

Kroppens fysiologiska reaktioner
vid arbete i värme
- en studie på brandmän

Kristin Waara

IDROTTSHÖGSKOLAN
I STOCKHOLM
Examensarbete 36:2005
Läroarbilden 2001-2005
Handledare: Eva Blomstrand

**Physiological reactions in human
subjects during work in heat exposure
- a study on firefighters**

Kristin Waara

STOCKHOLM UNIVERSITY COLLEGE OF
PHYSICAL EDUCATION AND SPORT
Graduate essay 36:2005
Teacher program 2001-2005
Supervisor: Eva Blomstrand

Abstract

Aim

The purpose was to compare physical work in a normal temperature to physical work during heat exposure and in that way investigate how physical work during heat exposure affects the human body in a physiological perspective. My questions were: How does submaximal work during heat, affect heart rate, water loss, body temperature, lactate level and blood glucose level? How does smoke-diving affect heart rate, water loss, and body temperature? How is the heart rate, lactate level and blood glucose level affected in work during heat exposure compared to work in a normal temperature?

Method

Six firefighters performed at three different occasions four tests. VO_2 tests in cycle-ergometer (submaximal and maximal) in a normal temperature. A smoke-diving test during heat exposure and a submaximal cycle test in a sauna. VO_2 , heart rate, lactate level and blood glucose level was measured during the tests in the normal temperature. Heart rate, water loss, body temperature, lactate level and blood glucose level was measured during the smoke-diving test and the submaximal cycle test in sauna.

Results

Mean heart rate during the smoke-diving test was $174 \pm 7,7$ bpm ($93 \pm 1,4$ % of maximal heart rate attained in the cycle-ergometer test). Water loss measured to $1,1 \pm 0,1$ % from bodyweight, body temperature was increased with $2,1 \pm 1,2$ °C. The blood glucose levels were higher compared to the maximum test during cycling. Concentration at start was $5,04 \pm 0,59$ vs. $5,64 \pm 1,00$ mmol/l and 2 min after the test $6,79 \pm 1,26$ vs. $6,46 \pm 1,25$ mmol/l. Water loss during the submaximal cycling in sauna was $0,6 \pm 0,1$ % of bodyweight, body temperature were increased with $0,8 \pm 0,3$ °C. Lactate levels during the submaximal cycling in sauna were significant lower than cycling in a normal temperature $1,23 \pm 0,17$ mmol/l vs $3,43 \pm 1,46$ mmol/l (175W).

Conclusions

During the smoke-diving test the firefighters had a mean heart rate which was near the maximal heart rate attained in the cycle-ergometer test. The smoke-diving test was physically very demanding for the subjects since the tasks lasted in 13-18 min and the heart rate was in

such high levels in general. During physical work in ~ 85 °C wearing a self-contained breathing apparatus and fire-protective clothing, no difference in heart rate compared to work in a normal temperature could be measured. Water loss and increased body temperatures depends on which kind of physical work and heat exposure the firefighters was exposed to. Lactate levels during physical work in ~ 85 °C was significant lower than the same work in a normal temperature. This might result from the cool air from the breathing apparatus, which lead to a higher oxygen uptake in the muscles. There were no difference in blood glucose levels during physical work in ~ 85 °C compared to work in a normal temperature. After more physically demanding work during higher temperature, elevated levels was measured.

Sammanfattning

Syfte och frågeställningar

Syftet var att jämföra fysiskt arbete i rumstemperatur och arbete under värmepåverkan, för att därigenom undersöka hur fysiskt arbete i värme påverkar kroppen i ett fysiologiskt perspektiv. Mina frågeställningar var: Hur påverkas hjärtfrekvens, kroppstemperatur och vätskeförlust vid submaximalt arbete i värme? Hur påverkas hjärtfrekvens, kroppstemperatur och vätskeförlust vid rökdykning? Hur påverkas hjärtfrekvens samt laktat- och glukoskoncentration i blodet vid arbete i värme jämfört med rumstemperatur?

Metod

Sex brandmän genomförde vid tre olika tillfällen fyra tester. Syreupptagningstest på cykel, (submax och max) i rumstemperatur, ett rökdykartest under värmepåverkan och ett submaximalt cykeltest i bastu. Syreupptagningsförmåga, hjärtfrekvens samt laktat- och glukoskoncentrationer i blod mättes under cykeltesterna i rumstemperatur. Vid rökdykartestet och cykeltestet i bastu mättes hjärtfrekvens, vätskeförlust, kroppstemperatur samt laktat- och glukoskoncentrationer.

Resultat

Hjärtfrekvensen vid rökdykartestet var $174 \pm 7,7$ slag/min ($93 \pm 1,4$ % av max hjärtfrekvens på ergometercykel). Vätskeförlusten uppmättes till $1,1 \pm 0,1$ % av kroppsvikten, kroppstemperaturen höjdes med $2,1 \pm 1,2$ °C. Glukoskoncentrationerna i blod ökade mer jämfört med maxtest på cykel, startvärde $5,04 \pm 0,59$ jmf. $5,64 \pm 1,00$ mmol/l samt 2 min efter testet $6,79 \pm 1,26$ jmf. $6,46 \pm 1,25$ mmol/l. Vätskeförlusten vid cyklingen i bastu var $0,6 \pm 0,1$ % av kroppsvikten, kroppstemperaturen höjdes med $0,8 \pm 0,3$ °C. Vid cykling i bastu var laktatkoncentrationen i blod signifikant lägre än vid cykling i rumstemperatur $1,23 \pm 0,17$ mmol/l jmf. $3,43 \pm 1,46$ mmol/l (175W).

Slutsats

Under rökdykartestet hade försökspersonerna en genomsnittlig hjärtfrekvens som låg nära den maximala hjärtfrekvensen som uppmättes under ergometercykeltestet. Stora fysiologiska krav ställs på brandmän vid rökdykning eftersom de under en tidsperiod av 13-18 min ligger på en hög och jämn hjärtfrekvens under hela arbetet. Vid arbete i ~ 85 gradig värme med full

skyddsutrustning erhöjls ingen skillnad i hjärtfrekvens jämfört med arbete i rumstemperatur. Vätskeförluster och förhöjda kroppstemperaturer beror på vilken sorts arbetsbelastning och värmegrad man utsätts för. Laktatkoncentrationerna vid arbete i ~ 85 gradig värme var avsevärt lägre jämfört med samma arbete i rumstemperatur, vilket eventuellt berodde på den sänkta temperaturen på inandningsluften från luftpaketet, vilket ger ett ökat syreinhåll. Glukoskoncentrationerna vid arbete i ~ 85 gradig värme ändras inget i förhållande till samma arbete i rumstemperatur. Vid tyngre arbete i högre värme syns förhöjda koncentrationer efter arbetet.

Förord

Först och främst vill jag rikta ett stort tack till alla deltagande brandmän i studien. Utan ert engagemang, er vilja att ställa upp, samt all hjälp i samband med testerna, skulle denna studie aldrig kunnat genomföras.

Tack till alla engagerade vid Räddningsverkets skola i Rosersberg för allt intresse kring studien, er stöttning och hjälp.

Till alla på Kista brandstation, tack för hjälpen i samband med genomförandet av testet i bastun.

Ansvariga vid Laboratoriet för Tillämpad Idrottsvetenskap (LTIV) på Idrottshögskolan i Stockholm, som hjälpt mig med material och genomförandet av tester samt analyser av testprover. Tack!

Ett stort tack även till Lars Persson på Maximal Sports AB för hjälpen i samband med testerna.

Tack till min handledare Eva Blomstrand.

Tack till er alla! Ni är guld värda!

Kristin Waara

Innehållsförteckning

<i>Innehåll</i>	<i>Sida</i>
Sammanfattning	2
1. Introduktion	8
1.1 Inledning	8
1.2 Bakgrund	8
1.2.1 Kroppens fysiologi under arbete och värmepåverkan	9
1.2.2 Aktuella forskningsläget	9
1.2.2.1 Studier gjorda på brandmän och räddningsarbetare	9
1.2.2.2 Studier gjorda med värmepåverkan	12
1.3 Syfte och frågeställningar	14
2. Metod och material	15
2.1 Käll- och litteratursökning	15
2.2 Urval	15
2.3 Försökspersoner	15
2.4 Testprocedur	16
2.4.1 Försöksuppläggning	16
2.4.2 Submaximalt och maximalt syreupptagningstest på ergometercykel	16
2.4.3 Rökdykartest	17
2.4.4 Arbetsförsök i bastu	18
2.4.5 Mätvariabler, material och metodik	19
2.5 Beräkningar	20
2.6 Validitet och reliabilitet	20
2.7 Statistik	21
2.8 Bortfall	21
3. Resultat	22
3.1 Hjärtfrekvens och energiomsättning	22
3.2 Vätskeförlust och kroppstemperatur	24
3.3 Laktatkoncentration	25
3.4 Glukoskoncentration	26
4. Diskussion	28
4.1 Hjärtfrekvens och energiomsättning	28
4.2 Vätskeförlust och kroppstemperatur	28

4.3 Laktatkoncentration	29
4.4 Glukoskoncentration	30
4.5 Generalisering	31
4.6 Slutsats	31
4.7 Fortsatt forskning	32
Källor och referenser	33
Otryckta källor	33
Muntliga källor	33
Tryckta källor	33
Officiellt tryck	33
Tidskrifter	34
Bilagor	
Bilaga 1: Utrustning och material i studien	36
Bilaga 2: Ordlista och förkortningar	38
Bilaga 3: Utdrag ur AFS 1995:1	41
Bilaga 4: Missivbrev	42
Bilaga 5: Välkomstbrev	43
Bilaga 6: Testprotokoll syreupptagningstester	45
Bilaga 7: Testprotokoll rökdykartest	46
Bilaga 8: Testprotokoll arbetsförsök i bastu	47
Bilaga 9: Full skyddsutrustning	48
Bilaga 10: Rök- och brandövningshuset	49
Bilaga 11: Individuell laktatkoncentration tabeller	50
Bilaga 12: Individuell glukoskoncentration tabeller	51
Bilaga 13: Käll- och litteratursökning	52

Tabell- och figurförteckning

Tabell 1: Försökspersonernas karaktäristik	15
Tabell 2: Hjärtfrekvens vid rökdykartest och maxtest cykel. RPE-skattning	23
Tabell 3: Hjärtfrekvens och energiomsättning under rökdykartest	24
Tabell 4: Vätskeförlust och kroppstemperatur efter arbetsförsök i bastu	24
Tabell 5: Vätskeförlust och kroppstemperatur efter rökdykartest	24
Figur 1: Hjärtfrekvens vid submaxtester	22
Figur 2: Hjärtfrekvens vid rökdykartest	23
Figur 3: Laktatkoncentration vid submaxtester	25
Figur 4: Laktatkoncentration vid rökdykartest och maxtest cykel	26
Figur 5: Glukoskoncentration vid submaxtester	26
Figur 6: Glukoskoncentration vid rökdykartest och maxtest cykel	27

1. Introduktion

1.1 Inledning

Mitt stora intresse för räddningstjänst och de arbetsuppgifter som ingår i brandmannayrket, ledde till att jag ville göra denna studie. Vad som händer i kroppen då brandmännen tar på sig sin skyddsutrustning och utsätts för värmepåverkan tycker jag är intressant att ta reda på, eftersom det arbete de kan ställas inför ofta är tungt belastande för kroppen.

Att arbeta som brandman innebär vid rökdykning att mycket tungt fysiskt arbete utförs, oftast under extrema förhållanden. Den tunga fysiska belastningen kan vara att lyfta och transportera tungt material på olika underlag, t.ex. uppför trappor och stegar. Vid förflyttning i vertikal riktning sker en betydande ökning ur belastningshänseende. Eftersom arbete vid rökdykning innebär att man måste vara iklädd rökdykningsutrustning, försvårar dessa kläder och materiel den normala regleringen av kroppstemperaturen. I flera situationer krävs att upprepade insatser måste genomföras, flera rökdykningar måste ske med otillräcklig återhämtning. Detta påverkar belastningen för både rörelseapparat och cirkulationsorgan betydande.¹

1.2 Bakgrund

Rökdykning kan innebära att brandmännen går in i brinnande byggnader och går i närkamp med branden. För att kunna utföra en rökdykning krävs att brandmännen bär full skyddsutrustning, se bilaga 9, samt att man har bra släckningsmetoder och säkerhetsrutiner.²

I Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter, (AFS 1995:1)³ betecknas rökdykning som ”inträngande i tät brandrök, vanligen inomhus, för att rädda liv eller bekämpa brand eller liknande” samt kemdykning som ”inträngande i område med farlig luftförorening eller farlig oxygenbrist (syrebrist) för att rädda liv, bekämpa utflöde av kemikalier eller liknande”.

¹ Andersson M, Holst J och Grönkvist H, *Hälsokrav vid rök- och kemdykning – medicinska synpunkter på tillämpningen av AFS 1995:1*, (Karlstad: FoU rapport Räddningsverket, 1997), s. 9.

² Malmsten C och Rosander M, *Rök- och kemdykning*, (Stockholm: AB Grafiska Gruppen, 1997), s. 9.

³ *Rök- och kemdykning – Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1995: 1*, (Stockholm: Arbetarskyddsstyrelsen, 1995), s. 6-7.

1.2.1 Kroppens fysiologi under arbete och värmepåverkan

Hjärtfrekvensen eller pulsen, kan hos unga friska människor mer än tredubblas från vilovärde till maximal hjärtfrekvens under några minuter.⁴ I och med att omgivningstemperaturen är hög, höjs också hjärtfrekvensen mer än i normal temperatur. Vid en hög omgivningstemperatur måste mer blod cirkuleras perifert för att kunna transportera bort värmen från kroppen, vilket leder till mindre blod centralt och mindre slagvolym. Kroppen kompenserar detta med att höja hjärtfrekvensen.⁵ För att hålla kroppstemperaturen vid ungefär 37 °C får den värmeavgivande processen i kroppen jobba hårt då den utsätts för olika väderförhållanden såsom ändringar i lufttemperatur eller luftfuktighet (RH).⁶ Under ett normalt träningspass på 1 h kan vätskeförluster mätas upp till mellan 0,5 till 2 liter, olika faktorer påverkar hur stor svettningen blir. Omgivningens temperatur, vindförhållanden, typ av arbete, klädsel och arbetsintensitet. I extremt höga temperaturer kan vätskeförluster på 4 l/h uppmätas.⁷ Vid fysiskt arbete i värme (43 °C) och vid en syreupptagning på 2,1 l/min höjs laktatkoncentrationen med 1 mmol/l jämfört med arbete i rumstemperatur.⁸

1.2.2 Aktuella forskningsläget

1.2.2.1 Studier gjorda på brandmän och räddningsarbetare:

Sköldström studerade åtta brandmän vid två olika tillfällen under arbete i en klimatkammare där temperaturen uppmätte 15 respektive 45 °C. Försökspersonerna skulle vid första tillfället utan iförd skyddsutrustning gå på ett rullband i 60 min med en hastighet av 3,5 km/h. Detta motsvarade 20 % av maximal syreupptagning. Vid andra tillfället skulle försökspersonerna gå i samma hastighet på rullbandet men iklädda full skyddsutrustning, vilket motsvarade 30 % av maximal syreupptagning. Under försöken mättes syreupptagning, hjärtfrekvens, kroppstemperatur och RPE. Resultatet av studien visade att syrebehovet ökade med 0,4 l/min i försök två och att försökspersonerna då var i närheten av maximal hjärtfrekvens. Kroppstemperaturen steg till 38,7 °C och RPE kunde relateras till hjärtfrekvensen. Slutsatsen av studien var att en kombination av värme och tung utrustning begränsar brandmännens arbetskapacitet i och med den ökade kroppstemperaturen.⁹

⁴ Haug E, Sand O, Sjaastad O.V, *Människans fysiologi*, (Stockholm: Liber AB, 1993), s. 270.

⁵ Nilsson J, *Puls- och laktatbaserad träning*, (Farsta: SISU Idrottsböcker, 1998), s. 162.

⁶ Armstrong L-E, *Performing in extreme environments*, (USA: Versa Press, 2000), s. 16.

⁷ Bohman U och Isaksson P, *Idrottarens energibok*, (Stockholm: Fälth & Hässler, 1999), s. 87.

⁸ Rodahl K och Åstrand P-O, *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*, 3. ed. (New York: McGraw Hill, 1986), s. 599.

⁹ Sköldström B, "Arbete i värme med skyddsutrustning – Fysiologiska reaktioner hos rökdykare", *Arbete och Hälsa - vetenskaplig skriftserie, Arbetskyddsstyrelsen*, 36, (1986), s. 1ff.

I studier gjorda av Holmér m.fl. gjordes undersökningar av fysisk belastning i värme på brandmän. I en av studierna visades det att fem minuters vistelse i extrem värme (250-350 °C), gav en hög hudtemperatur (45 °C, axel och vad) trots skyddsklädsel. I en annat test undersöktes fysiologisk belastning och arbetskrav vid en rökdykningsövning (20 min). Resultatet av denna undersökning visade att energikostnaderna är höga eller mycket höga, beroende på tung utrustning och arbetsmoment.¹⁰

Annwall gjorde en studie på 15 brandmän under en rökdykning med hög värmebelastning. Sambandet mellan hjärtfrekvens och RPE undersöktes. Noteringar av hjärtfrekvens och RPE gjordes var tredje minut, rökdykningen varade i totalt 35 min. Resultatet visade ett linjärt förhållande mellan hjärtfrekvens och RPE.¹¹

Rossi undersökte hur kroppstemperaturen och vätskenivån hos 17 brandmän påverkades efter en rökdykning iförda full skyddsutrustning. I övningshuset där försöken genomfördes uppmättes temperaturer mellan 100 och 190 °C. I ett av försöken uppmättes så hög temperatur som 278 °C. Efter övningen som varade i ungefär 15 minuter, steg kroppstemperaturen hos försökspersonerna med i genomsnitt 0,6 °C. Vätskeförlusten varierade hos försökspersonerna från 0,7 till 2,1 % av kroppsvikten under 1h arbete.¹²

Eglin m.fl. undersökte kroppstemperatur, hjärtfrekvens och vätskeförlust hos 13 personer inom räddningstjänsten under sammanlagt 44 rökdykningsövningar iförda full skyddsutrustning. De 44 övningarna var indelade i tre olika typer av övningar. Temperaturen vid övningarna var 74 ± 42 °C (medelvärde \pm SD) och tidslängden för de tre olika övningarna var $33,0 \pm 7,9$ min, $26,3 \pm 5,5$ min respektive $7,3 \pm 2,6$ min. Efter övningarna registrerades kroppstemperaturen till $38,5 \pm 0,9$ °C, åtta av personerna hade under övningarna en kroppstemperatur på över 39 °C. Hjärtfrekvensen under övningarna uppmättes till 138 ± 26 slag/min, under fem av övningarna hade försökspersonerna en hjärtfrekvens motsvarande 90 % av maximal hjärtfrekvens. Vätskeförlusten mättes till $0,62 \pm 0,6$ l. I studien gjordes även en pilotstudie på hur hjärtfrekvensen och kroppstemperaturen ändrades vid en simulerad livräddning av en docka i rumstemperatur (dockans vikt = 50 kg). Resultatet av pilotstudien

¹⁰ Holmér I, Gavhed D, Karlsson E, Kuklane K och Nilsson H, *Belastningsstudier av rökdykning vid extrem strålningsvärme*, (Karlstad: FoU rapport Räddningsverket, 1997), s. 1ff.

¹¹ Annwall G, "Upplevelsen av fysisk ansträngning vid rökdykning", *Undersökningsrapport Arbetarskyddsstyrelsen*, 102, (1975), s. 1ff.

¹² Rossi R, "Fire fighting and its influence on the body", *Ergonomics*, 46, (2003), s. 1017ff.

vid den simulerade livräddningen visade att hjärtfrekvensen motsvarade 79 ± 7 % av maximal hjärtfrekvens och att detta påverkade kroppstemperaturen till en ökning på 0,4 till 0,6 °C. Studien visade att de fysiologiska påverkningarna på kroppen vid rökdykningsövningar varierade beroende på de yttre förhållandena och de olika uppgifterna vid övningarna.¹³

I en studie gjord av Lusa m.fl. fick 35 friska brandmän i åldrarna 19-27 år, max VO_2 $4,08 \pm 0,45$ l/min, genomföra en rökdykning i en klimatkammare iförda full skyddsutrustning där temperaturen uppmättes till 119 ± 12 °C. Övningen varade i 17 ± 4 min. Under testet registrerades hjärtfrekvensen till ett medelvärde motsvarande 150 ± 13 slag/min, detta motsvarade 79 ± 6 % av försökspersonernas maximala hjärtfrekvens (ergometercykeltest). Den högsta hjärtfrekvensen som registrerades under övningen var 180 ± 13 slag/min (95 ± 6 % av maximal hjärtfrekvens). Syreförbrukningen under övningen beräknades till $2,4 \pm 0,5$ l/min, (60 ± 12 % av VO_2 max). Deras slutsats var att rökdykningen var fysiskt sett mycket krävande på de unga vältränade försökspersonerna som deltog i studien. Detta visar hur viktigt det är att regelbundet testa alla brandmän för att bedöma om hälsan och den fysiologiska statusen är tillräcklig för att de ska kunna utföra alla de uppgifter som krävs i jobbet.¹⁴

Smith m.fl. gjorde en undersökning på 15 brandmän där försökspersonerna gjorde två olika uppgifter inne i ett varmt brandövningshus iförda full skyddsutrustning. Uppgifterna som försökspersonerna skulle utföra var slangdragning 8 min och vedhuggning 8 min, i nämnd ordningsföljd. Hjärtfrekvens, kroppstemperatur och blodlaktat registrerades efter varje utförd uppgift. Hjärtfrekvensen och kroppstemperaturen ökade från start och vid övergången från att dra slang till vedhuggning. Laktatnivån ökade när försökspersonerna övergått från slangdragning till vedhuggning. Under testet registrerades medelvärden hos försökspersonerna, för hjärtfrekvens 182 slag/min, kroppstemperatur 40,1 °C och

¹³ Eglin CM, Coles S and Tipton MJ, "Physiological responses of fire-fighter instructors during training exercises", *Ergonomics*, 47, (2004), s. 483ff.

¹⁴ Lusa L, Louhevaara V, Smolander J, Kivimaki M and Korhonen O, "Physiological responses of firefighting students during simulated smoke-diving in the heat", *American Industrial Hygiene Association*, 54, (1993), s. 228ff.

blodlaktatkoncentration 3,8 mmol/l. Slutsatsen var att uppgifter likt de som ingick i denna studie resulterade i en betydande fysisk ansträngning för brandmännen.¹⁵

I en annan studie gjord av Smith m.fl. undersöktes hur bl.a. hjärtfrekvens, laktatnivå och skattad ansträngning ”Ratings of Perceived Exertion” (RPE) påverkades av fysiskt arbete i värme. Försökspersonerna (16 brandmän) fick efter en slumpmässig indelning utföra fysiskt arbete under 16 min iförda full skyddsutrustning i antingen 13,7 °C (8 st.) eller 29,6 °C (8 st.) Mätningar gjordes före start, 8 min in i arbetet, direkt efter genomfört arbete (16 min) samt 10 min efter genomfört arbete. Resultaten från studien visade att hjärtfrekvens, laktatkoncentration och RPE ökade under båda testerna men att ökningarna var mycket större i den varma miljön. Återhämtningen var långsammare efter arbetet i värmen. Deras slutsats var att arbete i värme leder till en ökad arbetsbörda för kroppen.¹⁶

1.2.2.2 Studier gjorda med värmepåverkan:

År 1964 gjorde Bengt Saltin en studie där han undersökte hur värme och vätskeförlust påverkade arbetskapaciteten. Sju längdskidåkare fick utföra ett submaximalt arbetstest och ett maximalt test på cykel i rumstemperatur, för att sedan efter att ha blivit utsatta för värmepåverkan i 90 min (80 °C bastu RH 15 %) och blivit av med vätska utföra samma test igen. Resultatet av undersökningen visade att det submaximala arbetstestet gjorde så att högre hjärtfrekvenser uppmättes under submaxtestet vid rumstemperatur än testet efter värmepåverkan. Vid det maximala testet uppmättes ingen skillnad i cirkulation eller aerob arbetskapacitet mellan arbete i rumstemperatur och i värme, trots vätskeförluster på upp till 5,5 % av kroppsvikten.¹⁷

Voltaire m.fl. gjorde en studie för att fastställa huruvida ett varmt klimat med hög luftfuktighet påverkade kroppen. Tester utfördes på 22 vältränade män, vilka fick utföra tre submaximala cykeltester som omfattade 1h vardera. Två av testerna utfördes i miljöer utan någon form av värme, medan ett test genomfördes i varm miljö med hög luftfuktighet.

¹⁵ Smith DL, Petruzzello SJ, Kramer JM and Misner JE, ”Physiological, psychophysical, and psychological responses of firefighters to firefighting training drills”, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 67, (1996), s. 1063ff.

¹⁶ Smith DL, Petruzzello SJ, Kramer JM and Misner JE, ”The effects of different thermal environments on the physiological and psychological responses of firefighters to a training drill”, *Ergonomics*, 40, (1997), s. 500ff.

¹⁷ Saltin B, ”Aerobic work capacity and circulation at exercise in man –With special reference to the effect of prolonged exercise and/or heat exposure”, *Acta physiologica Scandinavica*, vol 62, Supplementum 230, (1964) s. 9ff.

Mätningar gjordes på kroppstemperatur, hjärtfrekvens och vätskeförlust. Resultatet visade en betydande ökning av kroppstemperatur och hjärtfrekvens samt en betydande minskning av vätskenivån i kroppen då testet gjordes i varm miljö med hög luftfuktighet. Man beräknade och uppskattade en försämrad prestation med 27,7 % vid fysiskt arbete i värme och hög luftfuktighet jämfört med ett arbete i rumstemperatur. Slutsatsen var att intensivt och långvarigt fysiskt arbete i varm miljö med hög luftfuktighet orsakar en förhöjd kroppstemperatur och därmed en försämrad prestation.¹⁸

I en studie gjord av Armada-da-Silva m.fl. undersöktes bl.a. hur en förhöjd kroppstemperatur påverkar RPE samt plasmaglukos- och laktatkoncentration. Försökspersonerna, 10 män, fick vid det första tillfället av två, cykla 14 min med normal kroppstemperatur ($37,5 \pm 0,27$ °C) (mätt rektalt) på en belastning motsvarande 63 % av deras maximala kapacitet. Försökspersonerna fick under testet skatta RPE för ben. Blodprov togs efter genomförandet. Vid andra tillfället fick försökspersonerna sitta i bastu innan testet genomfördes så att en förhöjd kroppstemperatur kunde uppmätas ($39,0 \pm 0,13$ °C) I övrigt genomfördes testet på samma sätt som i första tillfället. Testerna visade att RPE ökade signifikant i och med en förhöjd kroppstemperatur samt att plasmaglukoskoncentrationen ökade ($P < 0,05$) däremot fann man ingen påverkan på laktatkoncentrationen.¹⁹

Fink m.fl. testade 6 män som vid två olika tillfällen fick cykla i två olika miljöer; 44 °C, luftfuktighet (RH) = 15 % och 9 °C, RH = 55 %. Ett test bestod av tre cykeltest, vardera under 15 min 70-85 % av VO_2 max. Mellan varje cykling fick försökspersonen vila i 10 min. Före och efter varje test togs muskelbiopsier från vastus lateralis samt venprover. Hjärtfrekvens, syreupptagning och kroppstemperatur mättes och alla parametrar visade en signifikant höjning under arbetet i värme. Laktatkoncentrationerna var nästan dubbelt så höga i värmen. Utnyttjandet av muskelglykogen räknat på 60 min var större i värmen (74 mmol/kg) jämfört med 42 mmol/kg i 9 °C-miljön.²⁰

¹⁸ Voltaire B, Berthouze-Aranda S and Hue O, "Influence of a hot/wet environment on exercise performance in natives to tropical climate", *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, (2003), s. 306ff.

¹⁹ Armada-da-Silva PA, Woods J and Jones DA, "The effect of passive heating and face cooling on perceived exertion during exercise in the heat", *European Journal of Applied Physiology*, 91, (2004), s. 563ff.

²⁰ Fink WJ, Costill DL and Van Handel PJ, "Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold", *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 34, (1975), s. 183ff.

I en studie utförd av Maxwell m.fl. undersöktes hypotesen att det skulle vara jobbigare för kroppen fysiologiskt sett att utföra fysiskt arbete i värme än i kall miljö. Tolv manliga försökspersoner ingick i studien, alla fysiskt aktiva, utförde vid tre olika försökstillfällen löptester under olika förhållanden. Test A var en uppvärmning i kall miljö samt ett antal efterföljande sprintlopp (20 s.). Vilan mellan sprintloppen var 100 s. Test B bestod av en uppvärmning i kall miljö samt upprepade sprinterlopp i varm miljö, enligt samma utförande som i A. Test C var en uppvärmning i varm miljö samt upprepade sprintlopp i varm fuktig miljö med samma utförande som de båda föregående testerna. Vätskeförlust och kroppstemperatur (rektalt och oralt) samt hudtemperatur mättes. Kapillärblod togs för att mäta laktat- och glukoskoncentration. Resultatet i studien visade att vätskeförlusten var signifikant större under test C än i test B, som var större än i A. Kroppstemperaturen visade skillnader mellan A, B och C, rektalt ($P=0,007$), oralt ($P<0,001$) samt hudtemperatur ($P<0,001$). Ingen skillnad kunde uppmätas i laktatkoncentration under de olika testerna. Glukoskoncentrationen ökade däremot i B och C jämfört med A. Ingen skillnad i kroppstemperatur eller laktat- och glukoskoncentration kunde uppmätas mellan B och C testerna. Slutsatsen av studien var att prestationen hos en person sänks om man blir påverkad av en varm miljö med hög luftfuktighet.²¹

1.3 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna C-uppsats var att jämföra fysiskt arbete i rumstemperatur med arbete iförd full skyddsutrustning under värmepåverkan, för att därigenom undersöka hur fysiskt arbete i värme påverkar kroppen i ett fysiologiskt perspektiv.

Mina frågeställningar var:

- Hur påverkas hjärtfrekvens, kroppstemperatur och vätskeförlust vid submaximalt arbete i värme?
- Hur påverkas hjärtfrekvens, kroppstemperatur och vätskeförlust vid rökdykning?
- Hur påverkas hjärtfrekvens samt laktat- och glukoskoncentration i blodet vid arbete i värme jämfört med rumstemperatur?

²¹ Maxwell NS, Aitchison TC and Nimmo MA, "The effect of climatic heat stress on intermittent supramaximal running performance in humans", *Experimental Physiology*, 81, (1996), s. 833ff.

2. Metod och material

Material och utrustning som har använts i studien, före, under och efter samtliga testtillfällen, finns komplett presenterat i bilaga 1.

2.1 Käll- och litteratursökning

Käll- och litteratursökningen gjordes i PubMed och i Räddningsverkets bibliotekskatalog Micromarc. För sökningen i PubMed med ämnesord, synonymer, söksträngar och antalet träffar se bilaga 13.

2.2 Urval

Försökspersoner till studien söktes via e-post till Stockholms Brandförsvär (c:a 500 personer), Brandkåren Attunda (c:a 150 personer) samt Räddningsverkets SMO-klasser i Rosersberg (Skydd mot Olyckor 1, 3 och 4, c:a 130 personer) se bilaga 4. Totalt anmälde sig 24 personer. Kriterier för urvalet av försökspersoner var att de skulle vara brandmän, 22-40 år samt vara fullt friska enligt Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter (Arbetsmiljöverket) (AFS 1995:1), se bilaga 3. Eftersom testerna var krävande och många parametrar skulle mätas, bestämdes att sex försökspersoner skulle ingå i studien. De sex första försökspersonerna som hade anmält sig och uppfyllde kriterierna valdes ut till studien. Friskhetsintyg kontrollerades innan.

2.3 Försökspersoner

Sex frivilliga brandmän, (5 st. från Stockholms Brandförsvär och 1 st. från Brandkåren Attunda) deltog i studien. Försökspersonernas karaktäristik beskrivs i tabell 1.

Tabell 1 Försökspersonernas karaktäristik.

Försöksperson	Ålder (år)	Vikt (kg)	Längd (cm)	VO _{2max} (l · min ⁻¹)	VO _{2max} (ml · kg ⁻¹ · min ⁻¹)
F1	33	82,5	182	4,25	51,6
F2	27	87,0	187	5,40	62,0
F3	32	77,0	180	4,60	59,7
F4	30	91,0	186	5,74	63,1
F5	29	87,0	183	4,47	51,3
F6	30	80,0	183	4,33	54,1
Mv. (n=6)	30,2 ± 2,1	84,1 ± 5,2	184 ± 2,6	4,80 ± 0,62	57,0 ± 5,28

Medelvärde ± SD. Maximal syreupptagning (VO_{2max}).

2.4 Testprocedur

2.4.1 Försöksuppläggning

Försökspersonerna fick en inbjudan till syreupptagningstestet och rökdykartestet via e-post, med vägbeskrivningar till de olika testplatserna, samt vilket material och utrustning som skulle medtagas, se bilaga 5. Eftersom försökspersonerna kände till Kista brandstation där testerna i bastu genomfördes och material för testet fanns där, behövdes ingen vägbeskrivning eller material- och utrustningslista skickas ut.

2.4.2 Submaximalt och maximalt syreupptagningstest på ergometercykel

Försökspersonerna genomförde syreupptagningstesterna, se bild 1, på LTIV (Laboratoriet för Tillämpad Idrottsvetenskap) vid Idrottshögskolan i Stockholm. Innan testet vägdes försökspersonen (med underkläder) samt mättes. Ombyte till lätt klädsel (T-shirt och shorts) skedde och därefter försågs försökspersonen med pulsklocka. Sadelhöjden ställdes in och kapillärblod togs från fingertopp för analys av glukos- och laktatkoncentration.

Försökspersonen cyklade på fyra olika belastningar på en elektronisk Monark 839E (75W, 125W, 175W och 225W), fyra min på varje belastning (16 min totalt) i 70 kadens (pedalvarv per minut). Efter tredje minuten på varje belastning noterades puls samt skattad ansträngning (RPE) för ben och andning. Vid fjärde minuten fick försökspersonen sluta trampa och kapillärblod från fingertopp togs. Se testprotokoll bilaga 6. En mask var placerad för näsa och mun under hela testet, vilken via en slang var kopplad till en blandningskammare, Jaeger Oxycon Pro, som mätte syreupptagningen online, med registreringar var 15:e sekund. Efter genomfört submaximalt syreupptagningstest avlägsnades mask och försökspersonen fick vila i 10 min innan maxtestet. Ingen vätska fick intagas under denna tid.



Bild 1. Syreupptagningstest cykel

Det maximala syreupptagningstestet startade med en arbetsbelastning på 150W och 200W, 2 min på vardera belastning. Sedan höjdes belastningen med 25W var 30:e sekund som testet varade. Syreupptagningsmätningen gick till på samma sätt som under submaxtestet. Vid testets genomförande noterades maxpuls i testprotokollet, samt RPE för ben och andning. Två och tio min efter genomfört maxtest togs kapillärblod från fingertopp. Genom att beräkna ett medelvärde av de tre högsta registreringarna i slutet bestämdes VO_{2max} hos försökspersonerna. Alla belastningsökningar som gjordes på cykeln under syreupptagningstesterna var förprogrammerade i Monark 839E Analysis Software.

2.4.3 Rökdykartest

Testet genomfördes i ett rök- och brandövningshus vid Räddningsverket i Rosersberg under två eftermiddagar (eftermiddag 1: +2 °C, RH 82,1 %, lätt snöfall och eftermiddag 2: +4 °C RH 77,3 %, mulet) med hälften av deltagarna åt gången. Innan testets start registrerades försökspersonernas kroppstemperatur och vikt (i bara underkläder). Kapillärblod togs från fingertopp, därefter försågs försökspersonerna med pulsklocka.

Iförda full skyddsutrustning skulle försökspersonerna en och en utföra olika fysiskt krävande uppgifter i varm miljö där det brann på två olika våningsplan. Temperaturen på bottenplanet uppmättes på 1,8 m höjd, vid eftermiddag 1 till 220-280 °C och vid eftermiddag 2 till 190-300 °C. (Se bilaga 10 över skiss på rök- och brandövningshuset). Lastpallar användes som eldningsmaterial och under båda tillfällena eldades lika många lastpallar (25 st. totalt för alla försökspersoner/våningsplan) Testet övervakades av ansvarig lärare vid Räddningsverket i Rosersberg, som följde försökspersonerna under varje moment inne i huset.

Moment ett (M1) var att bära upp tre st. trädockor (vikt 32-36 kg) på axeln, en åt gången, högst upp i trapphuset. *Moment två* (M2), var att fira upp och ner en lastpall (22 kg) från en balkong, se bild 2. *Moment tre* (M3) var att ta sig ner till bottenplanet och stapla 12 st. lastpallar. Därefter fortsatte momentet ett våningsplan upp för att upprepa samma sak. Temperaturen på samma höjd uppmättes vid eftermiddag 1 till 100-160 °C och vid eftermiddag 2 till 170-330 °C. *Moment fyra* (M4) var att bära tillbaka trädockorna en åt gången till utgången från trapphusets högsta våningsplan. När detta var genomfört startade *moment fem* (M5) som var att bära 2 st. slangkorgar en i varsin hand (30 kg tot.) upp till trapphusets högsta plan för att där vända och komma ner igen fyra gånger, se bild 3. Därefter var rökdykartestet slut. Total tid för genomförandet var 13,5-17,5 min. Efter testet fick

försökspersonen skatta sin ansträngning utifrån RPE-skalan (ben och andning).

Kroppstemperaturen mättes och 2 min och 10 min efter avslutat test togs kapillärblod från fingertopp. Därefter vägdes försökspersonen. För testprotokoll rökdykartest se bilaga 7.



Bild 2. Rök- och brandövningshuset. Moment 2. **Bild 3.** Moment 5.

2.4.4 Arbetsförsök i bastu

Ett submaximalt ergometercykeltest i bastu, se bild 4, genomfördes på Kista brandstation. Bastun uppmätte 80-86 °C samt RH 5,5-5,6 % vid testet. Försökspersonerna iklädda full skyddsutrustning förutom handskar och stövlar, cyklade på tre olika belastningar (75W, 125W och 175W) på en Monark 818 E ergometercykel (12 min totalt) i 70 kadens. Innan testet mättes kroppstemperatur och vikt (i bara underkläder). I övrigt genomfördes cykeltestet på samma sätt som det submaximala syreupptagningstestet på LTIV, förutom att belastningen ökades manuellt. Efter genomfört cykeltest mättes kroppstemperatur och vikt (se bild 5) på försökspersonen.

Eftersom de fysiologiska reaktionerna vid cykling i bastu med full skyddsutrustning inte var kända fanns en osäkerhet kring detta test. Bedömningen att cykeltestet kunde utföras utan närvaro av medicinsk personal gjordes, men en belastningsnivå valdes dock bort (225 W). För testprotokoll se bilaga 8.



Foto: Kristin Waara

Bild 4. Cykeltest i bastu.



Foto: Kristin Waara

Bild 5. Vägning av kroppsvikt efter test.

2.4.5 Mätvariabler, material och metodik

VO₂ mättes online genom användning av Jaeger Oxycon Pro med blandningskammarteknik.

Hjärtfrekvensen mättes under testernas genomförande med Polar Accurex Plus hjärtfrekvensmätare som var inprogrammerad att registrera ett värde var femte sekund. Pulsen registrerades under tredje minuten på varje nivå vid submaxtesterna på cykel. En maxpuls under maxtestet noterades. Två medelvärden, ett för M1-M3 och ett för M4-M5, samt ett totalmedelvärde under rökdykartestet räknades ut.

Laktatkoncentration i mmol/l samt glukoskoncentration i mmol/l erhöles efter analys av kapillärblod från fingertopp med Biosen C_line sport. Kapillärrören placerades i provrör med 1,0 ml buffertlösning (natrium och heparin) och skakades om. Provrören frystes därefter ned och förvarades i -20 °C frysfrys för senare analys. Vid analysen tinades provrören upp och vändes upp och ner åtta gånger för att sedan bli kontrollerade att ingen skiktning hade skett. Därefter placerades provrören i laktat- och glukosmätaren. Varje försökspersons samtliga tester analyserades vid samma tillfälle.

Upplevd ansträngning skattades för både ben och andning på Borgs RPE-skala²² graderad från 6-20. Försökspersonerna kände väl till skalan.

²² Borg G, *Borg's perceived exertion and pain scales*, (Champaign, IL: Human Kinetics, 1998), s. 47.

Kroppstemperatur mättes med örontermometer Ibp Exato TS 4 före och efter rökdykartestet samt det submaximala ergometercykeltestet i bastu.

Vätskeförlust mättes genom att försökspersonerna vägdes på en allvåg 150 kg före och efter rökdykartestet samt vid det submaximala ergometercykeltestet i bastu.

2.5 Beräkningar

För att få reda på energiomsättningen vid fysiskt arbete i värme (rökdykartestet) beräknades en genomsnittlig hjärtfrekvens för hela arbetet hos försökspersonen, vilket sedan kunde kopplas till syreupptagningstestet på cykel och den syremängd som krävdes vid den genomsnittliga hjärtfrekvensen. Eftersom det vid energiomsättning förbrukas 5 kcal för varje liter syre som omsätts²³, multiplicerades mängden förbrukad syre med denna faktor. Den totala energiomsättningen erhöles genom att multiplicera resultatet med den totala tiden för rökdykningen. (Energiomsättning (kcal)) = $VO_2 \times 5 \times \text{tid}$.

Normalt sett så kan man inte relatera hjärtfrekvens vid arbete i värme med VO_2 i rumstemperatur, men eftersom ingen ökning av hjärtfrekvensen vid arbetstestet i bastu registrerades jämfört med samma test i rumstemperatur så räknades energiomsättningen ut på detta sätt. En uträkning av energiomsättning där hjärtfrekvens antas vara 15 slag/min lägre (dvs. förhöjd p.g.a. värme) har också gjorts.

2.6 Validitet och reliabilitet

Före cykeltesterna kontrollerades och kalibrerades cyklarna för att vara säkra på att försökspersonerna cyklade på rätt angiven belastning och för att validiteten och reliabiliteten skulle bli så hög som möjligt.

Mätinstrumenten för glukos- och laktatanalyser har testats innan och kontrollerats att de fungerar som de ska samt att rutiner vid provtagning av kapillärblod har övats in på rätt sätt. Falska laktat- och glukoskoncentrationer kan fås om det kommer in luftbubblor i kapillärröret som gör att mängden helblod i kapillärröret reduceras, vilket leder till ett mer utspätt provrör

²³ Broholmer M, Karlsson P och Leijding T, *Ät bäst! – Kost, idrott och hälsoutveckling*, (Stockholm: SISU Idrottsböcker, 2004), s. 33.

än vid korrekt provtagning. Om inte fingertoppen torkas av ordentligt med alkohol kan laktatkoncentrationerna bli missvisande eftersom svett innehåller laktat.²⁴

Validiteten kring glukosvärdena kan diskuteras eftersom försökspersonerna ej åt standardiserad kost dagen innan och samma dag som utförandet av testerna.

Reliabiliteten vid rökdykartestet är liten eftersom det är svårt att kunna få tillgång till samma sorts rök- och brandövningshus. Samma väderlek och luftfuktighet utomhus, samt samma temperatur inne i rök- och brandövningshuset vid just dessa två tillfällen. Bara under dessa två tillfällen och för olika försökspersoner skiljde temperaturen åt trots samma mängd eldningsmaterial.

Vid cyklingen i bastu användes metronom (70 takt) där försökspersonerna själva måste kunna hålla takten vilket kan ge en större variation i belastning än vid användning av en elektriskt bromsad ergometercykel. Belastning och trampfrekvens kontrollerades kontinuerligt.

2.7 Statistik

Resultaten är i de flesta tabeller och figurer presenterade i form av individuella värden samt medelvärde \pm standardavvikelse (SD). De statistiska beräkningarna i studien är uträknade i Microsoft Excel. Den statistiska signifikansnivån sattes till $p < 0,05$.

2.8 Bortfall

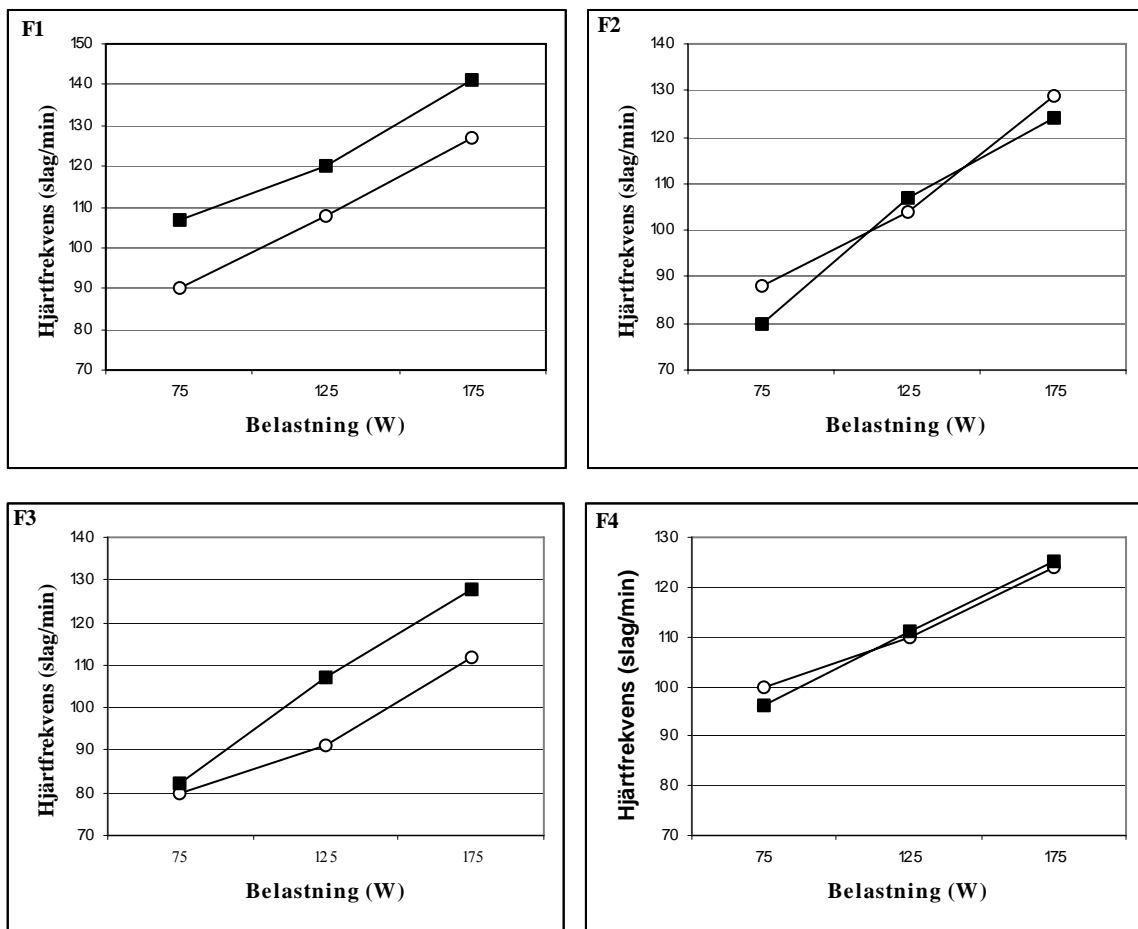
Något externt bortfall i studien finns inte. Ett internt bortfall förekommer däremot eftersom två av försökspersonerna inte kunde delta vid det submaximala ergometercykeltestet i bastu p.g.a. att de var bortresta. Detta medförde att inga värden erhöles för dem på detta test.

²⁴ Mårten Fredriksson, Laboratorieassistent, Idrottshögskolan, Stockholm.

3. Resultat

3.1 Hjärtfrekvens och energiomsättning

Vid jämförelse mellan cykling i bastu respektive cykling i rumstemperatur erhöles ingen större skillnad i hjärtfrekvens om ett medelvärde beräknas för de fyra försökspersonerna. Två försökspersoner hade lägre hjärtfrekvens i bastu och två försökspersoner hade samma hjärtfrekvens i bastu och i rumstemperatur. Se figur 1.



Figur 1. Jämförelse i hjärtfrekvens mellan submaxtest hos försöksperson 1-4. Submaximalt syreupptagningstest ergometercykel (■), submaximalt ergometercykeltest i bastu (○).

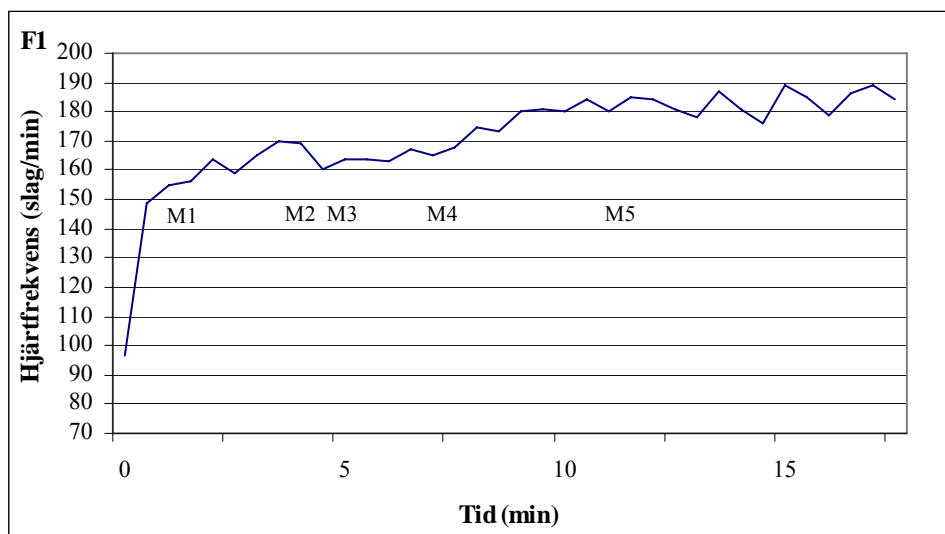
När försökspersonerna genomförde rökdykartestet hade de en hjärtfrekvens där högsta uppmätta värde var förhållandevis lika med maxtestet på cykel. Värt att notera är att två av försökspersonerna uppmätte en hjärtfrekvens som var högre. Vid rökdykartestet hade försökspersonerna $189 \pm 8,6$ slag/min och vid maxtestet på cykel $188 \pm 7,8$ slag/min. Se tabell 2 för individuella värden.

Tabell 2. Högsta uppmätta hjärtfrekvenser under rökdykartest repektive maximalt syreupptagningstest på cykel. Skattningar gjorda efter RPE-skalan vid avslutat test.

Försöksperson	Rökdykartest			Maxtest cykel		
	Hf _p (slag/min)	Rpe-Ben (6-20)	Rpe-Andning (6-20)	Hf _{max} (slag/min)	Rpe-Ben (6-20)	Rpe-Andning (6-20)
F1	190	19	20	182	19	19
F2	203	16	19	202	19	19
F3	187	17	17	189	20	18
F4	177	17	19	180	19	19
F5	190	16	19	190	19	18
F6	184	15	17	187	19	19
Mv. (n=6)	$189 \pm 8,6$	$17 \pm 1,4$	$19 \pm 1,2$	$188 \pm 7,8$	$19 \pm 0,4$	$19 \pm 0,5$

Medelvärde \pm SD. Högsta uppmätta hjärtfrekvens (Hf_p), maximal hjärtfrekvens cykel (Hf_{max}).

Under moment 1-4 uppmättes en hjärtfrekvens som var $164 \pm 7,8$ slag/min. Moment 4-5 ledde till att försökspersonerna nådde en hjärtfrekvens på $180 \pm 8,6$ slag/min. Figur 2 visar hjärtfrekvensen för en försöksperson. Sammantaget för hela rökdykartestet var hjärtfrekvensen $174 \pm 7,7$ slag/min vilket motsvarar $93 \pm 1,4$ % av max hjärtfrekvens (ergometercykel). Den genomsnittliga energiomsättningen under rökdykartestet var $308 \pm 25,7$ kcal. Försökspersonernas individuella hjärtfrekvenser och energiomsättningar framgår av tabell 3.



Figur 2. Exempel på hjärtfrekvenskurva under rökdykartestet hos försöksperson 1 (F1). M1-M5 anger olika moment (se text s.10).

Tabell 3. Hjärtfrekvens och energiomsättning under rökdykartestet.

Försöksperson	Hf _{mv} M1-3 (slag/min)	Hf _{mv} M4-5 (slag/min)	Hf _{mv} (slag/min)	Hf % _{max} (%)	Energioms. (kcal)
F1	161	179	172	95	328
F2	178	196	188	93	284
F3	165	178	174	92	300
F4	154	171	165	92	298
F5	163	182	174	92	350
F6	163	175	170	91	288
Mv. (n=6)	164 ± 7,8	180 ± 8,6	174 ± 7,7	93 ± 1,4	308 ± 25,7

Medelvärde ± SD. Medelvärde hjärtfrekvens moment 1-4 (Hf_{mv} M1-4), medelvärde hjärtfrekvens moment 4-5 (Hf_{mv} M4-5), medelvärde hjärtfrekvens under hela rökdykartestet (Hf_{mv}), genomsnittlig hjärtfrekvens i % av max hjärtfrekvens ergometercykel (Hf %_{max}).

3.2 Vätskeförlust och kroppstemperatur

Under arbetstestet i bastu skedde en vätskeförlust med $0,5 \pm 0,1$ kg vilket i procent av kroppsvikten skulle motsvara $0,6 \pm 0,1$ %. Kroppstemperaturen hos försökspersonerna steg med $0,8 \pm 0,3$. Vid rökdykartestet var vätskeförlusten hos försökspersonerna $0,9 \pm 0,1$ kg och räknat i procent av kroppsvikten motsvarar detta $1,1 \pm 0,1$ %. Kroppstemperaturen ökade med $2,1 \pm 1,2$. Se tabell 4 och 5 för individuella värden.

Tabell 4. Vätskeförlust och uppmätt kroppstemperatur efter cykeltest i bastu.

Försöksperson	Vikt f (kg)	Vikt e (kg)	Vätskef. (kg)	Vätskef. (%)	Kr. temp f (°C)	Kr. temp e (°C)	Skillnad (°C)
F1	84,0	83,5	0,5	0,6	35,9	36,6	0,7
F2	85,0	84,6	0,4	0,5	35,5	36,7	1,2
F3	76,7	76,3	0,4	0,5	35,5	36,0	0,5
F4	89,6	89,1	0,5	0,6	36,0	36,6	0,6
F5	-	-	-	-	-	-	-
F6	-	-	-	-	-	-	-
Mv. (n=4)	83,8 ± 5,3	83,4 ± 5,3	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1	35,7 ± 0,3	36,5 ± 0,3	0,8 ± 0,3

Medelvärde ± SD. Kroppsvikt före (vikt f) och efter test (vikt e), vätskeförlust=skillnad vikt före och efter test = vätskef. Kroppstemperatur före (kr. temp f) och efter test (kr. temp e).

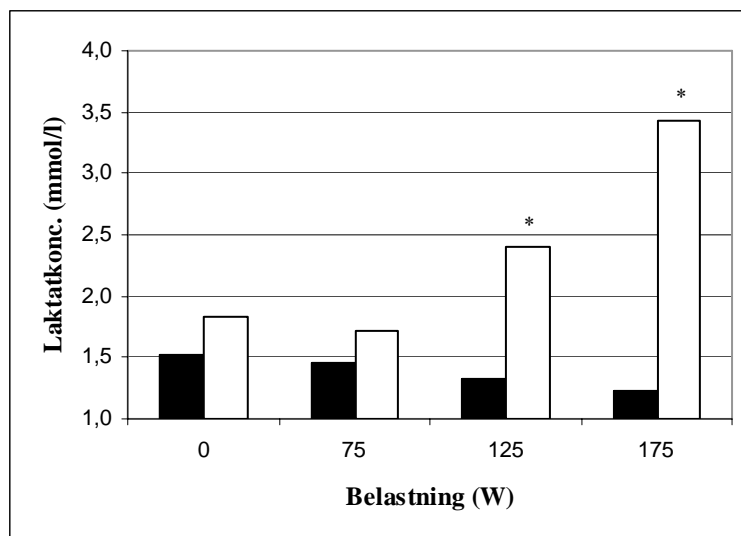
Tabell 5. Vätskeförlust och uppmätt kroppstemperatur efter rökdykartestet.

Försöksperson	Vikt f (kg)	Vikt e (kg)	Vätskef. (kg)	Vätskef. (%)	Kr. temp f (°C)	Kr. temp e (°C)	Skillnad (°C)
F1	82,8	81,9	0,9	1,1	36,5	39,6	3,1
F2	87,4	86,3	1,1	1,3	35,4	38,5	3,1
F3	77,2	76,3	0,9	1,2	36,4	38,8	2,4
F4	91,7	90,8	0,9	1,0	36,6	39,6	3,0
F5	87,3	86,3	1,0	1,1	36,2	37,0	0,5
F6	80,4	79,6	0,8	1,0	36,6	37,2	0,6
Mv. (n=6)	84,5 ± 5,3	83,5 ± 5,3	0,9 ± 0,1	1,1 ± 0,1	36,3 ± 0,5	38,5 ± 1,1	2,1 ± 1,2

Medelvärde ± SD. Kroppsvikt före (vikt f) och efter test (vikt e), vätskeförlust=skillnad i vikt före och efter test (vätskef.) Kroppstemperatur före (kr. temp f) och efter test (kr. temp e).

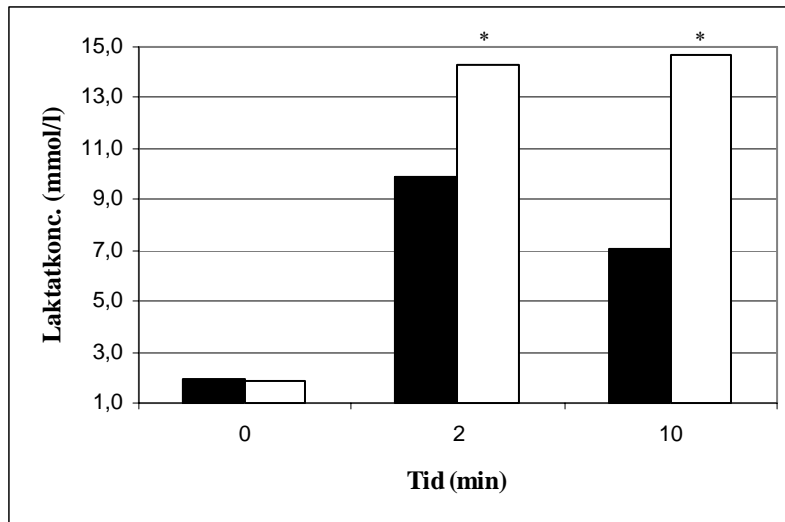
3.3 Laktatkoncentration

Innan arbetstestet i bastu (0 min) uppmättes laktatkoncentrationer i blod till $1,52 \pm 0,03$ mmol/l, under arbete till $1,46 \pm 0,40$ mmol/l (75W), $1,33 \pm 0,32$ mmol/l (125W) och till $1,23 \pm 0,17$ mmol/l (175W). Motsvarande värde för cyklingen i rumstemperatur var $1,83 \pm 0,50$ mmol/l (0 min), $1,72 \pm 0,39$ mmol/l (75W), $2,41 \pm 1,29$ mmol/l (125W) samt $3,43 \pm 1,46$ mmol/l (175W). Noterbart är att laktatkoncentrationen i bastu är lägre hos alla försökspersoner jämfört med cykling i rumstemperatur. Figur 3 visar medelvärden och tabell 6 och 7 (bilaga 11) individuella värden.



Figur 3. Laktatkoncentration före och under submaxtestet på cykel i bastu (svarta fält) samt submaxtest på cykel i rumstemperatur (vita fält). Värdena är medelvärden \pm SD för fyra personer.
* $p < 0,05$ vid jämförelse mellan bastu och rumstemperatur.

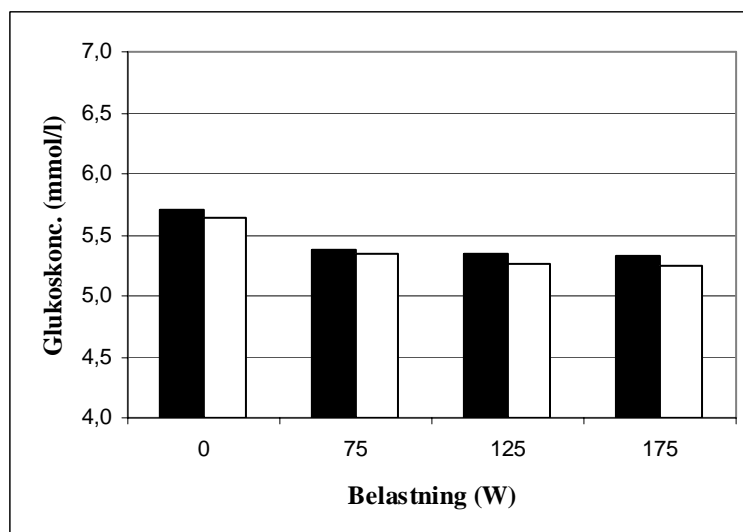
Innan starten av rökdykartestet (0 min) uppmättes laktatkoncentrationer till $1,93 \pm 0,62$ mmol/l, 2 min efter avslutat test till $9,91 \pm 1,72$ mmol/l och 10 min efter avslutat test $7,07 \pm 1,58$ mmol/l. Vid samma tidpunkter för maxtestet erhöles $1,83 \pm 0,50$ mmol/l (0 min), $14,3 \pm 1,37$ mmol/l (2 min) och $14,7 \pm 2,22$ mmol/l (10min). Hos försökspersonerna erhöles högre laktatvärden efter maxtestet på cykel, figur 4. För enskilda värden hos försökspersonerna se tabell 8, bilaga 11.



Figur 4. Laktatkonzentration före och efter rökdykartest (svarta fält) samt maxtest på cykel i rumstemperatur (vita fält). Vilolaktat (0), laktatkonzentration 2 min efter avslutat test (2) och laktatkonzentration 10 min efter avslutat test (10). Värdena är medelvärden \pm SD, för sex försökspersoner. * $p < 0,05$ vid jämförelse mellan rökdykartest och maxtest.

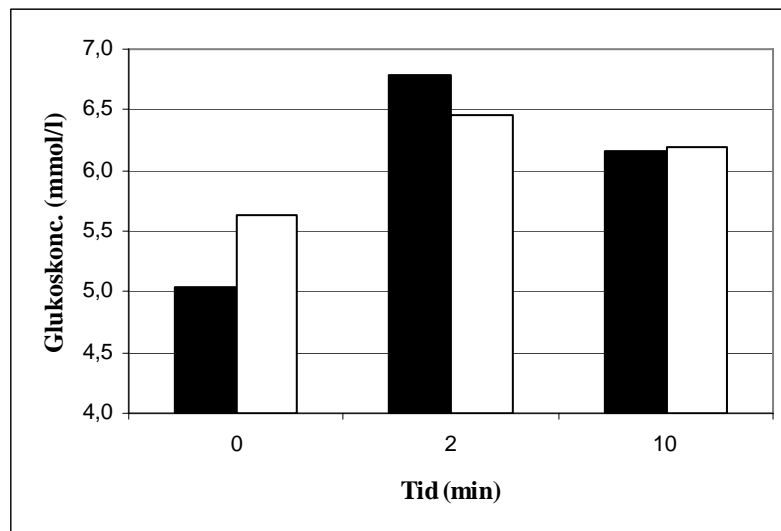
3.4 Glukoskoncentration

Ingen statistisk signifikant skillnad kunde uppmätas i glukoskoncentration mellan ergometercykeltest i bastu och i rumstemperatur. Innan testet i bastu, uppmättes en glukoskoncentration på $5,71 \pm 0,87$ mmol/l samt vid cykling $5,37 \pm 0,50$ mmol/l (75W), $5,34 \pm 0,63$ mmol/l (125W) och $5,33 \pm 0,49$ mmol/l (175W). Motsvarande värden för cykling i rumstemperatur var $5,64 \pm 1,00$ mmol/l (0 min), $5,35 \pm 1,41$ mmol/l (75W), $5,26 \pm 1,58$ mmol/l (125W) samt $5,25 \pm 1,50$ (175W). Se figur 5. För individuella värden se tabell 9 och 10, bilaga 12.



Figur 5. Glukoskoncentration före och under submaxtest på cykel i bastu (svarta fält) samt submaxtest på cykel i rumstemperatur (vita fält). Värdena är medelvärden \pm SD, för fyra personer.

Innan starten av rökdykartestet (0 min) mättes glukoskoncentrationen till $5,04 \pm 0,59$ mmol/l samt 2 min efter avslutat test till $6,79 \pm 1,26$ mmol/l och 10 min efter avslutat test $6,16 \pm 1,10$ mmol/l. Vid samma tidpunkter för maxtestet erhöles $5,64 \pm 1,00$ mmol/l (0 min), $6,46 \pm 1,25$ mmol/l (2 min) och $6,19 \pm 1,37$ mmol/l (10 min). Skillnaden i glukoskoncentration före och efter rökdykning är större än vid maxtestet på cykel, vilket delvis förklaras av ett lägre värde före rökdykningen (figur 6). För individuella variationer se tabell 11, bilaga 12.



Figur 6. Glukoskoncentration före och efter rökdykartest (svarta fält) samt maxtest på cykel i rumstemperatur (vita fält). Glukoskoncentration före arbete (0), 2 min efter avslutat test (2) och glukoskoncentration 10 min efter avslutat test (10). Värdena är medelvärden \pm SD för sex försökspersoner.

4. Diskussion

4.1 Hjärtfrekvens och energiomsättning

Vid mätningarna av hjärtfrekvensen under ergometercykeltest i bastu jämfört med rumstemperatur uppmättes ingen skillnad. Detta kan förklaras av att skyddskläderna som brandmännen bär är starkt skyddande mot värme. Försökspersonerna upplevde det själva som att ingen värme kunde tränga in genom kläderna i bastun. Eftersom detta test inte gav någon skillnad i hjärtfrekvens kan inga beräkningar göras på hur mycket värmen påverkar hjärtfrekvensen. Vad som händer med hjärtfrekvensen vid högre temperaturer och då värmen sannolikt tränger in genom skyddskläderna t.ex. vid rökdykartestet är inte känt.

Under rökdykartestet kunde man se att försökspersonerna låg på mycket höga hjärtfrekvenser, i genomsnitt 174 slag/min vilket motsvarar 93 % av maximal hjärtfrekvens på ergometercykel. Detta kan förklaras av de tunga belastande övningar som försökspersonerna genomförde under testet vilka engagerat större delen av kroppens muskler.

Enligt beräkningar förbrukade försökspersonerna under rökdykartestet i genomsnitt 308 kcal under en tidsperiod av c:a 15 min. För att se det i ett större perspektiv och förstå innebörden av denna energiomsättning kan man relatera det till energiomsättning vid promenad i 15 min för en 70 kg man (30 kcal), styrketräning (65 kcal), simning (110 kcal), innebandy (130 kcal), cykling (165 kcal) och för löpning (210 kcal).²⁵

Troligtvis är förbrukningen hos försökspersonerna kraftigt överskattad, om man istället antar att hjärtfrekvensen är 15 slag/min högre vid rökdykningen jämfört med arbete i normal temperatur och använder motsvarande värden för syreupptagning blir energiomsättningen i genomsnitt hos försökspersonerna istället 250 kcal. Även vid en överskattning så skulle alltså energiomsättningen fortfarande vara stor. Detta visar hur fysiskt krävande rökdykningen och de arbetsmoment som ingick var för försökspersonerna.

4.2 Vätskeförlust och kroppstemperatur

Vätskeförlusten hos försökspersonerna vid submaxtesterna i bastun uppmättes i genomsnitt till 0,6 % av kroppsvikten. Vid rökdykartestet visade vätskeförlusterna i genomsnitt 1,1 % av

²⁵ Broholmer M, Karlsson P och Leijding T, *Ät bäst! – Kost, idrott och hälsoutveckling*, (Stockholm: SISU Idrottsböcker, 2004), s. 34.

kroppsvikten. Vätskeförlustens storlek i förhållande till kroppsvikten beror på arbetsbelastning och den värme man utsätts för. Tyngre arbete och högre temperatur bidrar alltså till en högre svettning. ”Vid en vätskeförlust på 2 % av kroppsvikten minskas kroppens arbetsförmåga med 25 %.”²⁶

Kroppstemperaturökningen vid submaxtesterna i bastun uppmättes till 0,8 °C och vid rökdykartestet till 2,1 °C. Det som händer i kroppen när man utsätts för värmebelastningar är att mer blod måste cirkuleras perifert för att kunna kyla ned kroppen och transportera bort värmen, om denna kylning inte är tillräcklig stiger kroppstemperaturen.²⁷ Vätskeförluster och kroppstemperaturhöjningar under rökdykning är i enlighet med vad som rapporterats i tidigare studier.^{28 29 30}

4.3 Laktatkoncentration

Resultatet vid mätning av laktatkoncentration under submaxtesterna i bastun och i rumstemperatur är mycket intressant. Värdena visar signifikant lägre koncentrationer av laktat vid cyklingen i bastu med full skyddsutrustning. Enligt Interspiro som tillverkar luftpaketen som testpersonerna hade på sig och andades luft ur, sker en temperatursänkning vid expansion av den komprimerade luften. Vid andning från mask kopplad till luftpaket innebär detta att luften som försökspersonerna andades in var kallare än rumstemperatur. En temperatursänkning av en gas enligt allmänna gaslagen skulle därmed göra att mängden (antal mol) ökar och i och med detta ökar också syreinnehållet.

Allmänna gaslagen:

$$pV = nRT$$

p = tryck (Pa)

V = volym (m³)

n = mängd (mol)

R = allmänna gaskonstanten (8,314 J/(mol · K))

T = temperaturen (K)

²⁶ Malmsten C och Rosander M, *Rök- och kemdykning*, (Stockholm: AB Grafiska Gruppen, 1997), s. 44.

²⁷ Nilsson J, *Puls- och laktatbaserad träning*, (Farsta: SISU Idrottsböcker, 1998), s. 162.

²⁸ Rossi R, ”Fire fighting and its influence on the body”, *Ergonomics*, 46, (2003), s. 1017ff.

²⁹ Eglin CM, Coles S and Tipton MJ, ”Physiological responses of fire-fighter instructors during training exercises”, *Ergonomics*, 47, (2004), s. 483ff.

³⁰ Smith DL, Petruzzello SJ, Kramer JM and Misner JE, ”Physiological, psychophysical, and psychological responses of firefighters to firefighting training drills”, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 67, (1996), s. 1063ff.

I detta fall betyder det att när man andas in luft genom luftpaketet andas man in luft som innehåller mer syre. Mer syre transporteras via blodet ut till musklerna och på så sätt minskar muskelns laktatproduktion. Detta i sin tur leder till att försökspersonen upplever det lättare att arbeta.

För att åskådliggöra ett exempel av temperaturskillnadens påverkan på mängden görs en jämförelse mellan två olika temperaturer: **1)** 10 °C (283 K) (antagen temperatur på inandningsluften från luftpaketet) och **2)** 20 °C (293 K) (temperatur på inandningsluften i rumstemperatur). Atmosfärstrycket 101.300 Pa används vid rumstemperatur och övertrycket på inandningsluften från luftpaketet via masken 250 Pa (2,5 mbar enligt Interspiro) är adderat till atmosfärstrycket på inandningsluften från luftpaketet. Syrehalt i luft är 21 % vilket innebär för **1)** 9,07 mol syre och för **2)** 8,74 mol syre.

Hur stor effekt det ökade syreinnehållet har på en förbättrad muskelfunktion är svårt att säga men resultatet i bastun jämfört med cykling i rumstemperatur tyder på att muskeln inte producerar lika mycket laktat då man andas in kallare luft. Detta skulle i praktiken betyda att man skulle kunna träna och arbeta bättre och under längre tid vid en kallare lufttemperatur jämfört med en varm eftersom musklernas aeroba metabolism ökar.

Huruvida laktatproduktionen vid rökdykartestet har påverkats då man har använt sig av inandningsluft från luftpaket är lite svårt att uttala sig om eftersom många andra faktorer spelar in vid rökdykningen. För att kunna göra en sådan jämförelse skulle man behöva göra ett rökdykartest i rumstemperatur där försökspersonerna andas rumstemperaturluft direkt utan luftpaket. Men här spelar även andra saker in som kan göra det svårt att genomföra denna jämförelse. I och med att temperaturen kan uppgå till flera hundra grader under rökdykningen, tränger värme in på skyddsutrustningen varvid temperaturen på inandningsluften från luftpaketet kan stiga.

4.4 Glukoskoncentration

Medelvärdena för glukoskoncentrationen var likvärdiga i bastu och vid cykling i rumstemperatur men vid rökdykartestet uppmättes högre värden efter testet jämfört med maxtestet på cykel om man jämför glukoskoncentrationen innan testets start och 2 min efter

testet. ”En normal glukoskoncentration hos en vuxen man är 5 mmol/l.”³¹ Att glukoskoncentrationen stiger kan ha med den förhöjda blodkoncentrationen vid vätskeförlust att göra. En annan möjlighet är en ökad hemokoncentration (förlust av plasmavolym) som gör att leverns glykogen bryts ned och därmed bidrar till ett ökat blodglukos.

4.5 Generalisering

Generaliseringen hos de personer som passar in i urvalet (brandmän, 27-33 år) uppskattas som god. Givetvis förekommer individuella variationer beroende på träningsgrad och muskelns verkningsgrad (hur ekonomiskt en person arbetar).

4.6 Slutsats

- *Slutsats rökdykning:* Den typ av arbete som utfördes vid rökdykartestet gjorde att brandmännen fick en genomsnittlig hjärtfrekvens (174 slag/min) som ligger mycket nära maximal hjärtfrekvens vid ergometercykling (93 %).

Vätskeförlusterna vid rökdykartestet var 1,1 % av kroppsvikten och kroppstemperaturen steg med 2,1 °C hos de sex försökspersonerna.

Långvarigt arbete (13-18 min.) likt det vid rökdykartestet, i kombination med hög och jämn hjärtfrekvens ställer stora fysiologiska krav på brandmännen. Detta visar att brandmän har ett mycket fysiskt krävande arbete vid situationer såsom krävande rökdykningar.

- *Slutsats arbetsförsök i bastu jfr submaxtest på cykel i rumstemperatur:* Vid arbete i ~ 85 gradig värme med full skyddsutrustning upptäcktes ingen skillnad i hjärtfrekvens jämfört med arbete i rumstemperatur.

Vätskeförlusten uppmättes till 0,6 % av kroppsvikten och kroppstemperaturen steg med 0,8 °C hos de sex försökspersonerna.

³¹ Paulún F, *Blodsockerblues*, (Stockholm: Fitnessförlaget, 2002), s. 18.

Laktatkoncentration vid arbete i ~ 85 gradig värme var lägre än vid samma arbete i rumstemperatur. Denna skillnad skulle kunna förklaras av att mängden syre som musklerna får tillgång till via blodet är större när man andas ur luftpaket p.g.a. den lägre temperaturen på inandningsluften jämfört med rumsluft.

Glukoskoncentrationerna vid arbete i ~ 85 gradig värme var detsamma som vid arbete i rumstemperatur. Vid tyngre arbete i högre värme (rökdykning) syns något förhöjda värden efter arbetet.

4.7 Fortsatt forskning

En intressant studie skulle vara att göra ett rökdykartest i samma rök- och brandövningshus med samma övningsupplägg utan full skyddsutrustning och värme. Eftersom laktatkoncentrationen vid cykling i bastu skiljde sig så mycket åt jämfört med cykling i rumstemperatur så skulle det vara intressant att få reda på hur dessa värden skiljer sig då man arbetar under högre belastning. Dessutom skulle man få reda på hur mycket hjärtfrekvens och glukoskoncentration skiljer sig i värme jämfört med normal temperatur. Alternativt kan man göra ergometercykeltester i rumstemperatur med och utan full skyddsutrustning under olika belastningar, för att där se de olika skillnaderna och hur inandningsluft från luftpaketet påverkar laktatkoncentrationen jämfört med rumstemperaturluft. Rökdykartest och maxtest på cykel kan vara svårt att jämföra eftersom det inte är samma typ av arbete för muskulaturen och därför säger resultaten vid dessa två jämförelser inte allt.

Källor och referenser

Otryckta källor

Muntliga källor

Mårten Fredriksson, Laboratorieassistent, Idrottshögskolan, Stockholm (2005-03-07 kl. 12.30).

Bengt Svärd, Product & Sales support Interspiro, Lidingö, Stockholm (2005-04-12 kl. 15.00).

Tryckta källor

Officiellt tryck

Andersson M, Holst J och Grönkvist H, *Hälsokrav vid rök- och kemdykning – medicinska synpunkter på tillämpningen av AFS 1995:1*, (Karlstad: FoU rapport Räddningsverket, 1997).

Armstrong L-E, *Performing in extreme environments*, (USA: Versa Press, 2000).

Bohman U och Isaksson P, *Idrottarens energibok*, (Stockholm: Fälth & Hässler, 1999).

Borg G, *Borg's perceived exertion and pain scales*, (Champaign, IL: Human Kinetics, 1998).

Broholmer M, Karlsson P och Leijding T, *Ät bäst! – Kost, idrott och hälsoutveckling*, (Stockholm: SISU Idrottsböcker, 2004).

Haug E, Sand O, Sjaastad O.V, *Människans fysiologi*, (Stockholm: Liber AB, 1993).

Holmér I, Gavhed D, Karlsson E, Kuklane K och Nilsson H, *Belastningsstudier av rökdykning vid extrem strålningsvärme*, (Karlstad: FoU rapport Räddningsverket, 1997).

Malmsten C och Rosander M, *Rök- och kemdykning*, (Stockholm: AB Grafiska Gruppen, 1997).

Nilsson J, *Puls- och laktatbaserad träning*, (Farsta: SISU Idrottsböcker, 1998).

Paulún F, *Blodsockerblues*, (Stockholm: Fitnessförlaget, 2002).

Rodahl K och Åstrand P-O, *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*, 3. ed. (New York: McGraw Hill, 1986).

Rök- och kemdykning – Arbetarskyddsstyrelsens författningssamling AFS 1995: 1, (Stockholm: Arbetarskyddsstyrelsen, 1995).

Tidskrifter

Annwall G, ”Upplevelsen av fysisk ansträngning vid rökdykning”, *Undersökningsrapport Arbetarskyddsstyrelsen*, 102, (1975), s. 1-14.

Armada-da-Silva PA, Woods J and Jones DA, ”The effect of passive heating and face cooling on perceived exertion during exercise in the heat”, *European Journal of Applied Physiology*, 91, (2004), s. 563-571.

Eglin CM, Coles S and Tipton MJ, ”Physiological responses of fire-fighter instructors during training exercises”, *Ergonomics*, 47, (2004), s. 483-494.

Fink WJ, Costill DL and Van Handel PJ, ”Leg muscle metabolism during exercise in the heat and cold”, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 34, (1975), s. 183-190.

Lusa L, Louhevaara V, Smolander J, Kivimaki M and Korhonen O, ”Physiological responses of firefighting students during simulated smoke-diving in the heat”, *American Industrial Hygiene Association*, 54, (1993), s. 228-231.

Maxwell NS, Aitchison TC and Nimmo MA, ”The effect of climatic heat stress on intermittent supramaximal running performance in humans”, *Experimental Physiology*, 81, (1996), s. 833-845.

Rossi R, ”Fire fighting and its influence on the body”, *Ergonomics*, 46, (2003), s. 1017-1033.

Saltin B, ”Aerobic work capacity and circulation at exercise in man –With special reference to the effect of prolonged exercise and/or heat exposure”, *Acta physiologica Scandinavica*, vol 62, Supplementum 230, (1964) s. 9-43.

Sköldström B, ”Arbete i värme med skyddsutrustning – Fysiologiska reaktioner hos rökdykare”, *Arbete och Hälsa - vetenskaplig skriftserie, Arbetarskyddsstyrelsen*, 36, (1986), s. 1-18.

Smith DL, Petruzzello SJ, Kramer JM and Misner JE, ”Physiological, psychophysical, and psychological responses of firefighters to firefighting training drills”, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 67, (1996), s. 1063-1068.

Smith DL, Petruzzello SJ, Kramer JM and Misner JE, ”The effects of different thermal environments on the physiological and psychological responses of firefighters to a training drill”, *Ergonomics*, 40, (1997), s. 500-510.

Voltaire B, Berthouze-Aranda S and Hue O, ”Influence of a hot/wet environment on exercise performance in natives to tropical climate”, *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43, (2003), s. 306-311.

Bilaga 1.

Utrustning och material i studien

Cyklar:

Monark 839 E (Monark Exercise AB, Vansbro, Sverige).

Monark 818 E (Monark Exercise AB, Vansbro, Sverige).

Apparatur för syreupptagningsmätning:

Jaeger Oxycon Pro med blandningskammarteknik (Jaeger GmbH, Hoechberg, Tyskland).

Hjärtfrekvensmätare:

Polar Accurex Plus (Polar Electro Oy, Kempele, Finland).

Fläkt:

Gelia 4 cm Standard fan. (Ahlseil AB Division Gelia Grästorps, Sverige).

Skattad ansträngning:

Borgskalan (RPE-skalan) (Borg G, *Borg's perceived exertion and pain scales*, Champaign, IL: Human Kinetics, (1998), s.47).

Klocka:

Långtidsklocka Hanhart Controller (Hanhart, Tyskland).

Metronom:

Quartz Model 315 (Metronome Metria, China).

Laktat- och glukosanalysator:

Biosen C_line sport Analyzer for glucose and lactate (EKF Diagnostic GmbH, Barleben/Magdeburg, Tyskland).

Bilaga 1.

Material i samband med kapillärblodstagning:

Hemolance plus lansetter (Arta Plast AB, Tyresö, Sverige).

Injektionstork 70 % isopropylalkohol (Selfatrade AB, Spånga, Sverige).

Kapillärrör plast (EKF Diagnostic GmbH, Barleben/Magdeburg, Tyskland).

Celltork (Health Care AB, Mölnlycke, Sverige).

Evercare soft handskar (Selfatrade AB, Spånga, Sverige).

Microtest tubes 1,0 ml buffertlösning (natrium och heparin) (EKF Diagnostic GmbH, Barleben/Magdeburg, Tyskland).

Våg:

Allvåg 150 kg (Allvåg AB, Stockholm, Sverige).

Termometrar:

Testo 610, Luftfuktighets- och temperaturmätare 0-100 % RH (-20 - +70 °C) ± 0,2 RH ± 0,2 °C (Lenzkirch, Tyskland).

EMA 1100 Snabbtermometer 5810 -50 - +1100 °C (EMA Instrument AB, Malmö, Sweden).

IBP Exato TS4 ± 0,2 °C (IBP Service Center, Jena, Tyskland).

Larmställ och underställ:

Brage Protective (BF Gruppen, Borås, Sverige).

Andningsmask:

Interspiro spiromatic F PC (Lidingö, Stockholm).

Luftpaket:

Interspiro 324 (Lidingö, Stockholm).

Statistik:

Windows Excel

Bilaga 2.

Ordlista och förkortningar

Brandkåren Attunda	Består av brandstationerna Järfälla, Sollentuna, Upplands-Bro och Upplands Väsby samt en täckstyrka som täcker upp på stationen när den ordinarie styrkan är på övning.
Externt bortfall	Försökspersoner som inte deltog i, eller avbröt studien.
Generalisering	Huruvida resultatet gäller för andra individer än de som deltog i studien.
Glukos	”Blodsocker”
Hf_{max}	Maximal uppnådd hjärtfrekvens.
Laktat	Mjölksyra
mmol/l	millimol per liter. Mol: grundenhet för materiemängd.
Internt bortfall	Försökspersoner som inte kunde delta i en viss mätvariabel.
Kalibrering	En nollpunktsinställning av instrumentet som sker med hjälp av referensmetoder eller standardprov av hög noggrannhet. Kan utföras både inför och mellan varje test.
Kapillärblod	Blod som tas genom ett stick med en lansett i fingertopp.

Bilaga 2.

Maxtest	Belastningstest som kräver att individen använder sin maximala syreupptagning.
Muskelbiopsi	Ett muskelprov som tas under lokalbedövning.
Muskelglykogen	En av muskelns energikällor.
PubMed	Den största internationella databasen för medicinska artiklar. National Library of Medicine's Webbversion av databasen Medline.
Reliabilitet	Tillförlitlighet vid upprepning av studie.
Signifikant	Statistisk term med betydelsen säkerställd med en viss sannolikhetsgrad. Anges i p-värde (probability). $p < 0,05$ betyder att värdena är >95 % säkerställda, eller omvänt så är risken för att redovisa felaktiga värden <5 %.
Slangkorg	Används för transport av slanglängder (brandslang) och som underlättar utrullning av slang.
Standardavvikelse (SD)	Ett statistiskt spridningsmått för insamlade en viss data, där en standardavvikelse (1 SD) täcker 68 % av normalfördelningskurvan.
Stockholms Brandförsvär	Består av brandstationerna Brännkyrka, Farsta, Hägersten, Johannes, Katarina, Kista, Kungsholmen, Lidingö, Solna/Sundbyberg, Vällingby och Östermalm, samt en täckstyrka som täcker upp på stationen när den ordinarie styrkan är på övning.

Bilaga 2.

Submaxtest	Belastningstest som ej kräver att individen använder sin maximala syreupptagning.
Validitet	Giltighet. Om man mäter det man har för avsikt att mäta.
Vastus lateralis	Yttre breda lårmuskeln
Venprov	Blodprov som tas från ven, vanligen en av venerna i armbågsvecket.
VO ₂	Syreupptag
VO _{2max}	Maximalt syreupptag.

Bilaga 3.

Utdrag ur Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter (Arbetsmiljöverket) (AFS 1995:1).

4 § Den som rök- eller kemdyker skall vara fullt frisk och ha god fysisk arbetsförmåga samt kunna arbeta lugnt i svåra situationer.

5 § Arbetsgivare skall föranstalta om följande läkarundersökningar av arbetstagare som utför rök- eller kemdykning:

1. Läkarundersökning inom 6 månader innan arbete med rök- eller kemdykning påbörjas första gången. Undersökningen skall omfatta bestämning av fysisk arbetsförmåga, arbetsprov med EKG-registrering (arbets-EKG) samt vad som i övrigt behövs för en bedömning huruvida den undersökte med hänsyn till sitt hälsotillstånd bör sysselsättas med rök- eller kemdykning.
2. Periodiska läkarundersökningar med högst ett års mellanrum. Dessa skall omfatta samma som läkarundersökning enligt punkt 1, med följande undantag
 - den som är under 40 år behöver genomgå arbetsprov med EKG-registrering endast vart femte år,
 - den som fyllt 40 år men inte 50 år behöver genomgå sådant arbetsprov endast vartannat år.
3. Läkarundersökning av den som efter uppehåll skall återuppta arbete med rök- eller kemdykning om mer än ett år gått sedan senaste läkarundersökningen.
4. Läkarundersökning före fortsatt arbete med rök- eller kemdykning av den som råkat ut för sjukdom eller annan händelse som kan medföra ökad risk för ohälsa eller olycksfall vid sådant arbete.
Undersökningarna enligt punkterna 1-4 skall resultera i en bedömning av den undersöktes tjänstbarhet i arbete med rök- eller kemdykning.

6 § Den som vid en läkarundersökning enligt 5 § företett sjuklighet eller svaghet som innebär en ökad risk för ohälsa eller olycksfall vid rök- eller kemdykning får inte sysselsättas med sådant arbete.

Bilaga 4.

Missivbrev



Försökspersoner sökes

Stockholm 050221

Hej!

Jag söker försökspersoner till mitt examensarbete (10p) vid Idrottshögskolan vt-2005 som handlar om hur kroppen påverkas vid fysisk ansträngning i värme. Testerna kommer att genomföras på Idrottshögskolan i Stockholm samt Räddningsverket i Rosersberg och omfattar ett maximalt syreupptagningstest på cykel, ett rökdykartest samt ett submaximalt arbetstest på cykel i bastu. Det som kommer att undersökas är puls, kroppstemperatur, vätskenivå och energiomsättning. Laktat- och glukostester kommer även att göras.

Testerna startar måndag v.10 då maximalt syreupptagningstest genomförs. V.11 görs rökdykartest med hälften av deltagarna onsdag e.m. samt resterande personer torsdag e.m. V.12 genomförs arbetstesterna i bastu.

I studien kommer 8-10 brandmän att ingå. Om du vill delta i studien ska du vara 22-40 år och är ”fullt frisk”, enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 1995:1).

Intresseanmälan för deltagande i studien kan skickas till ihs720@stud.ihs.se senast 050227. Frågor kring studien kan sändas till samma adress.

Med vänliga hälsningar!

Kristin Waara L4a

Idrottshögskolan

ihs720@stud.ihs.se

Bilaga 5.

Välkomstbrev



Stockholm 050301

Hej och välkommen på tester!

Syreupptagningstestet genomförs på Idrottshögskolan i Stockholm.

Hit tar du dig på följande sätt:

Med tunnelbana (från Stockholm Central):

- Ta röd linje mot Mörby centrum, avstigning Stadion, åk långt framme i tåget.
- Följ skyltar mot Stadion och Idrottshögskolan.
- Efter rampen fortsätter du fram till trafikljusen och korsningen Valhallavägen /Lidingövägen.
- Gå över Lidingövägen, följ Stadions långsida tills du kommer fram till ”Klocktornet”
- Följ skylt och gå upp för backen.
- Ta vänster och gå förbi Lingstatyn. Vid cykelparkeringarna finns entrén där du går in.
- Följ korridoren till vänster tills du kommer till Laboratoriet för Tillämpad Idrottsvetenskap (LTIV). Välkommen!

Med Bil (från Stockholm Central):

- Åk norrut på Vasagatan.
- Sväng höger in på Olof Palmes gata.
- Sväng höger in på Sveavägen.
- Sväng vänster in på Kungsgatan och fortsätt ner till Stureplan.
- Åk Sturegatan uppåt tills du kommer till vägkorsningen och trafikljusen Valhallavägen/Lidingövägen, där fortsätter du rakt framåt på Lidingövägen.
- Sväng vänster vid första trafikljusen in på Fiskartorpsvägen. Parkering finns vid Östermalms IP.
- Gå över Fiskartorpsvägen upp mot Idrottshögskolan, genom grindarna. (Du kommer upp på baksidan).
- Följ vägen så kommer du fram till Idrottshögskolans huvudentré.
- Med huvudentrén framför dig tar du vänster och går förbi Lingstatyn. Vid cykelparkeringarna finns entrén där du går in.
- Följ korridoren till vänster tills du kommer till Laboratoriet för Tillämpad Idrottsvetenskap (LTIV). Välkommen!

Medtag: T-shirt, shorts, gymnastikskor och ombyte. Tillgång till dusch och bastu finns.

Bilaga 5.

**Rökdykartestet genomförs på Räddningsverket i Rosersberg.
Hit tar du dig på följande sätt:**

Med pendeltåg (från Stockholm Central):

- Ta pendeltåg mot Sollentuna/Märsta från Stockholm Central. Rosersbergs station ligger en station från slutstationen Märsta.
- Gå nedför trapporna från spärrarna, ta höger och följ vägen mot busskuren. Hämtning efter överenskommelse.

Med Bil:

E4-an norrifrån: Vid andra avfarten tar du av från E4: an. Följ först skyltar mot Märsta, sedan mot Rosersberg och Räddningsverket. Parkering finns utanför Eken/Björken. Gå in vid entrén Restaurang Tre rosor. Samling i Rosencafét.

E4-an söderifrån: Vid Upplands Väsby tar du av från E4: an och följer därefter skyltning mot Rosersberg, sedan mot Räddningsverket. Parkering finns utanför Eken/Björken. Gå in vid entrén Restaurang Tre rosor. Samling i Rosencafét.

Medtag: Underställ, larmställ och ombyte. Tillgång till dusch och bastu finns.

Med Vänliga Hälsningar!

Kristin Waara L4a
Idrottshögskolan

ihs720@stud.ihs.se

070-562 31 21

Bilaga 6.

Testprotokoll syreupptagning cykel

Namn: _____

Sadelhöjd: _____

Födelseår: _____

Basglukosvärde (mmol/l): _____

Vikt (kg): _____

Vilolaktatvärde (mmol/l): _____

Längd (cm): _____

Submaximalt cykeltest

Min	Watt	Puls	Rpe-ben	Rpe-andning	Laktatvärde	Glukosvärde

Maximalt cykeltest

Min	Watt	Maxpuls	Rpe-ben	Rpe-andning

Glukosvärde (2 min efter genomfört test) (mmol/l): _____

Laktatvärde (2 min efter genomfört test) (mmol/l): _____

Glukosvärde (10 min efter genomfört test) (mmol/l): _____

Laktatvärde (10 min efter genomfört test) (mmol/l): _____

Anteckningar:

Bilaga 7.

Testprotokoll rökdykning

Namn: _____

Kroppstemp (°C): _____

Födelseår: _____

Basglukosvärde (mmol/l): _____

Vikt (kg): _____

Vilolaktatvärde (mmol/l): _____

Väderförhållande

Lufttemperatur (°C): _____

Luftfuktighet (%): _____

Temperatur i huset plan 0: _____

Temperatur i huset plan 1: _____

Värden efter genomfört test

Rpe-ben efter genomfört test: _____

Rpe-andning efter genomfört test: _____

Glukosvärde (2 min efter genomfört test) (mmol/l): _____

Laktatvärde (2 min efter genomfört test) (mmol/l): _____

Kroppstemp (°C) efter test: _____

Vikt (kg) efter test: _____

Glukosvärde (10 min efter genomfört test) (mmol/l): _____

Laktatvärde (10 min efter genomfört test) (mmol/l): _____

Anteckningar:

Bilaga 8.

Testprotokoll submaximalt arbetstest i bastu

Namn: _____

Kroppstemp (°C): _____

Födelseår: _____

Basglukosvärde (mmol/l): _____

Vikt (kg): _____

Vilolaktatvärde (mmol/l): _____

Lufttemperatur bastu (°C): _____

Luftfuktighet bastu (%): _____

Min	Watt	Puls	Rpe-ben	Rpe-andning	Laktatvärde	Glukosvärde

Kroppstemp (°C) efter test: _____

Vikt (kg) efter test: _____

Anteckningar:

Bilaga 9.

Full skyddsutrustning



Kläder under larmstället:

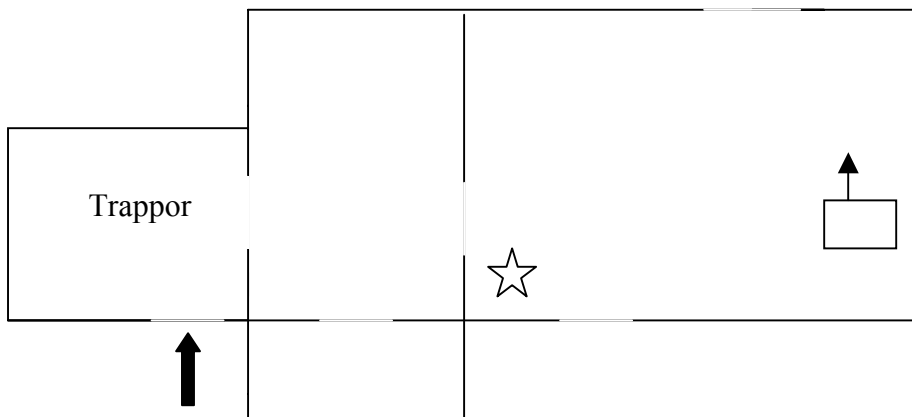
- Kalsonger
- Stationsbyxa alt. underställsbyxa.
- T-shirt eller pikétröja.
- Larm-Olle; underställströja (något tjockare än vanlig collegetröja med förstärkning över axlar).
- Strumpor

Bilaga 10.

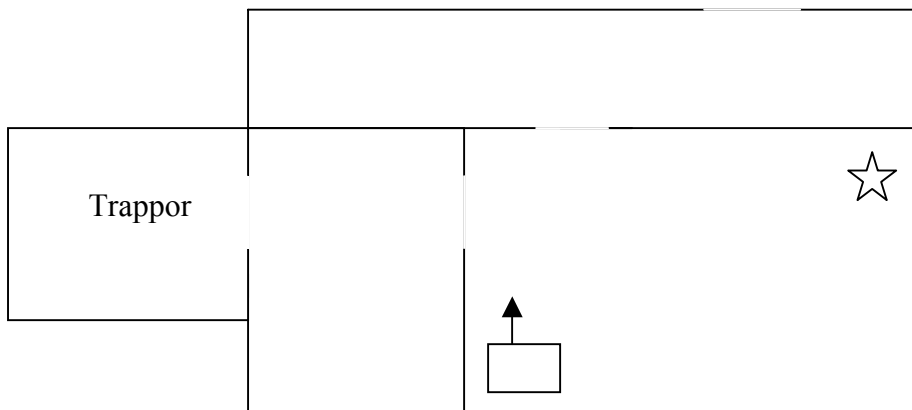
Rök- och brandövningshuset



Bottenplan:



Plan 1:



↑ = Start ingång

☆ = Brand

□ = Pallar 12 st.

↑ = Staplingsriktning

Bilaga 11.

Individuell laktatkoncentration

Tabell 6. Laktatkoncentration före och under submaxtest på cykel i rumstemperatur.

Submaxtest	rumstemp.			
	0	75W	125W	175W
Fösocksperson	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)
F1	1,47	2,23	3,97	5,63
F2	1,95	1,34	1,40	2,95
F3	1,21	1,27	1,63	2,50
F4	2,42	1,70	1,46	1,96
F5	2,37	1,66	1,84	2,66
F6	1,58	2,12	4,15	4,85
Mv. (n=6)	1,83 ± 0,50	1,72 ± 0,39	2,41 ± 1,29	3,43 ± 1,46
Mv. (n=4)	1,76 ± 0,53	1,64 ± 0,44	2,12 ± 1,24	3,26 ± 1,63

Medelvärde ± SD.

Tabell 7. Laktatkoncentration före och under submaxtest på cykel i bastu.

Submaxtest	bastu			
	0	75W	125W	175W
Fösocksperson	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)
F1	1,49	1,38	1,34	1,30
F2	1,50	2,03	1,76	1,33
F3	1,56	1,09	1,20	1,32
F4	1,52	1,34	1,01	0,98
F5	-	-	-	-
F6	-	-	-	-
Mv. (n=4)	1,52 ± 0,03	1,46 ± 0,40	1,33 ± 0,32	1,23 ± 0,17

Medelvärde ± SD.

Tabell 8. Laktatkoncentration före och efter rökdykartest och maxtest på cykel.

Rökdykartest	Maxtest cykel					
	0	2 min	10 min	0	2 min	10 min
Fösocksperson	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)
F1	2,83	11,59	8,39	1,47	14,42	15,47
F2	1,48	9,86	7,12	1,95	16,51	18,75
F3	1,86	7,45	3,95	1,21	12,72	13,34
F4	1,74	11,38	7,69	2,42	15,04	13,54
F5	1,18	10,93	7,58	2,37	13,92	12,67
F6	2,46	8,24	7,68	1,58	13,15	14,15
Mv. (n=6)	1,93 ± 0,62	9,91 ± 1,72	7,07 ± 1,58	1,83 ± 0,50	14,3 ± 1,37	14,7 ± 2,22

Medelvärde ± SD. Vilolaktatkoncentration (0), laktatkoncentration 2 min efter avslutat test (2 min) och laktatkoncentration 10 min efter avslutat test (10 min).

Bilaga 12.

Individuell glukoskoncentration

Tabell 9. Glukoskoncentration före och under submaxtest på cykel i rumstemperatur.

Fösöksperson	0 (mmol/l)	75W (mmol/l)	125W (mmol/l)	175W (mmol/l)
F1	5,87	3,96	4,08	4,17
F2	5,21	5,62	5,66	5,96
F3	4,74	4,69	4,50	4,58
F4	7,52	7,96	8,21	7,88
F5	5,00	4,54	3,99	3,77
F6	5,49	5,34	5,14	5,16
Mv. (n=6)	5,64 ± 1,00	5,35 ± 1,41	5,26 ± 1,58	5,25 ± 1,50
Mv. (n=4)	5,84 ± 0,53	5,56 ± 0,44	5,61 ± 1,24	5,65 ± 1,63

Medelvärde ± SD.

Tabell 10. Glukoskoncentration innan och efter submaxtest på cykel i bastu.

Fösöksperson	0 (mmol/l)	75W (mmol/l)	125W (mmol/l)	175W (mmol/l)
F1	4,68	4,98	5,22	5,10
F2	5,94	5,10	4,50	4,74
F3	6,75	6,10	5,80	5,65
F4	5,45	5,31	5,84	5,81
F5	-	-	-	-
F6	-	-	-	-
Mv. (n=4)	5,71 ± 0,87	5,37 ± 0,50	5,34 ± 0,63	5,33 ± 0,49

Medelvärde ± SD.

Tabell 11. Glukoskoncentration före och efter rökdykartest och maxtest på cykel.

Fösöksperson	Rökdykartest			Maxtest cykel		
	0 (mmol/l)	2 min (mmol/l)	10 min (mmol/l)	0 (mmol/l)	2 min (mmol/l)	10 min (mmol/l)
F1	5,36	7,42	6,11	5,87	6,13	6,04
F2	4,74	7,65	7,20	5,21	7,86	8,19
F3	5,88	6,32	5,45	4,74	6,02	5,58
F4	5,36	8,31	7,76	7,52	8,10	7,36
F5	4,54	6,25	4,94	5,00	4,97	4,39
F6	4,34	4,80	5,49	5,49	5,68	5,55
Mv. (n=6)	5,04 ± 0,59	6,79 ± 1,26	6,16 ± 1,10	5,64 ± 1,00	6,46 ± 1,25	6,19 ± 1,37

Medelvärde ± SD. Basglukoskoncentration (0), glukoskoncentration 2 min efter avslutat test (2 min) och glukoskoncentration 10 min efter avslutat test (10 min).

Bilaga 13.

KÄLL- OCH LITTERATURSÖKNING

VAD?

Ämnesord	Synonymer
Exercise	
Human	
Environment	Heat Sauna
Lactate	
Glucose	
Firefighters	

VARFÖR?

Eftersom studien undersöker fysiologisk påverkan på kroppen under arbete i värme, sökte jag på fysiskt arbete i olika varma miljöer. Eftersom blodglukoskoncentration och laktatkoncentration mättes under studien sökte jag även på dessa ämnesord.

HUR?

Databas	Söksträng	Antal träffar
PubMed	"exercise" and "heat" and "human" and "environment"	99
PubMed	"exercise" and "heat" and "glucose" and "environment"	37
PubMed	"exercise" and "heat" and "sauna" and "lactate"	1
PubMed	"firefighters" and "heat"	27
PubMed	"lactate and "firefighters"	6

KOMMENTARER:

Eftersom PubMed är en medicinsk databas passade den mycket bra för min litteratursökning, då jag valde att göra en fysiologisk experimentell studie.