



# Die uitwerking van 'n intensiewe afrigtingsprogram op die kardiostresindeks

## Authors:

Peet J. du Toit<sup>1,2,3,4</sup>  
 Alan St. Clair Gibson<sup>5</sup>  
 Paola Wood<sup>2,4,6</sup>  
 Catherina C. Grant<sup>4,7</sup>  
 Kristopher R. Grimes<sup>8</sup>  
 Avinash M. Tope<sup>8</sup>  
 Christa Janse van Rensburg<sup>4,7</sup>  
 Johannes M. van Rooyen<sup>9</sup>  
 Andrew Mckune<sup>10</sup>  
 Evangeline Nortjé<sup>1,3</sup>  
 Lizelle Fletcher<sup>11</sup>  
 Ronel Ferreira<sup>2,12</sup>  
 Annie Joubert<sup>1</sup>  
 Andre Stander<sup>1</sup>

## Affiliations:

<sup>1</sup>Department of Physiology, University of Pretoria, South Africa

<sup>2</sup>Associate of the Institute for Food, Nutrition and Well-being, University of Pretoria, South Africa

<sup>3</sup>Associate of the Institute for Cellular and Molecular Medicine, University of Pretoria, South Africa

<sup>4</sup>Associate of Exercise Smart, Faculty of Health Sciences, University of Pretoria, South Africa

<sup>5</sup>School of Medicine, University of Free State, South Africa

<sup>6</sup>Department of Biokinetics, Sport and Leisure Sciences, University of Pretoria, South Africa

<sup>7</sup>Section Sports Medicine, Faculty of Health Sciences, University of Pretoria, South Africa

<sup>8</sup>Department of Food and Animal Science, Agricultural College, Food Science and Sustainable Systems, Kentucky State University, United States

## Read online:



Scan this QR code with your smart phone or mobile device to read online.

Rekrute in die gewapende magte word met talle stressors gekonfronteer, onder meer 'n strawwe opleidingsprogram wat 'n impak op hul fisiologiese funksionering kan hê. Die kardiostresindeks (KSI) is 'n nie-indringende merker van die stres wat die hart ervaar. Die berekening van die KSI is gebaseer op die duur van vasculêre eksitasie (duur van QRS), hartkloptempo, hartritme en die standaardafwyking van die tyd wat verloop tussen elke opeenvolgende kardiaale siklus (RR-interval). Die doel van die huidige studie was om die fisiologiese impak van 20 weke van strawwe opleiding op rekrute te toets, met behulp van KSI as 'n nie-indringende biomerker van kardiostres. Proefnemings is by drie geleenthede tydens die basiese militêre opleiding van rekrute, tussen die ouderdomme van 18 en 24 jaar, in die gewapende magte onderneem (week 1, week 12 en week 20) ( $n = 202$ , manlik = 115, vroulik = 87). Veranderlikes wat gemeet is, het die volgende ingesluit: rustende KSI, hartkloptempo (HKT) en bloeddruk. Data-analise is uitgevoer deur middel van gepaarde *t*-toetse ten einde die volgende pare te vergelyk: week 1 (basislyn) met week 12; week 12 met week 20; en week 1 met week 20. Wat die manlike rekrute betref, was die gemiddelde KSI en harttempo by al drie toetse binne normale perke. Die basislynwaardes vir vroulike rekrute was in betekenisvolle mate hoër in die eerste week. Daar was 'n algehele afname van die KSI oor die hele tydperk van 20 weke. Uit hierdie studie wil dit voorkom asof die meting van die KSI 'n nie-indringende metode is om die uitwerking van afrigting op die hart te bepaal.

**Influence of intense training program on cardio stress index.** Armed service recruits are faced with many stressors, including a strenuous training regimen that may have an impact on their physiological functioning. The Cardio Stress Index (CSI) is a noninvasive marker of the stress that the heart is experiencing. The aim of the study was to test the physiological impact of 20 weeks of intense training of armed service recruits, using CSI as a noninvasive biomarker of cardiac stress. Armed service recruits are faced with many stressors, including a strenuous training regimen that may have an impact on their physiological functioning. The CSI is a noninvasive marker of the stress that the heart is experiencing. The calculation of the CSI is based on the duration of vascular excitation (QRS duration), heart rate, heart rhythm and standard deviation of the duration of time between each successive cardiac cycle (RR-interval). The aim of the present study was to test the physiological impact of 20 weeks of strenuous training of armed service recruits, using CSI as a noninvasive biomarker of cardiac stress. Experiments were conducted at three points in time (weeks 1, 12, 20) during the basic military training of armed service recruits ( $n = 202$ , males = 115, females = 87), aged between 18 and 24 years. Variables measured include: Resting CSI, heart rate and blood pressure. Data analysis was performed, using paired *t*-tests for pairwise comparisons of week 1 (baseline) with week 12; week 12 with week 20; and week 1 with week 20. The average CSI and heart rate remained within normal values for male participants on all three testing occasions. However, baseline readings for females were significantly higher during week 1. There was an overall decrease in the CSI in the 20 week time frame. From this study it seems as if the CSI measurement is a noninvasive method to establish the effects of training on the health of the heart.

## Inleiding

Mense ervaar talle stressors wat 'n uitwerking op hul fisiologiese en sielkundige funksionering het. Hierdie stressors kan geklassifiseer word as sielkundig, fisies, intern of ekstern (Aghamohamadi *et al.* 2010; Energy-Lab Technologies GmbH n.d.). Chroniese geestelike stres is 'n sielkundige stressor; ooreising en oormatige afrigting word as fisiese stressors geklassifiseer; infeksies en ongesteldheid word geklassifiseer as interne stressors, terwyl hitte of koue en geraas voorbeelde is van eksterne stressors (Energy-Lab Technologies GmbH n.d.). Veeleisende lewenstyle, wat al die genoemde

<sup>9</sup>Department Physiology, North-West University, Potchefstroom Campus, South Africa, <sup>10</sup>Department Biokinetics, Exercise and Leisure Sciences, University of KwaZulu-Natal, South Africa, <sup>11</sup>Department of Statistics, University of Pretoria, South Africa, <sup>12</sup>Department of Educational Psychology, University of Pretoria, South Africa

**Correspondence to:** Peet du Toit

**Email:** peet.dutoit@up.ac.za

**Postal address:** PO Box 15875, Sinoville 0129, South Africa

**Dates:** Received: 03 June 2014 | Accepted: 24 July 2014 | Published: 13 Nov. 2014

**How to cite this article:** Du Toit, P.J., St Clair Gibson, A., Wood, P., Grant, C.C., Grimes, K.R., Tope, A.M. *et al.*, 2014, 'Die uitwerking van 'n intensiewe afrigtingsprogram op die kardiostresindeks', *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 33(1), Art. #1180, 6 pages. <http://dx.doi.org/10.4102/satnt.v33i1.1180>

**Copyright:** © 2014. The Authors. Licensee: AOSIS OpenJournals. This work is licensed under the Creative Commons Attribution License.



tipies stressors vertoon, word in toenemende mate 'n algemene verskynsel. Al hierdie stressors beïnvloed ons liggame en word geassosieer met die aktivering van die simpatiese senustelsel (SSS) en die hipotalamus-pituitêre-adrenale as, en met die periodieke vrystelling van streshormone soos kortisol en katesjolamien wat 'n invloed het op die fisiologiese prosesse van die liggaam (Aghamohamadi *et al.* 2010; Charmandari, Tsigos & Chrousos 2005). Die bloedsomloopstelsel, veral die hart, is van die uiterste belang vir ons gesondheid, en word grootliks beïnvloed deur hierdie fluktuasies (Energy-Lab Technologies GmbH n.d.).

Daar is 'n sterk verband tussen stres en negatiewe kardiovaskulêre reaksies, soos versnelde hartklooptempo en hipertensie, wat aanleiding kan gee tot die ontwikkeling van kardiovaskulêre siektes (KVS) (Aghamohamadi *et al.* 2010; Archer & Blair 2011; Blair 2009). Hipertensie is meestal 'n asimptomatiese toestand en baie mense is onbewus van die gevolglike las wat hul liggame verduur om normale funksionering te handhaaf.

Fisieke aktiwiteit word aanbeveel vir die voorkoming en rehabilitasie van KVS en om hoë bloeddruk te beheer. Fisieke aktiwiteit het in gewildheid toegeneem as die voorkeurmetode om hoë bloeddruk te beheer vanweë die negatiewe newe-effekte van baie van die medikasies vir hipertensie (Cornelissen *et al.* 2010; Mancina *et al.* 2003). Talle studies het getoon dat gereelde fisieke aktiwiteit 'n afname in hartklooptempo (HKT), sowel as 'n toename in hartklopvariasie (HKV) veroorsaak (Cornelissen *et al.* 2010; Carter, Banister & Blaber 2003; Levy *et al.* 1998; Jurca *et al.* 2004; Madden, Levy & Stratton 2006; Van Rensburg *et al.* 2012).

Voorkomende assessering het baie belangrik geword by die identifisering van kardiovaskulêre toestande en dien as 'n riglyn vir hoe om voort te gaan met die behandeling van hierdie toestande (Chen *et al.* 2010). Nie-indringende ondersoektegnieke word steeds belangriker as 'n gewilde metode om insig in die menslike liggaam en sy funksionele prosesse te verkry.

Een so 'n tegniek is die berekening van harttempo-variasie (HTV) wat die meting van die variasie in die lengte van die RR-interval behels (die tyd wat verloop tussen opeenvolgende hartkontraksies) (Chen *et al.* 2010; Pagani *et al.* 1986; Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996; Lewis *et al.* 2007; Leicht, Sinclair & Spinks 2008). Hierdie tegniek verskaf ook inligting oor die werking van die outonome senustelsel (OSS) (Chen *et al.* 2010; Leicht *et al.* 2008; Lewis *et al.* 2007).

Die OSS bestaan uit twee vertakkings, die SSS en die parasimpatiese senustelsels (PSS). HTV is 'n aanduiding van die aktiewe interaksie en balans tussen die SSS en die PSS (Buttagat *et al.* 2011; Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996; Terathongkum & Pickler 2004). Verhoogde aktiwiteit van die SSS verhoog HKT en verlaag HTV, terwyl verhoogde aktiwiteit van die PSS die hartklooptempo verminder en HTV verhoog.

'n Noodsaaklike hipotese van frekwensiedomein-HTV is dat die SSS- en PSS-takke die HKT op 'n frekwensie-afhanklike wyse beïnvloed, en dui op 'n wedersydse aktiwiteitverhouding (Lewis *et al.* 2007; Malliani, Lombardi & Pagani 1994). Interindividuele verskille in HTV-metings in rustende deelnemers is gedeeltelik beskryf aan die hand van ouderdom, geslag en oefening-opleidingstatus (Lewis *et al.* 2007). HTV in 'n gesonde individu is hoog, daarom kan 'n afname in HTV as 'n diagnostiese hulpmiddel vir KVS aangewend word, en, indien dit van tyd tot tyd gemonitor word, gebruik word vir voorkomende sorg vir KVS-erwante sterftes en morbiditeit (Chen *et al.* 2007; Gilder & Ramsbottom 2008; Kleiger, Stein & Bigger 2005; Woo *et al.* 1994). Die gebruik van HTV vir monitordoeleindes het egter beperkings, want daar is 'n aansienlike voorkoms van niediagnostiese resultate weens pasiënte se onvermoë om die ouderdom-voorspelde hartklooptempo te bereik (Chen *et al.* 2010). Sodanige niediagnostiese resultate word ook gesien in pasiënte met neurologiese defekte, perifere vasculêre siekte, en ortopediese beperking, sowel as in pasiënte met swak motivering (Chen *et al.* 2010). Die kardiostresindeks (KSI) is afgelei van HTV met 'n omgekeerde verhouding tussen hierdie twee veranderlikes. 'n Hoë HTV dui op 'n lae KSI en omgekeerd (Energy-Lab Technologies GmbH n.d.).

Huidige tegnieke soos byvoorbeeld harttempo-drukproduk ('*rate pressure product, RPP*') word gebruik om die hoeveelheid stres te bereken wat deur anestesie en chirurgie geïnduseer word (Aghamohamadi *et al.* 2010). Harttempo-drukproduk word bereken deur HKT met sistoliese bloeddruk te vermenigvuldig (Aghamohamadi *et al.* 2010; Campbell & Langston 1995; Pepper & Crawley 1985). Verskeie ondersoeke is onderneem met die oog daarop om simptomatiese tekens te identifiseer vir die diagnose van kardiaal disfunksie en om te bepaal of die kardiaal stelsel onder stres verkeer (Aghamohamadi *et al.* 2010; Campbell & Langston 1995). Miokardiale suurstofinname is geïdentifiseer as 'n faktor wat verwant is aan hartklooptempo, sistoliese bloeddruk en harttempo-drukproduk (Aghamohamadi *et al.* 2010). Stresvlakke kan doeltreffend geïdentifiseer word deur die kardiovaskulêre sisteem te gebruik om kardiaal funksie en disfunksie te identifiseer (Energy-Lab Technologies GmbH n.d.).

Navorsing toon dat afgerigte atlete 'n hoër HTV het in vergelyking met sedentêre persone (Nagai & Moritani 2004). Dit impliseer dat afrigting in oefening in die algemene bevolking die HTV kan verhoog (Nagai & Moritani 2004). Daarteenoor moet in ag geneem word dat daar gemeen word dat die sindroom van oormatige oefening die gevolg is van 'n wanbalans tussen hoë vlakke van ondoelmatige oefening op die lang termyn met te min tyd vir regenerasie (Borresen & Lambert 2008; Nagai & Moritani 2004). Daar is voorgestel dat veranderinge in die OSS die meganisme is wat onderliggend is aan die sindroom van oormatige oefening (Hynynen *et al.* 2006). Aan die hand van navorsing oor OSS-aktiwiteit in verskeie middellafstandatlete word vermoed dat intensiewe afrigting die outonome balans van die hart verskuif na oorheersing van simpatiese oor parasimpatiese kardiaal beheer, wat gepresenteer het as 'n afname van die HTV (Hynynen *et al.* 2006).



Dit is derhalwe van kritieke belang om vooraf te bepaal hoe gesond die hart is en wat die prestasievermoëns is van atlete wat op 'n hoë vlak moet presteer en rekrute in die gewapende magte wat tipies intensiewe opleiding moet ondergaan. Daar is min bekend oor die potensiële impak van die intensiewe opleidingsperiode van 20 weke op die stres waaraan die harte van rekrute blootgestel word.

Die doel van hierdie navorsingsprojek was om die KSI as maatstaf te gebruik om die invloed van 'n intensiewe opleidingsprogram op die gesondheid van die hart te bepaal.

## Metodes

### Navorsingsmetodiek

'n Observasionele kohortstudie-ontwerp is gebruik wat dit moontlik gemaak het om die invloed van die intervensie van 'n intensiewe oefenprogram op die KSI te ondersoek. Metings is gedoen in week 1 (basislyn), en weke 12 en 20.

### Proefpersone

Die studie is uitgevoer op 202 militêre rekrute (mans = 115; vroue = 87) tussen die ouderdomme 18 en 24 en van uiteenlopende etniese oorsprong. Elke toetspersoon het vrywillig aan die ondersoek deelgeneem en enige risiko's, en die aard en besonderhede van die studie is aan deelnemers verduidelik en hul ingeligte toestemming is verkry. Die insluitingskriteria vir die studie was in die vorm van 'n ondertekende toestemmingsvorm en persone met kardiovaskulêre en verwante chroniese siektes is uitgesluit.

### Prosedures

Die Vivot™-toestel (Energy-Lab Technologies GmbH, Hamburg) is gebruik om die KSI, hartklooptempo (hartkloppe per minuut – [*beats per minute* of die afkorting wat universeel gebruik word bpm]) en die duur van die QRS in millisekondes (ms) te meet.

Voor die toetse het toetspersone 'n gemaklike en ontspanne sittende posisie ingeneem. Die elektrodes op die drie hoekpunte van die Vivot™ is met geleidende jel gesmeer en die apparaat op die linkerkant van die borskas geplaas en seker gemaak dat al drie elektrodes in aanraking met die vel is. Die korrekte posisie vir meting is geïdentifiseer deur die wysvinger op die linkersleutelbeen te plaas en die Vivot™ ongeveer drie vingerbreedtes onder hierdie posisie te plaas. Nadat die Vivot™ in die korrekte posisie geplaas is, is die verlangde metings verkry deur eenvoudig die 'aan'-knoppie te druk. Die proefpersone is gevra om kalm asem te haal en om vir die duur van die twee minute wat die meting duur, nie te praat of beweeg nie. Die hoorbare sein aan die einde van elke meting het die gepaste oomblik aangedui om die toestel van die proefpersoon se bors te lig en die data wat deur die toestel vertoon word, op te teken. 'n KSI-lesing van 20% – 25% of minder is 'n aanduiding van 'n hoë HTV wat dui op 'n normale kardiostreslading.

Die normale aanbevole HKT vir 'n volwassene is tussen 60 en 80 slae per minuut (of bpm) en die duur van die QRS tussen

60 ms en 110 ms. Of die hartklop 'n normale of abnormale ritme het, word deur 'n ja of nee op die skerm aangedui, en 'n standaardafwyking van die RR-intervallesings toon die standaardafwyking as 'n absolute graad van die HTV in millisekondes (ms). Die KSI is 'n gevoelige indikator van stres en word beskou as analoog aan die HTV (Aghamohamadi *et al.* 2010; Rudack 2005).

Rustende bloeddruk is gemeet terwyl elke proefpersoon in 'n sittende posisie gebly het; sistoliese bloeddruk en diastoliese bloeddruk is met behulp van 'n stetoskoop en kwiksfigmomanometer gemeet by Korotkoff-klanke I en IV. Lesings is aangeteken as sistolies/diastolies in millimeter kwik (mmHg).

### Intervensie

Die rekrute van die gewapende magte het 'n gestandaardiseerde, basiese, militêre intervensieopleidingsprogram (BT) oor 'n tydperk van 20 weke gevolg. Die program is gebaseer op die *American College of Sports Medicine's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* en bestaan uit strawwe oefening bo ses metaboliese ekwivalente (MET's) (Armstrong 2006). Dit bestaan uit fisieke afrigtingsessies van veertig minute elk oor 'n tydperk van 20 weke. Die tyd wat aan elke fisieke oefensessie (PT) afgestaan is, word in Tabel 1 opgesom (Grant *et al.* 2013).

### Statistiese ontleding

Alle data wat in die drie evalueringssessies ingesamel is, is in Microsoft Excel opgeneem. IBM SPSS Statistics 19.0-sagteware is gebruik vir die statistiese ontleding van die

**TABEL 1:** Tyd wat aan elke fisieke opleidingskomponent toegestaan is tydens oefensessies.

Fisieke opleidingskomponent	Kwantiteit
Opleidingsessies (getal)	62
Totale fisieke opleiding (ure)	41
Opwarmingssessies (minute)	434
Uithouvermoë-oefeninge vir die bolyfspiere (getal)†	124
Uithouvermoë-oefeninge vir die abdominale spiere (getal)‡	124
Uithouvermoë-oefeninge vir die abdominal spiere (aantal)†	124
Rug oefeninge (getal)	64
Strekoefeninge vir die bolyf (getal)§	62
Strekoefeninge vir die onderlyf (getal)§	124
Strekoefeninge vir die rug (getal)§	62
Draf (minute)¶	1510
Interval-opleiding (minute)††	236
Roetemars (afstand in km)	31

Bron: Grant, C.C., Mongwe, L., Van Rensburg, D.C.J., Fletcher, L., Wood, P.S., Terblanche, E. *et al.*, 2013, 'The difference between exercise induced autonomic and fitness changes measured after 12 weeks and 20 weeks of medium to high intensity military training', *Journal of Strength and Conditioning Research*, n.p.

†, Week 1–6 voltooi 2 stelle van 10–12 herhalings; Week 7–10 voltooi 3 stelle van 10–12 herhalings; Week 11–17 voltooi 3 stelle van 12–15 herhalings.

‡, Week 1–11 voltooi 2 stelle tot 'n maksimum; Week 12–17 voltooi 3 stelle tot 'n maksimum.

§, Elke strek 3 x 20 s.

¶, Week 1–3: 15 s loop/45 s draf; Week 4 & 5: 5 s loop/55 s draf; Week 6: 25 min draf (2 keer per week); Week 7–12: 30 min draf (2 keer per week); Week 13–17: 30 min draf (4 keer per week).

††, Week 7: 1 min stadige draf/30 s naelloop x 15 (2 keer per week); Week 8: 45 s stadige draf/30 s naelloop x 20 (2 keer per week); Week 9: 30 s stadige draf/30 s naelloop x 15 (2 keer per week); Week 10: 30 s stadige draf/30 s naelloop x 20 (2 keer per week); Week 11: 30 s stadige draf/30 s naelloop x 25 (2 keer per week); Week 12: 20 s stadige draf/30 s naelloop x 25 (2 keer per week).



data, en *Analysis of variance* (ANOVA) is gebruik vir verdere ontleding en vertolking van die data. *Post hoc*-ontleding (Bonferroni) het bestaan uit gepaarde *t*-toetse ten einde week 1 met week 12, week 1 met week 20 en week 12 met week 20 te vergelyk. 'n Aangepaste weergawe van Bonferroni is gebruik ten einde 'n verhoogde waarskynlikheid van 'n tipe 1-fout te vermy te wye aan die risiko van veelvuldige toetsing. Alpha is gelyk gestel aan  $p < 0.05$ .

## Resultate

'n Totaal van 225 rekrute is by die studie ingesluit; dit was egter slegs moontlik om statistiese analise van 202 van die rekrute te doen, aangesien data van 10% van die rekrute onvolledig was. Die uitslae van die gepaarde vergelyking van die drie datastelle word in Tabel 2 getoon. Beskrywende statistiek vir mans word in Tabel 3, en vir vroue in Tabel 4 getoon.

KSI- en harttempo-gemiddeldes het binne die normale perke gebly in die mans by al drie toetsgeleenthede. Basislynlesings by vroue was betekenisvol hoër in die eerste week.

Die uitslae vir die totale bevolking het 'n statistiese betekenisvolle daling van die KSI tussen week 1 en week 12 getoon (van 31.88% na 24.05%;  $p = 0.001$ ), asook van week 1

na week 20 (van 31.88% na 23.12%;  $p = 0.001$ ). Daar was 'n algehele afname van die KSI by beide mans en vroue van week 1 tot week 20 (Tabel 3 en 4). Wat betref die uitslae vir hartkloptempo, was daar 'n statisties betekenisvolle afname tussen week 1 en 12 (van 83 bpm na 72 bpm;  $p = 0.001$ ), sowel as tussen week 1 en 20 (van 83 bpm na 77 bpm;  $p = 0.001$ ) en 'n geringe afname in HKT van week 12 tot week 20 (van 72 bpm na 77 bpm;  $p = 0.003$ ).

Daar was geen statistiese betekenisvolle afname in sistoliese bloeddruk tussen week 1 en week 12 nie (van 126 mmHg na 126 mmHg;  $p = 0.788$ ), maar daar was wel 'n verskil tussen week 1 en week 20 (van 126 mmHg na 115 mmHg;  $p = 0.001$ ), sowel as tussen week 12 en week 20 (van 126 mmHg na 115 mmHg;  $p = 0.001$ ). Diastoliese bloeddrukuitslae toon 'n statisties betekenisvolle verskil (afname) tussen week 1 en week 12 (van 77 mmHg na 74 mmHg;  $p = 0.001$ ), tussen week 1 en week 20 (van 77 mmHg na 68 mmHg;  $p = 0.001$ ) en tussen week 12 en week 20 (van 74 mmHg na 68 mmHg;  $p = 0.001$ ).

## Bespreking

Die bevindings van die huidige studie word bevestig deur talle ander studies wat toon dat gereelde fisieke aktiwiteit HKT verlaag en HTV verhoog (Carter *et al.* 2003; Cornelissen

**TABEL 2:** Beskrywende statistiek (gemiddeld  $\pm$  standaardafwyking) en binnepopulasie- teenstellings (week 1 teen week 12, week 12 teen week 20, en week 1 teen week 20).

Beskrywende statistiek	Week 1	Week 12	Week 20	Week 1 & 12	Week 12 & 20	Week 1 & 20
<b>KSI</b>	31.88	24.05	23.12	-	-	-
%	$\pm 20.93$	$\pm 17.51$	$\pm 18.55$	-	-	-
<i>P</i> -Waarde	-	-	-	0.001	0.505	0.001
<b>HKT</b>	82.78	74.66	77.25	-	-	-
bpm	$\pm 12.79$	$\pm 11.10$	$\pm 10.58$	-	-	-
<i>P</i> -Waarde	-	-	-	0.001	0.003	0.001
<b>SBD</b>	126.38	126.14	115.08	-	-	-
mmHg	$\pm 12.66$	$\pm 12.19$	$\pm 9.89$	-	-	-
<i>P</i> -Waarde	-	-	-	0.788	0.001	0.001
<b>DBD</b>	76.85	74.4	67.84	-	-	-
mmHg	$\pm 8.05$	$\pm 7.56$	$\pm 7.58$	-	-	-
<i>P</i> -Waarde	-	-	-	0.001	0.001	0.001

KSI, kardiostresindeks; HKT, hartkloptempo; SBD, sistoliese bloeddruk; DBD, diastoliese bloeddruk.

**TABEL 3:** Kardiostresindeks-, hartkloptempo- & bloeddruk-data van mans vir weke 1, 12 en 20.

Week	Data	Gemiddeld	Standaardafwyking	Minimum	Maksimum
1	KSI (%)	24.28	18.11	9	100
	HKT (bpm)	77.41	11.74	57	126
	SBD (mmHg)	131.42	13.89	107	194
	DBD (mmHg)	76.84	7.41	54	98
12	KSI (%)	22.58	17.75	9	86
	HKT (bpm)	71.45	10.59	44	104
	SBD (mmHg)	130.53	11.01	106	164
	DBD (mmHg)	74.62	7.87	50	93
20	KSI (%)	23.02	20.26	9	100
	HKT (bpm)	75.24	10.62	52	115
	SBD (mmHg)	119.53	10.51	88	175
	DBD (mmHg)	67.18	7.3	46	90

$n = 115$ .

KSI, kardiostresindeks; HKT, hartkloptempo; SBD, sistoliese bloeddruk; DBD, diastoliese bloeddruk.

**TABEL 4:** Kardiostresindeks-, hartkloptempo- & bloeddruk-data van vroue vir weke 1, 12 en 20.

Week	Data	Gemiddeld	Standaardafwyking	Minimum	Maksimum
1	KSI (%)	41.98	22.16	9	100
	HKT (bpm)	90.11	11.09	62	111
	SBD (mmHg)	121.52	10.1	90	146
	DBD (mmHg)	77.39	8.54	60	99
12	KSI (%)	24.19	16.02	9	100
	HKT (bpm)	78.85	9.92	56	98
	SBD (mmHg)	120.98	11.45	97	167
	DBD (mmHg)	73.77	7.4	51	93
20	KSI (%)	23.44	16.94	9	99
	HKT (bpm)	79.91	9.95	59	108
	SBD (mmHg)	110.95	9.42	95	139
	DBD (mmHg)	68.51	7.88	53	89

$n = 87$ .

KSI, kardiostresindeks; HKT, hartkloptempo; SBD, sistoliese bloeddruk; DBD, diastoliese bloeddruk.



*et al.* 2010; Jurca *et al.* 2004; Levy *et al.* 1998; Madden *et al.* 2006). Daar kan gepostuleer word dat die verhoging van die HKT van week 12 na week 20 'n aanduiding kan wees dat die rekrute aan 'funksionele ooreising' gely het wat volgens verskeie verslae ontwikkel as persone 'n strawwe oefenprogram 'n paar weke lank volg sonder genoeg rus (Corbin, Lindsey & Welk 2006). Daar is verslae dat sodanige persone simptome ervaar wat met uitputting, swak of onreëlmatige hartklop, hoë rustende hartklooptempo (in vergelyking met die normale patroon) en verslae oor prikkelbaarheid in verband gebring kan word. Die huidige ondersoek het egter nie hierdie parameters geëvalueer nie (Corbin *et al.* 2006).

Die afname in diastoliese bloeddruk oor die tydperk van 20 weke is van belang, aangesien diastoliese bloeddruk beskou word as 'n indikator van KVS omdat dit die naaste is aan die gemiddelde arteriële druk in die bloedsomloopstelsel is. Jouanin *et al.* (2004) verwys na 'n afname in die sistoliese bloeddruk (pre-: 126 mmHg  $\pm$  3 mmHg, post-: 111 mmHg  $\pm$  4 mmHg) en diastoliese bloeddruk (pre-: 76 mmHg  $\pm$  3 mmHg, post-: 67 mmHg  $\pm$  3 mmHg) by militêre rekrute ná 'n fisiek en sielkundig strawwe vyf week lange kursus vir Amerikaanse berede soldate of 'rangers'. Moontlike meganismes wat veroorsaak dat oefening bloeddruk verlaag, kan onder meer neurohormonale response en vasculêre en strukturele aanpassings insluit (Pescatello *et al.* 2004). Daarteenoor meld Clarkson *et al.* (1999) dat daar geen betekenisvolle verandering in bloeddruk was by 25 manlike rekrute na tien weke van liggaamlike opleiding nie. Die voorgenoemde studie het egter tot die gevolgtrekking gelei dat 'n verbetering van endoteelfunksionering deur oefening teweeg gebring word.

Ons bevindings is in ooreenstemming met dié van die meeste soortgelyke studies – wat die teorie steun dat uithouvermoë-opleiding (Carter *et al.* 2003; Davy *et al.* 1998; Madden *et al.* 2006) en aërobiese oefening (Jurca *et al.* 2004; Clarkson *et al.* 1999; Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996) lei tot 'n toename in HTV, wat verbeterde outonome kardiovaskulêre regulering tot gevolg het. Die presiese meganisme onderliggend aan die beskerming van hartgesondheid wat tot hierdie gevolgtrekkings lei, moet nog verder ondersoek word. Uithouvermoë-opleiding op die lang termyn word egter met verhoogde parasimpatiese aktiwiteit in verband gebring (Carter *et al.* 2003; Davy *et al.* 1998) en/of 'n afname in simpatiese aktiwiteit en rustende harttempo (Carter *et al.* 2003).

Ofskoon talle studies in ooreenstemming is met die gevolgtrekking dat verbeterende vagale modulering voordelige kardiovaskulêre uitwerking het, is daar nog geen konsensus oor die mate van verhoogde parasimpatiese tonus wat vereis word ten einde genoegsame beskerming van die hart teweeg te bring nie (Jouanin *et al.* 2004).

## Praktiese toepassings

Gebreke aan fisieke aktiwiteit is 'n primêre risikofaktor vir die ontwikkeling van KVS, terwyl gereelde fisieke aktiwiteit bloedsomloop deur die hart verbeter. Daardeur

word kardiovaskulêre fiksheid bevorder, die vermoë om verskeie take te verrig en te funksioneer verbeter, wat weer verband hou met 'n algehele gevoel van welstand.

Verskeie studies is onderneem met die doel om eenvoudige tekens of indikatore te vind om hartdisfunksie te diagnoseer en te bepaal of die kardiaal stelsel aan stres blootgestel is (Aghamohamadi *et al.* 2010; Campbell & Langston 1995). Die Viport™ en KSI voorsien geneesheren van 'n nie-indringende tegniek om abnormale kardiovaskulêre funksionering en fisiologiese stres wat tot siekte kan aanleiding gee, asook KVS, te voorkom. Dit is dus 'n metode wat dit vir praktisyne moontlik maak om die verloop van behandeling te monitor – afgesien daarvan of dit op oefening gebaseer is of farmakologies is.

Hierdie studie toon dat oefening die moontlikheid bied om in 'n voorkomende behandelingsprogram opgeneem te word met die oog daarop om kardiovaskulêre risiko te verminder. Ons kom dus tot die gevolgtrekking dat intensiewe fisieke aktiwiteit goed gehanteer word deur die meeste van die nuwe rekrute en dat die KSI-metode 'n betroubare nie-ingrypende tegniek is om kardiovaskulêre stres te monitor.

## Erkenning

Dank aan die Departement Fisiologie, Universiteit van Pretoria, wat hierdie projek befonds het.

## Mededingende belange

Die outeurs verklaar hiermee dat hulle geen finansiële of persoonlike verbintenisse het met enige party wat hulle voordelig of nadelig in die skryf van hierdie artikel kon beïnvloed nie.

## Outeursbydraes

Die aard van die bydraes van elke outeur genoem op die lys is kortliks ongeveer soos volg opgesom: P.J.d.T. (Universiteit van Pretoria) projekteur; P.J.d.T. & E.N. (Universiteit van Pretoria) wesenlike intellektuele bydraes en betekenisvolle bydraes tot konseptualisering en ontwerp, interpretasie van data, finale goedkeuring; E.N. redigering en finale voorbereiding van die manuskrip; R.F. (Universiteit van Pretoria), K.R.G. (Kentucky State Universiteit), A.M.T. (Kentucky State Universiteit), P.W. (Universiteit van Pretoria), C.C.G. (Universiteit van Pretoria), C.J.v.R. (Universiteit van Pretoria), A.M. (Universiteit van KwaZulu-Natal), A.S.C.G. (Universiteit van die Vrystaat), A.S. (Universiteit van Pretoria), A.J. (Universiteit van Pretoria) en J.M.v.R. (Noordwes-Universiteit) hersiening, formattering en bydraes tot konseptuering en ontwerp; E.N. verkryging van data, analise van data en interpretasie van data; L.F. (Universiteit van Pretoria) statistiese analise.

## Literatuurverwysings

- Aghamohamadi, D., Eidy, M., Pourfathi, H. & Hoseinzadeh, H., 2010, 'Comparison of cardiac stress index with rate pressure product in trans-abdominal prostatectomy', *Journal of Cardiovascular and Thoracic Research* 2, 35–38.
- Archer, E. & Blair, S.N., 2011, 'Physical activity and the prevention of cardiovascular disease: From evolution to epidemiology', *Progress in Cardiovascular Diseases* 53, 387–396. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pcad.2011.02.006>



- Armstrong, L., 2006, *Acsm's guidelines for exercise testing and prescription*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia.
- Blair, S.N., 2009, 'Physical inactivity: The biggest public health problem of the 21st century', *British Journal of Sports Medicine* 43, 1–2.
- Borresen, J. & Lambert, M.I., 2008, 'Autonomic control of heart rate during and after exercise', *Sports Medicine* 38, 633–646. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200838080-00002>
- Buttagat, V., Eungpinichpong, W., Chatchawan, U. & Kharmwan, S., 2011, 'The immediate effects of traditional Thai massage on heart rate variability and stress-related parameters in patients with back pain associated with myofascial trigger points', *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 15, 15–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.06.005>
- Campbell, R.L. & Langston, W.G., 1995, 'A comparison of cardiac rate-pressure product and pressure-rate quotient in healthy and medically compromised patients', *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 80, 145–152. [http://dx.doi.org/10.1016/S1079-2104\(05\)80193-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1079-2104(05)80193-3)
- Carter, J.B., Banister, E.W. & Blaber, A.P., 2003, 'Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate', *Sports Medicine* 33, 33–46. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200333010-00003>
- Charmandari, E., Tsigos, C. & Chrousos, G., 2005, 'Endocrinology of the Stress Response', *Annual Review of Physiology* 67, 259–284. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.physiol.67.040403.120816>
- Chen, J.-Y., Lee, Y.L., Tsai, W.-C., Lee, C.-H., Li, Y.-H., Tsai, L.-M. *et al.*, 2010, 'Cardiac autonomic functions derived from short-term heart rate variability recordings associated with nondiagnostic results of treadmill exercise testing', *International Heart Journal* 51, 105–110. <http://dx.doi.org/10.1536/ihj.51.105>
- Chen, S.-R., Lee, Y.-J., Chiu, H.-W. & Jeng, C., 2007, 'Impact of glycemic control, disease duration, and exercise on heart rate variability in children with type 1 diabetes mellitus', *Journal of the Formosan Medical Association* 106, 935–942. [http://dx.doi.org/10.1016/S0929-6646\(08\)60064-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0929-6646(08)60064-9)
- Clarkson, P., Montgomery, H.E., Mullen, M.J., Donald, A.E., Powe, A.J., Bull, T. *et al.*, 1999, 'Exercise training enhances endothelial function in young men', *Journal of the American College of Cardiology* 33, 1379–1385. [http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097\(99\)00036-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0735-1097(99)00036-4)
- Corbin, C.B., Lindsey, R. & Welk, G., 2006, *Concepts of physical fitness: active lifestyles for wellness*, McGraw-Hill, Boston.
- Cornelissen, V., Verheyden, B., Aubert, A. & Fagard, R., 2010, 'Effects of aerobic training intensity on resting, exercise and post-exercise blood pressure, heart rate and heart-rate variability', *Journal of Human Hypertension* 24, 175a–182. <http://dx.doi.org/10.1038/jhh.2009.51>
- Davy, K.P., DeSouza, C.A., Jones, P.P. & Seals, D.R., 1998, 'Elevated heart rate variability in physically active young and older adult women', *Clinical Science (London 1979)* 94, 579–584.
- Energy-Lab Technologies GmbH, n.d., viewed 30 October 2011, from [http://www.viport.de/viport/c\\_14.php#messwerte](http://www.viport.de/viport/c_14.php#messwerte)
- Gilder, M. & Ramsbottom, R., 2008, 'Change in heart rate variability following orthostasis relates to volume of exercise in healthy women', *Autonomic Neuroscience* 143, 73–76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autneu.2008.06.002>
- Grant, C.C., Mongwe, L., Van Rensburg, D.C.J., Fletcher, L., Wood, P.S., Terblanche, E. *et al.*, 2013, 'The difference between exercise induced autonomic and fitness changes measured after 12 weeks and 20 weeks of medium to high intensity military training', *Journal of Strength and Conditioning Research*, n.p. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1fe46>
- Hynynen, E., Uusitalo, A., Kontinen, N. & Rusko, H., 2006, 'Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes', *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38, 313. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000184631.27641.b5>
- Jouanin, J.-C., Dussault, C., Peres, M., Satabin, P., Pierard, C. & Guezennec, C.Y., 2004, 'Analysis of heart rate variability after a ranger training course', *Military Medicine* 169, 583–587.
- Jurca, R., Church, T.S., Morss, G.M., Jordan, A.N. & Earnest, C.P., 2004, 'Eight weeks of moderate-intensity exercise training increases heart rate variability in sedentary postmenopausal women', *American Heart Journal* 147, e21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ahj.2003.10.024>
- Kleiger, R.E., Stein, P.K. & Bigger, J.T., 2005, 'Heart rate variability: Measurement and clinical utility', *Annals of Noninvasive Electrocardiology* 10, 88–101. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1542-474X.2005.10101.x>
- Leicht, A.S., Sinclair, W.H. & Spinks, W.L., 2008, 'Effect of exercise mode on heart rate variability during steady state exercise', *European Journal of Applied Physiology* 102, 195–204. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-007-0574-9>
- Levy, W.C., Cerqueira, M.D., Harp, G.D., Johannessen, K.-A., Abrass, I.B., Schwartz, R.S. *et al.*, 1998, 'Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men', *American Journal of Cardiology* 82, 1236–1241. [http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149\(98\)00611-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0002-9149(98)00611-0)
- Lewis, M.J., Kingsley, M., Short, A. & Simpson, K., 2007, 'Rate of reduction of heart rate variability during exercise as an index of physical work capacity', *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 17, 696–702. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00616.x>
- Madden, K.M., Levy, W.C. & Stratton, J.K., 2006, 'Exercise training and heart rate variability in older adult female subjects', *Clinical and Investigative Medicine (Medecine Clinique et Experimentale)* 29, 20–28.
- Malliani, A., Lombardi, F. & Pagani, M., 1994, 'Power spectrum analysis of heart rate variability: A tool to explore neural regulatory mechanisms', *British Heart Journal* 71, 1. <http://dx.doi.org/10.1136/hrt.71.1.1>
- Mancia, G., Rosei, E.A., Cifkova, R., DeBacker, G., Erdine, S., Fagard, R. *et al.*, 2003, 'European society of hypertension – European society of cardiology guidelines for the management of arterial hypertension', *Journal of Hypertension* 21, 1011–1053. <http://dx.doi.org/10.1097/00004872-200306000-00001>
- Nagai, N. & Moritani, T., 2004, 'Effect of physical activity on autonomic nervous system function in lean and obese children', *International Journal of Obesity* 28, 27–33. <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ijo.0802470>
- Pagani, M., Lombardi, F., Guzzetti, S., Rimoldi, O., Furlan, R., Pizzinelli, P. *et al.*, 1986, 'Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog', *Circulation Research* 59, 178–193. <http://dx.doi.org/10.1161/01.RES.59.2.178>
- Pepper, M. & Crawley, B., 1985, 'Calculation and display of the rate/pressure product during anaesthesia using binary rate multipliers', *Medical & Biological Engineering & Computing* 23, 187–189. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02456757>
- Pescatello, L., Franklin, B., Fagard, R., Farquhar, W., Kelley, G. & Ray, C., 2004, 'Exercise and hypertension: American college of sports medicine position stand', *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36, 533–553. <http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000115224.88514.3A>
- Rudack, P., 2005, 'Viport scientific background "heart rate variability and health status"', *Institute of Sport Medicine*, University Hospital, Muenster, Germany.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996, 'Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use', *Circulation* 93, 1043–1065. <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Terathongkum, S. & Pickler, R.H., 2004, 'Relationships among heart rate variability, hypertension, and relaxation techniques', *Journal of Vascular Nursing* 22, 78–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvn.2004.06.003>
- Van Rensburg, D.C., Ker, J.A., Grant, C.C. & Fletcher, L., 2012, 'Effect of exercise on cardiac autonomic function in females with rheumatoid arthritis', *Clinical Rheumatology* 31, 1155–1162. <http://dx.doi.org/10.1007/s10067-012-1985-5>
- Viport Energy-Lab Technologies GmbH, viewed 30 October 2011, from [http://www.viport.de/viport/c\\_14.php#messwerte](http://www.viport.de/viport/c_14.php#messwerte)
- Woo, M.A., Stevenson, W.G., Moser, D.K. & Middlekauff, H.R., 1994, 'Complex heart rate variability and serum norepinephrine levels in patients with advanced heart failure', *Journal of the American College of Cardiology* 23, 565–569. [http://dx.doi.org/10.1016/0735-1097\(94\)90737-4](http://dx.doi.org/10.1016/0735-1097(94)90737-4)