. Burger - toets: 'n Proefpersoon moet 20 sekondes teen 'n 40 mm. kolom kwik blaas. Sistoliese bloeddruk word geneem voor, met die begin, onmiddellik na en 20 sekondes nadat daar opgehou blaas is. Die veranderinge wat by sistoliese bloeddruk intree, word as aanduiding van fiksheid geneem (Strydom, 1975, p. 50-1).
 - iii. Crampton - toets: Dit is gebaseer op die inligting wat verkry word van 'n persoon deur die waarneming van hartslagsnelheid en arteriële drukverskille by verskillende liggaamsposisies (McCloy, 1954, p. 291; Neilson, 1972, p. 10).
 - iv. McCurdy - toets: Wanneer die verskil in hartslag vanaf lê na staan 15 - 18 slae oorskry, moet die pasiënt 'n geneesheer raadpleeg (Neilson, 1972, p. 10).
- b. Evaluering tydens maksimale of submaksimale inspanning:
- i. Fisieke werksvermoëtoetse op die fietsergometer: In die volgende hoofstuk word meer breedvoerig aan hierdie toetse aandag gegee. Kortliks berus dit op die beginsel dat 'n proefpersoon arbeid verrig teen 'n bekende weerstand wat periodiek verhoog word. Die hartslagsnelheid word gedurende die laaste 30 sekondes van elke werksvlak geneem en teenoor die arbeidslas genoteer. Die lineêre verwantskap wat tussen die hartslagsnelheid en die arbeidslas gevind word, word dan gebruik om die fisieke werksvermoë van die persoon by 'n bepaalde hartslagsnelheid (150 of 170 slae per minuut) te bepaal.
 - ii. Foster - toets: Soos in die geval by die toets op die fietsergometer is hierdie toets gebaseer op die beginsel dat oefening die hartslag proporsioneel laat toeneem met

verhoogde intensiteit van die oefening. Wanneer hartslag abnormaal toeneem, is dit 'n aanduiding dat die proefpersoon in 'n swak fisieke toestand is (Williams, 1923, p. 294).

- iii. Margaria - opstaptoets: Die proefpersoon verrig arbeid deur opstappe op 'n 40 sentimeter hoë kassie te doen, 15 of 25 keer per minuut. Die hartslag word geneem tydens die vyfde minuut. Maksimale suurstofverbruik word bereken deur dit van 'n nomogram vir enige gevraagde hartslag af te lees. Die duur kan verkort word deur 'n verhoging in die intensiteit en sal dan nog 'n juiste aanduiding wees van maksimale aerobiese en anaerobiese kapasiteit (Margaria, 1965, p. 1070-73).
- iv. Pack - toets: Die doel van hierdie toets is om 'n groot groep mense se vermoë te toets om swaar arbeid te verrig deur opstappe op 'n 45 sentimeter hoë bankie te doen. Die proefpersoon begin met 'n massa van 4,45 kilogram in 'n rugsak, en na elke twee minute word 'n ekstra 4,45 kilogram bygevoeg, totdat algehele uitputting intree. Die totale tydsduur van die toets word bereken en dien as telling vir die toets (Strydom, 1975, p. 49-50).
- v. Van der Merwe - opstaptoets: Vir 60 minute word maksimale suurstofverbruik deur 'n opstaptoets bepaal. Die eerste kwartier - 6 keer per minuut, 12 duim bankie. Tweede en derde kwartier - 12 en 24 keer, dieselfde hoogte. Laaste kwartier - 24 keer, 15 duim bankie. Geespireerde lug word versamel gedurende die sesde en negende minuut en hartslagsnelheid, die eerste ses minute, agtste, tiende en vyftiende minuut van elke

kwartier. Gegewens word op 'n hartslagsnelheid-suurstofopname-grafiek aangestip. Die punte word verbind en verleng na 'n hartslagsnelheid van 180 slae per minuut en die waarde bepaal die maksimale suurstofopname van 'n proefpersoon (van der Merwe, 1962, p. 55 - 56).

c. Evaluering na afloop van 'n oefendosis:

- i. Carlson se vermoedheidskurwe: Dit is gebaseer op 'n herstelindeks nadat die proefpersoon 10 sekondes so vinnig as moontlik op dieselfde plek moes hardloop. Daarna word 10 sekondes rus toegelaat, waarna 'n verdere 10 sekondes hardloop volg. Die proefpersoon moet 10 beurte van 10 sekondes elk voltooi. Polsslag moet op die volgende kere geneem word, naamlik: voordat die toets 'n aanvang neem, tien sekondes na die tiende hardloopbeurt en weer op die vierde en sesde minuut nadat die laaste beurt voltooi is. Ook die kontakte met die regtervoet word vir elke beurt getel en genoteer. Die resultaat word op grafiekpapier neergestip en die vermoedheidskurwe van die proefpersoon word verkry. Namate die persoon fiks raak, vermeerder die aantal passe terwyl polsslag afneem (Carlson, 1945, p. 169-75).
- ii. Gallagher - en Brouha - toets vir seuns en dogters: Die toets berus op die beginsel dat die tempo waarteen die hartslagsnelheid afneem na staking van opstappe op 'n 45 of 50 sentimeter hoë bankie 'n goeie aanduiding gee van fiksheid. Die hoogte van die bankie sal afhang van die persoon se oppervlakte-area deur dit van 'n nomografiese kaart af te lees, teenoor lengte en massa (Brouha, 1943, p. 31-5).

- iii. Harvard - opstaptoets: Die doel van hierdie toets is om die liggaam aan inspannende aktiwiteit te onderwerp en daarna die herstel van die hart te registreer na afloop van opstappe op 'n bankie (McCloy, 1954, p. 303).
 - iv. Sloan - toets: Dit stem ooreen met die Harvard toets behalwe vir geringe wysigings, maar is veral geskik vir gebruik by dames (Strydom, 1975, p. 50).
- d. Verskeie kombinasies van bogenoemde:
- i. Campbell - toets: Hierdie toets gebruik die vermoë om asem op te hou en die herstel van normale asemhaling na aktiwiteit as indeks vir kardiovaskulêre ontwikkeling (Neilson, 1972, p. 10).
 - ii. Hyman se Q tot eerste - hartklank - intervaltoets: Die toets bestaan daaruit dat dit 'n indikasie gee van die kardiovaskulêre sisteem op grond van 'n elektrokardiogram en fonokardiogram wat geneem word voor, een minuut en vyf minute na aktiwiteit. Die toename of afname van die Q - 1 HK - tydskuur voor en na aktiwiteit is dan die beginsel van Hyman se bepaling van die kardiovaskulêre sisteem (Hyman, 1964, p. 199 - 203).
 - iii. Martinet - toets: Hierdie toets is gebaseer op 3 faktore, naamlik die sirkulatoriese veranderinge wat ontstaan deur 'n verandering vanaf 'n liggende na staande posisie, sirkulatoriese veranderinge as gevolg van oefening, en die herstel van bloeddruk en hartslagsnelheid na normaal na afloop van aktiwiteit (McCloy, 1954, p. 297).
 - iv. Schneider - toets: Die toets is 'n poging om die meting van die effek wat lê en staan het op die hart-

slagsnelheid en bloeddruk te vergelyk met die metinge van die effek wat oefening het op die kardiovaskulêre sisteem. Die tydsduur in sekondes word vanaf 'n tabel afgelees wat deur McCloy verskaf is (McCloy, 1954, p. 292).

- v. Tuttle - toets: Die toets is gebaseer op die verhouding tussen hartslagsnelheid in rus en die hartslagsnelheid na 'n standaard hoeveelheid arbeid. Tuttle beskou die toets as waardevol in die diagnosering van hartdefekte in 'n heel vroeë stadium (Clarke, 1967, p. 185-7).

Uit die voorafgaande bespreking is dit duidelik dat verskillende parameters reeds aangewend is in 'n poging om te probeer bepaal wat die gehalte van die reaksie van die hart-en/of long- en/of bloedvatstelsel op oefening sal wees. Die parameters is ook nie altyd op dieselfde wyse gebruik in die ontledings nie. Eenvormigheid is duidelik nie 'n verskynsel wat by die toetse gevind word nie. Tog poog vele van die toetse om dieselfde saak te evalueer. Clarke (1967, p. 195) kom tot die volgende insiggewende gevolgtrekking wanneer hy sommige van die kardiovaskulêre toetse en hul korrelasies met mekaar bespreek:

"Supposedly, the various cardiovascular-type tests are designed to measure much the same thing. With the exception, however they do not".

Die konklusie waartoe Clarke kom hoef egter geensins ontmoedigend te wees nie. Elkeen van die toetse het sekerlik 'n bydrae gelewer tot 'n beter begrip van die kardiovaskulêre funksie se reaksie op oefening en sodoende meegehelp by die besluitneming van onder andere instansies soos die Internasionale Komitee Vir Die Standaardisering Van Fisieke Fiksheidstoetsing. 'n Keuse uit soveel toetse is geen maklike saak nie en word verder bemoeilik deur die groot hoeveelheid fietsergometertoetse wat bestaan en in die volgende hoofstuk bespreek word.

HOOFSTUK 3

VERSKILLENDEN METODES OM FISIEKE WERKSVERMOË MET BEHULP VAN DIE FIETSERGOMETER TE MEET

3.1 INLEIDEND

Wilson (1975, p. 128) beskou 'n betroubare fisieke werksvermoë-toets as 'n meervlakkige toets op 'n ergometer, waar daar van 'n proefpersoon verwag word om teen toenemende gegradeerde arbeidsladings met 'n gespesifiseerde trapfrekwensie arbeid te verrig. Leeftyd, geslag en gesondheidstoestand behoort in ag geneem te word by die keuse van arbeidsvlakke, die duur van arbeidsverrigting en die teenwoordigheid van ruspouses (Andersen, 1971, p. 54).

Consolazio (1963, p. 341), Skubic (1963, p. 194) en Dahlstrom (1964, p. 566) meen die volgende is belangrike vereistes waaraan 'n werksvermoëtoets op die fietsergometer moet voldoen:

- i. Die toets moet groot spiergroepe insluit om genoegsame eise aan die kardio-respiratoriese sisteem te stel.
- ii. Die arbeidsvlak moet hoog genoeg wees om 'n hartslagsnelheid van 120 - 170 slae per minuut te lewer.
- iii. Die duur van die arbeid moet sodanig wees dat die kardio-respiratoriese stelsel volledig kan aanpas en 'n konstante hartslagsnelheid verkry kan word. Hierdie aanpassingsperiode kan van 3 - 5 minute duur. Die meting van hartslagsnelheid na 5 minute is meer betroubaar as na 3 minute.
- iv. Arbeid moet nie veel vaardigheid vereis nie en die meganiese doeltreffendheid moet hoog wees.

- v. Arbeid moet meetbaar wees en moet te enige tyd herhaal kan word.

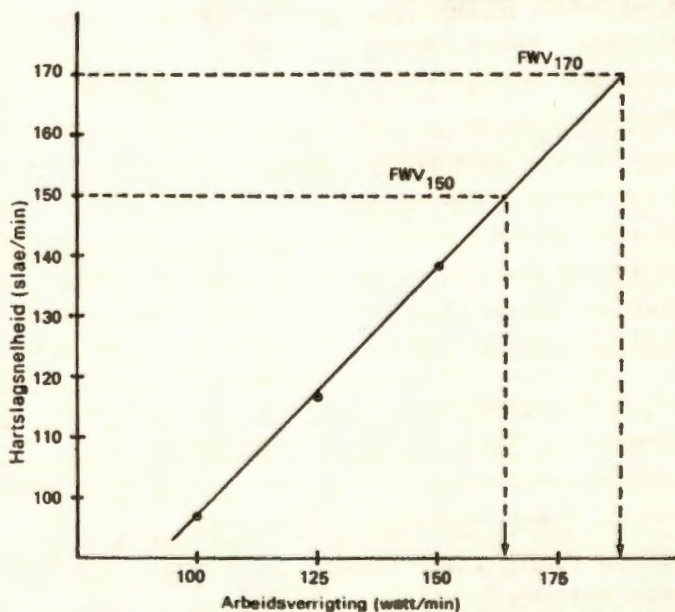
Sekere simptome wat verdere werksverrigting kan verhinder, sluit onder andere die volgende kontra-indikasies in: dispnee, aritmes en hipotensie. Genoemde kontra-indikasie het veral betrekking op koronêre pasiënte (Strydom, 1975, p. 60-1). Ook kan daar 'n vooropgestelde doelwit soos hartslagsnelheid (150 of 170 slae per minuut), of die afplatting van die maksimale suurstofopnamekurwe (Glick, 1974, p. 510), of melksuurkonsentrasie (Astrand, 1958b, p. 76) wees.

In die berekening van die werksvermoë van 'n proefpersoon is daar 'n enkele metode wat deurgaans erkenning geniet en in gebruik is, soos daar reeds vroeër na verwys is (sien p. 15). Aan die hand van fiktiewe gegewens illustreer Grafiek 1 (p. 22) die algemene beginsel van berekening van fisieke werksvermoë van 'n proefpersoon baie duidelik.

Uit die voorstelling blyk dit dat die hartslagsnelhede teenoor die ooreenstemmende arbeidslas genoteer word vir ten minste drie arbeidsladings. Op grond van die lineêre verwantskap wat daar bestaan tussen hartslagsnelheid en arbeid, word 'n eerste-gradse regressievergelyking gepas op die waarnemings. Die lyn word geëkstrapoleer of -intrapoleer totdat die perk van 170 slae per minuut bereik word. Hierna word die lyn afgekonstrueer na die vertikale as, die arbeidsas, en afgelees as die fisieke werksvermoë van 'n proefpersoon teen 'n hartslagsnelheid van 170 slae per minuut (FWV_{170}).

Arbeid (watt/min)	Hartslagsnelheid (slae/min)
100	97
125	117
150	138

FWV ₁₅₀	163.75 watt/min.
FWV ₁₇₀	187.50 watt/min.



Grafiek 1. Die bepaling van die fisieke werksvermoë van 'n proefpersoon by 'n hartslagsnelheid van 150 en 170 slae/min.

3.2 KRITERIA VIR DIE KLASSIFIKASIE VAN FISIEKE WERKS- VERMOËTOETSE OP DIE FIETSERGOMETER

Nog 'n uitgebreide reeks is fisieke werksvermoëtoetse op die fietsergometer. Dié verskillende toetse het ontstaan deurdat navorsers reeds bestaande en erkende toetse verander het om te voldoen aan die eise wat elkeen in sy besondere geval stel. Om die belangrikste toetse te probeer orden word hulle aan die hand van die volgende norme geëvalueer:

i. Is die toets ONDERBROKE OF ONONDERBROKE?

Die verskil tussen bogenoemde is daarin geleë dat 'n onderbroke toets voorsiening maak vir 'n ruspouse na elke werksvlak, wat nie by die ononderbroke toets die geval is nie. Die kritiek teen die ononderbroke toets is dat suurstofskuld van een werksvlak na 'n ander werksvlak oorgedra word. By onderbroke toetse beteken dit dat die toets in fases voltooi word, en dat daar na elke fase tyd toegelaat word vir gedeeltelike herstel (Strydom, 1975, p. 121).

ii. Geskied die opeenvolgende byvoegings van arbeidslas toenemend in KLEIN OF GROOT INKREMENTE?

Klein inkrementverhogings word aangetref by beide ononderbroke en onderbroke toetse. Die inkremente beloop nagenoeg 25 watt. Groot inkrementverhogings daarteenoor beloop nagenoeg 50 watt.

iii. Is die tydsduur van die toets KORT OF LANK?

Die bepalende faktor in hierdie geval sal die aantal arbeidsvlakke wees wat die proefpersoon moet verrig, asook die duur van so 'n arbeidsvlak. Die volgende maatstaf word voorgestel:

a. 'n Werksvermoëtoets met 'n kort tydsduur word beskou

as 'n toets wat nie 12 minute oorskry nie byvoorbeeld twee arbeidsvlakke met 'n duur van 4 - 6 minute, of drie arbeidsvlakke met 'n tydsduur van 4 minute. Die totale duur is dus 12 minute of korter.

- b. 'n Werksvermoëtoets met 'n lang tydsduur, dit wil sê langer as 12 minute byvoorbeeld drie arbeidsvlakke wat 5 - 6 minute duur.

Met behulp van hierdie uitgangspunte is dit moontlik om werksvermoëtoetse in kategorieë te plaas. Toetse wat verderaan vermeld word, is dié van navorsers wat by uitstek aandag aan werksvermoëtoetse gee.

3.3 VERSKILLENDE METODES OM FISIEKE WERKSVERMOË MET BEHULP VAN DIE FIETSERGOMETER TE MEET

Soos later sal blyk, is dit nie moontlik om alle variasies van die fisieke werksvermoëtoetse te bespreek nie. Verskille is soms van so 'n geringe aard dat dit onprakties sou wees om ruimte daaraan af te staan. Hierdie samevatting (p. 25 - 34) maak dus nie daarop aanspraak om geheel volledig te wees nie. Slegs die toetse wat opmerklike of betekenisvolle verskille toon, word bespreek. Die leser sal ook merk dat verskeie van die toetse wat wel bespreek word variasies van 'n standaardmodel is.

Voordat die verskillende toetse bespreek word, is dit belangrik om te meld dat baie navorsers nie pertinent in hulle navorsing vermeld het of hulle werksvermoëtoets voorsiening maak vir 'n ruspouse al dan nie. In dié betrokke gevalle is toetse ononderbroke geklassifiseer.

'n Eie klassifikasie sien soos volg daaruit:

KATEGORIE I :

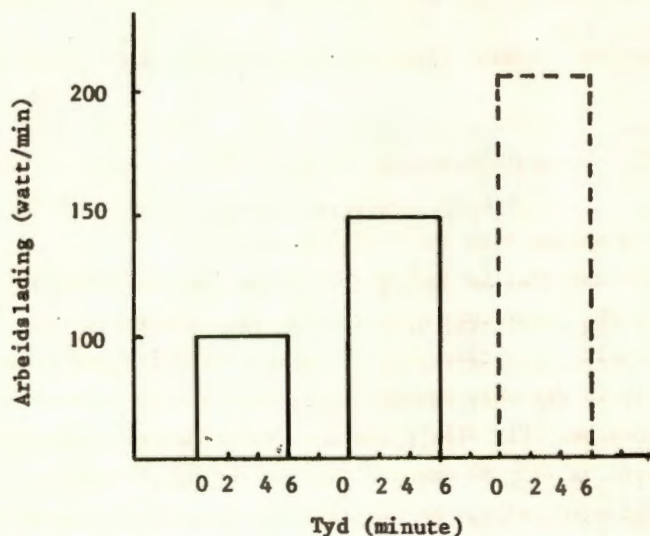
ONDERBROKE, GROOT INKREMENTVERHOGINGS, LANG TYDSDUUR

i. Astrand - fisieke-werksvermoëtoets (1958b, p. 76).

In 'n ondersoek na die fisieke werksvermoë van 50 - 64 jarige arbeiders, volg Irma Astrand (1958b, p. 76) 'n metode wat goed verteenwoordigend is van die fisieke werksvermoëtoets wat deur haar en ook Per Olof Astrand gebruik word. Die toets word uitgevoer op 'n Krogh-fietsergometer. Arbeid word by 100 en 150 watt en indien nodig 200 watt verrig. Elke arbeidsvlak duur 6 minute met 'n vier minute ruspouse tussen die werksvlakke. Benewens die hartslagsnelheid wat gemonitor word (elke minuut), word die suurstofopname deur middel van die Douglassak-metode bepaal en kapillêre bloedmonsters tydens die ruspouse geneem om die melksuurkonsentrasie te bepaal. 'n Skematiese voorstelling van die verloop van die toets word geskets deur afbeelding 1. Met enkele wysigings is hierdie toets as een van die metodes in hierdie ondersoek gebruik (sien p. 44).

AFBEELDING 1

ASTRAND - FISIEKE- WERKSVERMOËTOETS



- ii. Glick - gewysigde Astrand - werksvermoëtoets (1974, p. 510). Die proefpersoon verrig arbeid op 'n fiets-ergometer teen 'n trapsnelheid van 50 omwentelings per minuut. Die aanvanklike lading is 100 watt vir 6 minute met 'n ruspouse van 5 minute. Die arbeid word verhoog na 150 watt met 5 minute rus en verdere arbeidsladings van 200, 250, 300 en 325 watt, elk met 'n tydsduur van 6 minute en 'n 5 minute ruspouse, totdat 'n hartslagsnelheid van 170 slae per minuut bereik word.

KATEGORIE II :

ONONDERBROKE, KLEIN INKREMENTVERHOGINGS, KORT TYDSDUUR

i. IBP - werksvermoëtoets (Weiner, 1969, p. 240).

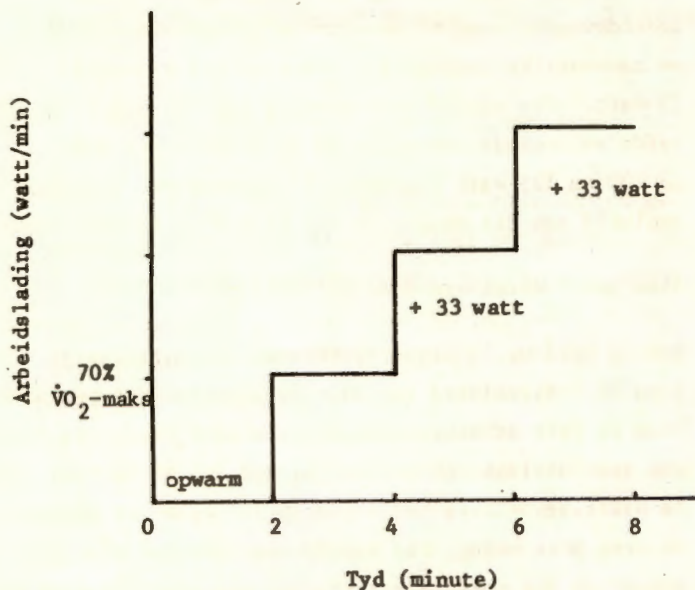
Die metode sien soos volg daaruit:

Die aanvanklike lading is 70% van 'n proefpersoon se $\dot{V}O_2$ - maksimum soos bereken uit submaksimale arbeid. Die trapsnelheid is 60 revolusies per minuut. Dit is die mees gesogte frekwensie vir alle proefpersone. Vir atlete kan die trapfrekwensie verhoog word na 70 - 90 omwentelings per minuut, veral by die hoër ladinge om te verseker dat die $\dot{V}O_2$ - maksimum bereik word. Die proefpersone word toegelaat om twee minute op te warm. Die arbeid word verhoog in inkremente van nagenoeg 33 watt totdat algehele uitputting intree.

Schönholzer (1974, p. 29) beveel aan dat die eerste arbeidsverhoging ongeveer 20% van die aerobiese vermoë moet wees en daarna slegs 10%. Die eerste verhoging mag nie groter as 50 watt en die verdere verhogings nie groter as 25 watt wees nie. Skematies sien die IBP - toets soos volg daaruit:

AFBEELDING 2

IBP - WERKSVERMOËTOETS



Resultate wat die metode gelewer het, aldus Schönholzer, is die volgende (1972, p. 29).

- mans- en damestudente het hulle hoogste aerobiese kapasiteit met dié metode bereik
- net een sessie is nodig om maksimale waardes te bereik
- 'n plato van suurstofopname is met dié metode gouer bereik as met enige ander metode

ii. Macnab - gemodifieerde Sjöstrandtoets (1969, p. 645).

Proefpersone verrig arbeid op 'n Monarkfietsergometer vir 12 minute op drie agtereenvolgende verhoogde arbeidsvlakke teen 60 revolusies per minuut. Dames se aanvanklike lading is 25 watt en dié van mans 75 watt. Die arbeid word verhoog aan die begin van die vyfde en negende minuut na 50 en 75 watt vir dames, en 100 en 125 watt vir mans, afhangende van hartslag-snelheid aan die einde van die vierde en agtste minuut.

iii. Alderman - werksvermoëtoets (1969, p. 2 - 3).

Arbeid word op 'n Elema -Schölander-fietsergometer verrig teen 'n trapsnelheid van 60 - 70 omwentelings per minuut. Daar is drie arbeidsvlakke van 4 minute elk. Die keuse van arbeidsvlakke is van so 'n aard dat die eerste lading 'n hartslagsnelheid van ongeveer 125 slae per minuut te weeg moet bring, die tweede ongeveer 140 slae per minuut en die derde arbeidslading ongeveer 160 slae per minuut. Die hartslagsnelheid word gemonitor gedurende die vierde, agtste en twaalfde minuut van arbeid.

KATEGORIE III :

ONONDERBROKE, GROOT INKREMENTVERHOOGINGS, LANG TYDSDUUR

i. Sjöstrand - en Wahlund - fisieke werksvermoëtoets (1947, p. 690).

Arbeid word op 'n Kroghfietsergometer verrig. Die aanvanklike lading is 50 watt, wat verhoog word na 100, 150 en somtyds na 200 watt. Trapsnelheid word

konstant gehou op 300 meter per minuut. Mans verrig arbeid op genoemde drie vlakke vir 10 minute op elke arbeidsvlak voordat arbeid verhoog word. Die arbeidsvlak met die hoogste intensiteit is slegs 6 minute en in party gevalle vir 4 minute volgehou. Hartslagsnelheid word gemonitor elke tweede minuut van arbeid, direk na arbeid en weer 10 minute na arbeid.

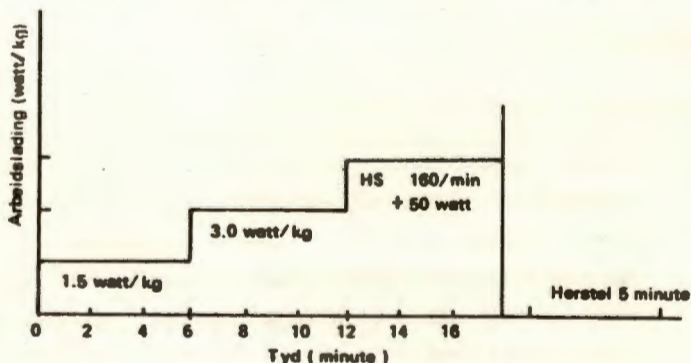
- ii. Dahlstrom - werksvermoëtoets (1964, p. 562).

Dahlstrom kies drie arbeidsvlakke, naamlik 100, 150 en 200 watt. Naas hartslagsnelheid word asemhalingsfrekwensie ook as parameter gebruik. Hartslagsnelheid word op die tweede, vierde en sesde minuut geneem, en asemhalingsfrekwensie elke derde en vyfde minuut. Die sessie duur 6 minute.

- iii. Howald - fisieke werksvermoëtoets (Schönholzer, 1974, p. 10). Arbeid word op die Fleischergometer teen 60 omwentelings per minuut verrig. Daar is twee arbeidsladings van 6 minute elk wat aangepas word by die massa van die proefpersoon. Afbeelding 3 is 'n skematiese voorstelling van die verloop van die toets.

AFBEELDING 3

HOWALD-FISIEKE-WERKSVERMOËTOETS (Schönholzer, 1974, p. 10)



Hieruit blyk dit dat die eerste arbeidslading 1,5 watt vir elke kilogram liggaamsmassa beloop. Die twee arbeidslading beloop 3,0 watt vir elke kilogram liggaamsmassa. Geen tyd word ingeruim vir 'n ruspouse tussen arbeidsladings nie.

Die hartslagsnelheid word bepaal deur 'n elektrokardiogram te neem gedurende die laaste 15 sekondes van die vierde en sesde minuut van elke arbeidsvlak, terwyl suurstofverbruik deur die metabograaf van Fleisch bepaal word. 'n Proefpersoon wat nog nie 'n hartslagsnelheid van 160 slae per minuut na 6 minute by 3,0 watt per kilogram bereik het nie, moet 'n verdere arbeidslading verrig vir 6 minute teen 'n addisionele 50 watt. Die fisieke werksvermoë word bepaal uit twee of drie hartslagsnelhede wat bereik is by verskillende arbeidsladings. Op die basis van twee verskillende arbeidsladings kan 71,4% van die werksvermoë bereken word. Vir ekstrapolasie is 160 slae per minuut by 3,0 watt per kilogram nodig. By laer hartslagsnelhede is 'n derde arbeidsvlak of dalk nog hoër lading nodig om 'n hartslagsnelheid van 170 slae per minuut te bereik.

KATEGORIE IV :

ONDERBROKE, KLEIN INKREMENTVERHOOGINGS, LANG TYDSDUUR

1. Macnab - gemodifiseerde Astrand toets (1969, p. 645). Proefpersone verrig arbeid op 'n Monarkfietsergometer, teen 'n trapsnelheid van 50 omwentelings per minuut. Vir dames is die aanvanklike weerstand 75 watt en vir mans 125 watt vir 4 minute, gevolg deur 'n ruspouse van 5 minute, alvorens die intensiteit met 25 watt verhoog word vir beide geslagte. Die doel van dië werksvermoë-

toets is die bepaling van die maksimale suurstofopname. Uitgeasemde lug word tydens die laaste minuut van oefening versamel totdat die suurstofopname 'n platofase bereik.

- ii. Christensen en Forbes - fisieke-werksvermoëtoets (Astrand 1958b, p. 76).

Arbeid word op 'n Kroghfietsergometer verrig met 'n verhoging in intensiteit na elke 8 minute met 'n ruspouse van 6 minute. Die arbeidsvlakke is 100 en 150 watt. Tydens die rusfase word melksuurkonsentrasie bepaal om vas te stel of 'n maksimale vlak van werksverrigting bereik is. Hartslagsnelheid word elke minuut van arbeid bepaal, asook maksimale suurstofopname deur die Dougglas-sakmetode.

KATEGORIE V :

ONONDERBROKE, KLEIN INKREMENTVERHOGINGS, LANG TYDSDUUR

- i. Adams - gewysigde Sjöstrand - Wahlund - werksvermoëtoets (1961a, p. 56).

Arbeid word verrig op 'n elektroniese fietsergometer teen 'n trapsnelheid van 60 - 70 omwentelings per minuut, met drie arbeidsvlakke van 6 minute elk. Arbeidsladings is gekies om 'n hartslagsnelheid van 100 - 120 slae per minuut by die eerste vlak te kry, 120 - 140 by die tweede; en 150 - 170 slae per minuut by die derde vlak. Om hierdie hartslagsnelhede te bereik, is die volgende kode gebruik:

Massa (in kg.)	Lading (watt/minuut)
30 <	16,6 - 33,3 - 50,0
30 - 40	16,6 - 50,0 - 83,3
40 - 60	16,6 - 50,0 - 100,0
60 >	16,6 - 83,3 - 133,3

ii. Andersen - fisieke-werksvermoëtoets (1971, p. 54 - 5).

In dié toets word voorsiening gemaak vir 'n opwarmingsfase teen 'n weerstand van 10 watt vir 4 minute. Die trap-snelheid is 50 - 60 omwentelings per minuut wat afhang van leeftyd, geslag en liggaamsgrootte.

Vir kinders is die aanvanklike arbeidslading 25 watt wat verhoog word na 50, 75 en 100 watt; vir mans is die aanvanklike arbeidslading 50 watt wat verhoog word na 100 en 150 watt, en die aanvanklike arbeidslading vir atlete 100 en 150 watt. Dames daarteenoor, begin op 25 watt en verhoog na 50, 75 en 100 watt. Elke arbeidslading duur 4 minute. Damesatlete se aanvanklike arbeidslading kan 83,3 watt wees. Hartslagsnelheid word by elke arbeidslading geneem. Die doel van dié fisieke werksvermoëtoets is om vier eweredige lesings van hartslagsnelheid te hê, wat 40 - 80% van 'n persoon se aerobiese kapasiteit is.

iii. Karvonen - werksvermoëtoets (1967, p. 21).

Arbeid word op 'n Elemafietsergometer verrig teen 45 - 75 omwentelings per minuut. Die aanvanklike lading is 50 watt en word verhoog met inkremente van 25 watt elke vyfde minuut totdat 'n hartslagsnelheid van 150 slae per minuut bereik is. Die hartslagsnelheid word elke 30 sekondes gemonitor.

iv Kasch - en Boyer - gemodifiseerde Astrand - Sjöstrand - werksvermoëtoets (Ryan, 1974, p. 611).

Die toets is ontwerp vir gesondes en koronêre pasiënte. Arbeid word verrig op 'n Monark-fietsergometer teen 'n frekwensie van 50 omwentelings per minuut en word in die finale stadium verhoog na 80 - 100 omwentelings per minuut. Die toets duur 27 minute, wat lank is, maar

ruim wel tyd in vir 'n opwarmingsfase. Suurstofinname word by elke fase bepaal, asook hartslagsnelheid, bloeddruk en 'n EKG-registrasie (elektrokardiogram).

Met die voorafgaande bespreking van die fietsergometer-toetse is aangetoon hoe uiteenlopend dieselfde beginsel aangewend kan word om verskillende toetse te lewer. Daar is ook gepoog om 'n klassifiseringstelsel te bied waarvolgens die toetse ingedeel kan word en so-doende 'n mate van ordening in die verskeidenheid te bewerkstellig. Laastens bied die voorafgaande oorsig 'n beeld van moontlike oplossings wat gevolg kan word in uitsonderlike gevalle wanneer byvoorbeeld hoogs bejaarde persone, koronêre pasiënte en oormassa persone se fisieke werksvermoë bepaal sou wil word.

3.4 DIE VOOR- EN NADELE VAN DIE FIETSERGOMETER

In die bepaling van 'n persoon se aerobiese kapasiteit is daar drie werksyuses wat groot aanhang geniet, naamlik opstaptoetse, evaluering op die trapmeul en fietsergometertoetse (Mathews, 1971, p. 202).

3.4.1 VOORDELE VAN DIE FIETSERGOMETER AS TOETSAPPARAAT EN AS GESKIKTE WERKSVORM

- i. By 'n vasgestelde submaksimale lading het dit dieselfde energieverbruik ongeag leeftyd, geoefendheid en vertroudheid met fietsry (Ryan, 1974, p. 611).

- ii. Shephard (1966a, p. 219 - 230) en Andersen (1971, p. 32) meen die ergometer voorsien 'n juiste meting van eksterne arbeid en daarom kan 'n gegradeerde en meetbare arbeidslas aan 'n proefpersoon voorgeskryf word.
- iii. In 1948 het Scott (p. 62) gevind dat behalwe vir 'n betroubare aanduiding van eksterne arbeidsverrigting, die toets ook betroubare inligting voorsien aangaande fiksheid en veral vir studies van maksimale arbeid met 'n kort tydsduur.
- iv. Borg (1962, p. 353 - 61) stel die betroubaarheid van fisieke werksvermoëtoetse op die fietsergometer so hoog as $r = 0,97$ en hertoetsing na 8 maande as $r = 0,75$.
- v. Tydens aktiwiteit voorsien die ergometer 'n stabiele EKG met 'n horisontale basislyn (Wilson, 1975, p. 57). Andersen (1971, p. 32) meen verder dat dié apparaat die voordeel het dat bloedmonsters tydens aktiwiteit geneem kan word. Op die trapmeul maak koppelings van apparaat dit moeilik om bloedmonsters te neem, EKG-registrasies te verkry of hartslagsnelheid met behulp van 'n stetoskoop te neem.
- vi. Ryan (1974, p. 611) meen in teenstelling met die trapmeul kan data op die fietsergometer maklik bekom word, raas die apparaat nie, is maklik vervoerbaar, goedkoop en is die proefpersoon redelik op sy gemak.
- vii. Vir bejaardes, sedentêres en wanneer 'n proefafnemer nie bewus is of 'n proefpersoon 'n koronêre afwyking het nie, is die fietsergometer die mees geskikte apparaat (Wilson, 1975, p. 57).
- viii. Scott (1948, p. 62) meen die fietsergometer is geskik as apparaat vir studies op vroue. Lurie (1964, p. 152 - 3)

beveel die ergometer ook aan vir studies met kinders. Corbin (1972, p. 235) wys egter daarop dat die gebruik daarvan by openbare skole tydwend is.

3.4.2 NADELE VAN DIE FIETSERGOMETER TYDENS EVALUERING

- i. In sekere gevalle kom hipotensie voor (Ryan, 1974, p. 611).
- ii. 'n Voordeel wat die trapmeul bo die fietsergometer geniet, aldus Mathews (1971, p. 202), is die 5 - 15% hoër $\dot{V}O_2$ - maksimum wat met die trapmeul bereik kan word.
- iii. Wilson (1975, p. 57) wys op verdere nadele wat die fiets-ergometer het, naamlik: bejaardes wat probleme het met ritme of nie altyd beheerbare rotasie het oor die pedale nie, of die quadriceps van 'n sedentêre persoon wat nie in staat is om teen hoë weerstand arbeid te verrig nie. Angstige persone klem die handvatsels vas, met die gevolg dat daar 'n hoë styging in bloeddruk is.
- iv. Vermoeiende maksimale werksverrigting is afhanklik van wilskrag en motivering en kan die proefpersoon onder 'n psigiese stremming plaas (Hebbelinck, 1969, p. 76).
- v. Die pectoralisspier sal die EKG-registrasies op die fietsergometer beïnvloed (Andersen, 1971, p. 36).

Op die keper beskou is die fietsergometer 'n apparaat wat aan die belangrikste vereistes wat van 'n navorsingsopset gevra word, voldoen. Groot spiergroepe word betrek, die bolyf van die proefpersoon is in 'n stabiele posisie en min steurnisse maak inbreuk op die meting van veranderlikes wat gemonitor wil word.

Die mees ideale apparaat vir fisieke werksvermoëbepalings sal egter nog nie verseker dat die resultate altyd betroubaar is nie. Verskeie faktore benewens die toetsapparaat kan die fisieke werksvermoë beïnvloed en veroorsaak dat tot 'n verkeerde gevolgtrekking gekom word. Dit is daarom nodig om vervolgens op sulke faktore te let.

3.5 FAKTORE WAT 'N WERKSVERMOËTOETS MAG BEÏNVOED

Wanneer die resultate van 'n werksvermoëtoets van een persoon met die van 'n ander vergelyk word, is dit essensieel dat daar noukeurig kontrole moet wees oor die omgewingsinvloede.

Wanneer alle faktore nie eenvormig gehou word nie, sal die resultate varieer en nie vergelykbaar wees nie (Andersen, 1971, p. 47).

Die volgende faktore moet in ag geneem word:

i. Die tyd van die dag:

Die proefafnemer is afhanklik van die proefpersoon se werksomstandighede, want proefpersone is nie altyd op die verlangde of dieselfde tyd beskikbaar nie (Andersen, 1971, p. 47). Taylor (1963, p. 705) het gevind dat hartslagsnelheid van 102 voor ontbyt met tot 152 slae per minuut verhoog tot voor aandete. Daarom is dit belangrik dat die tyd van toetsaflegging te alle tye genoteer word, aldus Andersen (1971, p. 47).

ii. Dieetgewoontes:

Hartslagsnelheid, pulmonêre ventilasie en kardiale omset verhoog vir 'n uur of meer na 'n swaar maaltyd. Intensiewe aktiwiteit direk na 'n maaltyd kan die proefpersoon laat vomeer, terwyl 'n vasperiode van 6 - 7 uur weer 'n

daling in die bloedsuiker tot gevolg kan hê (Andersen, 1971, p. 48). Navorsers meen 'n oplossing vir die bepalende faktor lê in die weerhouding van voedsel-inname 1½ uur voor toetsing of 'n ligte maaltyd 1½ uur voor evaluering (Macnab, 1969, p. 644; De Vries, 1965, p. 210)

iii. Medikamente

Volgens Andersen (1971, p. 48) moet geen ongewone vloeistowwe soos koffie, tee, alkohol of nikotien 30 minute voor af na 'n werksvermoëtoets ingeneem word nie. Hierdie stelling word ondersteun deur Astrand (1976, p. 15) en Vitale (1973, p. 35). Die rede is dat kafeïen inwerk op die bloedvate, hart en senuweestelsel. Dit het 'n vaatvernouende eienskap, wat terselfdertyd kontraktiliteit van die hart verhoog en sodoende hartslagsnelheid beïnvloed (Karpovich, 1971, p. 326). Alkohol in hoeveelhede van 80 ml. het 'n nadelige invloed op prestasie, terwyl 240 ml. 'n toename in werksverrigting tot gevolg het (Karpovich, 1971, p. 323). Ten opsigte van nikotien wys Strydom (1976, p. 4 - 6) daarop dat dit onder andere sistoliese bloeddruk verhoog, hartslagsnelheid laat toeneem, bloedvate vernou en veltemperatuur laat daal. Hieruit blyk dit dat bogenoemde stowwe 'n nadelige uitwerking op die kardiovaskulêre sisteem het en die resultate onteenseglik sal beïnvloed.

iv. Voorafgaande rus:

Gewoonlik is 'n week rus nodig voor die afneem van 'n werksvermoëtoets, en dit is natuurlik nie altyd moontlik nie. Proefpersone word aangeraai om strawwe aktiwiteit die voorafgaande dag te vermy, of aktiwiteit tydens die

betrokke toetsdag te beperk tot $1\frac{1}{2}$ uur voor die toetsing (Macnab, 1969, p. 644; Andersen, 1964, p. 238; Mathews, 1963b, p. 188; Astrand, 1976, p. 15). Taylor (1963, p. 705) meen dat vermoeienis as gevolg van 'n gebrek aan slaap geen effek op arbeidshartslagsnelheid het nie.

v. Emosionele toestande:

Angs is 'n groter probleem in submaksimale as in maksimale toetsing, omdat hartslagsnelheid en die respiratoriese kwosiënt by submaksimale arbeid verhoog. Die atmosfeer in die laboratorium moet rustig en stil wees en die temperament van die personeel moet vertrouwe wek. 'n Straatgewoel in die omgewing van die toetskamer kan die resultate nadelig beïnvloed, veral met betrekking tot submaksimale arbeid (Andersen, 1971, p. 49).

vi. Kleredrag:

Ligte klere word aanbeveel vir arbeidsverrigting omdat liggaamstemperatuur met so veel as 1°C styg binne die bestek van 'n paar minute tydens submaksimale aktiwiteit (Andersen, 1971, p. 49). Voldoende hittevrystelling voorkom dat 'n te hoë hartslagsnelheid bereik word.

vii. Temperatuur:

Andersen (1971, p. 48) vind dat tydens arbeid die kritieke grens van omgewingstemperatuur tussen 20°C tot 30°C is. By 20°C is die bloedvate ten volle ontspanne. Hy vind ook verder dat omgewingsinvloede al hoe minder 'n invloed uitoefen wanneer die intensiteit van die aktiwiteit verhoog word. Andersen stel voor dat eksperimente nie in koue omgewings uitgevoer word nie, veral nie omdat die temperatuur bokant 24°C 'n toename in hartslagsnelheid tot gevolg het nie.

viii. Fiksheidsgraad:

Die fikser persoon het 'n hoër maksimale werksvermoë en uithouvermoë by submaksimale arbeidsvlakke en is in staat om enige kombinasie van intensiteit en duur met minder inspanning as 'n minder fikse persoon te voltooi (Falls, 1968, p. 300). In rustoestand het die geëfende atleet 'n laer hartslagsnelheid, en so ook op alle vlakke tydens werksverrigting (Taylor, 1963, p. 703-4).

ix. Leeftyd en geslag:

Persone van dieselfde geslag maar wisselende leef tyd, of van verskillende geslagte maar verskillende leeftye se werksvermoë sal verskil. Seuns is superieur in vergelyking met dogters, terwyl kinders in die ouer leeftyds-groepe superieur is in vergelyking met die jonger groepe. Ouer dogters het weer 'n hoër werksvermoë as jonger seuns (Alderman, 1969, p. 3). Leeftyd en geslag word deur verskeie navorsers as belangrik beskou (Andersen, 1964, p. 237; Conference, 1970, p. 154).

Die invloed wat leef tyd en geslag uitoefen op 'n werks-vermoëtoets is te wyte aan die superioriteit van die man teenoor die vrou en aan die verlaging van hartslag-snelheid met toename in leef tyd. Met bogenoemde faktore in gedagte gehou, sal die konstruksie van 'n werks-vermoëtoets varieer volgens die geslag en leef tydsgroep.

x. Hoogte bo seespieël:

'n Toename in hoogte bo seespieël gaan gepaard met 'n afname in die totale barometriese druk, met die gevolglike afname in parsieële suurstofdruk. Tydens intense aktiwiteit waar sirkulatoriese en respiratoriese aan-

passings gevra word, sal ongenoegsame suurstofvoorsiening resulteer in 'n afname in werksvermoë (Johnson, 1960, p. 339). Taylor (1963, p. 705) bevind dat ongeakklimatiseerde persone maksimale hartslagsnelhede by 'n laer arbeidsvlak bereik. Hieruit blyk dit dat 'n persoon se werksvermoë op groot hoogtes bo seespieël laer sal wees as by seevlak. By maksimale evaluering is hoogte bo seespieël van groter belang as tydens submaksimale arbeid.

xi. Meganiese effektiwiteit:

Meganiese effektiwiteit kan persentasiegewys uitgedruk word as die verhouding tussen kalorieverbruik gedurende arbeid en die gepaardgaande meganiese werksverrigting. Dit hang dan ook af van 'n reeks faktore, soos die aard van taak, ekonomie van beweging, dieet, snelheid van muskulêre kontraksie en die fisieke toestand van die proefpersoon (Falls, 1968, p. 297). Faktore soos geslags- en ouderdomsverskille kan ook meganiese effektiwiteit beïnvloed (Morehouse, 1971, p. 43 - 4).

Mc Cloy (1954, p. 165) bevind dat spiereffektiwiteit met 'n toename in arbeidslading sal toeneem tot op 'n sekere punt, hierna neem dit af totdat die lading so swaar word dat die aktiwiteit nie meer verrig kan word nie.

Hierdie faktor is belangrik aangesien wesenlike foute begaan word wanneer die effektiwiteit nie vasgestel is nie. Wanneer die fietsryaksie nog aangeleer moet word kan daar 'n afname van tot 4 persent in fisieke werksvermoë wees (Shephard, 1966a, p. 223).

Naas die saalhoogte en die hoogte en posisie van die handvatsels sal trapfrekwensie ook die meganiese effektiwiteit van werksverrigting beïnvloed. Oor 'n bepaalde uniforme

trapkaders is daar nog nie eenstemmigheid nie. Astrand (1960, p. 30 en 1976, p. 16) meen die mees effektiewe kaders is 50 omwentelings per minuut. De Vries (1967, p. 341) meen 70 omwentelings, terwyl Noble (1974, p. 226-31) en Karvonen (1967, p. 21) meen 60 omwentelings per minuut is die mees effektiewe snelheid. Laasgenoemde twee navorsers meen dat alleenlik klein afwykings tydens 'n frekwensie van 60 toegelaat kan word om veranderinge in meganiese effektiwiteit te voorkom of te beperk.

Shephard (1966, p. 222) het die meganiese effektiwiteit vir arbeid van 384, 576, 768 en 960 kgm/min bepaal as 22,9 23,6 22,3 en 22,7 persent respektiewelik. Karvonen (1967, p. 23) en Astrand (1960, p. 29) is dit eens dat meganiese effektiwiteit vir fietsry 23 persent is. Ten slotte verdien Astrand (1952, p. 138) se werk vermelding. Teen 900 kgm arbeid is die meganiese effektiwiteit $23,4\% \pm 0,3$; teen 1200 kgm arbeid nagenoeg $23,7\% \pm 0,3$; en teen 1500 kgm arbeid nagenoeg $23,3\% \pm 0,3$ teen 'n frekwensie van 50 omwentelings per minuut.

Samenvattend blyk dit dat bykans alle faktore wat 'n werksvermoëtoets kan beïnvloed of maklik beheer en gekontroleer kan word of as faktor in berekening gebring kan word by die finale evaluering. Die uitsondering is egter meganiese effektiwiteit. Die bevindings van die bogenoemde navorsers, dui daarop dat op 'n trapfrekwensie van tussen 50 en 70 omwentelings per minuut besluit moet word en dat met uiterst noukeurigheid daarop gelet moet word dat proefpersone geensins hiervan moet afwyk nie. Sodoende behoort daar nie 'n te groot wisseling in die meganiese effektiwiteit tussen verskillende proefpersone voor te kom nie.

HOOFSTUK 4

DIE VERSAMELING EN VERWERKING VAN DIE GEGEWENS VAN DIE ONDERSOEK

4.1 DIE VERSAMELING VAN DIE GEGEWENS

4.1.1 KEUSE VAN DIE PROEFPERSONE

In dié studie is 30 blanke mans tussen die leeftydsgrense 20 - 26 jaar betrek. Vanweë die hoë intensiteit wat die aktiwiteit sou vereis, kon geen proefpersoon met 'n fisieke abnormaliteit in die navorsingsgroep ingesluit word nie. Gesonde blanke mans met relatief hoë en relatief lae fisieke werksvermoë is as proefpersone gebruik. Geen sistematiese metode van keuring is toegepas nie.

4.1.2 KEUSE VAN DIE AKTIWITEIT

Die gebruik van een van die toetse vir die evaluering van die fisieke werksvermoë van persone wat die Departement vir Liggaamlike Opvoedkunde van die P.U. vir C.H.O. besoek vir terapeutiese oefening, het aanleiding gegee tot die ondersoek. Die behoefte het ontstaan om vas te stel hoe akkuraat die toets die werklike fisieke werksvermoë van persone kan voorspel uit submaksimale waarnemings. In die praktyk word ook gevind dat die toets soms te lank van duur is vir sommige proefpersone. Hierdie nadeel van die toets het die vraag laat ontstaan of die betrokke fisieke werksvermoëtoets nie dalk met 'n korter toets van korter tydsduur vervang kan word nie. Die volgende is dan 'n beskrywing van die twee werksvermoëtoetse wat in hierdie werkstuk ondersoek is:

- i. Die onderbroke werksvermoëtoets van lang tydsduur met klein inkremente (Astrand, 1958b, p. 76).
Proefpersone verrig arbeid op 'n Monark-fietsergometer teen 'n trapfrekwensie van 50 omwentelings per minuut. Tydens die laaste 30 sekondes van 'n arbeidsvlak word die hartslagsnelheid gemonitor deur 'n stetoskoop op die apeks van die hart te plaas en die hartslagsnelheid met 'n Heuer-stophorlosie te tel. Hierna rus die persoon vir een minuut op die saal van die fiets sonder om arbeid te verrig, waarna die lading verhoog word met 25 watt. Die prosedure word gevolg totdat 'n hartslagsnelheid van 170 slae per minuut of meer bereik is. Na hierdie toets sal voortaan verwys word as Metode A.
- ii. Die tweede metode, Metode B, staan bekend as die ononderbroke werksvermoëtoets van kort tydsduur met klein inkremente (Weiner, 1969, p. 240).
Net soos bogenoemde toets is die aanvanklike lading 100 watt en die trapfrekwensie 50 omwentelings per minuut. Die verskil is dat die arbeidsduur slegs twee minute by elke werksvlak is en daar dus nie sprake van 'n funksieplato is nie. Dit was dan ook die hoofrede waarom dié metode vergelyk is met die metode van Astrand (1958b, p. 76) wat wel voorsiening maak vir 'n funksieplato. Tydens die laaste 15 sekondes van 'n arbeidsvlak word die hartslagsnelheid gemonitor en die arbeid verhoog met 25 watt sonder dat daar 'n ruspouse is. Die verdere prosedure is soortgelyk aan die van bogenoemde toets.

4.1.3 TOETSTYPE

Toetstipe was vanaf Dinsdag tot Vrydag. Uit 'n loodsstudie het geblyk dat Maandae nie 'n geskikte toetsdag is nie, aangesien die hartslagsnelheid groot fluktuasies op die eerste werksdag getoon het. Die rede hiervoor is nie ondersoek nie.

4.1.4 EKSTERNE INVLOEDE

Alle toetse is voltooi onder toestande wat noukeurig gekontroleer is. Proefpersone is gevra om nie te eet, drink, rook of aan strawwe aktiwiteit 1½ uur voor toetsaflegging deel te neem nie. 'n Proefpersoon is ook elke keer op dieselfde tyd van die dag getoets.

4.1.5 TOETSAPPARAAT

Arbeid is verrig op 3 Monark-fietsergometers wat voortdurend gekalibreer is. 'n Proefpersoon het by elke toetsaflegging dieselfde fietsergometer gebruik. Die hoogte van die saal is in ooreenstemming met die proefpersoon se liggaamsgrootte verstel, sodat die bene so te sê ten volle gestrek is. Die trapfrekwensie is deur middel van 'n metronoom aangegee en deurgaans is daarop gelet dat 'n trapfrekwensie van 50 omwentelings per minuut gehandhaaf word.

4.1.6 PROSEDURE VAN TOETSING

Beide Metodes A en B is herhaal ten einde die betroubaarheid vas te stel. Na die herhalings word voortaan verwys as AH en BH (H = herhaling). Die betekenis van die simbole is dus soos volg:

Metode A : die onderbroke werksvermoëtoets van langtydsduur met klein inkremente.

AH : die herhaling van Metode A.

B : die ononderbroke werksvermoëtoets van korttydsduur met klein inkremente.

BH : die herhaling van Metode B.

Ten opsigte van ewekansigheid is die volgende prosedure gevolg:

Die proefpersone se name is genumereer van 1 - 30. Voorts is by proefpersoon 1 begin en die toetsvolgorde A, AH, B en BH teenoorstaande genoteer as indikasie van die volgorde waarin hy die toetse moes aflê. Proefpersoon 2 daarteenoor se volgorde sou weer A, B, BH en AH wees. Proefpersoon 3 en 4 se volgordes sou dan onderskeidelik B, BH, A, AH en B, A, AH en BH wees. Dié patroon is herhaal tot by die dertigste proefpersoon. Die nommers van 1 - 30 is in 'n houer geplaas en die proefpersoon moes 'n nommer trek voor toetsaflegging om te bepaal wat die toetsvolgorde is.

Voorbeeld: Proefpersoon 15: J.J.P. - toetsvolgorde:

B, BH, A en AH.

Deurgaans is daar noukeurig gelet op al die voorskrifte van toetsaflegging, maar ook op die feit dat al die proefpersone kennis moes dra van die toetsprosedures.

4.2 DIE VERWERKING VAN DIE GEGEWENS VAN DIE ONDERSOEK

4.2.1 DIE VERSLAGKAART

'n Verslagkaart is ontwerp waarin daar voorsiening gemaak word vir persoonlike statistiek, toetstyd, temperatuur, praktiese evaluering en 'n vraelys. 'n Voorbeeld hiervan verskyn hiernaas (afbeelding 4).

1. Persoonlike statistiek

Leeftyd -

Voor die aanvang van die aanvanklike toets is die geboortedatum van elke proefpersoon genoteer. Ses maande en meer

Afbeelding 4
VERSLAGKAART

I. PERSOONLIKE STATISTIEK

Naam
 Leeftyd jr(a)
 Massa kg.
 Lengte cm.

II. TOETSTYD

Toets A/ /1977 hoo uur.
 AH/ /1977
 B/ /1977
 BH/ /1977

III. TEMPERATUURDATA

Toets A^oC
 AH^oC
 B^oC Gem. temp.^oC
 BH^oC
 Lugdruk mm Hg.

IV. PRAKTIESE EVALUERING

Toetsvolgorde:///

Arbeidslading	HARTSLAGSNELHEID			
	Metode			
	A	AH	B	BH

V. VRAEKS

- Watter toets sou u by herhaling verkies: die 2-minuut-ononderbroke of 5-minuut-ononderbroke-toets?
- Op grond van u keuse, wat is die rede waarom u die toets verkies?
- Wat is die nadeel van die toets wat u nie verkies nie?
- Watter toets is fisies die mees veeleisende?

is verwerk na 'n volle jaar en dienooreenkomstig is die gemiddelde leeftyd gedurende die verloop van die toetsperiode van 4 weke as die proefpersoon se leeftyd aanvaar.

Lengte -

Voor die aanvang van die toetsperiode is die proefpersone se lengte sonder skoeisel in stand teen 'n gelyke oppervlakte in sentimeter bepaal.

Liggaamsmassa -

Dit is in ponde bepaal met 'n massabalans en omgewerk tot die naaste halwe kilogram, waar een kilogram aanvaar is as gelyk aan 2,205 pond. Liggaamsmassa het die oefenklere ingesluit.

Tabel I verskaf die rekenkundige gemiddeldes en standaardafwykings van massa, lengte en leeftyd van die 30 blanke mans.

TABEL I

Die rekenkundige gemiddeldes en standaardafwykings van die massa, leeftyd en lengte van 30 blanke mans

	N	X	SA
Massa (kg.)	30	73,5	5,25
Leeftyd (jre.)	30	22,6	1,84
Lengte (cm.)	30	177,2	5,81

ii. Toetstyd

Die datum en tyd van elke toets is genoteer met die oog daarop dat ander toetse ook op dieselfde tyd herhaal

moet word.

iii. Temperatuurdata

By die aanvang van elke toets is die kamertemperatuur genoteer in grade Celsius vanaf 'n termometer en die gemiddelde temperatuur aan die einde van die laaste toets bereken. Lugdruk is deurgaans geneem as 658 mmHg wat geblyk het die gemiddelde lugdruk te wees vir Potchefstroom (Van der Walt, 1972, p. 120).

Tabel II verskaf die rekenkundige gemiddelde en standaardafwyking van die kamertemperatuur tydens toetsaflegging van die 30 blanke mans.

TABEL II

Die rekenkundige gemiddelde en standaardafwyking van die kamertemperatuur tydens toetsaflegging van die 30 blanke mans.

° C		
N	X	SA
30	22,0	1,48

iv. Praktiese evaluering

Nadat die proefpersoon se verslagkaart voltooi is, moes hy 'n nommer trek wat die volgorde waarin hy die toetse sou moes aflê, aandui. Die volgorde is op die persoon se verslagkaart genoteer. Volgens dié toetsvoorskrifte het die proefpersone arbeid verrig. Die hartslagsnelheid vir elke arbeidsvlak is gemeet en teenoor die ooreenstemmende arbeidslading genoteer. Die arbeidslas is met inkremente van 25 watt verhoog totdat 'n hartslagsnelheid

van 170 slae per minuut bereik is. Hierdie punt is aanvaar as die fisieke werksvermoë van 'n proefpersoon en word aangedui in kilogram meter per minuut, of ook die FWV₁₇₀ genoem.

v. Vraelys

Nadat die toetse afgelê is, is aan die proefpersone die volgende vrae gevra en die antwoord op die verslagkaart genoteer:

- a. Watter toets sou u by herhaling verkies: die twee-minuut-ononderbroke of vyfminuut-onderbroke-toets?
- b. Op grond van u keuse, wat is die rede waarom u die toets verkies?
- c. Wat is die nadeel van die toets wat u nie verkies nie?
- d. Watter toets is fisies die mees veeleisende?

4.2.2 DIE STATISTIESE VERWERKING VAN DIE GEGEWENS

In die huidige ondersoek is van 30 proefpersone gebruik gemaak, waar dieselfde proefpersone agtereenvolgens op dieselfde werksvlakke getoets is.

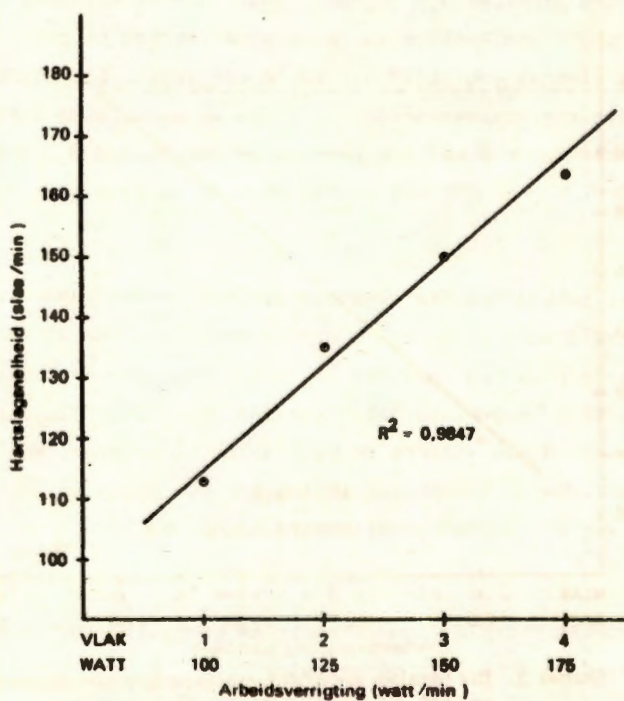
Dit het geblyk dat nie alle proefpersone op dieselfde aantal arbeidsvlakke arbeid kon verrig nie. Die wisseling in vermoë is hoofsaaklik toe te skryf aan die fisieke fiksheid van die individue. Omdat 'n program aan die rekenoutomaat uniforme gegewens moes bevat, is gevind dat al die proefpersone arbeid op vier arbeidsintensiteite kon verrig, naamlik 100, 125, 150 en 175 watt. In die meerderheid van die gevalle kon dié arbeidsvlakke as submaksimale arbeid aanvaar word.

Die statistiese berekenings is in oorlegpleging met die Departement Statistiek en met behulp van die IBM-rekenaar van die P.U. vir C.H.O. gedoen. Die resultate is op die volgende wyse ontleed:

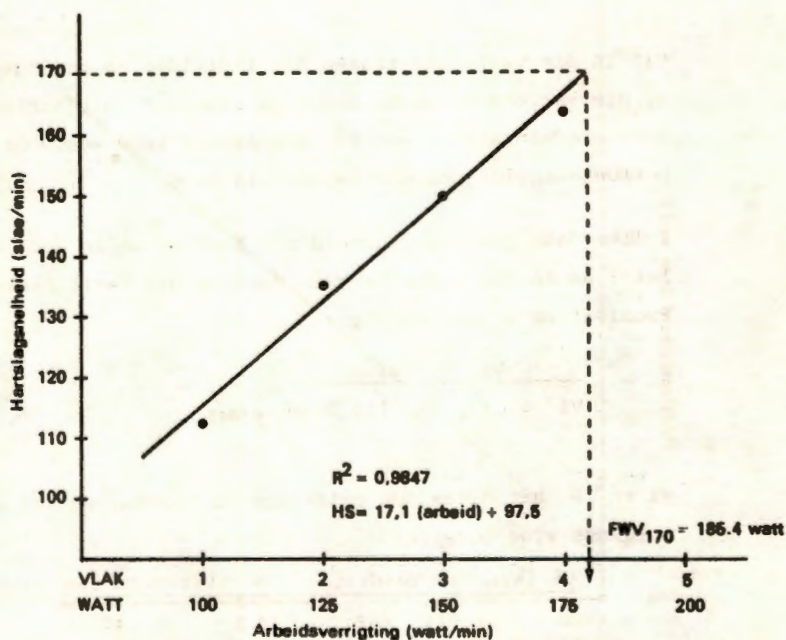
- i. Die verwantskap tussen hartslagsnelheid en arbeid is vir elke proefpersoon nagegaan deur 'n eerstegraadse regressie op die waarnemings van elke proefpersoon te pas. Grafiek 2 dien as voorbeeld van so 'n passing. Die kwadraat van die regressiekwosiënt (R^2) is as aanduiding van die akkuraatheid van die passing geneem. Indien R^2 'n waarde van $>0,95$ sou aanneem is die passing as baie getrou aanvaar.
- ii. Met behulp van die rekenaarpassings is ook bepaal wat die arbeidsverrigting by 'n hartslagsnelheid van 150 en 170 slae per minuut sou wees. Dit is verkry deur die regressievergelyking te gebruik (sien grafiek 3). Deur die dertig individuele waardes se gemiddelde te bereken, kon die gemiddelde arbeidsverrigting vir die groep by 150 en 170 slae per minuut bereken word.
- iii. Die betroubaarheid van die toetse is nagegaan deur die toetse met elke proefpersoon te herhaal. Die betroubaarheid is soos volg vasgestel:

Deur die hartslagsnelhede by die verskillende arbeidsvlakke te gebruik, is met behulp van variansie-analise vasgestel of daar 'n geneigdheid is om in die herhaling beter of swakker te presteer as gedurende die eerste poging. Die formule wat gebruik is vir die toets vir geneigdheid is:

$$F = \frac{v_t}{v_{it}} \quad (\text{Safrit, 1973, p. 137-43})$$



Grafiek 2. 'n Regressiepassing op die waarnemings by proefpersoon D.M.



Grafiek 3. Die bepaling van arbeidsverrigting by 'n hartslagsnelheid van 170 slae per minuut by proefpersoon D.M.

waar V_t die variansie tussen die twee pogings is en V_{it} die variansie tussen die individue en pogings is. Indien daar 'n neiging sou bestaan, word die betroubaarheidskwosiënt met behulp van die volgende formule bereken:

$$R = \frac{V_i - V_{it}}{V_{it} \left(\frac{K}{K^1} - 1 \right) V_{it}} \quad (\text{Safrit, 1973, p. 139})$$

V_{it} is die variansie tussen die individue en pogings, V_i die variansie tussen die individue, K die aantal kere geadministreer en K^1 die aantal kere waarvoor die betroubaarheidskwosiënt bepaal wil word.

Indien daar geen geneigdheid sou bestaan om in een poging beter as in die ander te vaar nie, is die betroubaarheidskwosiënt soos volg bereken:

$$R = \frac{V_i - V_{wi}}{V_i + \left(\frac{K}{K^1} - 1 \right) V_{wi}}$$

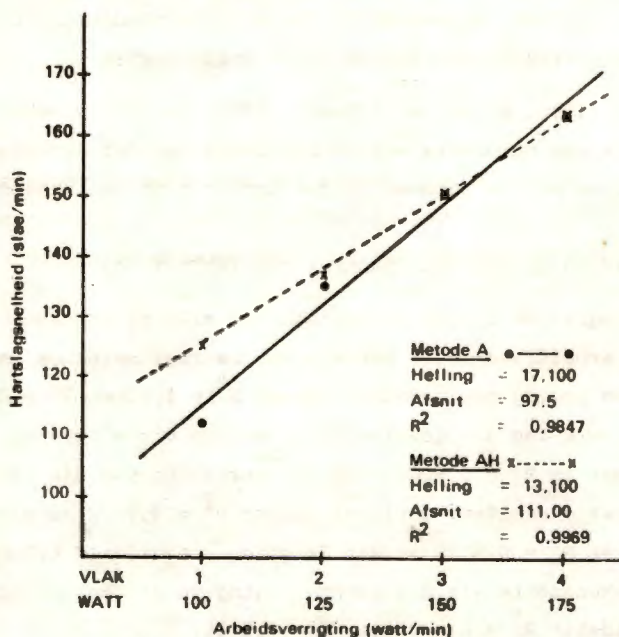
V_i en K het dieselfde betekenis as hierbo, en V_{wi} is op volgende wyse bereken:

$$V_{wi} = \frac{V_t (\text{som van kwadrate})}{dft} + \frac{V_{it} (\text{som van kwadrate})}{dfit}$$

waar dft die grade van vryheid vir die pogings is en $dfit$ die grade van vryheid vir die interaksie tussen die indiwidue en die pogings.

Indien 'n geneigdheid om beter te vaar in die herhaling gevind sou word, is aanvaar dat die resultate van die eerste poging beïnvloed is deur eksterne faktore, soos byvoorbeeld vreemdheid van apparaat, spanning en twyfel oor fisieke vermoëns.

'n Voorbeeld van 'n vergelyking van die eerstegraadse regressiepassings tydens eerste toetsing en tweede toetsing word geïllustreer in grafiek 4.



Grafiek 4. 'n Vergelyking van die eerstegraadse regressiepassings by proefpersoon D.M. tydens eerste toetsing (A) en tweede toetsing (AH).

- iv. Produk-momentkorrelasies is bereken tussen verskillende veranderlikes van die twee toetse met behulp van die formule soos aangegee deur Clarke (1970, p. 223).

Alle sake rakende linêre verband tussen hartslagsnelheid en arbeidsverrigting, betroubaarheid, arbeidsverrigting by 150 en 170 slae per minuut en korrelasies van Metode B en BH is op dieselfde manier behandel as Metode A en sy herhaling.

HOOFSTUK 5

BESPREKING VAN DIE RESULTATE VAN DIE ONDERSOEK

5.1 DIE LINEÛRE VERWANTSAP TUSSEN HARTSLAGSNELHEID EN ARBEIDSVERRICHTING TYDENS DIE TWEE TOETSE

Bengtsson (1956, p. 94) en Astrand (1952, p. 31) is enkele voorbeelde van navorsers wat daarop gewys het dat hartslagsnelheid toeneem met 'n toename in die intensiteit van arbeid.

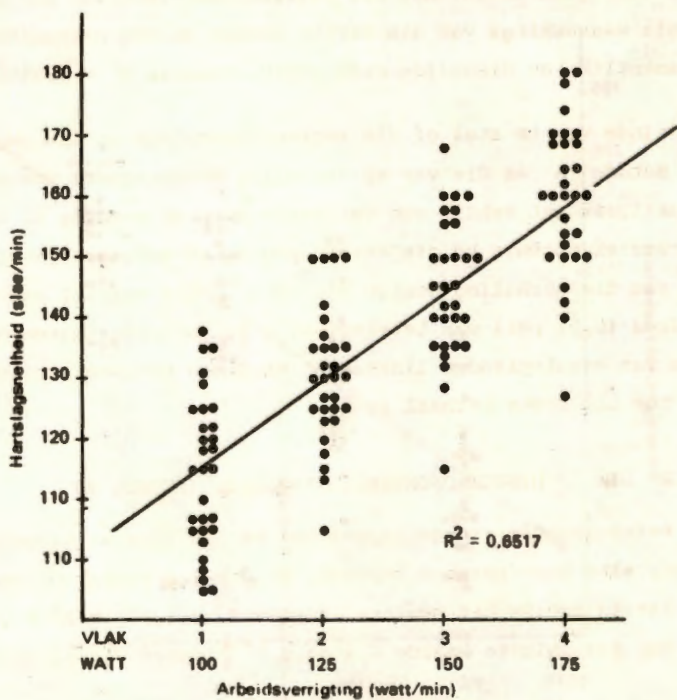
5.1.1 DIE 5-MINUUT-ONDERBROKE-TOETS (METODE A)

Die eerstegraadse regressiepassings vir elke proefpersoon by die vier arbeidsvlakke is bereken en die regressiekwosiënte by die eerste poging het gewissel tussen $R^2 = 1,00$ en $R^2 = 0,8817$. Slegs in twee van die gevalle is 'n waarde vir R^2 gevind wat kleiner was as $R^2 = 0,900$. By die herhaling van die toets het die regressiekwosiënte gewissel tussen $R^2 = 0,9979$ as die hoogste, en $R^2 = 0,9329$ as die laagste. Gemiddeld beloop die regressiekwosiënte vir die eerste poging en die herhaling onderskeidelik $R^2 = 0,9700$ en $R^2 = 0,9800$.

Dit is duidelik dat daar 'n besonder hoë verband is tussen die hartslagsnelheid en die arbeidsverrigting.

Interessantheidshalwe is die gegewens van die 30 proefpersone bymekaar gevoeg en die regressiekwosiënt vir die groep as geheel tydens die eerste poging en tydens die herhaling bereken. In die eerste geval is 'n regressiekwosiënt van $R^2 = 0,6595$ gevind en in die tweede geval $R^2 = 0,6517$.

Daar is 'n groot verskil tussen die individuele en gesamentlike regressiekwosiënte. Grafiek 5 en Grafiek 6 toon die passing



Grafiek 6. 'n Eerstegraadse regressiepassing op die waarnemings van 30 proefpersone van Metode AH.

op die gegewens. Die lae regressiekwosiënte in hierdie gevalle kan toegeskryf word aan die feit dat by elke proefpersoon 'n individuele regressieverband tussen hartslagsnelheid en arbeidsintensiteit bestaan.

Soos verwag kan word, het die regressiekwosiënt van die passing op die waarnemings van die eerste poging en die herhaling gesamentlik van dieselfde orde gebly, naamlik $R^2 = 0,6556$.

Ten einde vas te stel of die regressiepassings op die gegewens van Metode A en die van sy herhaling betekenisvol van mekaar verskil, is met behulp van variansie-analise getoets of die regressiekwosiënte by die eerste poging as ooreenstemmend met die van die herhaling gesien mag word. Die verskil was onbeduidend (0,01 peil van betekenis). Dit beteken daarom dat die mate van eerstegraadse lineêre verband nie betekenisvol verander het toe die toets herhaal is nie.

5.1.2 DIE 2-MINUUT-ONONDERBROKE-TOETS (METODE B)

Die eerstegraadse regressiepassings by die vier arbeidsvlakke is vir elke proefpersoon bereken, en die regressiekwosiënte by die eerste poging het gewissel tussen $R^2 = 1,00$ en $R^2 = 0,8895$ wat ook die enigste waarde was waar R^2 kleiner was as 0,900.

By herhaling het die regressiekwosiënte gewissel tussen $R^2 = 0,9993$ as die hoogste en $R^2 = 0,9143$ as die laagste. Die gemiddelde regressiekwosiënte vir die eerste poging en die herhaling was onderskeidelik $R^2 = 0,9700$ en $R^2 = 0,9800$.

Dit is duidelik dat daar 'n hoë verband is tussen die hartslag-snelheid en die arbeidsverrigting soos gevind by die toepassing van die toetsprosedure van Metode B. Die logiese gevolgtrekking is dan dat daar 'n baie hoë verwantskap bestaan tussen

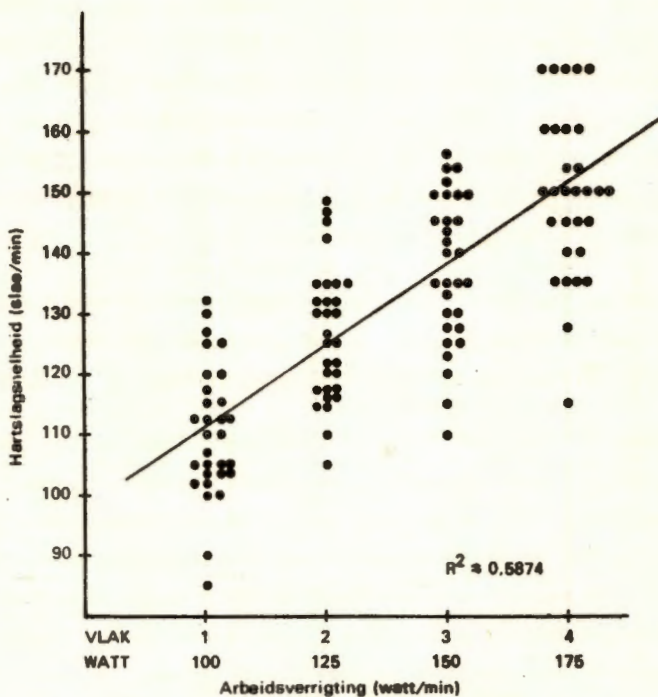
hartslagsnelheid en arbeidsverrigting.

Interessantheidshalwe is die gegewens van die 30 proefpersone weer bymekaar gevoeg en die regressiekwasiënt vir die groep as geheel tydens die eerste poging en tydens die herhaling bereken. In die eerste geval is 'n regressiekwasiënt van $R^2 = 0,5874$ gevind en in die tweede geval $R^2 = 0,6094$. Die regressiekwasiënte verskil grootliks van dié wanneer elke individu afsonderlik beskou word. Grafiek 7 en Grafiek 8 toon die passings op die gegewens. Die lae regressiekwasiënte in hierdie gevalle kan net soos by Metode A toegeskryf word aan die feit dat elke proefpersoon 'n individuele regressieverband tussen hartslagsnelheid en arbeidsintensiteit toon.

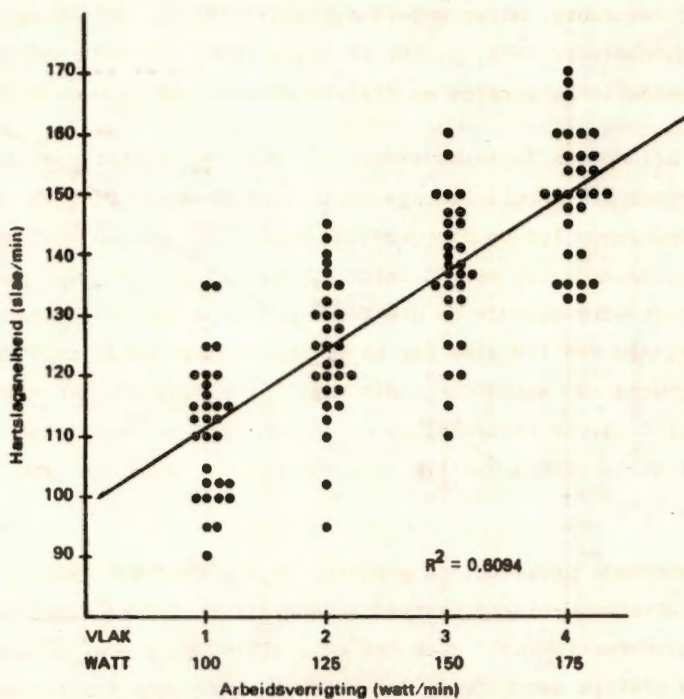
Soos verwag kon word, het die regressiekwasiënt van die passing op die waarnemings van die eerste poging én die herhaling gesamentlik, van dieselfde orde gebly, naamlik $R^2 = 0,5984$

Ten einde vas te stel of die regressiepassings van Metode B en sy herhaling betekenisvol van mekaar verskil, is met behulp van variansie-analise getoets of die regressiekwasiënte by die eerste poging as ooreenstemmend met die herhaling beskou mag word. Die verskil was onbeduidend (0,01 peil van betekenis). Dit beteken dus dat die mate van die eerstegraadse lineêre verband nie verander het toe die toets herhaal is nie.

Metode A en Metode B met hulle herhalings toon geen verskil in die lineêre verwantskappe wat die twee metodes gee nie. Die rekenkundige gemiddelde regressiekwasiënte van beide metodes by die eerste poging en by die herhaling is presies dieselfde, naamlik $R^2 = 0,970$ en $0,980$ respektiewelik. Die verwantskap tussen hartslagsnelheid en arbeid word dus in hierdie geval nie beïnvloed deur die metode van werksverrigting nie.



Grafiek 7. 'n Eerstegraadse regressiepassing op die waarnemings van 30 proefpersone van Metode B.



Grafiek 8. 'n Eerstegraadse regressiepassing op die waarnemings van 30 proefpersone van Metode BH.

5.2 DIE OOREENKOMS TUSSEN DIE PASSINGS OP TWEE EN OP
VIER PUNTE IN DIE VOORSPELLING VAN DIE FWV₁₅₀ EN
DIE FWV₁₇₀ TYDENS DIE METODES EN HULLE HERHALINGS

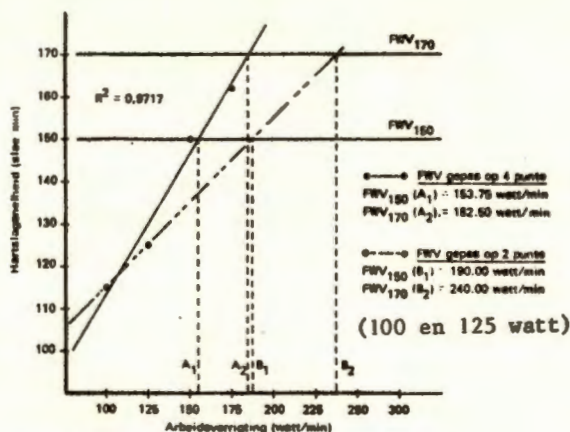
Uit die bespreking van verskillende metodes om fisieke werksvermoë met behulp van die fietsergometer te bepaal, blyk dit dat navorsers, onder andere Astrand (1958b, p. 76), Howald (Schönholzer, 1974, p. 10) en Adams (1961, p. 244) net twee arbeidsvlakke verkies om fisieke werksvermoë te bepaal.

Na afloop van 'n werksvermoëtoets word die hartslagsnelhede teenoor die arbeidsladings op 'n grafiek aangebring en 'n bespassende lyn op die gegewens bereken. Die snypunt van die laasgenoemde lyn met 'n hartslagsnelheid van 150 slae per minuut word gebruik om die fisieke arbeid wat by 'n hartslag-snelheid van 150 slae per minuut verrig kan word, te voorspel. Dit word dan aangedui as die FWV₁₅₀. Deur die lyn wat grafies gevind is, te ekstrapoleer na 'n punt wat sal kruis met 'n hartslagsnelheid van 170 slae per minuut, word die FWV₁₇₀ voorspel.

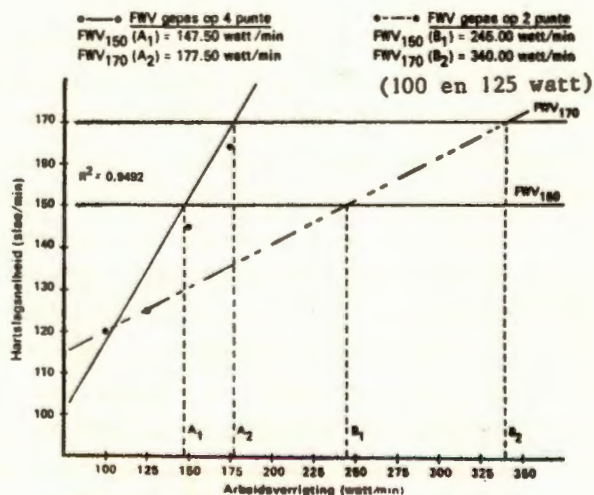
Bogenoemde prosedure is gebaseer op die feit dat daar 'n lineêre verwantskap bestaan tussen die hartslagsnelheid en arbeidsverrigting. Van der Walt (1976, p. 1 - 4) noem dat in die praktyk gevind word dat die betrokke punte (indien meer as twee) op 'n grafiese voorstelling nie presies op 'n reguitlyn lê nie. Die passing van 'n lyn op die gegewens is dus nie altyd korrek nie. 'n Meer korrekte passing kan verkry word deur te sorg dat daar 'n groot aantal punte vir passingsdoel-eindes beskikbaar is, óf 'n regressieverband te bereken wanneer minder punte beskikbaar is, óf albei weë te volg.

Ter illustrasie van die probleem hierbo geskets, moet daar gelet word na grafiek 9. Die ongebrokelyn (wat gepas is op vier punte, aangetoon as —), het 'n snypunt met die lyne van 150 en 170 slae per minuut, wat onderskeidelik ooreenstem met 153,75 en 182,50 watt per minuut. Wanneer dieselfde lyn (aangetoon as -- —) op twee punte gepas word (100 en 125 watt), dan is die arbeidsverrigting 190 en 240 watt onderskeidelik. Die verskil tussen twee en vierpuntpassings is 36,25 watt vir die FWV₁₅₀ en 57,50 watt vir die FWV₁₇₀. Grafieke 10 tot 16 dien as verdere illustrasie van die verskille wat tussen twee en vierpuntpassings verkry kan word. Die genoemde grafieke is egter slegs illustrerend van 'n enkele proefpersoon (proefpersoon L.M.). Tabel III toon die gemiddelde verskille en maksimum oor- of onderskattings vir die proefpersone gesamentlik aan.

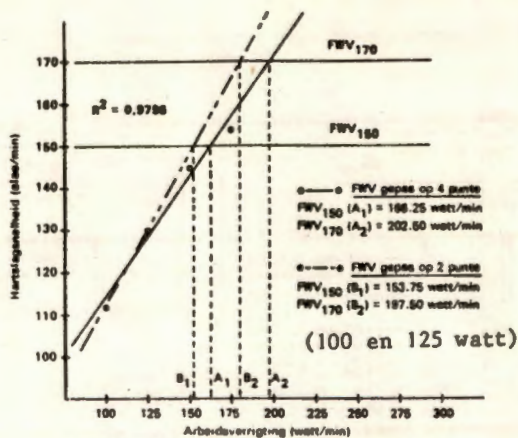
Volgens tabel III kan afgelei word dat die tweepuntpassings in die meerderheid van die gevalle die fisieke werksvermoë onderskat teenoor wat gevind word met 'n vierpuntpassing. Dit is ook baie duidelik dat tweepuntpassing gebaseer op die twee mees submaksimale werksvlakke (100 en 125 watt) die grootste verskille (gemiddelde waardes) lewer met waardes van vierpuntpassings verkry. Daarteenoor lewer tweepuntpassings gebaseer op die mees maksimale werksvlakke (150 en 175 watt) gemiddeld baie klein verskille met waardes verkry van vierpuntpassings. Wanneer egter ook die maksimum en minimum oor- of onderskattings in aanmerking geneem word, blyk dit dat tweepuntpassings gebaseer op die werksvlakke 100 watt en 175 watt die bevredigendste resultate lewer. Die rede hiervoor is heelwaarskynlik geleë in die feit dat "verskuiwings" in hartslagsnelhede by hierdie twee verste van mekaar geleë werksvlakke nie so 'n groot invloed ten opsigte van die helling van die lyn wat die punte sou verbind sal hê, as wanneer



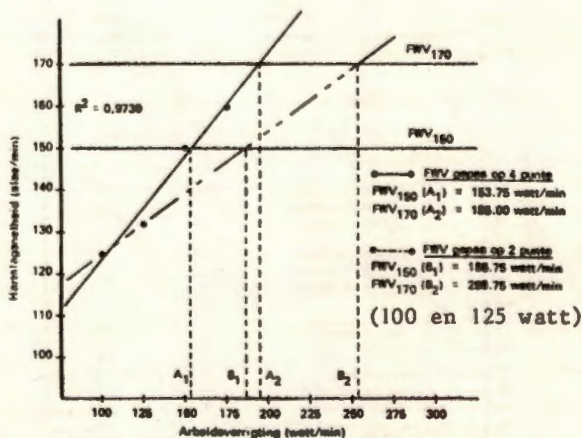
Grafiek 9. Die ooreenkomst tussen passings op twee en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode A



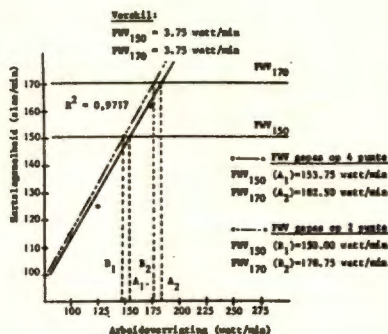
Grafiek 10. Die ooreenkomst tussen passings op twee en op vier punte in die voorspelling van die FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode AH



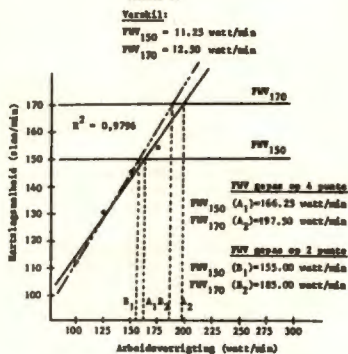
Grafiek 11. Die ooreenkomst tussen passings op twee en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode B



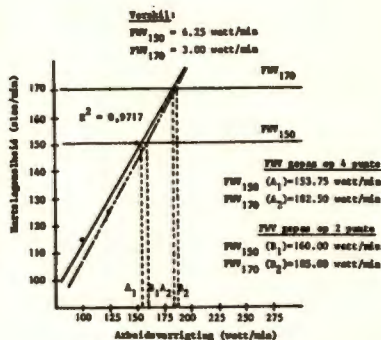
Grafiek 12. Die ooreenkomst tussen passings op twee en op vier punte in die voorspelling van FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon L.M. tydens Metode AH



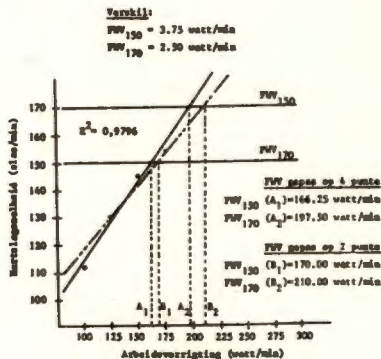
Grafiek 13. Die ooreenhang tussen passings op twee punte (100 en 150 watt) en op vier punte in die voorspelling van FVW_{150} en FVW_{170} van proefpersoon L.H. tydens Metode A.



Grafiek 13. Die ooreenhang tussen passings op twee punte (100 en 150 watt) en op vier punte in die voorspelling van FVW_{150} en FVW_{170} van proefpersoon L.H. tydens Metode B.



Grafiek 14. Die ooreenhang tussen passings op twee punte (125 en 175 watt) en op vier punte in die voorspelling van FVW_{150} en FVW_{170} van proefpersoon L.H. tydens Metode A.



Grafiek 14. Die ooreenhang tussen passings op twee punte (125 en 175 watt) en op vier punte in die voorspelling van FVW_{150} en FVW_{170} van proefpersoon L.H. tydens Metode B.

TABEL III

De gouddekkende waarde en de waarde van de onderbating tussen de PVV 130 en PVV 170 worden ook weergegeven met behulp van de volgende tabel van de economische verhoudingen.

Prestatie van de onderbating	Shilling	Gouddekkende waarde in wett/mid			
		Metode A	Metode B	Metode C	Metode D
PVV 130	Gouddekkende	7,70	-6,05	-8,35	13,15
	Mkt. oer	54,00	62,15	59,75	35,00
100 en 125	Mkt. oer	36,75	87,50	76,25	143,50
	wett	-16,35	-8,35	-12,31	19,39
PVV 170	Gouddekkende	82,50	66,25	37,25	161,00
	Mkt. oer	55,00	132,50	116,25	300,75
100 en 150	Gouddekkende	-1,20	-3,87	-6,05	-9,50
	Mkt. oer	33,75	45,00	33,75	16,25
wett	Mkt. oer	18,75	15,00	28,75	34,00
PVV 170	Gouddekkende	-4,05	-6,79	-9,08	-2,65
	Mkt. oer	53,75	60,00	43,75	28,50
100 en 175	Mkt. oer	28,50	6,75	46,25	46,00
	wett	-0,87	-3,60	-5,50	-1,31
PVV 150	Gouddekkende	10,00	33,75	39,00	16,25
	Mkt. oer	6,75	5,00	3,75	12,50
125 en 150	Gouddekkende	-2,70	-5,90	-6,74	-3,33
	Mkt. oer	22,50	28,75	36,25	31,00
wett	Mkt. oer	7,50	6,25	2,50	15,00
PVV 170	Gouddekkende	-1,75	-3,26	-2,60	-2,20
	Mkt. oer	46,25	16,25	57,50	39,00
125 en 150	Mkt. oer	61,25	33,75	63,75	26,50
	wett	-4,81	-8,30	-3,45	-3,25
PVV 170	Gouddekkende	18,75	36,25	79,75	46,00
	Mkt. oer	100,25	61,25	101,25	46,00
125 en 175	Gouddekkende	-1,75	-4,79	-6,15	-1,67
	Mkt. oer	10,00	30,00	27,50	18,00
wett	Mkt. oer	12,50	8,75	10,00	17,00
PVV 170	Gouddekkende	0,70	-2,85	-5,15	-1,16
	Mkt. oer	28,00	31,25	45,00	35,00
150 en 175	Mkt. oer	52,50	13,75	35,00	35,50
	wett	-1,27	-4,00	-6,10	-5,50
PVV 150	Gouddekkende	22,50	33,75	42,50	21,00
	Mkt. oer	40,00	17,50	150,00	12,50
150 en 175	Gouddekkende	-0,35	-5,79	-2,70	-5,10
	Mkt. oer	50,25	27,50	67,50	40,00
wett	Mkt. oer	102,50	56,25	75,50	70,25

* - is onderbating

* + is overbating

werksvlakke nader aan mekaar gekies word nie. Volgens die gewens van tabel III wil tot die gevolgtrekking gekom word dat met tweepuntpassings groot foute betreffende die oor of onderskatting van die werksvermoë gemaak kan word. Hierdie foute kan bekamp word deur werksvlakke nie te na aan mekaar te kies nie. In hierdie ondersoek is gevind dat die werksvlakke 100 watt en 175 watt die beste aanduiding van fisieke werksvermoë gebied het wanneer ook die grootte van die oor- of onderskattings in ag geneem word. Die oor- of onderskattings beloop egter ook nog in hierdie geval by beide metodes 'n inkrement (25 watt) of meer.

5.3 DIE KORRELASIES VAN DIE HARTSLAGSNELHEDE BY ELKE ARBEIDSVLAK

5.3.1 DIE 5-MINUUT-ONDERBROKE-TOETS (METODE A)

In die literatuurbespreking het geblyk dat die hartslagsnelheid by arbeidsvlakke van lae intensiteit meer deur eksterne faktore beïnvloed word as by arbeidsvlakke van hoë intensiteit. Indien dit die geval is, kan verwag word dat by 'n herhaling van 'n toets die korrelasies van die hartslagsnelhede by arbeidsverrigting van lae intensiteit ook nie so hoog sal wees as by arbeidsverrigting van hoë intensiteit nie. Die korrelasies van die hartslagsnelhede by elke arbeidsvlak vir die eerste poging en die herhaling is daarom bereken en word aangebied in tabel iv.

TABEL iv

Die ooreenstemming tussen die hartslagsnelhede van die herhalings met die hartslagsnelhede verkry by die eerste poging.

		Arbeidsvlak (watt)			
METODE		100	125	150	175
A en AH	(r =)	0,834	0,912	0,887	0,924
B en BH		0,904	0,911	0,941	0,944

Uit die tabel blyk dit dat daar 'n neiging by die korrelasies bestaan om te verbeter namate die intensiteit van die arbeid en gevolglik die hartslagsnelheid toeneem.

Grafiese voorstellings van die waarnemings word aangebied deur grafieke 17 tot 20. Die grafiese lyne wat op die grafieke aangebring is verteenwoordig 'n volmaakte verband ($R = 1,0$).

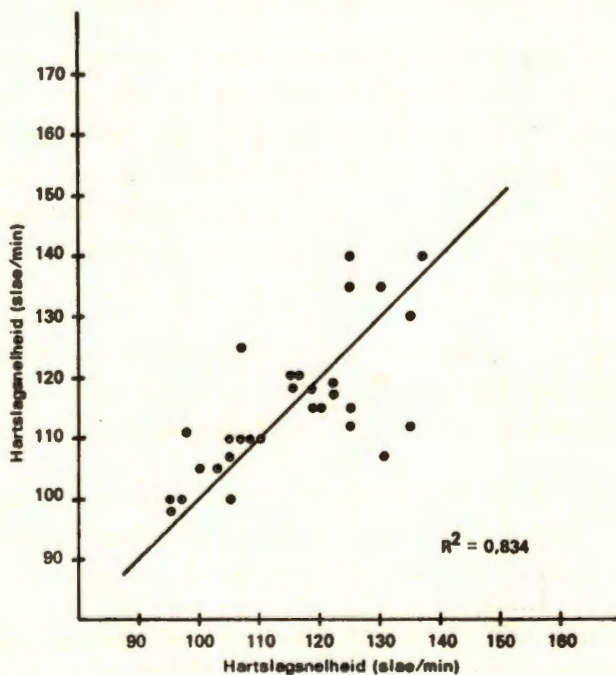
5.3.2 DIE 2-MINUUT-ONONDERBROKE-TOETS (METODE B)

Net soos by die 5-minuut-onderbroke-toets (Metode A) kan by die 2-minuut-ononderbroke-toets verwag word dat die korrelasies van hartslagsnelhede by 'n arbeidsverrigting van lae intensiteit nie so hoog sal wees as by 'n arbeidsverrigting van hoë intensiteit nie. So ook is die korrelasies van die hartslagsnelhede by elke arbeidsvlak vir die eerste poging en die herhaling by Metode B bereken en word aangebied in tabel iv.

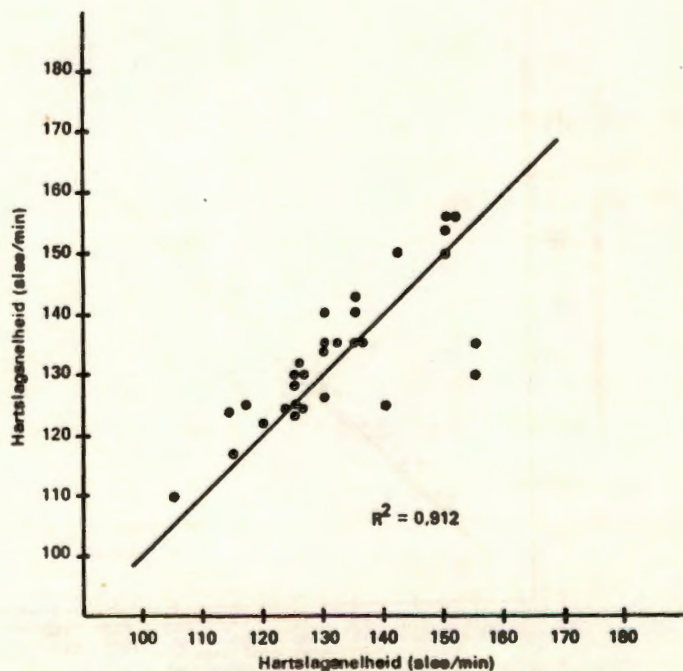
Uit tabel iv blyk dit dat daar 'n definitiewe neiging by die korrelasies bestaan om te verbeter namate die intensiteit van die arbeid en gevolglik die hartslagsnelheid toeneem.

Grafieke 21 tot 24 bied grafiese voorstelling van die waarnemings. Die grafiese lyne wat op die grafieke aangebring is, verteenwoordig 'n volmaakte verband ($R = 1,0$).

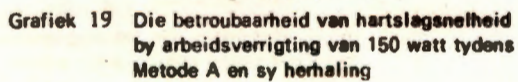
Die bogenoemde bevindings lei tot die gevolgtrekking dat by arbeidsvlakke wat vir 'n persoon as submaksimaal sou geld, nie dieselfde mate van ooreenstemming in resultate (hartslagsnelheid) gevind word by 'n herhaling van die prosedure, as wat die geval is by arbeidsvlakke nader aan die maksimale vermoë nie. Die gegewens van tabel iv dui ook daarop dat die tweeminuut-ononderbroke-toets minder onderhewig is aan wisseling in hartslagsnelhede by die betrokke arbeidsvlakke as die vyfminuut-onderbroke-

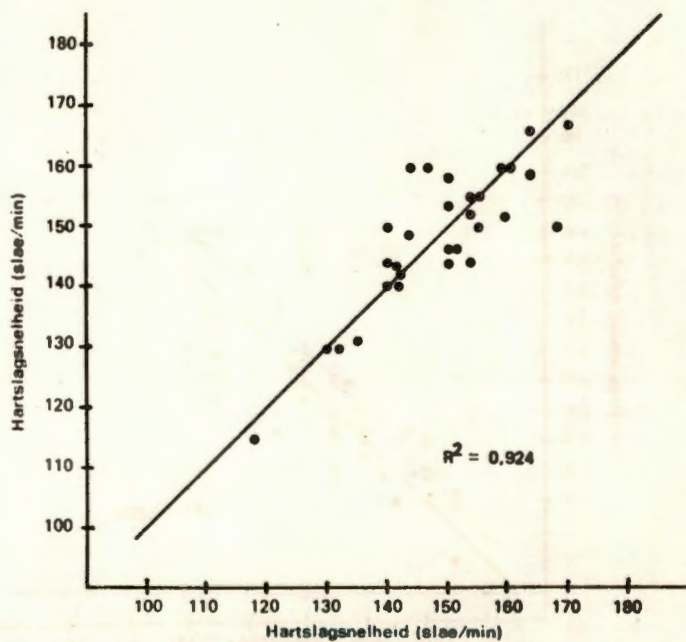


Grafiek 17 Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by arbeidsverrigting van 100 watt tydens Metode A en sy herhaling.

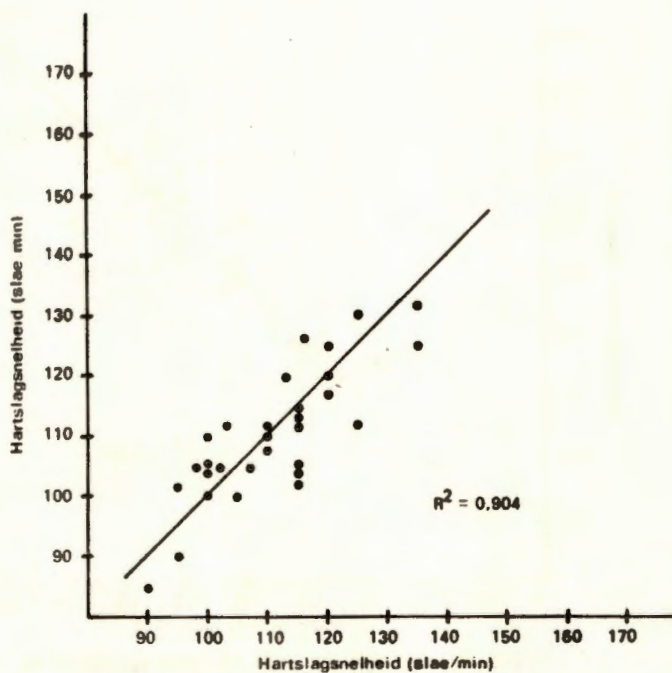


Grafiek 18 Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by arbeidsverrigting van 125 watt tydens Metode A en sy herhaling.

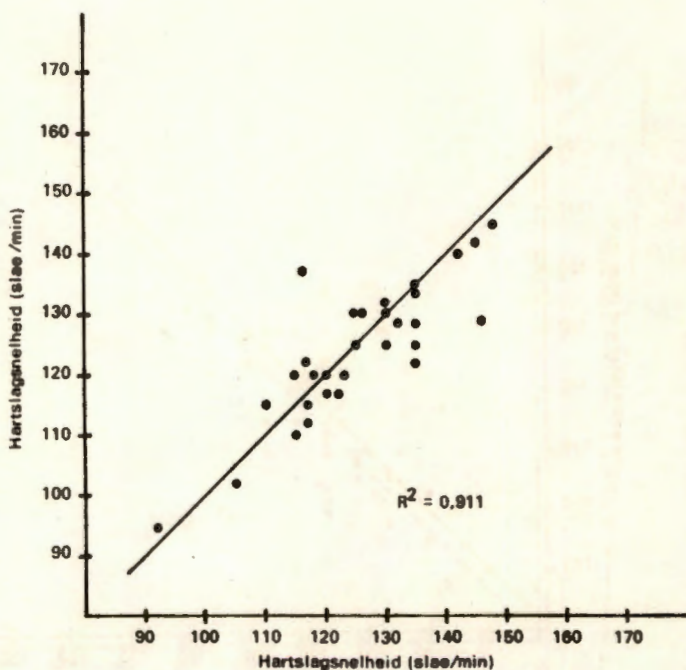




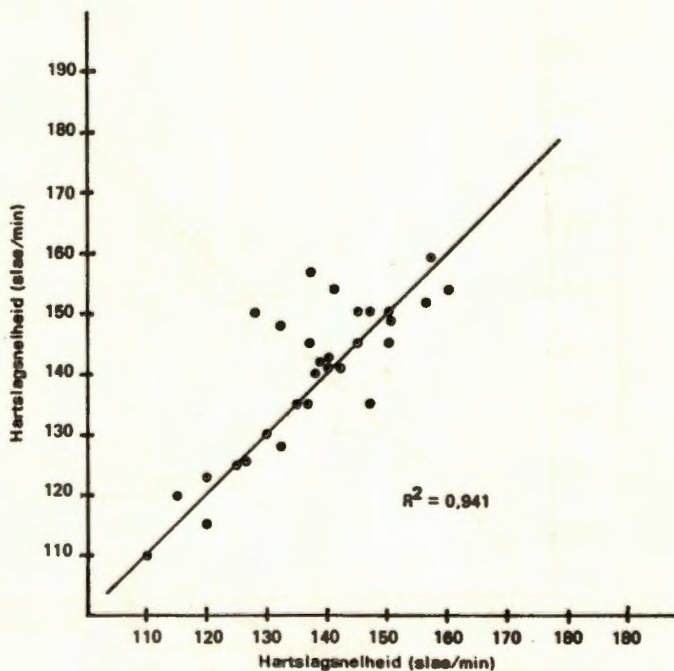
Grafiek 20 Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 175 watt tydens
Metode A en sy herhaling



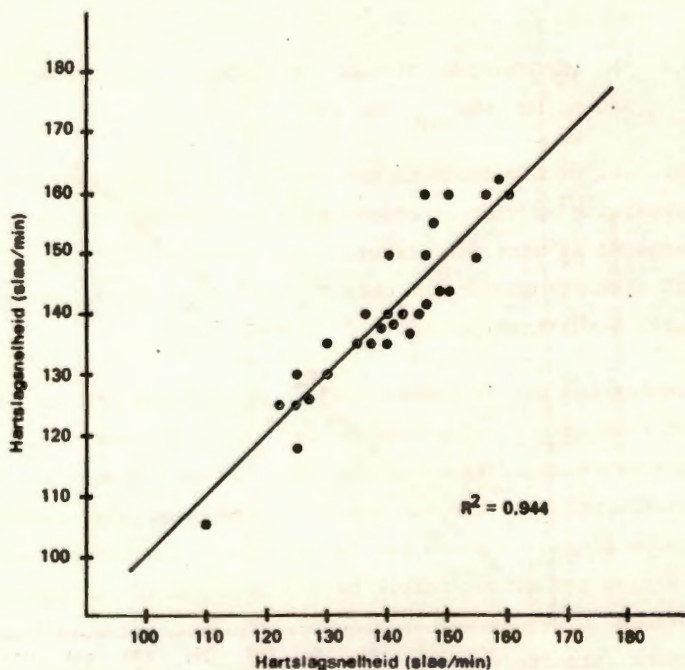
Grafiek 21 Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by arbeidsverrigting van 100 watt tydens Metode B en sy herhaling.



Grafiek 22 Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by arbeidsverrigting van 125 watt tydens Metode B en sy herhaling.



Grafiek 23., Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by arbeidsverrigting van 150 watt tydens Metode B en sy herhaling.



Grafiek 24 Die betroubaarheid van hartslagsnelheid by
arbeidsverrigting van 175 watt tydens
Metode B en sy herhaling.

toets. Dit kom voor asof die tweeminuut-ononderbroke-toets meer betroubaar is as die vyfminuut-onderbroke-toets. Dit is net die teenoorgestelde van wat verwag sou word. By die vyfminuut-onderbroke-toets word voldoende geleentheid vir die hart gebied om by die arbeidslas aan te pas en 'n funksieplato te bereik terwyl dit nie die geval by die tweeminuut-ononderbroke toets is nie.

5.4 'N VERGELYKING TUSSEN 'N METODE EN SY HERHALING SE AFGELEIDE FWV₁₅₀ EN FWV₁₇₀

Vir elke proefpersoon is met behulp van 'n eerstegraadse regressiepassing op vier arbeidsvlakke, bereken wat die werksvermoë, aangegee as watt per minuut, by 'n hartslagsnelheid van 150 en 170 slae per minuut sou wees. Dit is vir beide metodes en hulle herhalings gedoen.

Die berekenings is gedoen voordat die intensiteit van die arbeid wat deur elke proefpersoon gedoen is in ag geneem is. By die betrokke werksvlakke van 100, 125, 150 en 175 watt per minuut het die proefpersone nie almal dieselfde hartslagsnelhede gehad nie. Sommige persone het 'n hartslagsnelheid van byvoorbeeld 170 slae per minuut bereik by 175 watt arbeid per minuut (proefpersoon G.B.) terwyl 'n ander proefpersoon slegs 135 slae per minuut (proefpersoon K.L.) bereik het. Die gegewens verteenwoordig in sommige gevalle dus waardes wat deur ekstrapolasies in die ware sin van die woord afgelei is terwyl in ander gevalle in werklikheid nie van ekstrapolasie gebruik gemaak is nie. Wat hier dus met afgeleide waardes bedoel word, is dat die afgeleide waarde dié waarde is wat deur die regressiepassing aangegee word.

Die waardes verkry vanuit 'n regressiepassing vir die bepaling van die werksvermoë vir albei kere wat 'n toets gedoen is, is met mekaar gekorreleer. Die korrelasies (tabel v) dui aan in hoe 'n mate die arbeidsverrigting deur regressiepassings by 'n herhaling van die toets sou ooreenstem.

Die berekening van bogenoemde korrelasies mag oorbodig voorkom. In die praktyk is dit egter belangrik om te weet wat die betroubaarheid van die toets sal wees.

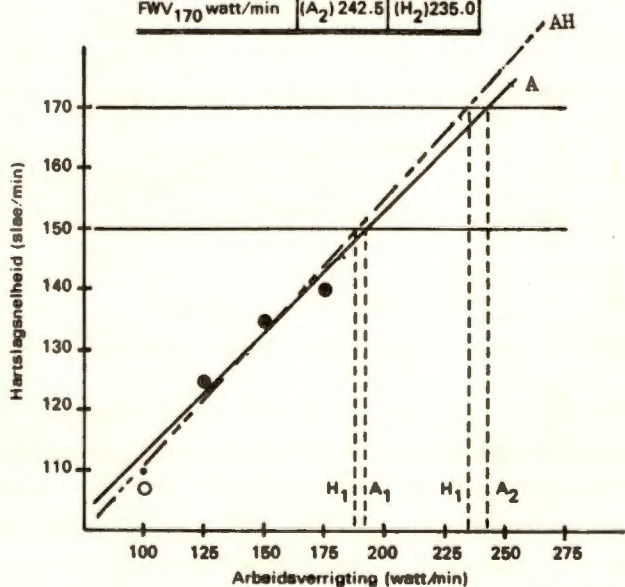
TABEL v

Die korrelasies tussen 'n metode en sy herhaling se afgeleide FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀

		Arbeidsverrigting	
METODE		150 slae/min.	170 slae/min.
A en AH	(r =)	0,933	0,873
B en BH		0,952	0,899

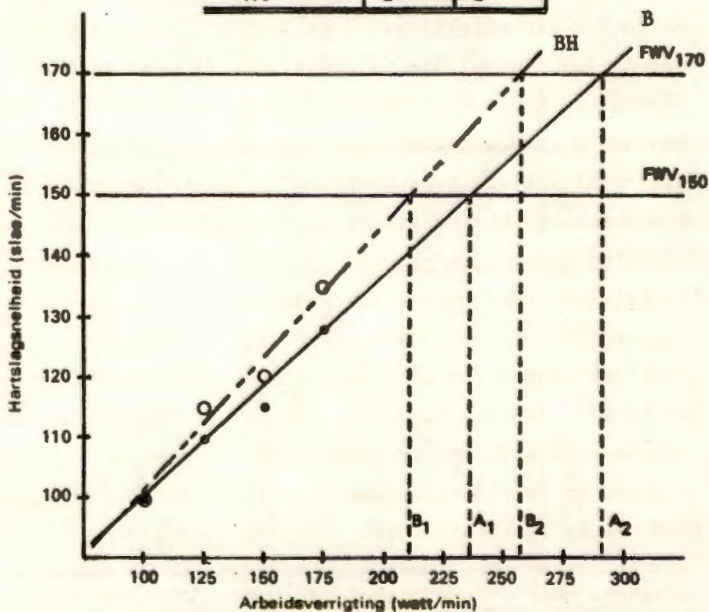
Volgens tabel v is die korrelasies by 150 slae per minuut hoër as by 170 slae per minuut. Die oorsaak hiervan word duidelik wanneer grafiek 25 beskou word. Grafiek 25 illustreer die passing van 'n regressielyn op die gegewens by die eerste toetsing van proefpersoon G.V. (die vyfminuut-onderbroke-toets) asook die passing op die gegewens toe proefpersoon G.V. die toets twee dae later herhaal het. Grafiek 26 illustreer die passings van regressielyne op die waarnemings by proefpersoon G.V. (die tweeminuut-ononderbroke-toets) tydens die eerste toetsing en toe die toets 'n dag later herhaal is.

	Metode	
	A	AH
Helling	10,000	10,9
Afsnit	102,500	99,5
R^2	0,9524	0,9329
FWV ₁₅₀ watt/min	(A ₁) 192,5	(H ₁) 187,5
FWV ₁₇₀ watt/min	(A ₂) 242,5	(H ₂) 235,0



Grafiek 25 'n Vergelyking tussen Metode A en sy herhaling se afgeleide FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon G.V.

	Metode	
	B	BH
Helling	8,900	11,000
Afsnit	91,000	90,000
R ²	0,9737	0,9880
FWV ₁₅₀ watt/min	(A ₁)235,0	(B ₁)212,5
FWV ₁₇₀ watt/min	(A ₂)292,5	(B ₂)257,5



Grafiek 26 'n Vergelyking tussen Metode B en sy herhaling se afgeleide FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van proefpersoon G.V.

Dit is duidelik dat, alhoewel die gegewens goed ooreenstem, die passings en so ook die afgeleide arbeidsverrigting nie identies is nie. Die twee passings het verskillende afsnitwaardes en hellings. Dit bring mee dat waardes wat volgens die lyne afgelees sou word, van mekaar sal verskil.

Hierbenewens is ook gevind dat die wisseling in helling nie konstant is by die verskillende proefpersone nie. By 'n herhaling van die toets verklein die helling in sommige gevalle en so ook die verskil wat daar bestaan het in afgeleide arbeidsverrigting, terwyl dit in ander gevalle weer vergroot. Volgens grafiek 26 kan ook gesien word, dat hoe verder die ekstrapolasies van die passings gevoer word, hoe groter word die verskil in die resultaat van twee toetsings. By 150 slae per minuut is die verskille klein, terwyl die afgeleide arbeidsverrigting by 170 slae per minuut baie groter is. Die duidelike wisseling in hellings soos gevind van proefpersoon tot proefpersoon, gepaard met die foute wat as gevolg van ekstrapolasie ontstaan, verklaar waarom die korrelasies by 150 slae per minuut beter is as by 170 slae per minuut. Dit is nie die gevolg van die feit dat daar 'n kleiner ooreenstemming is tussen die empiriese waardes by hoër hartslagsnelhede nie, maar wel die gevolg van die verskille in passings.

Laastens moet ook wat tabel v betref, daarop gelet word dat Metode B, die tweeminuut-ononderbroke-toets, by albei vlakke van 150 en 170 slae per minuut hoër korrelasies lewer en dus meer betroubaar herhaal kan word as Metode A, ten opsigte van die arbeidsverrigting bepaal uit regressiepassings op die gegewens van vier arbeidsvlakke.

Samevattend kan die afleiding gemaak word dat beide toetse as betroubaar beskou kan word in soverre dit die afgeleide werks-

vermoë betref.

5.5 DIE KORRELASIES TUSSEN WERKLIKE EN AFGELEIDE FWV₁₅₀ EN FWV₁₇₀

'n Werksvermoëtoets is meervlakkig wanneer daar van 'n proefpersoon verwag word om teen toenemende gegradeerde arbeidslading arbeid te verrig. Ten opsigte van uniformiteit is vier arbeidsvlakke tussen 100 - 175 watt gebruik vir die statistiese verwerking van die gegewens, omdat al 30 proefpersone by dié vlakke arbeid verrig het.

'n Eerstegraadse regressiepassing is vir elke proefpersoon by die vier arbeidsvlakke bereken, waaruit dan ook bepaal kon word wat 'n proefpersoon se FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ sou wees.

Eerstens is die vraag gestel hoe die arbeidsverrigting op grond van regressiepassings by 150 en 170 slae per minuut sou korreleer met die werklike arbeidsverrigting toe die proefpersoon se hart tydens arbeid 150 en 170 slae per minuut geklop het.

Weer eens moet in gedagte gehou word dat, net soos by punt 5.4 aanvanklik nie onderskeid gemaak word tussen persone wat by die werksvlakke 'n maksimale perk bereik het en persone by wie dit nie die geval was nie. Hierdie onderskeid word wel verderaan gemaak.

In tabel vi word die korrelasies aangedui tussen die empiries waargenome arbeidsladings by hartslagsnelhede van 150 en 170 slae per minuut en die arbeidsladings bereken vanuit regressiepassings.

TABEL vi

Die korrelasies tussen werklike en afgeleide FWV_{150} en FWV_{170} by die metodes en hulle herhalings

	Metode	
	A + AH	B + BH
FWV_{150}	$r = 0,952$	$r = 0,872$
FWV_{170}	$r = 0,861$	$r = 0,890$

Op die oog af sou verwag word dat 'n beter korrelasie by die laer hartslagsnelhede tussen die empiriese en die afgeleide waarnemings verkry sou word. Dit is dan ook die geval by Metode A waar genoegsame tyd (5 minute) toegelaat is vir die bereiking van 'n arbeidsplato ($r = 0,952$ en $r = 0,861$ by hartslagsnelhede van 150 en 170 slae per minuut). Die afleiding kan gemaak word dat 'n meer akkurate voorspelling van die FWV by die meer submaksimale werksvlakke moontlik is. In ooreenstemming hiermee word ook verwag dat 'n afleiding gemaak ten opsigte van maksimale waardes, gegrond op submaksimale waarnemings, minder akkuraat sal wees. Dit is wel so in die geval van Metode A.

By Metode B word gevind dat daar 'n geringer korrelasie ($r = 0,872$) by die laer hartslagsnelhede is (150 slae per minuut) as by die hoër hartslagsnelhede ($r = 0,890$; 170 slae per minuut). Dit mag voorkom asof die ooreenkoms tussen empiriese waardes en afgeleide waardes by submaksimale vlakke minder ooreenstemming toon as wat die geval by maksimale vlakke is. Die verskil tussen die korrelasies by Metode B (tabel vi) is klein, naamlik 0,018. Met behulp van 'n variansie-analise is vasge-

stel dat hierdie verskil nie betekenisvol is nie ($p > 0.05$).

Tabel vii toon aan in hoeveel van die gevalle die bepaling van werksvermoë deur regressiepassings 'n oor- of onderskatting of korrekte skatting van die empiriese waarnemings sou wees.

TABEL vii

Die persentasie oor- of onderskatting tussen die empiriese en afgeleide FWV_{150} en FWV_{170} by die metodes en hulle herhalings

Skatting (%)	Metode			
	A	-Arbeidsverrigting-		B
	FWV_{150}	FWV_{170}	FWV_{150}	FWV_{170}
Oorskat	20	20	11	21,6
Korrek	15	5	5	1,6
Onderskat	65	75	83	76,6

Dit is duidelik dat in die meerderheid van die gevalle 'n onderskatting gemaak word. In die praktyk is 'n onderskatting verkieslik, aangesien daar sodoende 'n geringer kans bestaan om aan 'n proefpersoon arbeid voor te skryf waartoe hy nie in staat sou wees nie. Tabel vii toon egter ook aan dat in een geval (metode B by 170 slae per minuut) 21,6% van die persone se vermoëns met die toets oorskat is. Dit beteken dat daar in 21,6% van die gevalle die afleiding gemaak is dat by 'n sekere hartslagsnelheid (170 slae per minuut) die proefpersone tot hoër aktiwiteit in staat behoort te wees, as waartoe hulle in werklikheid in staat is. In die praktyk skep dit 'n ongewenste situasie, veral waar daar aan koronêre pasiënte aktiwiteit voor-

geskryf sou word.

Die gegewens van tabel vi mag misleidend wees, aangesien soos hierbo reeds by herhaling gemeld is dat sommige proefpersone in werklikheid 'n maksimale perk bereik het ($n = 14$) en dus nie in die ware sin van die woord van afgeleide waardes (geëkstrapoleerde waardes) gepraat kan word nie, terwyl dit by ander proefpersone ($n = 16$) nie die geval is nie. Die proefpersone is daarom in twee groepe verdeel en die korrelasies tussen die afgeleide waardes en die waargenome waardes by 170 slae per minuut vir die groepe afsonderlik bereken. Dit is nie nodig gevind om weer eens 'n toets en sy herhaling afsonderlik te behandel nie. Die gegewens wat verkry word deur die proefpersone in twee groepe, soos hierbo beskryf, te verdeel, maak dit moontlik om vas te stel hoedanig werklik geëkstrapoleerde waardes met die waargenome waardes korreleer. Hieruit sal dan beter blyk in watter mate peil getrek kan word op 'n fisieke werksvermoëbepaling waar die arbeidsverrigting inderdaad submaksimaal was. Tabel VII toon die korrelasies wat verkry is aan.

TABEL viii

Die korrelasies van die waargenome en afgeleide fisieke werksvermoë van die proefpersone wat maksimale en die proefpersone wat submaksimale hartslagsnelhede bereik het

	Metode			
	A + AH		B + BH	
	Maks. n=16	Submaks. n=14	Maks. n=16	Submaks. n=14
FWV ₁₅₀ (r =)	0,934	0,918	0,743	0,851
FWV ₁₇₀	0,751	0,802	0,825	0,839

Volgens tabel viii moet afgelei word dat alleen by die FWV₁₅₀ van Metode A die waargenome en afgeleide fisieke werksvermoë bevredigend met mekaar korreleer. Daar moet egter weer eens in gedagte gehou word dat die korrelasies nie die grootte van die verskille aantoon nie. Alvorens tot gevolgtrekkings gekom kan word, moet die gemiddelde waardes en die gemiddelde afwykings ook in ag geneem word. Tabel ix toon die gemiddelde waardes van die twee groepe proefpersone se fisieke werksvermoëns aan.

TABEL ix

Die gemiddelde waardes van die fisieke werksvermoëns van die twee metodes vir beide groepe proefpersone

		Maks. X (watt/ (N =)min)	Ver- skil	Submaks. X (watt/ min)	Ver- skil
Waargenome FWV ₁₅₀	- Metode A14	146,875	1,866	179,464	5,778
Afgeleide FWV ₁₅₀	- Metode A16	145,009		173,686	
Waargenome FWV ₁₅₀	- Metode B14	164,687	5,315	198,928	12,791
Afgeleide FWV ₁₅₀	- Metode B16	159,372		186,139	
Waargenome FWV ₁₇₀	- Metode A14	181,881	7,325	210,714	5,328
Afgeleide FWV ₁₇₀	- Metode A16	174,556		205,386	
Waargenome FWV ₁₇₀	- Metode B14	203,125	12,797	235,714	6,886
Afgeleide FWV ₁₇₀	- Metode B16	190,328		228,828	

Volgens tabel ix is dit duidelik dat die gemiddelde afgeleide waardes deurgaans kleiner is as die gemiddelde waargenome waardes. Gemiddeld onderskat die afgeleide waarnemings dus

die fisieke werksvermoë. Dit stem ooreen met die bevinding van p. 86 in hierdie hoofstuk.

5.6 DIE KORRELASIES VAN DIE TWEE METODES EN HUL HERHALINGS

Reeds vir 'n geruime tyd word die fisieke werksvermoë bepaal volgens 'n metode deur Astrand voorgestel. Die metode, soos reeds bespreek in hoofstuk 3 p. 44 berus op die lineêre verwantskap wat tussen die hartslagsnelheid en arbeidsverrigting bestaan, asook op die feit dat die hartslagsnelheid in die aanpassingsfase by arbeidsverrigting aanvanklike skommelings toon om na ongeveer vier tot vyf minute 'n gelykmatige snelheid of platofase te bereik.

Aangesien die toets van Astrand rekening hou met die tydsverloop wat nodig is om 'n funksieplato te bereik, duur die toets lank. Indien meer as twee arbeidsfases voorgeskryf word, verhoog die duur drasties. Dit is ook onteenseglik so dat wanneer te min en te lae arbeidsvlakke gebruik word, groot foute in die fisiekewerk vermoë-evaluering kan insluip. Om dus enigsins betroubare resultate te verkry, behoort meer as twee, verkieslik vier arbeidsfases in die toetsprosedure ingesluit te word. Dit bring mee dat die metode van Astrand (Metode A) 'n toetstyd van 23 minute sal vereis (drie ruspouses van 1 minuut elk ingereken).

'n Alternatiewe metode, genoem Metode B, wat nie die tydsverloop vir die bereiking van 'n werklike funksieplato van die hartslag-snelheid in ag sou neem nie, kan gevolg word. In hierdie geval word net twee minute tydens elke arbeidsfase geoefen en geen ruspouses tussen verskillende arbeidsvlakke toegelaat nie. Indien die verkorte toets bevredigend sou vergelyk met die voor-

genoemde toets van Astrand, kan die fisieke werksvermoë in 'n veel korter tydskuur afgehandel word, met moontlik minder inspanning deur die proefpersoon.

Tabel x dui die korrelasies van die hartslagsnelhede by die verskillende arbeidsvlakke tussen die twee toetse aan. Die gegewens verteenwoordig 'n eerste toetsing en 'n herhaling vir elke metode by vier verskillende werksvlakke van 100, 125, 150 en 175 watt.

TABEL x

Die korrelasies van die hartslagsnelhede tussen die metodes en hulle herhalings by arbeidsvlakke 100 - 175 watt

Metode	Arbeidsvlakke (watt per minuut)			
	100	125	150	175
A met B	0,615	0,689	0,682	0,734
A met BH	0,495	0,587	0,588	0,674
B met AH	0,553	0,712	0,760	0,801
AH met BH	0,525	0,659	0,657	0,725

Volgens tabel x blyk dit dat die korrelasie tussen Metode A (die van Astrand) en Metode B (die verkorte metode) by geeneen van die arbeidsvlakke 'n waarde van $r = 0,85$ beloop nie. Dit is ook die geval wanneer die herhaling van Metode A (AH) met die herhaling van Metode B (BH), asook B met AH en A met BH gekorreleer word. Dit blyk dus dat die verkorte metode van fisieke werksvermoëbepaling nie 'n hoë korrelasie toon met die standaardmetode nie, in soverre dit die korrelasie tussen die hartslagsnelhede by verskillende arbeidsvlakke betref

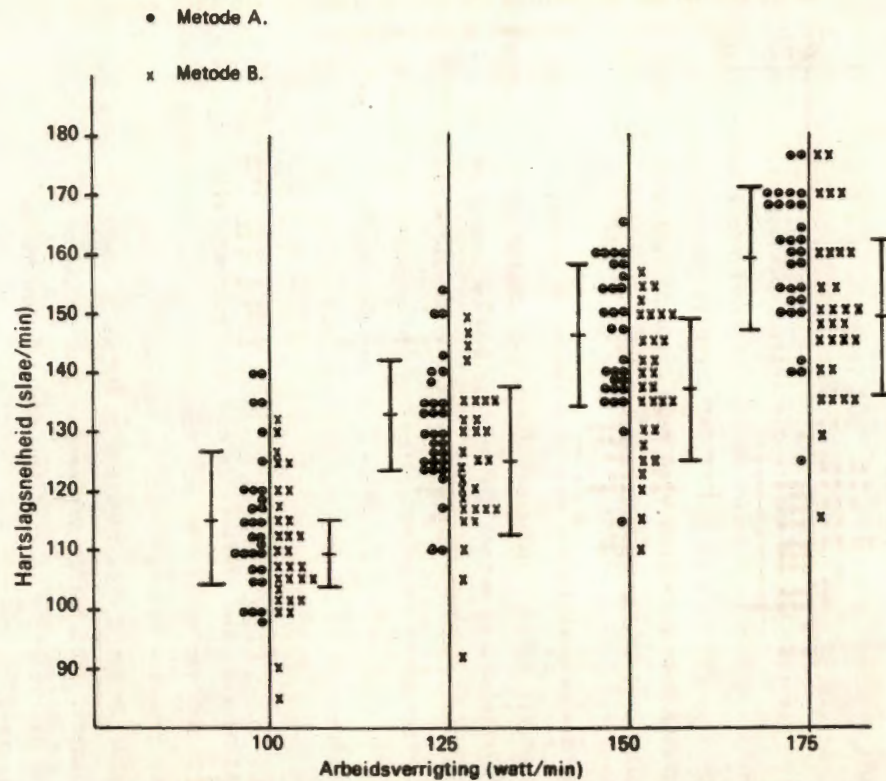
nie. Dit is nie teenstrydig met die verwagting nie, aangesien reeds vooraf vermoed kon word dat die wisseling in die hartslag-snelheid gedurende die aanpassingsfase, dit wil sê die fase waartydens die hartslagsnelheid in die geval van Metode B gemonitor is, die korrelasie nadelig sal beïnvloed.

Die gegewens van tabel x dui verder daarop dat daar 'n besliste neiging is tot 'n beter korrelasie tussen die resultate van die twee toetse namate die intensiteit van arbeid verhoog word. Dit is in ooreenstemming met vroeëre navorsing (punt 5.3 ; p. 69 - 79) waar gevind is dat die hartslagsnelheid in 'n groter mate beïnvloed word deur eksterne faktore by laer arbeidsvlakke as by hoër arbeidsvlakke.

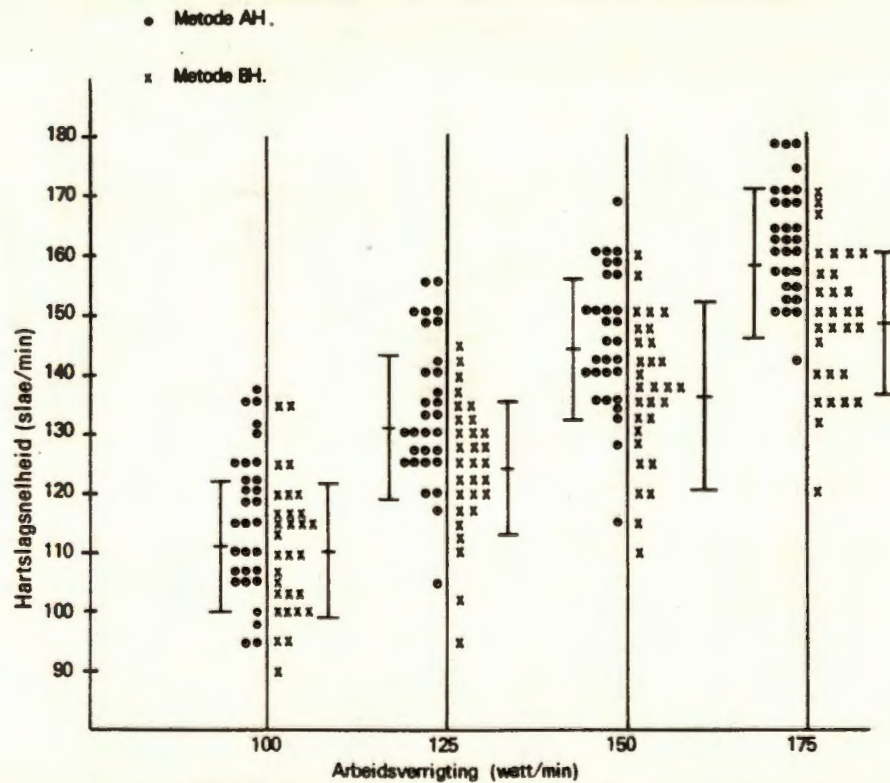
By die bespreking van die korrelasies soos aangedui in tabel x, moet vir hierdie ondersoek die tekortkominge van korrelasies as 'n statistiese metode nie uit die oog verloor word nie. 'n Korrelasie kan nie die grootte van verskille aantoon nie. Grafiek 27 is 'n voorstelling van die gegewens van Metodes A en B en grafiek 28 'n voorstelling van Metodes AH en BH. Grafieke 29 en 30 stel die gegewens van A en BH en B en AH voor.

Uit al vier die grafieke is dit duidelik dat, alhoewel die korrelasies van tabel x nie hoog is nie, die voorstelling van die gegewens bykans identiese plasings vertoon. Dit is egter duidelik dat die waarnemings by Metode B gemaak, laer waardes aanneem. Dieselfde waarnemings kan gemaak word ten opsigte van die gegewens verskaf in tabel ix van die voorafgaande afdeling.

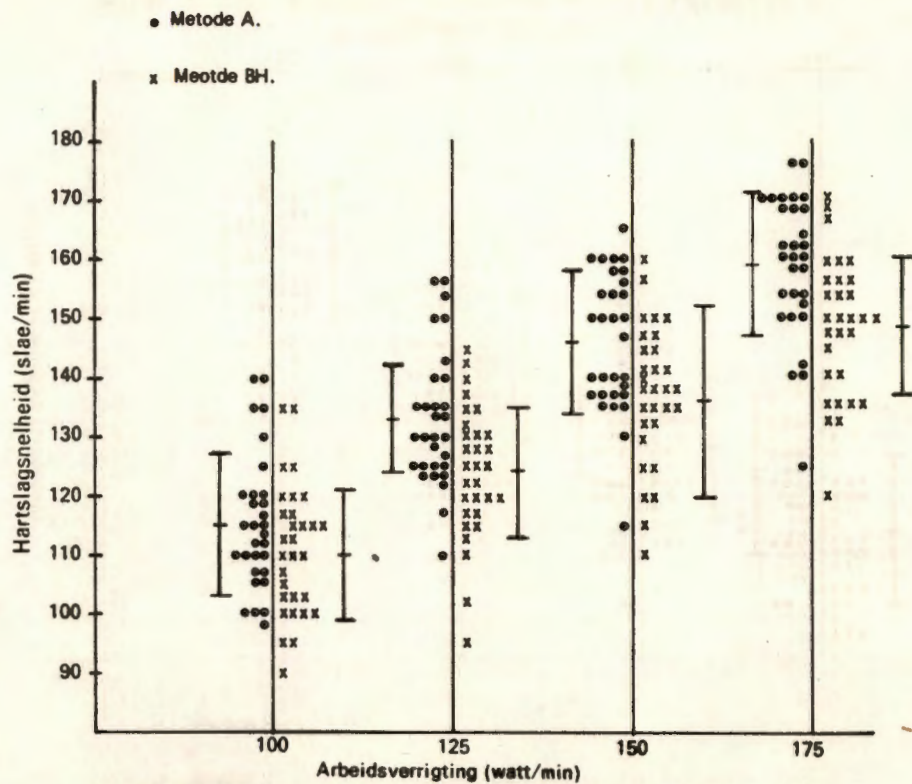
Dit moet weer eens herhaal word, dat alvorens die FWV - metings van die twee metodes met mekaar vergelyk kan word, eers baie



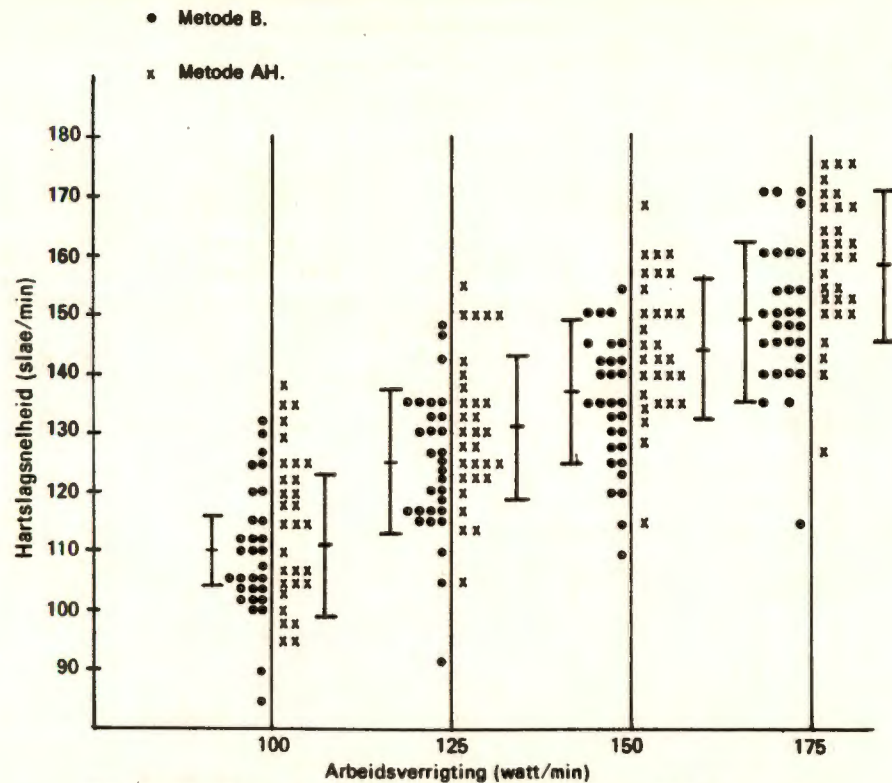
Grafiek 27 Die verspreiding van die waarnemings van Metode A en B.



Grafiek 28 Die verspreiding van die waarnemings van Methode AH en en BH.



Grafiek 29 Die verspreiding van die waarnemings van Methode A en BH.



Grafiek 30 Die verspreiding van die waarnemings van Metode B en AH.

seker gemaak moet word dat die betrokke FWV - bepalinge wel verkry is vanuit submaksimale werksvlakke. In hierdie ondersoek kon nie van proefpersone gebruik gemaak word wat almal presies dieselfde werksvermoë het nie. Dit is trouens so dat geen twee persone ooit identies sal wees in alle sake rakende fisieke werksvermoë nie. Hierdie situasie het meegebring dat sommige persone van die proefgroep byvoorbeeld 'n hoër hartslagsnelheid by 'n sekere werksvlak het, terwyl ander 'n lae hartslagsnelheid by dieselfde werksvlak het. Prakties kom dit daarop neer dat die vier werksvlakke (100, 125, 150 en 175 watt per minuut) wat vir berekeningsdoeleindes gebruik is een persoon tot 'n hartslagsnelheid van 170 slae per minuut kon voer en 'n ander net tot 135 slae per minuut.

In die eerste persoon se geval is dit dan in werklikheid nie nodig om te "voorspel" wat sy fisieke werksvermoë sal wees vanuit kennis van submaksimale waarnemings nie, terwyl dit by 'n ander persoon wel die geval is. Ten einde dus 'n ware beeld te kry oor hoe die FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van Metode A met die FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van Metode B ooreenstem, moet net die gevalle waar daar werklik FWV - bepalinge gebaseer op submaksimale waarnemings gemaak is, gebruik word. Daar was 14 sulke gevalle. In der waarheid het al die proefpersone se hartslagsnelheid wel 'n telling van 150 slae per minuut of meer bereik by 'n arbeidslas van 175 watt per minuut. Dit sou daarom ook verkeerd wees om te wil beweer dat die FWV₁₅₀ - bepalinge net op submaksimale waarnemings gedoen is.

Die korrelasies van die verskillende fisieke werksvermoë-bepalinge wat vir die proefpersone wie se hartslagsnelheid nie 150 slae per minuut by 'n werksvlak van 175 watt per minuut oorskry het nie, word aangedui in tabel xi.

TABEL xi

Die korrelasies van die afgeleide FWV₁₅₀ en FWV₁₇₀ van Metode A met Metode B (N = 14)

	Metode A	
	FWV ₁₅₀	FWV ₁₇₀
Metode B	0,7255	0,5881

Volgens tabel xi is dit duidelik dat die afgeleide FWV - bepalings van die twee metodes, wanneer gebaseer op die submaksimale waardes, nie 'n hoë korrelasie het nie. Soos reeds gesien is (5.4 tabel v), kan beide metodes as betroubaar beskou word. Die relatief lae korrelasies van tabel xi is daarom nie toe te skryf aan die feit dat die metodes by herhaling wisselende waardes sou aangee nie, maar moet geïnterpreteer word as dat die waardes verkry met Metode A nie goed ooreenstem met die waardes verkry van Metode B nie. Daar dien ook verder opgemerk te word dat die FWV₁₇₀ - waarnemings swakker korreleer as die FWV₁₅₀ - waarnemings. Afleidings wat gemaak word ten opsigte van waardes verder verwyder van die submaksimale waargenome waardes, lei dus tot 'n verminderde ooreenstemming tussen die twee metodes.

Die gemiddelde waardes vir die twee metodes soos aangegee in tabel ix (afdeling 5.5) toon baie duidelik aan dat met Metode B deurgaans hoër waardes vir fisieke werksvermoë gevind word. Die gevolgtrekking moet daarom gemaak word dat die twee metodes nie eenderse metings sal gee nie.

5.7 DIE SUBJEKTIEWE WAARNEMINGS VAN DIE PROEFPERSONE NA AFLOOP VAN DIE PROJEK

In die daarstelling van 'n fisieke werksvermoëtoets bestaan die leemte nog dat daar nie ag geslaan word op die subjektiewe waarnemings van proefpersone wat aan verskillende metodes van werksverrigting onderwerp is nie. Dit is 'n belangrike aspek omdat in gedagte gehou moet word dat 'n metode van evaluering 'n vrees of antagonisme kan skep, wat die resultate kan beïnvloed.

In dié ondersoek is proefpersone aan twee metodes van arbeidsverrigting onderwerp, wat dan elk herhaal is. Na afloop van die evaluering is die proefpersoon gevra om 'n paar vrae te beantwoord. Na dié vrae word verwys in afbeelding 4 (p. 47).

Daar is gevind dat 66,6% van die proefpersone die ononderbroke werksvermoëtoets verkies (Metode B) omdat die toets kort is. As nadeel van die onderbroke werksvermoëtoets is genoem dat die toets te lank is en dat arbeid te lank by 'n werksvlak verrig moet word. Van die proefpersone meen 76% dat die tweeminuut-ononderbroke-toets fisies die veeleisendste is en kla hulle dat die spiere van die bobene (quadricepsspiergroep) baie moeg word. Dit is 'n verrassende antwoord, aangesien die arbeidsverrigting by elke arbeidsvlak korter is as by die onderbroke toets. Wat in der waarheid gebeur het, is dat meer arbeidsvlakke nodig was om die hartslagsnelheid tot 170 slae per minuut te voer in die geval van die ononderbroke toets. Aanvullend tot die verklaring van die proefpersone wat meen dat die ononderbroke toets die veeleisendste was, moet daarom in ag geneem word dat die toets uiteindelik meer arbeidsvlakke teen 'n hoër intensiteit ingesluit het. Indien die twee toetse se intensiteit by dieselfde arbeidsvlakke vergelyk sou word, lyk die ononderbroke

toets makliker.

5.8 OPSOMMENDE BESPREKING

Uit die resultate van die ondersoek is dit duidelik dat albei metodes wat ondersoek is, hoë korrelasies vind tussen die hartslagsnelheid en die arbeidsintensiteit met baie hoë regressiekwosiënte tussen die twee veranderlikes. Dit blyk ook dat Metode B met 'n hoër mate van betroubaarheid herhaal kan word. Aangesien dit verkieslik is om die bepaling van die fisieke werksvermoë te baseer op meer as net twee hartslagsnelheidswaarnemings tydens 'n FWV - toets, bied Metode B 'n oplossing vir die probleem wat ten opsigte van die tydskuur ontstaan, wanneer met die konvensionele metode (Metode A) aangedring sou word op vier arbeidsvlakke.

Daar kan nie verklaar word dat Metode B presies dieselfde FWV - waardes sal lewer as Metode A nie. Albei metodes is egter relatiewe meetmetodes en albei metodes lewer afgeleide metings wat goed ooreenstem met die empiriese waarnemings.

Metode B kan met vrug oorweeg word vir gebruik by veral die gevalle waar persone met hartdefekte geëvalueer word. Dié metode stel relatief minder eise as Metode A, dog Metode B vind hoër waardes vir die fisieke werksvermoë as Metode A. Dit kan lei tot 'n oorskatting van 'n persoon se fisieke werksvermoë. Indien persone se fisieke werksvermoë volgens submaksimale waarnemings, dit wil sê wanneer 'n hartslagsnelheid van 150 slae per minuut nie oorskry word nie, bepaal sou word, is in hierdie ondersoek gevind dat afgeleide waarnemings volgens Metode B die FWV₁₅₀ gemiddeld met 6,675 watt per minuut sal oorskat, en die FWV₁₇₀ gemiddeld met 18,114 watt per minuut.

HOOFSTUK 6

SAMEVATTING, GEVOLGTREKKING EN VERDERE NAVORSING

6.1 SAMEVATTING EN GEVOLGTREKKING

Benewens 'n reeks eksterne faktore wat die resultate van 'n werksvermoëtoets kan beïnvloed, bestaan daar probleemsituasies soos die keuse van arbeidsvlakke, oor- of onderskatting van vermoëns, maar seker die belangrikste, die tyd wat 'n FWV - toets in beslag neem.

In hierdie studie is gepoog om vas te stel of 'n tweeminuut-on-onderbroke-werksvermoëtoets (Metode B) net so 'n goeie indikasie gee van die fisieke werksvermoë as die aanvaarde vyfminuut-onderbroke-werksvermoëtoets soos dié van P.O. Astrand (Metode A). Die uitvoering van die toetse is volledig bespreek in hoofstuk 3.

Uit die resultate van die ondersoek is die volgende gevind:

- 6.1.1 Die lineêre verwantskap tussen hartslagsnelheid en arbeid word nie beïnvloed deur die twee metodes van werkverrigting nie.
- 6.1.2 Die tweeminuut-onderbroke-toets (Metode B) is minder onderhewig aan wisseling in die hartslagsnelhede by arbeidsbeladings van 100 tot 175 watt as by die vyfminuut-onderbroke-toets (Metode A).
- 6.1.3 Metode B se afgeleide FWV_{150} en FWV_{170} (op grond van regressiepassings op die gegewens van 4 arbeidsvlakke) lewer hoër toets-hertoetskorrelasies as Metode A en kan dus meer betroubaar herhaal word.
- 6.1.4 Die ooreenkomst tussen empiriese en afgeleide FWV_{150} -

en FWV_{170} - waardes is kleiner by submaksimale as by maksimale vlakke.

- 6.1.5 Albei metodes het 'n definitiewe neiging om hoër waardes vir FWV_{150} en FWV_{170} te gee, en dus 'n persoon se vermoëns te oorskat op grond van die passing van regressievergelykings op twee punte (tabelvii).
- 6.1.6 Metode B word deur 66% van die proefpersone verkies, omdat dié metode korter is.
- 6.1.7 Indien die twee metodes gebruik sou word om die hartslag-snelheid tot 170 slae per minuut te voer, is meer arbeidsvlakke van hoër intensiteit nodig by Metode B en word Metode B daarom as die veeleisendste deur die proefpersone beskou.
- 6.1.8 Metode B toon nie 'n hoë verband met Metode A wat die waargenome hartslagsnelhede by verskillende arbeidsvlakke betref nie.
- 6.1.9 Die twee metodes lewer nie dieselfde resultaat nie en meet nie dieselfde nie.

6.2 VERDERE NAVORSING

Tydens die verloop van die navorsingsprojek het daar verskeie probleme na vore gekom. Vrae wat opgeklaar moet word is die volgende:

- 6.2.1 Hoe geldig is die tweeminuut-ononderbroke toets in soverre dit 'n beeld kan bied van die kardiovaskulêre sisteem van 'n proefpersoon?
- 6.2.2 Die tweeminuut-ononderbroke-toets is geneig om die vermoëns van 'n proefpersoon te oorskat. Wat is die

moontlikheid om verkreeë resultate te korrigeer?

- 6.2.3 Bestaan daar enigsins 'n moontlikheid om vanuit 'n tabel, wanneer hartslagsnelheid van 'n enkele arbeidslading bekend is, die fisieke werksvermoë van 'n proefpersoon af te lees?
- 6.2.4 Kan die tweeminuut-ononderbroke toets met vrug aangewend word vir die evaluering van die fisieke werksvermoë van koronêre pasiënte?
- 6.2.5 Hoe sal proefpersone uit ander leeftydsgroepe, as die wat in hierdie studie betrek is, reageer op die tweeminuut-ononderbroke-toets?

BIBLIOGRAFIE

- ADAMS, F.H. 1961a. The physical working capacity of normal school children I. California. Pediatrics, 28:55-64, July.
- ADAMS, F.H. 1961b. The physical working capacity of normal school children II. Swedish city and country. Pediatrics, 28:243-57, Aug.
- ADOLPH, E.F. 1960. Some physiological regulations illustrated in exercise. (In Johnson, W.R., red. Science and medicine of exercise and sport. New York, Harper).
- ALDERMAN, R.B. 1966. Reliability of individual differences in the 180 heartrate response test in bicycle ergometer work. Research quarterly, 37(3):429-31, Oct.
- ALDERMAN, R.B. 1969. Age and sex differences in PWC₁₇₀ of Canadian school children. Research quarterly, 40(1):1-5, March.
- ANDERSEN, K.L. 1963. Aerobic working capacity of Eskimo's. Journal of applied physiology, 18(4):764-8, July.
- ANDERSEN, K.L. 1964. Measurement of work capacity. Journal of sports medicine and physical fitness, 4(4):236.
- ANDERSEN, K.L. & HERMANSEN, L. 1965. Aerobic work capacity in middle-aged Norwegian men. Journal of applied physiology, 20(3):425-31, May.
- ANDERSEN, K.L. 1971. Fundamentals of exercise testing. Geneva, World health Organization.
- ANON, 1977. Factors affecting physical work capacity. In Physical fitness research digest 7(1): 4, Jan.

- ASTRAND, IRMA. 1958a. Physiological methods for estimating physical work capacity in workers especially of older age groups. Ergonomics, 1:129-136.
- ASTRAND, IRMA. 1958b. The PWC of workers 50-64 years old. Acta physiologica Scandinavica, 42:73-86.
- ASTRAND, IRMA. 1960. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta physiologica Scandinavica, 49:1-92, Supplement 169.
- ASTRAND, P.O. 1952. Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen, Ejnar Munksgaard.
- ASTRAND, P.O. & RHYMING, IRMA. 1954. A Monogram for calculation of aerobic capacity (Physical fitness) from pulse rate during submaximal work. Journal of applied physiology, 7:218-221.
- ASTRAND, P.O. 1964. Circulatory and respiratory functions in well-trained young female swimmers. (International research in sport and physical education, Springfield, Thomas).
- ASTRAND, P.O. 1976. Work tests with the bicycle ergometer. Varberg, Swede, A.B. Cykelfabriken Monark.
- BENGTTSSON, E. 1956. The working capacity in normal children evaluated by submaximal exercise on the ergometer and compared with adults. Acta medica Scandinavica, 154(2):91-109.
- BERVEN, H. 1963. The physical working capacity of healthy children. Acta paediatrics, 148:3-28.

- BILLINGS, C.E. 1960. Measurement of human capacity for aerobic muscular work. Journal of applied physiology, 15:1001-6.
- BINK, B. & WAFELBAKKER, F. 1968. Physical working capacity at maximum levels of work, of boys 12 - 18 years of age. Excerpta medica, 1969, 22(II):546.
- BINKHORST, R.A. & VAN LEEUWEN, P. 1963. A rapid method for the determination of aerobic capacity. Internationale zeitschrift für angewandte Physiologie, 19(6):459-67.
- BORG, G. & DAHLSTROM, H. 1962. Reliability and validity of a PWC. Acta physiologica Scandinavica, 55(4):353-61.
- BROUHA, L. 1943. The steptest : a simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. Research quarterly, 14(1):31-5, March.
- BROUHA, L. 1944. Studies in physical efficiency of college students. Research quarterly, 15(3):211-24, Oct.
- BRUCE, R.A., BLACKMON, J.R., JONES, J.W. & STRAIT, G. 1963. Exercising testing in adult normal subjects and cardiac patients. Pediatrics, 32(II):742-56, Oct.
- BUYS, F.J. 1970. Die invloed van progressief verswaarde oefening op pre-diabetiese en diabetiese pasiënte. Ongepubliceerde proefskrif, Potchefstroom. P.U. vir C.H.O.
- CARLSON, H.C. 1945. Fatigue curve test. Research quarterly, 16(3):169-175, Oct.

- CLARKE, D.H. & CLARKE, H.H. 1970. Research processes in physical education, recreation and health. Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- CLARKE, D.H. 1975. Exercise physiology. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- CLARKE, H.H. 1967. Application of measurement to health and physical education. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.
- CONFERENCE on laboratory assessment of physical fitness. 1970. Pragmesis, Universitas Carolina.
- CONSOLAZIO, C.F. 1963. Physiological measurement of metabolic functions in man. London, McGraw-Hill.
- COOPER, K.H. 1976. Aerobics. U.S.A., M. Evans.
- CORBIN, C.B. 1972. Relationship between PWC and running performances of young boys. Research quarterly, 43(2): 235-8, May.
- CUMMING, G.R. & CUMMING, P.M. 1963. Working capacity of normal children tested on a bicycle ergometer. Canadian Medical Association journal, 88:351-55, Febr.
- CUMMING, G.R. & DANZINGER, R. 1963. Bicycle ergometer studies in children II. correlation of pulse rate with oxygen consumption. Pediatrics, 32:202-8, Aug.
- DAHLSTROM, H. 1964. Reliability and validity of some fitness tests. (In Jokl, E. and Coll. (Ed.). International research in sport and physical education. Springfield, C.C. Thomas.

- DAVIES, C.T. & MUSGROVE, J. 1971. The aerobic and anaerobic components of work during submaximal exercise on a bicycle ergometer. Ergonomics, 14(2):257-63.
- DAVIES, C.T. 1964. Pulse counting during heavy exercise using new electrodes for displaying the electrocardiogram. Journal of applied physiology, 19(2):325, March.
- DE JAGER, ADIE. 1973. Die fisieke werksvermoë (W_{170}) van aktiewe en onaktiewe blanke dames tydens sekere dae van die menstruale siklus. Ongepubliseerde verhandeling, Potchefstroom, P.U. vir C.H.O.
- DE VRIES, H.A. 1967. Physiology of exercise for physical education and athletics. London, Staples Press.
- DE VRIES, H.A. & KLAFFS, C.E. 1965. Prediction of maximal oxygen intake from submaximal tests. Journal of sports medicine and physical fitness, 5(4):207, Dec.
- DUNCAN, M. 1972. Aerobic work capacity in young untrained Asian men. International abstracts of biological sciences, 1973, 68:98.
- FALLS, H.B. 1968. Exercise physiology. New York, Academic Press.
- FRANKS, B. & DEUTSCH, H. 1973. Evaluating performance in physical education. New York and London, Academic Press.
- FREYSCHUSS, U. 1975. Comparison between arm and leg exercise in women and men. Scandinavian journal clinical laboratories investigation, 37(8):795-800.

- GALLAGHER, J. & BROUHA, L. 1943. A simple method of testing the physical fitness of boys. Research quarterly, 14(1):23-30, March.
- GIRANDOLA, R.N. 1971. Prediction of oxygen intake from ventilation, and oxygen intake and work capacity from heartrate during heavy exercise. Research quarterly, 42(4):362-73, March.
- GLASSFORD, R.C. 1965. Comparison of maximal oxygen uptake values determined by predicted and actual methods. Journal of applied physiology, 20:509-13.
- GLICK, Z. & SHVARTZ, E. 1974. Physical working capacity of young men of different ethnic groups in Israel. Journal of applied physiology, 37(1):22-6, July.
- GRIMLY, G. & Söderholm, B. 1962. Energy expenditure of men in different age groups during level walking and bicycle ergometry. Scandinavian journal clinical laboratories investigation, 14(4):321-8.
- HEBBELINCK, M. 1969. Ergometry in physical training research. Journal of sports medicine and physical fitness, 9(2):69-79.
- HERMANSEN, L. & ANDERSEN, K.L. 1965. Aerobic work capacity in young Norwegian men and women. Journal of applied physiology, 20:425-31.
- HOCKEY, R.V. 1973. Physical fitness - the pathway to healthful living. Saint Louis, C.V. Mosby.
- HOLMGREN, A. 1960. Effect of training on work capacity, total hemoglobin, bloodvolume, heart volume and pulse rate

- in recumbent and upright positions. Acta physiologica Scandinavia, 50:72-83.
- HYMAN, A.S. 1964. The Q-first heart sound interval in athletes at rest and after exercise. Journal of sports medicine and physical fitness, 4(4):199-203.
- JOHNSON, W.R. 1960. Science and medicine of exercise and sports. New York, Harper.
- KARPOVICH, P.V. 1959. Physiology of muscular activity. London, Saunders.
- KARPOVICH, P.V. & SINNING, W.E. 1971. Physiology of muscular activity. London, Saunders.
- KARVONEN, M.J. & BARRY, A.J. 1967. Physical activity and the heart. Springfield, III., Thomas.
- KASCH, F.W. 1966. A comparison of maximal oxygen uptake by treadmill and step-test procedures. Journal of applied physiology, 21(4):1387-8, July.
- KATCH, V.L. 1974. Body weight, leg volume, leg weight and leg density as determiners of short duration work performance on the bicycle ergometer. Medical science and sports, 6(4):267-70.
- KATCH, V.L. & KATCH, F.I. 1973. The relationship between aerobic power and measured work output on a progressive step increment bicycle ergometer test. Medical science and sports, 5(1)/23-8.
- KNUTTGEN, H.G. 1967. Aerobic capacity of adolescents. Journal of applied physiology, 22(4):655-8, April.

- LARSEN, O.A. & MALMBORG, R.O. 1971. Coronary heart disease and physical fitness. Baltimore, University Press.
- LURIE, P.R. 1964. Conversion of treadmill to cycle ergometer. Journal of applied physiology, 19(1):152-3.
- MACNAB, R.B.J. 1969. Differences in maximal and submaximal work capacity in men and women. Journal of applied physiology, 27(5):644-8, Nov.
- MALHORTA, M.S. 1963. Pulse count as measure of energy expenditure. Journal of applied physiology, 18:994-6.
- MALHORTA, M.S. 1966. Physical work capacity as influenced by age. Ergonomics, 9:305-16.
- MARGARIA, R. 1965. Indirect determination of maximum oxygen consumption in man. Journal of applied physiology, 20:1070-73.
- MATHEWS, D.K. 1963a. Aerobic and anaerobic work efficiency. Research quarterly, 34(3):356-60, Oct.
- MATHEWS, D.K. 1963b. Measurement in physical education. Philadelphia, Saunders.
- MATHEWS, D.K. 1968. Measurement in physical education. Philadelphia, Saunders.
- MATHEWS, D.K. & FOX, E.L. 1971. The physiological basis of physical education and athletics. Philadelphia, Saunders.
- MCCLOY, C.H. & YOUNG, N.D. 1954. Tests and measurements in health and physical education. New York, Appleton-century crofts.

- McDONOUGH, J.R. 1969. Maximal exercise testing in assessing cardiovascular function. Journal of the South Carolina Medical Association, 65(12) S. 1:26-33.
- MICHAEL, E.D. 1965. Physical work capacity of college women. Journal of applied physiology, 20(2):263-6, March.
- MISSUIRO, W., KIRSCHNER, H. & KOZLOWSKI, S. 1962. Mechanisms of muscular fatigue following different rates of work. Journal of physiology, 54:717-27.
- MOCELLIN, R., LINDEMANN, H., RUTENFRANZ, J. & SBRESNY, W. 1970. Determination of $\dot{V}_{O_{2\max}}$ and Maximal oxygen uptake in children by different methods. Acta paediatrica Scandinavica, 217:13-17.
- MOREHOUSE, L.E. & RASCH, P.J. 1958. Scientific basis of athletic training. London, Saunders.
- MOREHOUSE, L.E. 1971. Physiology of exercise. Saint Louis, G.V. Mosby.
- MORGAN, W.P. & ROBERTS, J.A. 1969. The physical working capacity and platelet count : a pilot study. Journal of sports medicine and physical fitness, 9(3):181-5, Sept.
- MURPHY, M.A. 1940. A study of the primary components of cardiovascular tests. Research quarterly, 11(1):57-71, March.
- NAGLE, F.J., BALHE, B. & NAUGHTON, J.P. 1965. Gradational step tests for assessing work capacity. Journal of applied physiology, 20:745-8.

- NAGLE, F.J. & BEDECKI, T.G. 1963. Use of the 180 HR response as a measure of circulo-respiratory capacity. Research quarterly, 34(3):361-7, Oct.
- NAUGHTON, J. 1973. Exercise testing and exercise training in coronary heart disease. London, Academic Press.
- NEILSON, N.P. & JENSEN, C.R. 1972. Measurement and statistics in physical education. California, Wadsworth.
- NOBLE, B.J. 1974. Metabolic cost and perception of effort during bicycle ergometer work performance. Medical science in sports, 6(4):226-31.
- OLRICE, H. 1965. Evaluation of the A.A.H.P.E.R. youth fitness test. Journal of sports medicine and physical fitness, 5:67-71.
- PANDOLF, K.B., CAFARELLI, E., NOBLE, B.J. & METY, K.F. 1975. Hyperthermia: effect on exercise prescription. Archives of physical medicine and rehabilitation, 56(12): 524-26.
- RAAB, W. 1966. Prevention of ischemic heart disease. Springfield, III., Charles C. Thomas.
- ROBINSON, S. 1938. Experimental studies of physical fitness in relation to age. Arbeitsphysiology, 10:251-323.
- ROWELL, L.B. 1964. Limitations to prediction of maximal oxygen intake. Journal of applied physiology, 19(5): 919-27, Sept.
- RYAN, A.J. 1974. Sports medicine. New York, Academic Press.

- SAFRIT, M.J. 1973. Evaluation in physical education. Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- SALIT, ELIZABETH, P. 1944. The validity of heart rate and bloodpressure determinations as measures of physical fitness. Research quarterly, 15(3):252-7, May.
- SALTIN, B. 1964. Aerobic and anaerobic work capacity after dehydration. Journal of applied physiology, 19(6): 1114-8, Nov.
- SCHÖNHOLZER, G. 1974. Standardization of physical fitness test. Basel, Birkhäuser verslag.
- SCOTT, M.G. 1945. Validation of mass-type physical tests with tests of work capacity. Research quarterly, 16(2):128-138, May.
- SCOTT, M.G. 1948. Physical efficiency tests for college women. Research quarterly, 19(2):62-9, May.
- SHEFFIELD, L.T., ROITMAN, D. & REEVES, T.J. 1969. Sub-maximal exercise testing. Journal of the South Carolina Medical Association, 65(12) S. 1:18-25.
- SHEPHARD, R.J. 1966a. The relative merits of the step test, bicycle ergometer, and treadmill in the assessment of cardio-respiratory fitness. Arbeits physiology, 23:219-30.
- SHEPHARD, R. 1966b. The prediction of maximal oxygen consumption using a new progressive step test. Ergonomics, 10:1.
- SJÖSTRAND, T. 1947. Changes in the respiratory organs of workmen at an ore smelting works. Acta media Scandinavia, 196:687-99.

- SKUBIC, VERA & HODGKINS, JEAN. 1963. Cardiovascular efficiency test for girls and women. Research quarterly, 34(2):191-7, May.
- SLOAN, A.W. 1970. Physiology for students and teachers of physical education. London, E. Arnold.
- SOULEK, V. 1973. Ascertaining the working capacity at a pulse rate of 170/min. Excerpta medica, 1974, 32:458.
- STERKY, G. 1963. PWC in diabetic children. Acta paediatrica, 52:1-10, Jan.
- STRANDELL, T. 1964. Heart rate, arterial lactate concentration and oxygen uptake during exercise in old men compared with young men. Acta physiologica Scandinavia, 60(3):197-216.
- STRYDOM, G.L. 1975. Kinetioterapie - handleiding vir studente in liggaamlike opvoedkunde. Potchefstroom. Wesvalia.
- STRYDOM, G.L. 1976. Middels wat die gesondheid benadeel. Ongepubliseerde werkstuk. Potchefstroom, Dept. Ligg. Opv., P.U. vir C.H.O.
- SUGGS, C.W. 1968. An analysis of heart rate response to exercise. Research quarterly, 39(1):195-205, March.
- SZOGY, A. & CHEREBETIU, G. 1974. A 1 minute bicycle ergometer test for determination of anaerobic capacity. European journal of applied physiology, 33(2):171-6.
- TAYLOR, C. 1944. A max. pack test of exercise tolerance. Research quarterly, 15(4):291-302, Sept.
- TAYLOR, H.L. 1955. Maximal oxygen intake as an objective

measure of cardio-respiratory performance. Journal of applied physiology, 8:73-80.

TAYLOR, W.C., WANG, Y., ROWELL, L. & BLUMQUIST, G. 1963.

The standardization and interpretation of submaximal and maximal tests of working capacity. Pediatrics, 32(4II): 703-22.

TERÄSLINNA, P., ISMAIL, A.H. & MACLEOD, D.F. 1966.

Nomogram by Astrand and Rhyning as a predictor of maximal oxygen intake. Journal of applied physiology, 21(2): 513-15, March.

VAN DER MERWE, G.W. 1962. Maksimale suurstofopname en

maksimale hartslagsnelheid tydens spierarbeid en 'n indirekte metode vir die vasstelling van die suurstof-kapasiteit van jong blanke mans. Ongepubliseerde proef-skrif, Pretoria. P.U.

VAN DER WALT, T.S.P. 1972. Die energieverbruik tydens

enkele progressief verswarende oefeninge. Ongepubliseerde verhandeling, Potchefstroom, P.U. vir C.H.O.

VAN DER WALT, T.S.P. 1976. Fisieke werksvermoë : metode

van bepaling en betroubaarheid. Ongepubliseerde werkstuk. Potchefstroom, Dept. Ligg. Opv., P.U. vir C.H.O.

VITALE, F. 1973. Individualized fitness programs. New Jersey, Prentice-Hall.

VON DÖBELN, W. 1954. A simple bicycle ergometer. Journal of applied physiology, 7:222-4.

- VUORI, I.M. 1969. Physical fitness of university students. Journal of sportsmedicine and physical fitness, 9:40-8.
- WEINER, J.S. & LOURIE, J.A. 1969. Human biology, a guide to field methods. London, Blackwell.
- WENDELIN, H. 1965. The physical fitness of university students. Journal of sportsmedicine and physical fitness, 5:230-2.
- WILLGOOSE, C.E. 1961. Evaluation in health education and physical education. London, Mc Graw-Hill.
- WILLIAMS, J.F. 1923. The organization and administration of physical fitness. New York, Macmillan.
- WILMORE, J.H. 1967. PWC of young girls 7 - 13 years of age. Journal of applied physiology, 22(5):923-8, May.
- WILLMORE, J.H. 1968. Influence of motivation on physical work capacity and performance. Journal of applied physiology, 24(4):459-63, April.
- WILSON, P.K. 1975. Adult fitness and cardiac rehabilitation. London, University Park Press.
- WYNDHAM, C.H. & STRYDOM, N.B. 1963. Differences between ethnic groups in physical working capacity. Journal of applied physiology, 18:361-6.
- ZOHMAN, L.R. & PHILLIPS, R.E. 1973. Medical aspects of exercise testing and training. New York, Intercontinental medical book.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

Besides a series of external factors which can influence the results of a capacity test, there are a few problem situations such as choice of workloads, over- or underestimation of abilities, but probably the most important of all is the time factor of a PWC test.

In this study an attempt was made to determine if a two minute disintermittent test is just as good an indication of cardiovascular fitness as the accepted five minute intermittent test of P.O. Astrand. The execution of the test is discussed fully in Chapter 3.

The following conclusions can be drawn from the results of the study:

- i. The linear relationship between the rate of the heart-beat and work is not influenced by the method of work performance.
- ii. The two minute disintermittent test (Method B) is less subject to fluctuation in the rate of the heartbeat at 100 - 175 watt than to the five minute intermittent test (Method A).
- iii. The PWC_{150} and PWC_{170} derived from Method B (on the basis of regression equation of the results of the four workloads) give a higher test- re-test correlation than Method A and can thus be repeated more reliably.
- iv. The similarity between empirical and the derived PWC_{150} and PWC_{170} values show less similarity at sub-maximum

than at maximum loads.

- v. Both methods have a definite tendency towards higher values for PWC_{150} and PWC_{170} , thus a person's ability can be overestimated on the basis of the regression equation on two points.
- vi. Of the chosen group 66% preferred Method B because this method is shorter although more exhausting when used to reached maximal heartrates.
- vii. More workloads at a higher intensity are required by Method B if the rate of the heartbeat is allowed to reach 170 beats per minute and Method B is regarded by subjects to be the more strenuous of the two methods.
- viii. Method B doesn't show a great similarity to Method A as far as the rate of the heartbeat at different workloads is concerned.
- ix. The two methods cannot be regarded as similar as is shown by the differences in the obtained results.