

1998:8

Upplevd trötthet efter mentalt arbete

En experimentell utvärdering av ett mätinstrument

Elizabeth Åsberg
Francesco Gamberale
Klas Gustafsson

ARBETE OCH HÄLSA VETENSKAPLIG SKRIFTSERIE

ISBN 91-7045-467-1 ISSN 0346-7821 <http://www.niwl.se/ah/ah.htm>



Arbetslivsinstitutet

Arbetslivsinstitutet

Centrum för arbetslivsforskning

Arbetslivsinstitutet är nationellt centrum för forskning och utveckling inom arbetsmiljö, arbetsliv och arbetsmarknad. Kunskapsuppbyggnad och kunskapsanvändning genom utbildning, information och dokumentation samt internationellt samarbete är andra viktiga uppgifter för institutet.

Kompetens för forskning, utveckling och utbildning finns inom områden som

- arbetsmarknad och arbetsrätt,
- arbetsorganisation, produktionsteknik och psykosocial arbetsmiljö,
- ergonomi,
- arbetsmiljöteknik och belastningsskador,
- arbetsmedicin, allergi, påverkan på nervsystemet,
- kemiska riskfaktorer och toxikologi.

Totalt arbetar omkring 470 personer vid institutet, varav 350 med forskning. Forskning och utbildning sker i samarbete med universitet och högskolor.

ARBETE OCH HÄLSA

Redaktör: Anders Kjellberg

Redaktionskommitté: Anders Colmsjö
och Ewa Wigaeus Hjelm

© Arbetslivsinstitutet & författarna 1998

Arbetslivsinstitutet,
171 84 Solna, Sverige

ISBN 91-7045-467-1

ISSN 0346-7821

<http://www.niwl.se/ah/ah.htm>

Tryckt hos CM Gruppen

Introduktion	1
Metod	3
Försökspersoner	3
Procedur	3
Korrekturläsning	4
Vigilansuppgift	5
Skattningar av trötthet	5
Mätningar och apparatur	5
Statistisk analys	6
Resultat	6
Upplevd trötthet	6
Analyser av SOFI-faktorerna	9
Prestation	10
Fysiologiska reaktioner	12
Samband mellan upplevd trötthet, fysiologiska reaktioner och prestation	13
Jämförelse med trötthet efter fysiskt arbete	14
Diskussion	16
Sammanfattning	19
Summary	19
Referenser	20

Introduktion

Både inom forskningen och i praktiken finns det ett stort behov av en tillförlitlig och valid metod för att mäta trötthet i yrkesarbete. Subjektiva bedömningar av de fysiska och motivationella resurser som individen utnyttjar i det dagliga arbetet kan vara av utomordentligt stor betydelse för förståelsen av t.ex. uppkomst och utveckling av olika belastningsbesvär, liksom när kriterier ska fastställas för vad som är en rimlig arbetsbelastning vid olika typer av arbeten. Upplevd trötthet är också särskilt intressant t.ex. när individens välbefinnande studeras, när man vill få en övergripande bild av miljöeffekter på människan eller när prestation och psykofysiologiska effekter ska utvärderas (17). Begreppet trötthet är komplext och har använts vid helt skilda typer av undersökningar, t. ex. vid studier av störningar på cellnivå (39), och studier av sömnstörningar till följd av exponering av lösningsmedels (29). Vidare har begreppet använts vid studier av sensoriska funktioner i det optiska (10) eller akustiska systemet (23, 37), samt i samband med studier av arbetsprestation (34) och av upplevelser i olika arbetssituationer (13, 21, 24). Vad trötthet än är, så finns det något gemensamt i alla dessa typer av studier, nämligen att det studerade utfallet förändras i någon riktning. Vid utveckling av trötthet i olika arbetssituationer, vilka är föremål för denna studie, spelar dessutom faktorer som upplevelser, informationsbearbetning, reflexer, motorkoordination, motivation och känslotillstånd, en viktig roll.

Mentalt arbete, eller mental belastning, har en inneboende komplexitet och är ofta svårare att definiera än fysisk belastning (18, 19). Reid och Nygren (33) har föreslagit en modell där upplevd mental belastning antas bestå av tre aspekter: 1/ tidspress; vilket t. ex. bestäms av den tid som är tillgänglig och om arbetsuppgifterna är överlappande i tiden. 2/ kraven på mental ansträngning; vilka t. ex. bestäms av uppgiftens svårighetsgrad och komplexitet. 3/ psykologisk stress; vilket t. ex. innebär rädsla för misslyckande och grad av erfarenhet. Arbete med huvudsakligen mental karaktär kan givetvis variera i flera avseenden, t. ex. beroende på den mängd information som ska bearbetas, eventuella krav på beslutsfattande och problemlösning, hur lång tid som ges för att klara av arbetet och hur rutinmässigt arbetet är. Även individens prestation, upplevelse av arbetet och eventuella fysiologiska reaktioner påverkas av dennes egna karaktäristika (t. ex. kognitiv förmåga, erfarenhet, motivation för arbetet, och sensoriska förmågor som syn och hörsel) (32). Hur prestationen förändras över dagen påverkas åtminstone delvis av uppgiftens karaktär. T. ex. har prestationen visats bli bättre från förmiddag till eftermiddag vid en enkel övervakningsuppgift (vigilanstest), medan prestationen har försämrats i mer kognitiva arbetsuppgifter (minnestest) (2). Även reaktionstid har visats förbättras över dagen, d.v.s. att reaktionstiden blir kortare på eftermiddagen jämfört med förmiddagsvärden (9). En enkel reaktionstidsuppgift har i flera sammanhang visats sig vara en känslig trötthetsindikator, t. ex. vid undersökningar av sömnighet (30), buller (24) och lösningsmedel (15).

Vid mätningar av upplevd trötthet har man vanligen använt en-dimensionella skattningsskalor. Borgs RPE skala (Ratings of Perceived Exertion) (4, 35) och CR10-skala (Category Ratio) (5) har i praktiken varit de enda tillgängliga instrumenten, åtminstone i Sverige, för bedömning av trötthet i samband med arbete. Skattningar utförda med dessa instrument ger tillförlitliga mått på intensiteten i den allmänna upplevelsen av trötthet. Samma grad av trötthet kan dock erhållas från arbetsuppgifter av helt olika karaktär, t. ex. vad avser energiförbrukning, och som ger upphov till helt olika upplevelsekvaliteter. En sådan allmän

skattning ger således ingen information om kvalitativa skillnader mellan olika trötthetsstillstånd. Denna begränsning skulle undvikas om mätningar kunde utföras samtidigt i ett antal dimensioner.

Ett flerdimensionellt instrument för mätning av trötthetsupplevelser i arbetslivet, Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI), har tidigare utvecklats (45). Utifrån tidigare forskning t.ex. (3, 7, 22, 28), granskning av lexikon och nya utförda intervjuer, erhöles en samling av 172 verbala uttryck som bedömdes vara relevanta för att beskriva upplevd trötthet som en följd av olika typer av krävande arbeten. Med hjälp av frågeformulär skattade 705 personer, från olika yrken, sin trötthet med hjälp av 95 av de 172 uttrycken. Därefter utfördes explorativa faktoranalyser, vilka resulterade i en femfaktor modell av upplevd trötthet. Denna modell bekräftades senare i konfirmatoriska faktoranalyser. Faktorerna benämndes *Brist på energi*, *Fysisk ansträngning*, *Fysiskt obehag*, *Brist på motivation* och *Sömnighet* med en gemensam förklarad varians om 60%. Faktorn *Brist på energi* har höga laddningar i variabler som beskriver allmänna känslor av att krafterna tagit slut. *Fysisk ansträngning* beskriver helkroppsupplevelser som ofta är symptom vid dynamiskt arbete och till viss del tecken på metabolisk utmattning. *Fysiskt obehag* beskriver mer lokala kroppsupplevelser som kan vara symptom vid statisk belastning eller isometriskt arbete. *Brist på motivation* beskriver tillstånd som karaktäriseras av att man är oengagerad och bristande entusiasm, medan faktorn *Sömnighet* beskriver tillstånd av att man är sömning. Antalet verbala uttryck kunde reduceras till 25, med en fördelning av fem uttryck per faktor. Utifrån resultatet skapades mätinstrumentet SOFI, där individen skattar sin trötthet med hjälp av de 25 uttrycken på en elva-gradig numerisk skala. Olika hög grad av korrelation erhöles mellan de fem faktorerna. Framförallt fanns ett samband mellan *Brist på energi* och de övriga fyra faktorerna, vilket tyder på att *Brist på energi* kan vara en mer generell och underliggande trötthetsdimension. Mellan de övriga faktorerna fanns det starkaste sambandet mellan *Brist på motivation* och *Sömnighet*. I flera studier har trötthet betraktats som endera fysisk eller mental t. ex. (7, 41). I mätinstrumentet SOFI representeras den fysiska trötthetsdimensionen av *Fysisk ansträngning* och *Fysiskt obehag*, medan den mentala dimensionen representeras av *Brist på motivation* och även *Sömnighet*. Som redan nämnts framstår *Brist på energi* som en generell faktor av både fysisk och mental karaktär.

Som ett led i valideringen av SOFI planerades två experimentella studier, med lika design avseende antal försökspersoner, antal arbetsuppgifter, trötthetsskattningar och laborativ miljö. I den första studien prövades mätinstrumentet i samband med fysiskt arbete (44). Två arbetsuppgifter simulerades, där den ena uppgiften, dynamiskt helkroppsarbete på cykelergometer, främst påverkade bedömningarna av *Fysisk ansträngning*, medan den andra uppgiften, statisk muskelbelastning vid uthållighetsförsök i en arm med 90° skulderflexion, främst påverkade bedömningarna av *Fysiskt obehag*. Bedömningarna av *Brist på energi* var också relativt höga efter båda arbetsuppgifterna. Resultatet tolkades som en indikation på validitet för de fysiska dimensionerna av mätinstrumentet, d.v.s. att upplevelsen av *Fysisk ansträngning* respektive *Fysiskt obehag* följer arbeten av skild fysisk karaktär, liksom att upplevelsen av *Brist på energi* följer efter fysiskt arbete. Som ett ytterligare resultat av denna första prövning av mätinstrumentet kom uttrycket *blodsmak i mun*, i faktorn *Fysisk ansträngning*, att ersättas av uttrycket *varm*.

Syftet med detta andra experiment var att studera trötthet i samband med mentalt arbete. Genom att simulera två situationer med mentalt arbete av olika karaktär förväntades de mentala faktorerna, *Brist på motivation*, *Sömnighet* och *Brist på energi*, dominera i den

rapporterade tröttheten. Arbetsuppgifterna var dels korrekturläsning vilket innebar en komplex informationsbearbetning, dels en vigilansuppgift vilket innebar en enkel perceptuell diskriminering. Båda uppgifterna förväntades ge förhöjda skalvärden i faktorn *Brist på energi*, i enlighet med en tidigare fältstudie av mentalt arbete (43). Dessutom förväntades faktorerna *Brist på motivation* och *Sömnighet* framför allt påverkas av den enklare repetitiva vigilansuppgiften, som krävde kontinuerlig uppmärksamhet. Däremot antogs att skalvärdena i *Fysisk ansträngning* och *Fysiskt obehag* skulle komma att vara relativt låga vid båda arbetsuppgifterna. Arbetstiden antogs vara en viktig komponent i trötthetsutvecklingen och experimentet pågick under en hel dag. Båda arbetsuppgifterna utfördes två gånger, och upprepningen förväntades leda till en förstärkning av trötthetsreaktionerna på eftermiddagen. Ett ytterligare syfte var att studera om kvinnors och mäns upplevelser av trötthet skiljer sig åt, kvalitativt eller kvantitativt, efter mentalt arbete.

För att kunna relatera trötthetsupplevelser till eventuella fysiologiska reaktioner genomfördes vissa fysiologiska mätningar. Bl. a mättes hjärtfrekvensvariabilitet (HRV), och muskelaktivitet i corrugator supercilii. HRV definieras som spontana förändringar i hjärtslagens cykellängd, och styrs främst av det sympatiska och parasympatiska nervsystemet (26). En minskning av HRV antas spegla en ökad mental belastning, även om det finns motstridiga resultat, se Meshkati för en översikt (31). Corrugatormuskeln sitter i pannan och används för att rynka ögonbrynen. Dessa har visats reagera med ökad muskelaktivitet vid negativa emotioner som ilska, rädsla och obehag vid buller (12, 25), liksom vid mental belastning (38, 40). För att få en indikation på eventuella trötthetseffekter, utöver självskattningarna, genomfördes även testningar av reaktionstid i början och slutet av försöksdagen.

Metod

Försökspersoner

Försökspersoner var 20 män och 20 kvinnor, som var friska med god syn, hade svenska som modersmål, och deltog frivilligt mot arvode. Männerna ($m=34$ år, $sd=9.9$) var något äldre än kvinnorna ($m=28$ år, $sd=7.7$).

Procedur

Två försöksledare, en kvinnlig och en manlig, instruerade försökspersonerna. Instruktionerna gavs både skriftligt och muntligt. Varje person utförde två typer av mentalt arbete, korrekturläsning och vigilansuppgift. Syftet var att åstadkomma en hel arbetsdag med upprepade inslag av mentalt arbete, där upplevd trötthet, prestation och fysiologiska reaktioner skulle vara utfallsmått. Se Tabell 1 för studiens uppläggning.

Försöket inleddes med att information gavs till försökspersonen, och elektroder applicerades för mätning av hjärtfrekvens (HR) och muskelaktivitet i pannan (elektromyografi, EMG). Efter ca tio minuters stillasittande mättes utgångsvärden manuellt för hjärtfrekvens och blodtryck. Därefter registrerades en baslinjemätning av EMG på corrugatormuskeln, hjärtfrekvens och hjärtfrekvensvariabilitet, där försökspersonen satt i en

Tabell 1. Studiens uppläggning.

förmiddag, ca kl. 08.30-12.00	eftermiddag, ca kl. 12.30-16.30
-Reaktionstidstest, ca 7 min. -Korrekturläsning I, 90 min. på ackord Registrering av EMG corrugator, HRV under sju minuter, efter minut 1, 40 och 80. Manuell mätning av hjärtfrekvens och blodtryck mot slutet av arbetsuppgiften. Skattningar av trötthet. -Vigilanstest I, 60 min. Registrering av EMG corrugator, HRV under sju minuter, efter minut 1, 30 och 50. Manuell mätning av hjärtfrekvens och blodtryck mot slutet av arbetsuppgiften. Skattningar av trötthet.	-Korrekturläsning II, 90 min. Registrering av EMG corrugator, HRV under sju minuter, efter minut 1, 40 och 80. Manuell mätning av hjärtfrekvens och blodtryck mot slutet av arbetsuppgiften. Skattningar av trötthet. -Vigilanstest II, 60 min. Registrering av EMG corrugator, HRV under sju minuter, efter minut 1, 30 och 50. Manuell mätning av hjärtfrekvens och blodtryck mot slutet av arbetsuppgiften Skattningar av trötthet. -Reaktionstidstest, ca 7 min.

bekväm stol inne i testkammaren. Ytterligare en baslinjemätning gjordes efter lunch, före eftermiddagens arbetspass. Mot slutet av varje utförd arbetsuppgift mättes hjärtfrekvens och blodtryck, och direkt efter varje avslutad arbetsuppgift skattade försökspersonen sin trötthet. Efter varje skattningstillfälle gavs en paus på ca 10 minuter. Effektiv arbetstid var totalt fem timmar. Dessutom testades enkel reaktionstid (16) vid två tillfällen, skattningar utfördes, och det gavs utrymme för två korta pauser och en lunchpaus. Totalt var försökspersonen ca åtta timmar i laboratoriet. Försöket utfördes i en testkammare där försökspersonen kunde arbeta ostört och där ljus, temperatur (ca 22°C) och luftfuktighet (ca 23%rH) hölls konstant. Försökspersonerna hade kännedom om hur mycket klockan var under arbetspassen.

Korrekturläsning

Uppgiften för komplex informationsbearbetning utgjordes av korrekturläsning av en svensk text, vilken utfördes på papper. Feltyperna var stavfel (en felaktig bokstav per felstavat ord), grammatiska fel (verb i fel form) och typografiska fel (en kursiv bokstav i ord med normalt typsnitt). Av felen var 60% stavfel, 20% var grammatiska fel och 20% var typografiska fel. Det totala antalet fel varierade mellan 0-10 /sida, med ett medelvärde på 5 fel/sida. Felen skulle markeras med en penna. Textens typsnitt var Helvetica 14, och endast löpande text förekom (inga rubriker, tabeller, eller figurer). Textens svårighetsgrad bedömdes med en metod för läsbarhet, där antal ord per mening och antal bokstäver per ord analyseras (1). På tio slumpmässigt utvalda sidor beräknades ett läsbarhetsindex på 57.32 (sd=4.01), vilket innebar att texten bedömdes som relativt svårläst.

Under den första korrekturläsningen fick försökspersonerna instruktioner om att arbetet skulle ske på ackordsliknande villkor. Det innebar att försökspersonerna ombads att arbeta både så noggrant och så snabbt som möjligt, och att ju fler fel som försökspersonen upptäckte desto mer pengar kunde han eller hon tjäna. I verkligheten fick dock samtliga försökspersoner 200 kr utöver den avtalade ersättningen, vilken var 500 kr. Syftet med ackordsinstruktionerna var att motivera försökspersonerna till en ordentlig arbetsinsats, för att de därmed skulle bli så trötta som möjligt. Det har tidigare visats att individers motivation påverkas av vilken sorts belöning de får, där en extra ekonomisk ersättning, jämfört med att få kännedom om sina resultat i en reaktionstidsuppgift, ökade den psykologiskt medierade muskelspänningen i skuldrorna. Det tolkades som att det, trots att det inte fanns några fysiska krav på

muskelarbete i skuldrorna, uppstod en ökad fysiologisk kostnad för att nå en god prestation när motivationen styrdes av en ekonomisk ersättning (42).

Vigilansuppgift

Vigilansuppgiften innebar en enkel perceptuell diskriminering av ljussignaler. Uppgiften för försökspersonen var att bevaka en bildskärm med punkter, vilka bildade en fyrkant, för att upptäcka avvikande ljussignaler. Punkterna tändes en efter en i en följd, med en sekunds mellanrum. Försökspersonen skulle upptäcka när en punkt blev överhoppad, d.v.s. en avvikande ljussignal, och markera detta med en tangentryckning. De avvikande signalerna förekom med ojämna intervall. 60 avvikande signaler fanns att upptäcka på en timme, vilket innebar i genomsnitt en avvikande signal per minut, eller knappt två avvikande signaler per 100 ljussignaler. I industriell inspektion förekommer mellan 1-49 avvikande signaler per 100 signaler (11).

Skattningar av trötthet

De kvalitativa dimensionerna i upplevd trötthet skattades med mätinstrumentet SOFI (45). Frågan löd "Hur väl motsvarar nedanstående uttryck hur Du kände Dig mot slutet av arbetsuppgiften?" Dessutom skattades sex nya verbala uttryck, med syfte att eventuellt kunna förbättra SOFI. Dessa nya uttryck var "svårt att hålla mig vaken", "oengagerad", "känsla av meningslöshet", "nickar till", "fryser", och "halvsovande". Skattningarna utfördes på en numerisk skala från 0 till 10, där endast extremvärdena hade en verbal beskrivning (0 = "stämmer inte alls", 10 = "stämmer i mycket hög grad") (Bilaga 1).

Vidare skattades intensiteten i den allmänna trötthetsnivån med Borgs CR10-skala (5). CR10 är en väl utvecklad kategori-skala med kvotegenskaper (6), och användes här för att få ett jämförelsemått mot de kvalitativa dimensionerna i den upplevda tröttheten (Bilaga 2).

Dessutom skattades ansträngningsgrad, med frågan "Hur mycket ansträngde Du Dig under de sista 15 minuterna? Svara i procent, i förhållande till Din maximala förmåga?"

Mätningar och apparatur

Blodtryck mättes akustiskt med stetoskop och traditionell blodtrycksmanschett (von Recklinghausens Tonometer). Hjärtfrekvens beräknades dels manuellt, dels från antal hjärtslag under 20 sek. via EKG. R-R intervall, för beräkning av HRV, registrerades med en tachometer (Coulbourn Instruments) och en bandspelare (TEAC RD-135T Dat Data Recorder). Registreringen av R-R intervall gjordes under 7 min. per mättillfälle. Beräkningarna av HRV gjordes på 5 min., där den första och den sista minuten uteslutits från analysen, vilket rekommenderats som standardtid (20). För att få ett mått på HRV som var oberoende av nivån på hjärtfrekvensen beräknades standardavvikelser, och därefter separata regressionsanalyser för varje individ. Detta korrigerade standardavvikelsen för variationer i medelnivån på hjärtfrekvensen. Muskelaktiviteten i corrugator supercillii registrerades via Beckmans miniatyr Ag/AgCl hudelektroder och en bandspelare (TEAC RD-135T Dat Data Recorder). Elektroderna placerades ovanför vänster ögonbryn enligt Fridlund och Cacioppo's anvisningar (14). EMG-signalerna registrerades med filter på 8 Hz respektive 250 Hz (Coulbourn Bioamplifier S75-01), och analyserades med en konturintegrator (Coulbourn S76-01), med en tidskonstant på 20 ms. Den integrerade signalen registrerades med ett intervall på 5 Hz. Responsen i EMG uttrycktes i mikrovolt som förändring från medelvärdet av de fyra föregående sekunderna, d.v.s. medelamplitud. EMG och HRV registrerades i början, mitten och slutet av varje arbetsuppgift (Tabell 1).

Statistisk analys

Data från SOFI bearbetades genom att medelvärden beräknades för varje person, av de fem skattningarna i varje faktor. Därefter beräknades gruppmedelvärden (härefter kallat skalvärden) och standardavvikelse för varje mättillfälle.

En tre-vägs variansanalysmodell, med kön (kvinnor, män) x arbetsuppgift (korrekturläsning, vigilansuppgift) x tid (förmiddag, eftermiddag) som variationskällor, tillämpades för att studera skillnader avseende trötthets-skattningar, prestation, reaktionstid och fysiologiska reaktioner. Vid jämförelse av två prestationsmått i korrekturläsningen (andel upptäckta fel per lästa sidor och antal lästa sidor) transformerades data till z-värden. Cronbachs alfa beräknades för varje enskild faktor vid varje mättillfälle, för att få ett mått på intern konsistens. Sambandsanalyser utfördes, varvid Pearsons produktmomentkorrelation och multipla regressionskoefficienter beräknades. För att studera eventuella individuella förändringar, över tid och över arbetsuppgifter, analyserades samtliga fysiologiska variabler som avvikelsemått från de utgångsvärden som mättes före arbetets start. Vid jämförelse av skattningar från två skilda studier (denna studie och studien med fysiskt arbete (44)) tillämpades envägs variansanalys för oberoende mätningar.

Då ett flertal varians- och korrelationsanalyser utförs föreligger en risk för masssignifikans. För att minska risken för att dra felaktiga slutsatser bedömdes analysresultaten konservativt, d.v.s. att endast p-värden mindre än .01 betraktades som statistiskt signifikanta.

Resultat

Upplevd trötthet

De överlag högsta skalvärdena, vid båda arbetsuppgifterna under för- och eftermiddagen, återfanns i faktorerna *Sömnighet*, *Brist på motivation* och *Brist på energi* (Tabell 2). Skalvärdena i *Fysisk ansträngning* och *Fysiskt obehag* var genomgående lägst.

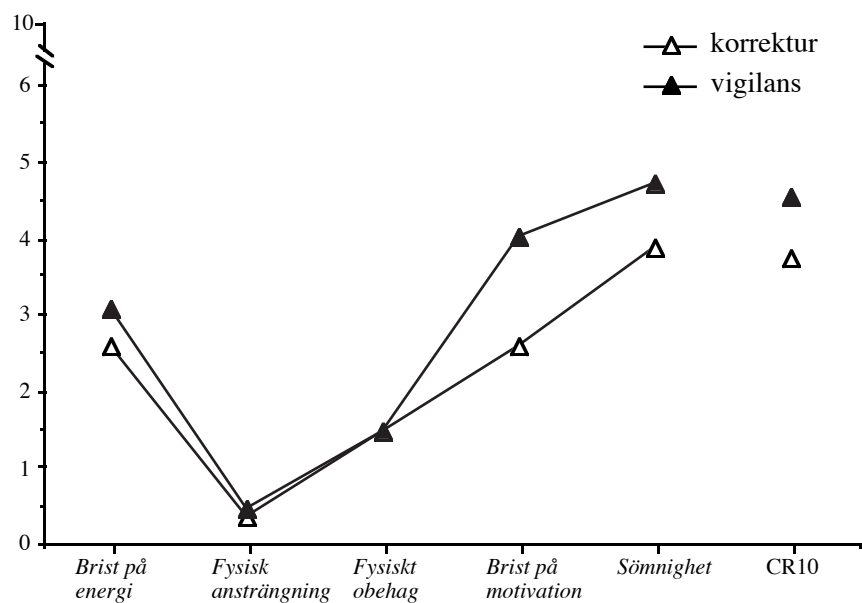
Resultaten av variansanalyserna visade inga signifikanta interaktioner ($p < .01$) mellan kön, typ av arbetsuppgift och tid på dagen då skattningarna av tröttheten utfördes, för de enskilda faktorerna i SOFI eller CR10-skalan (Tabell 3). Inte heller visade variansanalyserna någon signifikant huvudeffekt av kön eller tid på dagen. Däremot skilde sig bedömningarna åt mellan de båda arbetsuppgifterna vad gäller *Brist på motivation*, *Sömnighet*, och på CR10-skalan, där vigilansuppgiften upplevdes som mer tröttande än korrekturläsningen (Figur 1).

Tabell 2. Medelvärden (m) och standardavvikelser (sd) för skattningar av de enskilda uttrycken och skalvärden i SOFI-faktorerna (fet stil), och skattningar på CR10-skalan, efter korrekturläsning och vigilansuppgift på förmiddagen (fm) och eftermiddagen (em), n=40.

	korrektur 1, fm		vigilans 1, fm		korrektur 2, em		vigilans 2, em	
	m	sd	m	sd	m	sd	m	sd
<i>Brist på energi</i>	2.99	2.25	2.98	2.65	2.57	2.33	3.08	2.17
utarbetad	3.17	2.85	2.70	2.87	2.80	2.52	3.15	2.59
uttömd	3.38	2.75	3.20	2.89	2.88	2.63	3.53	2.53
slut	2.75	2.61	3.20	2.92	2.48	2.63	2.80	2.49
utmattad	2.95	2.66	2.98	3.08	2.50	2.68	3.00	2.45
sliten	2.68	2.26	2.83	2.67	2.18	2.23	2.93	2.63
<i>Fysisk ansträngning</i>	0.65	0.67	0.52	0.92	0.35	0.63	0.47	0.72
flåsar	0.13	0.40	0.18	0.59	0.08	0.27	0.18	0.71
andfådd	0.13	0.40	0.20	0.56	0.10	0.50	0.08	0.35
varm	1.43	1.82	1.03	1.99	0.85	1.70	1.25	1.93
svettig	0.53	1.06	0.42	1.06	0.13	0.40	0.30	0.72
hjärtklappning	1.03	1.53	0.78	1.61	0.63	1.13	0.53	1.22
<i>Fysiskt obehag</i>	2.30	1.95	1.50	1.48	1.46	1.48	1.47	1.43
värker	1.45	2.02	0.62	1.13	0.67	1.33	0.62	1.08
gör ont	1.35	2.19	0.45	1.15	0.60	1.15	0.65	1.39
stela leder	2.90	2.89	1.85	2.02	1.78	2.29	1.95	2.16
domnande känsla	2.42	2.95	2.43	2.56	1.95	2.95	2.08	2.69
spända muskler	3.38	2.73	2.15	2.35	2.28	2.03	2.05	2.12
<i>Brist på motivation</i>	2.37	2.41	4.39	3.10	2.60	2.44	4.01	3.09
ointresserad	2.15	3.23	4.57	3.66	2.73	2.61	3.98	3.48
likgiltig	2.28	2.63	4.00	3.49	2.35	2.44	3.98	3.50
passiv	2.70	2.66	4.93	3.44	2.60	2.59	4.38	3.34
håglös	2.07	2.43	4.10	3.30	2.55	2.65	3.55	2.86
oföretagsam	1.85	2.02	3.93	3.23	2.17	2.23	3.28	2.92
<i>Sömnighet</i>	3.95	2.51	5.28	2.42	3.87	2.62	4.70	2.48
sömnig	4.68	3.15	5.45	2.65	4.45	3.13	5.13	2.88
gäspar	3.90	3.59	4.62	2.85	3.84	2.83	4.20	2.46
dåsig	4.73	3.32	5.50	3.11	4.48	3.10	5.25	3.06
ögonen faller ihop	3.38	3.27	5.23	2.93	3.60	3.01	4.55	2.84
slö	3.08	2.65	5.58	2.78	3.32	2.60	4.73	3.09
<i>nya uttryck</i>								
halvsovande	1.55	2.47	3.23	2.66	2.18	2.47	2.59	2.57
fryser	2.68	2.99	1.25	0.59	2.55	2.79	1.30	2.10
nickar till	1.70	2.73	3.18	2.92	2.80	2.83	3.31	3.03
känsla av meningslöshet	2.28	2.89	6.05	4.03	2.58	2.91	5.43	3.93
oengagerad	2.30	2.92	4.37	3.51	2.77	2.80	4.20	3.28
svårt att hålla mig vaken	2.43	3.10	4.02	3.19	3.30	2.96	4.05	2.91
CR10	3.19	1.86	4.43	2.00	3.75	2.07	4.54	2.09

Tabell 3. Sammanfattning av resultat från variansanalyser av skillnader mellan kön, arbetsuppgifter och tid på dagen, för trötthetsskattningar (fem SOFI faktorer, CR10-skalan).

		<i>Brist på energi</i>	<i>Fysisk ansträngning</i>	<i>Fysiskt obehag</i>	<i>Brist på motivation</i>	<i>Sömnighet</i>	CR10
kön	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	.02	.71	.35	.98	1.47	.53
	p	.888	.406	.555	.329	.232	.472
arbetsuppgift	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	1.57	.01	5.96	20.12	11.11	15.16
	p	.218	.914	.019	.001	.002	.001
tid på dagen	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	.68	5.00	6.74	.09	1.50	2.85
	p	.415	.031	.013	.763	.228	.099
kön x arbete	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	.00	.01	3.20	.27	1.13	.04
	p	.981	.914	.082	.605	.294	.849
kön x tid	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	.32	.01	.30	.00	.01	.39
	p	.574	.923	.586	.984	.927	.535
arbete x tid	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	1.77	1.83	5.36	1.72	.64	1.02
	p	.191	.184	.026	.198	.427	.320
kön x arbete x tid	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	.13	.01	.09	.63	2.37	1.96
	p	.722	.932	.767	.432	.132	.170



Figur 1. Bedömningar av trötthet efter korrekturläsning och vigilansuppgift, på eftermiddagen, n=40.

Analyser av SOFI-faktorerna

Itemanalyser utfördes initialt för att undersöka den interna konsistensen inom SOFI-faktorerna. Analyserna visade att uttrycket *oföretagsam* bidrog minst till den interna konsistensen inom faktorn *Brist på motivation*, och att uttrycket *oengagerad* korrelerade högre med summan av de övriga variablerna inom faktorn. Med hänsyn till detta, och författarnas egen bedömning av uttryckens innebörd, beslutades att *oengagerad* härfter skulle komma att ersätta *oföretagsam*. Detta innebar enbart en marginell ökning av Chronbachs alfa, liksom av medelvärdet för skalvärdena i faktorn *Brist på motivation*.

Den interna konsistensen, d.v.s. Chronbachs alfa, inom varje faktor varierade mellan .45-.97. Korrelationerna mellan bedömningarna av trötthet vid de två mättillfällena, per arbetsuppgift och faktor, varierade mellan .37-.85 (Tabell 4). Av alfavärdena och korrelationerna mellan mättillfällena framgår att *Brist på motivation* är mer konsistent än de övriga faktorerna.

Interkorrelationerna mellan skalvärden i SOFI-faktorerna från de fyra mättillfällena visade att ett visst samband förelåg mellan samtliga faktorer, men att de största sambanden återfanns mellan mätningarna inom varje faktor (Tabell 5).

Korrelationskoefficienter beräknades mellan de fem SOFI-faktorerna och den övergripande trötthetsskattningen (CR10) för de två uppgifterna vid de två tillfällena. De överlag högsta positiva koefficienterna erhöles mellan bedömningarna på CR10-skalan och i faktorerna *Brist på energi*, *Brist på motivation* och *Sömnighet*, men till viss del även i *Fysiskt obehag*.

Multipla regressionsanalyser genomfördes också, med CR10-skalan som beroende variabel och SOFI-faktorerna som oberoende variabler. Gemensamt förklarade faktorerna drygt två

Tabell 4. Chronbach's alfa (α) för de fem SOFI-faktorerna samt sambandet (Pearsons r) mellan bedömningar av trötthet från för- och eftermiddagen, för de två arbetsuppgifterna, $n=40$.

	<i>Brist på energi</i>	<i>Fysisk ansträngning</i>	<i>Fysiskt obehag</i>	<i>Brist på motivation</i>	<i>Sömnighet</i>	CR10
korrektur fm, α	.91	.45	.81	.92	.84	-
korrektur em, α	.95	.66	.81	.96	.93	-
vigilans fm, α	.95	.75	.82	.94	.90	-
vigilans em, α	.91	.64	.78	.97	.92	-
korrektur, r	.71	.45	.52	.50	.37	.52
vigilans, r	.77	.58	.60	.85	.58	.59

Tabell 5. Pearsons produktmomentkorrelation (r^*) mellan skalvärden i SOFI-faktorer från fyra mättillfällen, $n=40$.

	<i>Brist på energi</i>	<i>Fysisk ansträngning</i>	<i>Fysiskt obehag</i>	<i>Brist på motivation</i>	<i>Sömnighet</i>
<i>Brist på energi</i> , r	.64-.78				
<i>Fysisk ansträngning</i> , r	.29-.52	.44-.77			
<i>Fysiskt obehag</i> , r	.21-.63	.13-.48	.44-.73		
<i>Brist på motivation</i> , r	.09-.71	.12-.39	.20-.68	.40-.85	
<i>Sömnighet</i> , r	.18-.66	.01-.42	.16-.53	.23-.74	.35-.58

* $r > .312 = p < .05$, $r > .402 = p < .01$, $r > .501 = p < .001$.

tredjedelar av variansen (r^2) i CR10-skalan, vid samtliga fyra arbetsuppgifter (Tabell 6). Standardiserade regressionskoefficienter (β) från regressionsanalysen visade att främst faktorerna *Brist på energi* och *Sömnighet* förklarade den största andelen av variansen i skattningarna på CR10-skalan efter korrekturläsningen. Efter vigilansuppgiften förklarade främst *Sömnighet* den största andelen av variansen i skattningarna på CR10-skalan. Faktorn *Brist på energi* förklarade en viss andel av variansen på eftermiddagen (Tabell 6).

Tabell 6. Samband (Pearsons r , multipel regressionskoefficient (r^2), med CR10 som beroende variabel och SOFI-faktorerna som oberoende variabler, standardiserade regressionskoefficienter (β) mellan bedömningar på CR10-skalan och i SOFI, vid båda arbetsuppgifterna på förmiddagen (fm) och eftermiddagen (em), $n=40$. Koefficienter $p<.01$ är markerade med fet stil i tabellen.

	<i>Brist på energi</i>	<i>Fysisk ansträngning</i>	<i>Fysiskt obehag</i>	<i>Brist på motivation</i>	<i>Sömnighet</i>	r^2
korrektur fm, r	.75	.19	.51	.40	.74	
korrektur em, r	.66	.03	.34	.56	.76	
vigilans fm, r	.43	.21	.32	.46	.82	
vigilans em, r	.62	.37	.45	.55	.79	
korrektur fm, β	.56	-.24	.12	-.01	.38	.71
korrektur em, β	.39	-.17	-.04	.00	.54	.65
vigilans fm, β	-.03	.06	.07	-.04	.82	.69
vigilans em, β	.26	-.01	.02	-.11	.72	.68

Prestation

Vid korrekturläsningen bedömdes prestationen efter antal upptäckta fel och antal lästa sidor, medan prestationen i vigilansuppgiften bedömdes efter antal upptäckta signaler (Tabell 7).

Prestationen i korrekturläsningen förbättrades över dagen så till vida att individerna läste fler sidor och upptäckte totalt fler fel på eftermiddagen jämfört med förmiddagen. Däremot sjönk andelen upptäckta fel per sida från 75% till 66%. Flertalet individer verkar ha ändrat lässtrategi så till vida att hastigheten ökade på bekostnad av träffsäkerheten, vilket innebar att de läste fortare men slarvigare på eftermiddagen jämfört med förmiddagen. För att prestationsförändringen i båda variablerna skulle vara direkt jämförbar standardiserades rådata (Figur 2). Slutsatsen om förändrad lässtrategi styrks av att försökspersonerna tenderade att upptäcka fler stavfel och typografiska fel, men färre verbfel, på eftermiddagen (Tabell 7). Stavfelen och de typografiska felen var relativt lätta att upptäcka även när texten lästes fortare, medan försökspersonerna behövde förstå sammanhanget i texten för att upptäcka verbfelen. Ingen könsskillnad i prestation kunde påvisas vid korrekturläsningen (Tabell 8).

Prestationen i vigilansuppgiften försämrades något över dagen, d.v.s. att individerna, oberoende av kön, missade något fler fel på eftermiddagen jämfört med förmiddagen. Det fanns också en tendens till att missarna gjordes mot slutet av varje arbetspass. Inte heller vid vigilansuppgiften kunde någon könsskillnad påvisas avseende prestationen (Tabell 8).

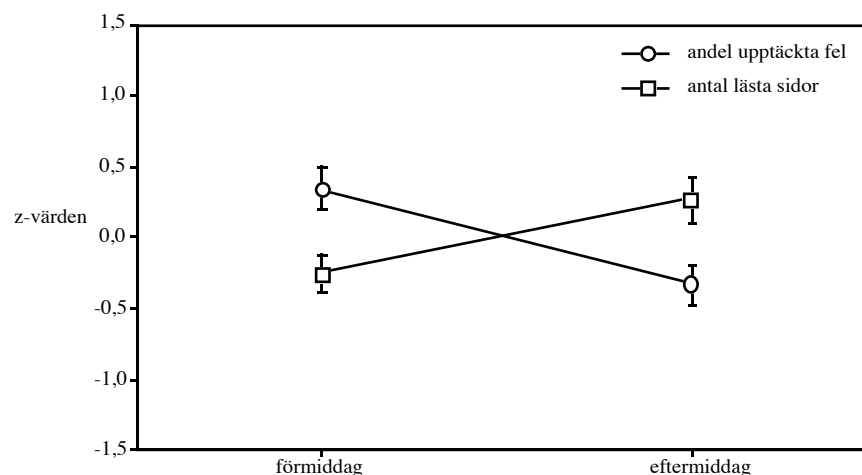
Skattningar av hur mycket försökspersonerna ansträngde sig mot slutet av varje arbetsuppgift visade att de ansträngde sig något mindre mot slutet av arbetsdagen (från 72% till 63% av maximal ansträngning).

Tabell 7. Medelvärden (m) och standardavvikelse (sd) för prestationen i korrekturläsningen och vigilansuppgiften, n=40.

arbetsuppgifter	förmiddag		eftermiddag		
	m	sd	m	sd	
Korrektur					
antal lästa sidor	37.23	10.30	43.80	13.60	
totalt antal upptäckta fel	127.63	32.73	133.25	36.41	
% upptäckta fel	75.00	11.00	66.00	12.00	
antal upptäckta stavfel	84.75	21.94	89.40	24.76	
antal upptäckta verbfel	12.80	7.01	11.08	6.83	
antal upptäckta typografiska fel	30.08	9.41	32.78	10.96	
Vigilans					
		%		%	
upptäckta signaler	56.50	(94.2)	3.61	55.30 (92.2)	3.82
missade signaler	3.48	(5.8)	3.62	4.70 (7.8)	3.82
felmarkeringar	3.17	(5.3)	2.81	2.92 (4.9)	2.61

Tabell 8. Sammanfattning av resultat från variansanalyser av skillnader mellan kön och tid på dagen, för prestation i korrekturläsningen och vigilansuppgiften.

		Korrektur		Vigilans	
		df	% upptäckta fel	df	missade signaler
kön	df	1/38		1/38	
	F	2.44		.39	
	p	.126		.534	
tid på dagen	df	1/38		1/38	
	F	63.93		5.96	
	p	.001		.096	
kön x tid	df	1/38		1/38	
	F	.60		.00	
	p	.442		.961	



Figur 2. Prestation vid korrekturläsningen. Standardiserade medelvärden (z) och medelfel för antal lästa sidor (hastighet) och andel upptäckta fel/lästa sidor (träffsäkerhet) på för- respektive eftermiddagen, n=40.

Reaktionstiden var kortare i början av experimentet ($m=235$ ms.) jämfört med mot slutet av experimentet ($m=250$ ms.) ($F=14.86$, $df=1/38$, $p<.001$). Den försämrade reaktionstiden indikerar att en trötthetseffekt uppstod efter arbetsdagen. Någon könsskillnad kunde inte påvisas i reaktionstid.

Fysiologiska reaktioner

Vissa könsskillnader avseende nivåer förelåg i de fysiologiska variablerna, därför redovisas centraltendenser separat för de båda könen (Tabell 9).

Variansanalyser, avseende de fysiologiska reaktionerna, utfördes på avvikelsemått från de utgångsvärden som mättes före arbetets start. Hjärtfrekvensen ökade mer under korrekturläsningen jämfört med under vigilansuppgiften. Ingen statistisk skillnad kunde påvisas mellan könen, men kvinnorna tenderade att öka mer i pulsning än männen. Hjärtfrekvensvariabiliteten ökade mer under vigilansuppgiften jämfört med under korrekturläsningen. Det systoliska blodtrycket ökade något mer under korrekturläsningen jämfört med under vigilansuppgiften. Det diastoliska blodtrycket minskade något på eftermiddagen jämfört med förmiddagen. Muskelaktiviteten, uttryckt som mikrovolt, ökade under vigilansuppgiften jämfört med under korrekturläsningen (Tabell 10).

Tabell 9. Medelvärden (m) och standardavvikelse (sd) för de fysiologiska mätvariablerna, mätta mot slutet av varje arbetsuppgift, $n=40$.

	kvinnor		män	
	m	sd	m	sd
Korrektur fm				
hjärtfrekvens, slag/min	73.10	11.53	67.80	7.28
variabilitet, sd ms.	1.55	11.21	4.05	14.60
systoliskt BT, mmHg	106.00	10.83	117.75	9.24
diastoliskt BT, mmHg	73.25	8.47	75.25	10.57
EMG corrugator, μ V	2.46	4.64	-.04	3.67
Korrektur em				
hjärtfrekvens, slag/min	72.30	9.54	71.0	6.60
variabilitet, sd ms.	4.17	18.13	5.79	26.72
systoliskt BT, mmHg	105.75	10.67	115.00	8.43
diastoliskt BT, mmHg	67.75	6.58	73.00	8.18
EMG corrugator, μ V	2.89	5.74	0.89	3.67
Vigilans fm				
hjärtfrekvens, slag/min	67.60	8.30	62.50	6.71
variabilitet, sd ms.	5.32	16.29	13.47	15.54
systoliskt BT, mmHg	102.25	11.41	114.75	8.66
diastoliskt BT, mmHg	69.50	6.47	75.50	8.09
EMG corrugator, μ V	5.78	4.89	1.53	2.65
Vigilans em				
hjärtfrekvens, slag/min	70.60	7.60	64.00	8.31
variabilitet, sd ms.	10.60	16.33	9.05	21.14
systoliskt BT, mmHg	104.50	10.87	115.00	10.51
diastoliskt BT, mmHg	69.75	7.16	72.50	9.25
EMG corrugator, μ V	4.53	6.15	2.69	3.90

Tabell 10. Sammanfattning av resultat från variansanalyser av skillnader mellan kön, arbetsuppgift, och tid på dagen, för fysiologiska reaktioner (hjärtfrekvens (HR), hjärtfrekvensvariabilitet (HRV), blodtryck, muskelaktivitet i corrugator).

		HR	HRV	systoliskt blodtryck	diastoliskt blodtryck	corrugator
kön	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	5.29	.03	3.59	.33	2.83
	p	.027	.864	.066	.568	.101
arbets- uppgift	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	39.12	15.21	10.05	.54	33.32
	p	.001	.001	.003	.469	.001
tid på dagen	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	4.40	4.01	.03	10.75	.88
	p	.043	.052	.870	.002	.355
kön x arbete	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	2.68	.24	.63	.30	1.75
	p	.110	.628	.433	.586	.193
kön x tid	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	.58	.12	2.20	.00	1.78
	p	.452	.732	.146	1.000	.190
arbete x tid	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	.54	1.63	5.49	3.48	.89
	p	.466	.209	.024	.070	.350
kön x arbete x tid	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	3.72	.01	.05	5.89	1.81
	p	.061	.904	.833	.020	.186

Samband mellan upplevd trötthet, fysiologiska reaktioner och prestation

Vissa negativa samband kunde påvisas mellan bedömningar av trötthet och blodtryck. I övrigt kunde inga statistiskt signifikanta samband mellan hjärtfrekvens, hjärtfrekvensvariabilitet eller muskelaktivitet i corrugator supercilii och bedömningar av trötthet påvisas (Tabell 11).

Vad gäller sambanden mellan trötthetsskattningar och prestation under korrekturläsningen kunde inga statistiska signifikanser påvisas under en-procentsnivån (Tabell 12).

Tabell 11. Pearsons produktmomentkorrelation (r) mellan bedömningar av trötthet (SOFI-faktorer, CR10) och fysiologiska reaktioner (hjärtfrekvens, hjärtfrekvensvariabilitet, systoliskt och diastoliskt blodtryck, muskelaktivitet i corrugator), vid var och en av arbetsuppgifterna under förmiddagen (fm) och eftermiddagen (em). Koefficienter p<.01 är markerade med fet stil i tabellen.

	<i>Brist på energi</i>		<i>Fysisk ansträngning</i>		<i>Fysiskt obehag</i>		<i>Brist på motivation</i>		<i>Sömnighet</i>		CR-10	
	fm	em	fm	em	fm	em	fm	em	fm	em	fm	em
Korrektur												
hjärtfrekvens	.20	.06	.35	.08	.33	.08	-.10	-.12	.04	-.22	.22	-.17
variabilitet	.26	.10	.24	.01	.01	.03	.03	.02	.24	-.02	.14	-.11
systoliskt blodtryck	-.30	-.18	-.06	-.06	-.43	-.25	-.22	-.28	-.30	-.30	-.27	-.31
diastoliskt blodtryck	-.41	-.39	-.08	-.10	-.34	-.41	-.32	-.43	-.38	-.44	-.32	-.35
corrugator	.10	.03	.04	.12	.10	.10	-.29	-.01	-.29	-.05	-.01	.05
Vigilans												
hjärtfrekvens	.07	.15	.15	.19	-.01	.05	.08	.06	.42	.12	.29	.14
variabilitet	.25	-.04	-.02	-.21	.04	-.25	.14	-.13	.17	-.24	.29	-.18
systoliskt blodtryck	-.04	-.06	-.09	-.02	-.18	-.15	-.29	-.15	.11	-.01	.03	-.08
diastoliskt blodtryck	-.25	-.33	-.01	-.36	-.15	-.49	-.30	-.34	-.28	-.31	-.07	-.24
corrugator	.25	.11	.26	.10	.14	.07	.04	.04	.12	-.09	.07	-.18

Tabell 12. Pearsons produktmomentkorrelation (r) mellan bedömningar av trötthet (SOFI-faktorer, CR10) och prestation, vid var och en av arbetsuppgifterna under för- (fm) och eftermiddagen (em).

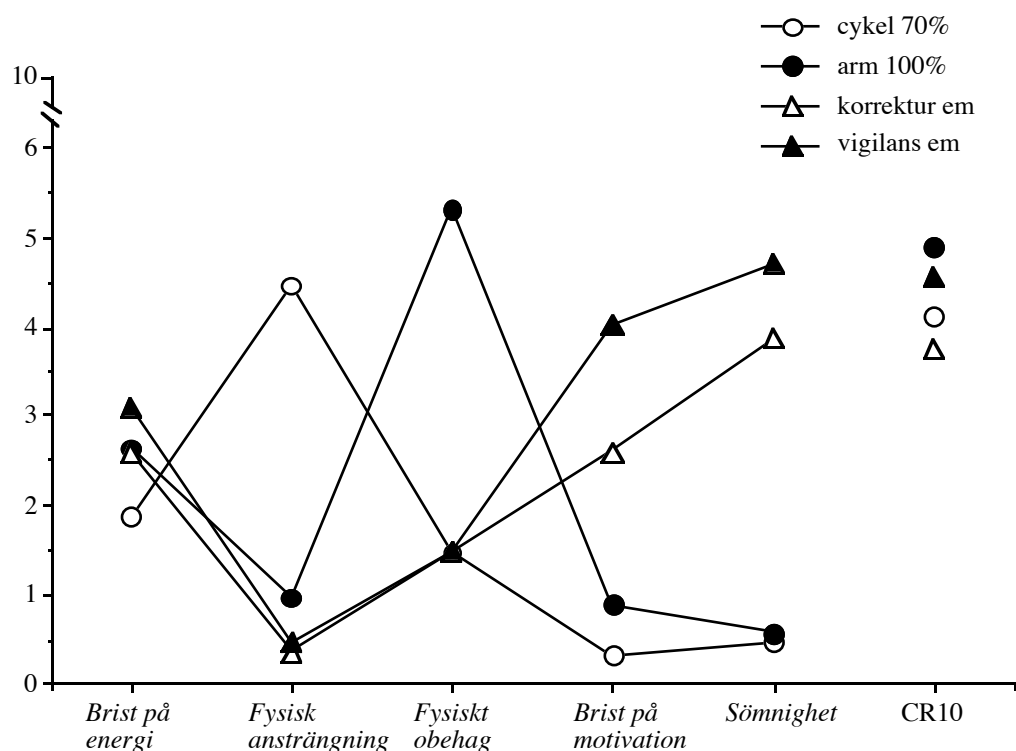
	<i>Brist på energi</i>		<i>Fysisk ansträngning</i>		<i>Fysiskt obehag</i>		<i>Brist på motivation</i>		<i>Sömnighet</i>		CR-10	
	fm	em	fm	em	fm	em	fm	em	fm	em	fm	em
Korrektur												
lästa sidor	-.31	-.28	.10	-.04	-.11	-.19	-.05	-.06	-.22	-.23	-.08	-.23
<i>upptäckta fel/lästa sidor</i>												
upptäckta stavfel	-.27	-.23	-.05	.11	-.02	-.07	-.20	-.00	-.31	-.23	-.12	-.23
upptäckta verbfel	-.06	.05	-.00	.24	.03	.22	-.16	.14	-.15	-.12	-.18	-.05
upptäckta typograf. fel	-.23	-.25	-.01	-.01	-.09	-.09	-.04	-.03	-.24	-.19	-.03	-.20
totalt upptäckta fel	-.26	-.22	-.04	.11	-.03	-.04	-.18	.01	-.31	-.24	-.13	-.23
% upptäckta fel	.08	.11	.10	.27	.15	.25	-.12	.09	-.11	.04	-.08	.02
Vigilans												
upptäckta ljussignaler	-.13	-.04	.24	.14	.06	.12	-.09	.12	-.38	-.10	-.23	-.02
missade ljussignaler	.14	.04	-.23	-.14	-.05	-.12	.10	-.12	.33	.10	.23	.02
felmarkerade ljussign.	-.11	-.07	-.10	-.11	-.02	.05	.06	.03	-.10	-.13	-.01	-.06

Jämförelse med trötthet efter fysiskt arbete

Upplevelsen av trötthet efter dessa arbeten av huvudsakligen mental karaktär kan jämföras med trötthetsupplevelser efter arbeten av huvudsakligen fysisk karaktär. Data från den tidigare valideringsstudien (44) gör en sådan jämförelse möjlig, då den experimentella uppläggningsen var liknande. I båda experimenten förekom det två skilda arbetsuppgifter, samma upplevelsebedömningar utfördes, 20 kvinnor och 20 män deltog, och

laboratoriemiljön var identisk. De mentala arbetsuppgifterna i denna undersökning var korrekturläsning under 90 min. och en vigilansuppgift under 60 min., medan de fysiska arbetsuppgifterna i det tidigare experimentet var cykling på cykelergometer med 70% av estimerad maximal kapacitet som belastningsnivå (dynamiskt helkroppsarbete) och uthållighetsförsök till utmattning med en utsträckt arm (lokal muskelbelastning). Figur 3 illustrerar trötthetsprofiler dels från de högsta belastningsnivåerna vid det fysiska arbetsuppgifterna, dels från eftermiddagens arbetspass vid de mentala arbetsuppgifterna (vilka också visades i Figur 1).

Skalvärden i *Fysisk ansträngning* var högre efter cyklingen på 70% av beräknad maximal kapacitet jämfört med skalvärden efter de tre övriga arbetsuppgifterna (Tabell 13). Skalvärden i *Brist på energi* var något lägre efter cyklingen jämfört med uthållighetsförsöket och vigilansuppgiften. Skalvärden i *Fysiskt obehag* var högre efter uthållighetsförsöket i en arm, jämfört med skalvärden efter de tre övriga arbetsuppgifterna. Efter korrekturläsningen, liksom efter vigilansuppgiften, var skalvärdena i faktorerna *Brist på motivation* och *Sömnighet* högre än efter både cykling och uthållighetsförsök. Skattningarna på CR10-skalan var något högre efter vigilansuppgiften jämfört med korrekturläsningen. Ovannämnda skillnader tyder på att skilda arbetsuppgifter leder till kvalitativt skilda trötthetsupplevelser.



Figur 3. Skattningar av upplevd trötthet vid fyra olika arbetsuppgifter, cykling på 70% av maximal kapacitet, uthållighetsförsök till utmattning i en arm (44), korrekturläsning i 90 min. och vigilansuppgift vid bildskärm i 60 min.

Tabell 13. Sammanfattning av resultat från variansanalyser för upprepade mätningar och för oberoende mätningar*, för skillnader i trötthetsskattningar (SOFI faktorer, CR10-skalan) efter olika arbetsuppgifter.

		<i>Brist på energi</i>	<i>Fysisk ansträngning</i>	<i>Fysiskt obehag</i>	<i>Brist på motivation</i>	<i>Sömnighet</i>	CR10
cykel-arm	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	7.32	136.46	19.43	3.36	1.09	2.01
	p	.010	.001	.001	.075	.304	.164
korr-vig	df	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38	1/38
	F	1.57	.01	5.96	20.12	11.11	15.16
	p	.218	.94	.019	.001	.002	.001
cykel-korr*	df	1/78	1/78	1/78	1/78	1/78	1/78
	F	2.35	116.32	.01	30.97	61.01	.68
	p	.129	.001	.965	.001	.001	.413
cykel-vig*	df	1/78	1/78	1/78	1/78	1/78	1/78
	F	7.95	107.82	.00	52.53	103.75	.814
	p	.01	.001	1.00	.001	.001	.370
arm-korr*	df	1/78	1/78	1/78	1/78	1/78	1/78
	F	.01	5.82	76.41	13.04	52.60	3.59
	p	.906	.018	.001	.001	.001	.062
arm-vig*	df	1/78	1/78	1/78	1/78	1/78	1/78
	F	.723	3.71	77.14	30.99	89.76	.32
	p	.398	.058	.001	.001	.001	.572

Diskussion

Syftet med detta experiment var att göra en prövning av mätinstrumentet SOFI efter arbete av huvudsakligen mental karaktär. Den rapporterade tröttheten präglades främst av de mentala dimensionerna, *Brist på energi*, *Brist på motivation* och *Sömnighet*, efter båda arbetsuppgifterna, medan de fysiska dimensionerna, *Fysisk ansträngning* och *Fysiskt obehag*, inte framstod som lika betydelsefulla (Figur 1). Dessa data, tillsammans med det tidigare experimentet med fysiskt arbete (44), visar att det går att rapportera kvalitativt skilda trötthetstillstånd, i förhållande till vilket arbete som utförts. Av Figur 3 framgår att intensiteten i trötthetsupplevelsen (CR10) är relativt likvärdig för de fyra skilda arbetsuppgifterna, men att de kvalitativa tillstånden (SOFI) skiljer sig åt. Det innebär att man med SOFI kan skilja mellan olika typer av trötthetsupplevelser.

Skattningsprofilerna efter de båda mentala arbetsuppgifterna var liknande över de fem dimensionerna (Figur 1). Skalvärdena i faktorerna *Brist på energi*, *Fysisk ansträngning* och *Fysiskt obehag* var jämförbara, däremot ledde vigilansuppgiften till högre skalvärden i faktorerna *Brist på motivation* och *Sömnighet* jämfört med korrekturläsningen. Den rapporterade tröttheten skilde sig dock mer i grad än i art efter de båda mentala arbetsuppgifterna. Korrekturläsningen kan uppfattas som ett aktivt arbete. Även om skalvärden i faktorn *Sömnighet* var signifikant högre efter vigilansuppgiften jämfört med korrekturläsningen, skattades *Sömnighet* oväntat högt även efter korrekturläsningen. Under den första korrekturläsningen rapporterades också en något högre grad av *Fysiskt obehag* än under den andra korrekturläsningen (Tabell 2 och 3). Det kan åtminstone delvis förklaras av att arbetet

utfördes under ackordsliknande villkor, vilket tidigare har visats kunna ge en psykologiskt medierad muskelspänning (42).

Multipla regressionsanalyserna utfördes för att studera hur stor andel av variansen i CR10-skalan som kan förklaras av SOFI-faktorerna. Analyserna visade att SOFI-faktorerna gemensamt förklarade drygt två tredjedelar av variansen i skattningarna på CR10-skalan, vid samtliga skattningstillfällen. Vid korrekturläsningen bidrog faktorerna *Brist på energi* och *Sömnighet* med det största förklaringsvärdet, medan det främst var faktorn *Sömnighet* som bidrog med det största förklaringsvärdet för skattningarna på CR10-skalan vid vigilansuppgiften. Sammanfattningsvis tyder det på att den trötthet som uppstod efter korrekturläsningen främst karaktäriserades av *Brist på energi* och *Sömnighet*, medan den trötthet som uppstod efter vigilansuppgiften främst präglades av *Sömnighet*. Upplevelsen av *Brist på motivation* korrelerade visserligen med den allmänna trötthetsupplevelsen i båda arbetsuppgifterna, men inget eget förklaringsvärde kunde påvisas med regressionsanalyserna. Inget tydligt mönster kunde urskiljas för sambanden mellan bedömningar av trötthet och fysiologiska reaktioner, d.v.s. avvikelser från utgångsvärden. De negativa sambanden mellan diastoliskt blodtryck och trötthetsbedömningar kan vara en effekt av arbetsbelastning (46).

En relativt god intern konsistens förelåg för de mentala faktorerna *Brist på energi*, *Brist på motivation* och *Sömnighet* (Chronbachs $\alpha = .84 - .95$), medan den interna konsistensen varierade något i de fysiska faktorerna *Fysisk ansträngning* och *Fysiskt obehag* ($\alpha = .45 - .82$). De lägre alfavärdena för *Fysisk ansträngning* och *Fysiskt obehag* kan ha berott på att variansen var lägre än i de övriga faktorerna. Korrelationskoefficienterna mellan de två mättillfällena per arbetsuppgift gav också en viss information om test-retest reliabiliteten. Vid korrekturläsningarna varierade koefficienterna för de olika faktorerna mellan $.37$ (*Sömnighet*) och $.71$ (*Brist på energi*), medan de varierade mellan $.58$ (*Sömnighet*) och $.85$ (*Brist på motivation*) vid vigilansuppgifterna. Dessa koefficienter bör dock betraktas som en underskattning av reliabiliteten, då de bl.a. är en funktion av de relativt låga spridningarna i skattningarna. De relativt låga koefficienterna för faktorn *Sömnighet* kan delvis förklaras av att upprepningen i sig kan ha olika effekt på sömnheten hos olika individer.

Prestationen vid korrekturläsningen försämrades över tid så till vida att försökspersonerna läste fortare men slarvigare på eftermiddagen, jämfört med förmiddagen. Prestationen förbättrades dock över dagen, om man betraktar antalet lästa sidor, eller det totala antalet felaktiga ord som upptäcktes. Instruktionen som gavs var att läsa så noggrant, och samtidigt så snabbt som möjligt. Eftersom antalet upptäckta fel per sida minskade, vilket torde vara det väsentliga vid en verklig korrekturläsning, bör slutsatsen bli att prestationen försämrades över dagen. Liknande förändring i lässtrategi har tidigare visats i en studie med korrekturläsning under två timmar vid bullerexponering (27). Med undersökningens upplägning kan prestationsförsämringen antingen förklaras av att en trötthetseffekt uppstod, eller av att motivationen var lägre på eftermiddagen då ingen extra ersättning gavs. Då skattningarna inte visade någon trötthetseffekt över dagen, kan försämringen i prestation möjligen förklaras av en lägre grad av motivation. Denna förklaring motsägs dock av att skalvärdena i faktorn *Brist på motivation* inte var högre på eftermiddagen än på förmiddagen. Även i vigilansuppgiften försämrades prestationen något över dagen. Eftersom det var relativt få signaler att upptäcka (60 fel/timme) kan uppgiften ha varit för lätt för att få en tydlig prestationsförsämring.

Hjärtfrekvensen och blodtryck ökar normalt under arbete även om det främst har studerats i samband med fysiskt arbete. Diastoliskt blodtryck, mätt med blodtrycksmanschett som i denna studie, har visats vara konstant eller minska med ökad arbetsbelastning (46).

Hjärtfrekvensen och det systoliska blodtrycket i denna studie var något högre under korrekturläsningen jämfört med under vigilansuppgiften. Dessutom, de enda statistiskt signifikanta samband som förelåg mellan fysiologiska reaktioner och trötthetsupplevelser var negativa samband mellan blodtryck, främst diastoliskt, och trötthetskattningar. Detta indikerar att korrekturläsningen, som tidigare nämnts, var ett mer aktivt arbete jämfört med vigilansuppgiften. En ökad mental belastning antas normalt ger en lägre hjärtfrekvensvariabilitet (31). Hjärtfrekvensvariabiliteten var lägre under korrekturläsningen jämfört med vigilansuppgiften, vilket tyder på en relativt hög mental belastning under korrekturläsningen. Variabiliteten ökade också över dagen, vilket tillsammans med den försämrade prestationen i båda arbetsuppgifterna och skattningarna av ansträngningsgrad, tyder på en minskande grad av ansträngning. En hög muskelaktivitet i corrugator supercilii har tidigare visats vid enkla uppmärksamhetskrävande arbetsuppgifter (8). Muskelaktiviteten i corrugator var högre under vigilansuppgiften jämfört med under korrekturläsningen. Det är dock oklart i vilken mån skillnaden i pannans muskelaktivitet här beror på arbetets karaktär eller om det är en effekt av huvudets position vid de två arbetsuppgifterna. Vid korrekturläsningen var huvudet något framåtlutat och blicken sänkt, medan huvudet var något mer upprätt och blicken riktad framåt vid vigilansuppgiften. Den högre muskelaktiviteten vid vigilansuppgiften kan antingen ha speglat den visuella ansträngningen vid kontinuerlig uppmärksamhet på en bildskärm, eller en upplevelse av obehag till följd av arbetsuppgiften.

Reaktionstiden påverkas av dygnsrytmen och normalt minskar reaktionstiden vid mätningar på eftermiddagen, jämfört med morgonmätningar (9, 36). Resultaten i denna studie visade en ökning av reaktionstiden över dagen, vilket är en stark indikation på att den samlade arbetsdagen var tröttnande. Trots detta kunde ingen ökning av den upplevda tröttheten påvisas över dagen. Det kan möjligen förklaras av en spurteffekt, d.v.s. att försökspersonerna vid det sista skattningstillfället var så lättade över att arbetsdagen nästan var slut, att tröttheten över-skuggades av en känsla av lättnad. Andra studier har visat på liknande resultat, d.v.s. en ökad reaktionstid utan någon parallell ökning av den rapporterade tröttheten efter arbete (23, 34).

Det är intressant att notera att inga könsskillnader avseende skattningar förelåg i detta experiment, eller i det tidigare experimentet med fysiskt arbete (44), vilka båda utfördes under kontrollerade betingelser. Däremot har kvinnliga studenter rapporterat en högre grad av trötthet efter en skrivning, jämfört med män, i en tidigare fältstudie av mentalt arbete (43). Dessutom kan mental belastning, liksom det totala sammanhanget, i en realistisk arbetsituation sannolikt orsaka mer långsiktiga trötthetseffekter än vad som kan åstadkommas i en experimentell studie. Mätinstrumentet SOFI avser dock främst att mäta relativt akuta trötthetseffekter. Ett flertal jämförelser har gjorts mellan de olika SOFI-faktorerna i resultatredovisningen ovan. Det är dock viktigt att påpeka att direkta jämförelser mellan de fem delskalorna kan vara missledande. Varje verbalt uttryck som skattas kan uppfattas ha en given intensitet, t ex kan en känsla av att man *flåsar* uppfattas som en mer intensiv upplevelse jämfört med om man känner sig *dåsig*. Medelvärden i varje faktor påverkas därmed av uttryckens intensitet.

Sammanfattningsvis visar resultatet att simulerat mentalt arbete främst orsakade en trötthet vilken kan beskrivas som en upplevelse av *Brist på energi*, *Brist på motivation* och *Sömnighet*. Detta, tillsammans med faktorernas interna konsistens, är en indikation på validitet i den mentala dimensionen av trötthet. Resultaten från de båda experimentella studierna tyder på att mätinstrumentet SOFI förmår skilja mellan skilda fysiska och mentala trötthetstillstånd.

Sammanfattning

Elizabeth Åhsberg, Francesco Gamberale, Klas Gustafsson. Upplevd trötthet efter mentalt arbete. En experimentell utvärdering av ett mätinstrument. Arbetslivsinstitutet. *Arbete och Hälsa* 1998;8

Syftet var att studera trötthetsupplevelser efter mentalt arbete och pröva ett instrument för mätning av trötthet, SOFI (Swedish Occupational Fatigue Inventory). Tjugo kvinnor och 20 män arbetade med korrekturläsning (2x90 min) och en vigilansuppgift (2x60 min). Efter arbetsuppgifterna skattades tröttheten med SOFI och CR10-skalan. Dessutom registrerades dels fysiologiska reaktioner; blodtryck, hjärtfrekvens, hjärtfrekvensvariabilitet och muskelaktivitet i corrugator, dels prestationsmått; antal upptäckta korrekturfel, antal lästa sidor, antal upptäckta signaler, reaktionstid. De högsta skattningarna återfanns i *Brist på energi*, *Brist på motivation* och *Sömnighet*, särskilt efter vigilansuppgiften. Förhållandevis höga skattningar gjordes även på CR10-skalan, efter båda arbetsuppgifterna. Ingen könsskillnad avseende skattningar, eller någon entydig fysiologisk reaktion som samvarierade med trötthetsupplevelsen, kunde påvisas. Sammanfattningsvis har validiteten i den mentala dimensionen i SOFI belysts.

Nyckelord: frågeformulär, mentalt arbete, upplevd trötthet, validitet

Summary

Elizabeth Åhsberg, Francesco Gamberale, Klas Gustafsson. Perceived fatigue after mental work. An experimental evaluation of a fatigue inventory. National institute for working life. *Arbete och Hälsa* 1998;8

The aim of this study was to investigate the perceived fatigue after mental work and test the instrument SOFI (Swedish Occupational Fatigue Inventory). Twenty male and 20 female subjects worked with proofreading (2x90 min) and a vigilance task (2x60 min). After each occasion, perceived fatigue was rated with the SOFI and Borg's CR-10 scale. In addition, physiological reactions were registered; blood pressure, heart rate, heart rate variability and muscle activity in corrugator supercilii, as well as measures of performance; number of pages read and number of discovered proof errors, number of discovered signals, reaction time. As expected, the highest ratings were obtained on *Lack of energy*, *Lack of motivation* and *Sleepiness*, particularly after the vigilance task. High ratings after both work tasks were also found on the CR-10 scale. Men and women did not differ significantly with respect to their ratings. No clear-cut physiological reaction were found to correlate with ratings of fatigue. The results indicates the validity of the mental dimension of the SOFI-inventory.

Key words: perceived fatigue, mental work, questionnaire, validity

Referenser

1. Björnsson C. *Lesbarkeit durch Lix*. Stockholm: Pedagogiskt Centrum, 1968:
2. Blake M. Time of day effects on performance in a range of tasks. *Psychonom Sci* 1967;9:349-350.
3. Bohlin G, Kjellberg A. Self-reported arousal during sleep deprivation and its relation to performance and physiological variables. *Scand J Psychol* 1973;14:78-86.
4. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehab Med* 1970;2-3:92-98.
5. Borg G. A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. In: Geissler H-G, Petzold P, ed. *Psychophysical judgment and the process of perception*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1982: 25-33.
6. Borg G. Upplevd ansträngning i fysiskt arbete. In: Lennerlöf L, ed. *Människan i arbetslivet*. Uddevalla: Allmänna Förlaget, 1991: 50-69.
7. Chalder T, Berelowitz G, Pawlikowska T, et al. Development of a fatigue scale. *J Psychosom Res* 1993;37:147-153.
8. Cohen B, Davidson R, Senulis J, Saron C. Muscle tension patterns during auditory attention. *Biol Psychol* 1992;33:133-156.
9. Colquhoun W. Effects of a small dose of alcohol and certain other factors on the performance of a vigilance test. *Bull CERP* 1962;2:27-44.
10. Dainoff M. Occupational stress factors in visual display terminal (VDT) operation: a review of empirical research. *Behaviour and Information Technology* 1982;1:141-176.
11. Davies D, Parasuraman R. *The psychology of vigilance*. London: Academic Press, 1981.
12. Dimberg U. Facial electromyography and emotional reactions. *Psychophysiology* 1990;27:481-494.
13. Finkelman J. A large database study of the factors associated with work-induced fatigue. *Hum Factors* 1994;36:232-243.
14. Fridlund A, Cacioppo J. Guidelines for human electromyographic research. *Psychophysiol* 1986;23:567-689.
15. Gamberale F. Use of behavioral performance tests in the assessment of solvent toxicity. *Scandinavian Journal of Work Environmental Health* 1985;11:65-74.
16. Gamberale F, Iregren A, Kjellberg A. SPES: The computerized Swedish Evaluation System. *Arbete och Hälsa* 1989;6.
17. Gamberale F, Kjellberg A, Åkerstedt T, Johansson G. Behavioral and psychophysiological effects of the physical work environment. *Scand J Work Environ Health* 1990;16:5-16.
18. Hancock P, Caird J. Experimental evaluation of a model of mental workload. *Hum Factors* 1993;35:412-429.
19. Jex H. Measuring mental workload: Problems, progress and promises. In: Hancock P, Meshkati N, ed. *Human mental workload*. North-Holland: Elsevier Science Publishers, 1988: 5-39.
20. Jorna P. Spectral analysis of heart rate and psychological state: A review of its validity as a workload index. *Biol Psychol* 1992;34:237-257.
21. Kinsman R, Weiser P. Subjective symptomatology during work and fatigue. In: Simonson E, Weirser P, ed. *Psychological aspects and physiological correlates of work and fatigue*. Springfield: CC Thomas Publisher, 1976: 336-405.
22. Kjellberg A, Bohlin G. Self-reported arousal: further development of a multi-factorial inventory. *Scand J Psychol* 1974;15:285-292.
23. Kjellberg A, Muhr P, Sköldström B. Trötthet efter arbete - en registerstudie och tre fältstudier. *Arbete & Hälsa* 1997;7.
24. Kjellberg A, Sköldström B, Andersson P, Lindberg L. Fatigue effects of noise on aeroplane mechanics. *Work & Stress* 1996;10:62-71.

25. Kjellberg A, Sköldström B, Tesarz M, Dallner M. Facial EMG responses to noise. *Perc Mot Skills* 1994;79:1203-1216.
26. Kristal-Boneh E, Raifel M, Froom P, Ribak J. Heart rate variability in health and disease. *Scand J Work Environ Health* 1995;21:85-95.
27. Landström U, Byström M, Kjellberg A, Nordström B. *Prestation och störningsupplevelse vid exponering för amplitudmodulerat buller vid olika nivåer*. Arbetslivsinstitutet, 1997 (Arbetslivsrapport, 1997:15).
28. Lee K, Hicks G, Nino-Murcia G. Validity and reliability of a scale to assess fatigue. *Psychiat Res* 1991;36:291-298.
29. Lindelöf B, Almkvist O, Göthe C. Sömnstörningar och lösningsmedelsskada. In: Arbetskyddsstyrelsen, ed. *Nordiska Arbetsmiljömötet*. Reykjavik: , 1987: 80-81.
30. Lisper H, Kjellberg A. Effects of 24-hour sleep deprivation on date of decrement in a 10-minute auditory reaction time task. *J Exp Psychol* 1972;96:287-290.
31. Meshkati N. Heart rate variability and mental workload assessment. In: Hancock P, Meshkati N, ed. *Human mental workload*. Amsterdam: Elsevier, 1988: 101-115.
32. Meshkati N. Toward development of a cohesive model of workload. In: Hancock P, Meshkati N, ed. *Human mental workload*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V., 1988: 305-314.
33. Reid G, Nygren T. The subjective workload assessment technique: A scaling procedure for measuring mental workload. In: Hancock P, Meshkati N, ed. *Human mental workload*. Amsterdam: Elsevier, 1988: 185-218.
34. Setyawati L. Relation between feelings of fatigue, reaction time and work productivity. *J Hum Ergol* 1995;24:129-135.
35. Shephard R. Perception of effort in the assessment of work capacity and the regulation of the intensity of effort. *Int J Ind Ergonomics* 1994;13:67-80.
36. Söderman E, Kjellberg A, Anselm Olsson B, Iregren A. *Standardisering av ett enkelt reaktionstidstest för användning i beteendetoxikologiska undersökningar*. Arbetskyddsstyrelsen, 1982 (Undersökningsrapport 1982:27).
37. Takeda M. Basic study on the measuring of fatigue by the minimum audible pressure. *Ergonomics* 1992;35:367-646.
38. Van Boxtel A, Jessurun M. Amplitude and bilateral coherency of facial and jaw-elevator EMG activity as an index of effort during a two-choice serial reaction task. *Psychophysiol* 1993;30:589-604.
39. Vøllestad N, Sejersted O. Biochemical correlates of fatigue. *A brief review* 1988;57:336-347.
40. Waterink W, van Boxtel A. Facial and jaw-elevator EMG activity in relation to changes in performance level during a sustained information processing task. *Biol Psychol* 1994;37:183-198.
41. Wessely S, Powell R. Fatigue syndromes: a comparison of chronic "postviral" fatigue with neuromuscular and affective disorders. *J Neurol Neurosurg and Psychiat* 1989;52:940-948.
42. Wærsted M, Bjørklund R, Westgaard R. The effect of motivation on shoulder-muscle tension in attention-demanding tasks. *Ergonomics* 1994;37:363-376.
43. Åhsberg E. Upplevd trötthet efter mentalt arbete. En fältstudie. *Arbete & Hälsa* 1997;18.
44. Åhsberg E, Gamberale F. Perceived fatigue during physical work: An experimental evaluation of a fatigue inventory. *Int J Ind Ergonomics* 1998;21:117-131.
45. Åhsberg E, Gamberale F, Kjellberg A. Perceived quality of fatigue during different occupational tasks. Development of a questionnaire. *Int J Ind Ergonomics* 1997;20:121-135.
46. Åstrand P-O, Rodahl K. *Textbook of work physiology. Physiological bases of exercise*. New York: McGraw-Hill, Inc., 1986.

Insänt för publicering 1997 12 02.