

ZANESLJIVOST SUBJEKTIVNE OCENE UTRUJENOSTI

J. SUŠNIK, ALENKA KLEMENČIČ* in S. ŠOŠKIČ**

*Dispanzer za medicino dela, Ravne na Koroškem,
*Iskra — Biro za industrijski inženjering, Ljubljana, in
**Institut za medicino dela, Ljubljana*

(Priljeno 20. VIII 1977)

V laboratorijskem eksperimentu smo na eni eksperimentalni osebi preizkusili zanesljivost subjektivne ocene utrujenosti. Izpostavili smo jo trem različnim obremenitvam (dinamični, klimatski, respiratorju) na dveh stopnjah intenzitete ter pri tem registrirali poleg subjektivne ocene utrujenosti še nekatere fiziološke parametre. Po naključnem zaporedju smo vsako kombinacijo ponovili ter ugotovili, da med subjektivno oceno utrujenosti prve in druge serije ni statistično pomembnih razlik. Pokazalo se je tudi, da obstoja pomembna povezanost med subjektivno oceno utrujenosti in srčno frekvenco. Čeprav rezultatov dobljenih na eni eksperimentalni osebi ni mogoče nekritično posploševati, je videti, da je subjektivna ocena utrujenosti dovolj zanesljiva metoda za to oceno, če jo pri določenih fizičnih obremenitvah pri trenirani osebi apliciramo dovolj pogosto.

Utrujenost definiramo kot poslabšanje funkcionalne sposobnosti organizma, ki se objektivno kaže v zmanjšani sposobnosti za delo, subjektivno pa v nizu karakterističnih doživljajev napetosti, razdraženosti, izčrpanosti in brezvoljnosti. Gre za kompleksno psihofiziološko dogajanje, ki ga lahko vsaj deloma pojasnimo z biokemičnimi in živčnimi funkcijami.

Fenomena utrujenosti ni mogoče enoznačno definirati, prav tako pa je težavno iskanje zanesljivih testov utrujenosti. Med njimi je videti subjektivna ocena utrujenosti relativno dobra metoda, zlasti če se v toku eksperimenta, oziroma poklicnega dela aplicira dovolj pogosto. O metodi poročajo na primer *Bujas* s sodelavci (1), *Vidaček* (3) ter *Šebek* in *Sabadin* (2). Metoda je torej relativno zanesljiva, a hkrati relativno enostavna. Zato se zdi primerna za praktično aplikacijo na delovnih mestih.

Utrujenost nastopa kot posledica različnih faktorjev, pri čemer nastajajo različne vrste utrujenosti. V pričujoči raziskavi smo želeli z laboratorijskim poskusom ugotoviti zanesljivost subjektivne ocene utrujenosti, če človeka izpostavimo različnim obremenitvam, ki vsaka povzroča »svojo« utrujenost.

EKSPERIMENTALNA OSEBA IN METODE

Eksperiment smo programirali tako, da je bila ena eksperimentalna oseba izpostavljena trem vrstam obremenitev, vsaki s po dvema stopnjama. Te obremenitve so bile:

- mišične: vrtenje bicikel ergometra s 50 c min^{-1}
 - 350 kpm min^{-1} (1)
 - 650 kpm min^{-1} (2)
- klimatske:
 - $t_z = 16^\circ \text{ C}$, $\text{RV} = 80\%$, $v = 0,3 \text{ m sec}^{-1}$ (3)
 - $t_z = 30^\circ \text{ C}$, $\text{RV} = 80\%$, $v = 0,3 \text{ m sec}^{-1}$ (4)
- respirator: »DRÄGER z dvema filtroma M 105 St«
 - diha skozi respirator (5)
 - diha prosto, brez respiratorja (6).

Kombinacije obremenitev ter njihove ponovitve so si sledile naključno, vsaka po en dan med 8,30 in 11,40 (tablica 1). Prvi dan je tekel multi eksperiment, da bi se eksperimentalna oseba adaptirala na eksperimentalno situacijo.

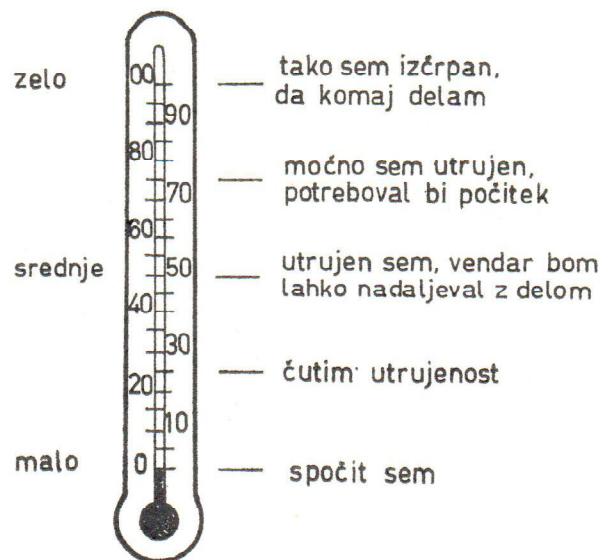
Tablica 1

Vrstni red kombinacij obremenitev (1 = 350 kpm min^{-1} , 2 = 650 kpm min^{-1} , 3 = $t_z 16^\circ \text{ C}$, $\text{RV} 80\%$, $v 0,3 \text{ m sec}^{-1}$, 4 = $t_z 30^\circ \text{ C}$, $\text{RV} 80\%$, $v 0,3 \text{ m sec}^{-1}$, 5 = respirator, 6 = brez respiratorja)

Eksperimentalni dan	Oznaka kombinacije obremenitev
1.	245
2.	146
3.	146
4.	246
5.	246
6.	235
7.	236
8.	235
9.	135
10.	245
11.	236
12.	136
13.	136
14.	145
15.	135
16.	145

Obremenitve so bile prilagojene poklicnim obremenitvam eksperimentalne osebe. Le-ta je bila moški, po poklicu rudar, star 29 let, visok 175 cm in težak 75 kg, klinično zdrav in motiviran za sodelovanje. Njena maksimalna aerobna kapaciteta je bila $3,65 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$; potemtakem predvidena eksperimentalna mišična obremenitev ni dosegala niti 50% te kapacitete ($650 \text{ kpm} \cdot \text{min}^{-1} \approx 1,6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$). Eksperiment je potekal v klimatski komori v relativno stabilnih klimatskih pogojih. V komori je bil konstanten ropot 72 dB (A) ter umetna razsvetljava 65 lux-ov.

Eksperimentalna oseba je po pripravi za poskus na mehanskem bicikel ergometru opravila po osem ciklov, od katerih je vsak predstavljal 15 minut vrtenja kolesa ter 5 minut pavze, med katero je lahko sestopila s sedeža. Po osmem ciklu je sledila polurna pavza na mestu. Med eksperimentom je eksperimentalna oseba v hladni klimi nosila običajno delovno obleko (rudarja) z vrednostjo cca 0,6 clo, v vroči klimi pa je bila do pasu gola. Dovoljeno ji je bilo piti vodo, ventar jo je odklanjala tudi takrat, ko je bilo pitje možno (kadar ni nosila respiratorja), češ da tudi pri poklicnem delu nikoli ne pije.



Sl. 1. »Termometr utrujenosti« s skalo 0 do 100 ter petimi deskriptivni kategorijami

Subjektivno oceno utrujenosti smo merili s termometrom utrujenosti (sl. 1), razdeljenem na intervale od 0 do 100, oziroma na 5 deskriptivnih kategorij. Eksperimentalna oseba je ocenila občutek utrujenosti ter ga izrazila z določeno številko na termometru pred pričetkom dela, po 15. in 20. minuti vsakega cikla (t. j. konec dela in konec pavze) in vsakih 10 minut v zaključnem počitku.

Merili smo tudi srčno frekvenco (f_s), in sicer tako, da smo s telemetrično pripravo (Meditel 150, MS 191, Hellige) registrirali elektrokardiogram na osciloskopu ter s pulzno štoperico *Heuer šteli R* — zobce. Srčno frekvenco smo registrirali vsako peto minuto eksperimenta. Prav tako smo registrirali bazalno temperaturo, oziroma njen korelat rektalno temperaturo (t_R) z električnim termometrom (Electric Universal Thermometer Type TE 3 firme Ellab Instruments Copenhagen). Raziskali smo količino evaporiranega znoja in koncentracijo mlečne kisline v periferni venozni krvi, vendar o teh rezultatih poročamo na drugem mestu.

REZULTATI IN DISKUSIJA

Z analizo variance koreliranih rezultatov smo ugotovili, da je subjektivna ocena utrujenosti pomembno odvisna od teže dinamičnega dela, toplotnega okolja in nošenja, oziroma nenošenja respiratorja. F je v prvem primeru 484,11, v drugem 158,20, v tretjem pa 182,98 ($F^{0.01/1, \infty /} = 6,63$). Vsaka od teh različnih obremenitev izzove torej občutek utrujenosti, ki ga eksperimentalna oseba lahko diferencira. Na tablici 2. so

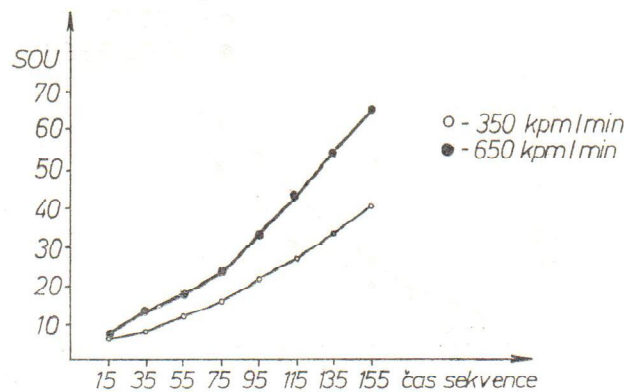
Tablica 2

Poprečne vrednosti subjektivne ocene utrujenosti posameznih časovnih sekvenc eksperimenta treh dvostopenjskih obremenitev.

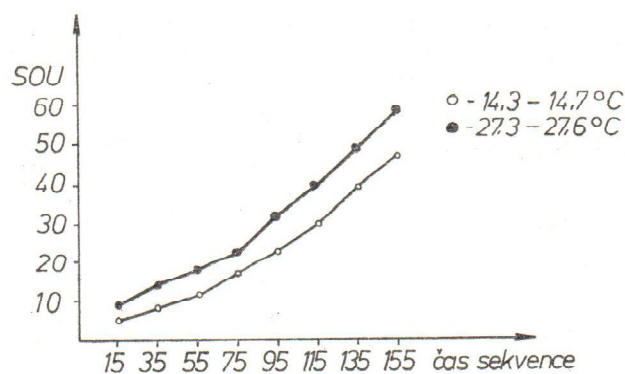
Minuta eksper.	Nima resp.	Ima resp.	350 kpm/min ⁻¹	650 kpm/min ⁻¹	14,3—14,7 °C ET	27,3—27,6 °C ET
15.	6,75	7,63	6,25	8,13	5,00	9,38
35.	9,25	12,25	8,13	13,38	7,75	13,75
55.	13,13	15,50	11,88	16,75	11,00	17,63
75.	16,13	23,00	16,25	22,88	17,25	21,88
95.	24,88	30,88	22,13	33,63	23,25	32,50
115.	26,63	40,25	27,38	42,50	30,25	39,63
135.	39,13	50,00	34,25	54,88	39,75	49,38
155.	48,00	58,50	40,88	65,63	47,63	58,88

vpisane poprečne vrednosti subjektivne ocene utrujenosti posameznih časovnih sekvenc za vsako stopnjo vsake obremenitve. Prav tako je iz diagramov (sl. 2 do 4) razvidno, kako potekata krivulji subjektivne ocene utrujenosti za manjšo in večjo dinamično obremenitev, manjšo in večjo toplotno obremenitev ter nenošenje ali nošenje respiratorja.

Na poglavitno vprašanje — kako je subjektivna ocena utrujenosti zanesljiva — pa smo skušali odgovoriti primerjaje poprečne ocene v prvi seriji obremenitev z drugo serijo. Podatki so vpisani na tablici 3. De-



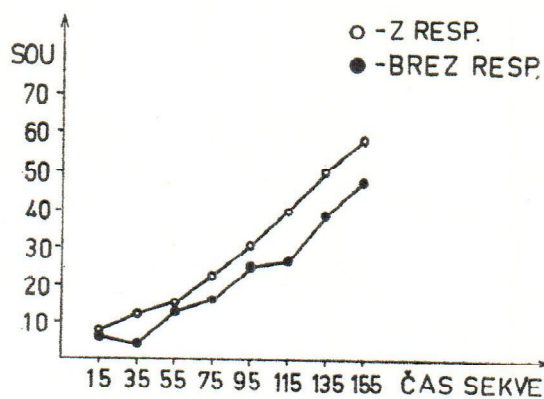
Sl. 2. Na abscisi čas eksperimenta v dvajsetminutnih sekvencah (= 1 cikel), na ordinati subjektivne ocene utrujenosti pri dveh različnih dinamičnih obremenitvah (350 in 650 kpm min⁻¹)



Sl. 3. Na abscisi čas eksperimenta v dvajsetminutnih sekvencah (= 1 cikel), na ordinati subjektivne ocene utrujenosti pri dveh različnih klimah (ET 14,3—14,7°C, oziroma ET 27,3—27,6°C)

jali smo si, da med ocenami ne sme biti pomembnih razlik, če naj ocena subjektivne ocene utrujenosti predstavlja zanesljivo metodo. Pokazalo se je, da je korelacijski koeficient med obema aplikacijama $r = 0,75$, t vrednost pa 2,78, ali z drugimi besedami: med prvo in drugo serijo eksperimentov ni statistično pomembnih razlik. Na vzorčnih diagramih (sl. 5 do 7) smo ilustrirali to skladnost ocen.

V tablici 3 pade v oči prva subjektivna ocena utrujenosti pri kombinaciji 245; izjemno je visoka in odstopa od ocene pri drugi aplikaciji. Bralec lahko ugotovi (tablica 1), da je šlo pri tem za prvi poskusni dan po



Sl. 4. Na abscisi čas eksperimenta v dvajsetminutnih sekvencah (= 1 cikel), na ordinati subjektivna ocena utrujenosti pri dihanju skozi respirator, oziroma pri dihanju brez respiratorja

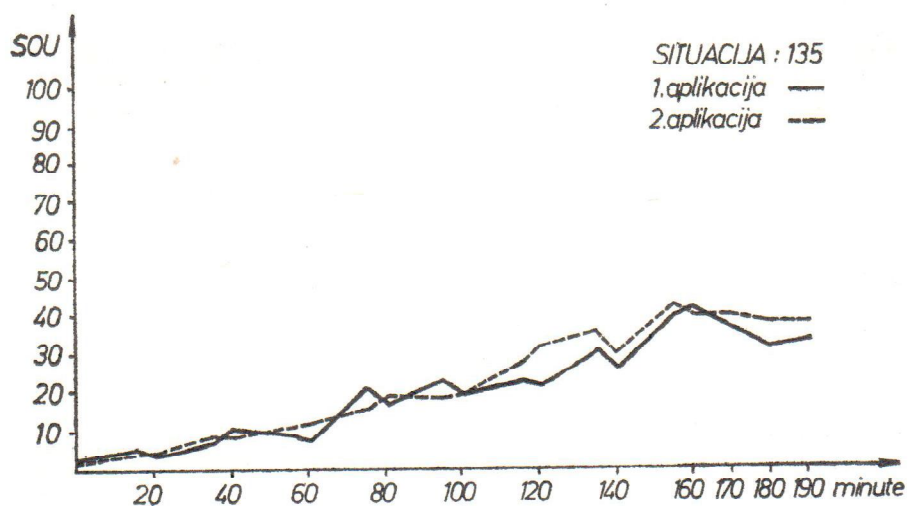
Tablica 3

V prvi koloni kombinacije obremenitev (prim. tab. 1), v drugi koloni povprečja subjektivne ocene utrujenosti pri prvi, v tretji koloni pa pri drugi aplikaciji teh obremenitev

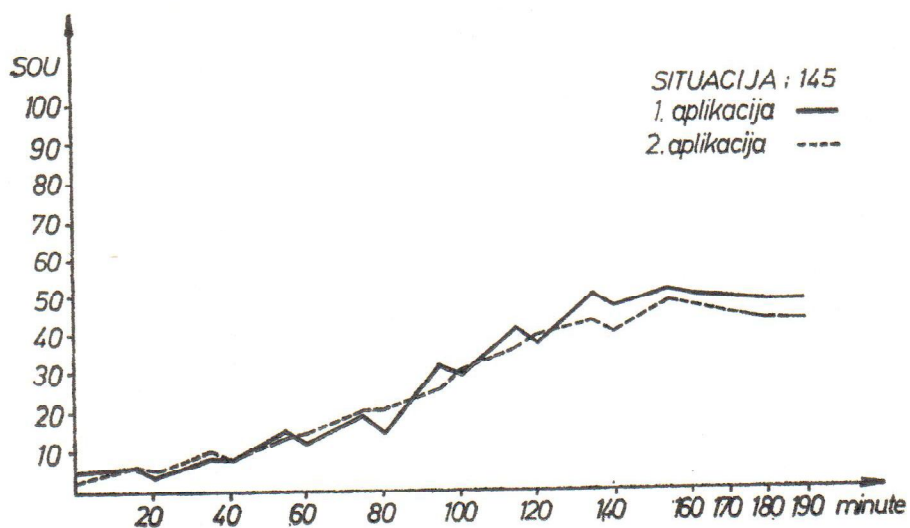
Kod obremenitve	x = M Subjektivna ocena utruje- nosti/I	y = M Subjektivna ocena utruje- nosti/II
246	30,90	35,70
145	28,60	26,90
245	56,90	32,55
146	15,95	18,75
235	30,50	29,35
236	25,80	25,40
135	20,80	22,75
136	16,55	19,45
M	28,25	26,36
SD	13,00	6,03

nultem poskusu. Po vsej verjetnosti se je eksperimentalna oseba še adaptirala na okolje, na sam eksperiment, oziroma iskala svoj kriterij ocene.

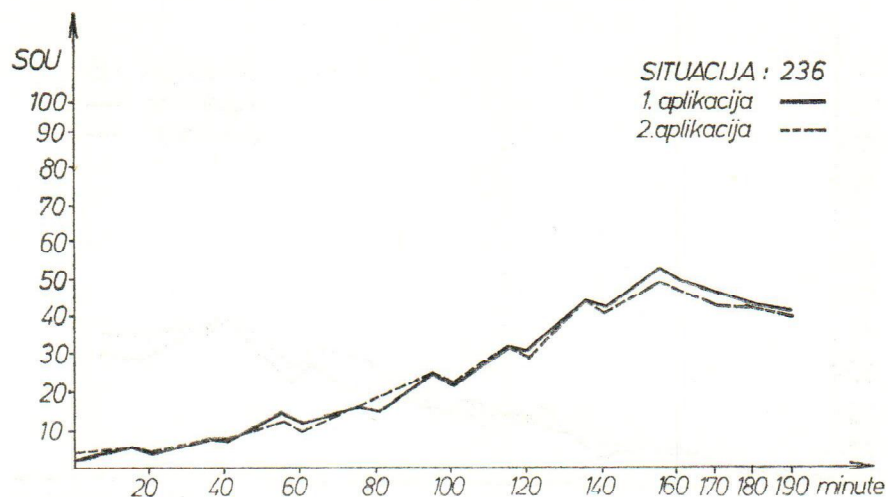
Na naslednje vprašanje — namreč kako vpliva utrujenost na srčno frekvenco — ni mogoče odgovoriti preprosto, ker obstojajo različno pogojene utrujenosti z različnim učinkom na f_s . V naši raziskavi izhajamo iz zanesljivosti subjektivne ocene utrujenosti ter povprečno subjektivno oceno utrujenosti primerjamo s povprečno f_s za vsako obremenitev (tablica 4).



Sl. 5. Na abscisi minute eksperimenta, na ordinati subjektivna ocena utrujenosti. Kombinacija obremenitev 135. Prva aplikacija polna črta, druga aplikacija črtkana. Iz krivulj je razviden trend naraščanja, ki je linearen. Skladnost med obema aplikacijama je velika. V vsakem ciklu je vidna tudi funkcija petminutne pavze, ko naraščanje subjektivne ocene utrujenosti praviloma zastane ali se ocena zniža



Sl. 6. Kot slika št. 5 za kombinacijo obremenitev 145



Sl. 7. Kot slika št. 5 za kombinacijo obremenitev 236

Tablica 4

V prvi koloni kod obremenitev (prim. tab. 1). Z rimsko I označena prva, z rimsko II pa druga aplikacija (serija) obremenitev. V drugi koloni poprečna subjektivna ocena utrujenosti, v tretji pa poprečna f_s .

Kod obremenitve	x = M Subjektivno oceno utruje- nosti	y = M_{f_s}
246/I	30,90	128,20
246/II	35,70	122,79
145/I	28,60	101,97
145/II	26,90	104,77
245/I	56,90	127,92
245/II	32,55	125,74
146/I	15,95	102,59
146/II	18,75	102,64
235/I	30,50	108,10
235/II	29,35	115,08
236/II	25,40	102,44
135/I	20,80	90,54
135/II	22,75	90,72
136/I	16,55	88,74
136/II	19,45	90,72
M	27,30	106,82
SD	9,84	13,61

Korelacijski koeficijent je 0,77, t vrednost pa 4,49, kar pomeni, da je povezanost subjektivne ocene utrujenosti ter f_s pomembna ($p < 0,01$). Vsaka od apliciranih obremenitev je vplivala na f_s , hkrati pa tudi na subjektivno oceno utrujenosti, oziroma višina f_s in višina subjektivne ocene utrujenosti sta posledici istih obremenitev.

Nasprotno pa ni korelacije med subjektivne ocene utrujenosti in t_R . Rektalna temperatura je porastla zaradi mišične aktivnosti in delovanja zunanjega toplotnega okolja (tablica 5). Korelacijski koeficijent je 0,16, t vrednost pa 0,606. Rektalna temperatura je v območju apliciranih obremenitev in trajanju eksperimenta premalo občutljiv parameter.

Tablica 5

V prvi koloni kod obremenitev (prim. tab. 1). V drugi koloni poprečna subjektivna ocena utrujenosti, v tretji pa Δt_R °C.

Kod obremenitve	x = M subjektivna ocena utrujenosti	y = Δt_R °C
246/I	30,90	0,9
246/II	35,70	0,7
145/I	28,60	0,7
145/II	26,90	0,6
245/I	56,90	0,6
245/II	32,55	1,0
146/I	15,95	0,8
146/II	18,75	0,4
235/I	30,50	0,6
235/II	29,35	0,4
236/I	25,80	0,7
236/II	25,40	0,8
135/I	20,80	0,2
135/II	22,75	0,6
136/I	16,55	0,7
136/II	19,45	0,4
M	27,30	0,62
SD	9,84	0,21

Z analizo variance smo potrdili, da utrujenost v teku eksperimenta pomembno narašča ($F = 35,46$; $F_{0,01/7,120} = 2,79$). Po pavzi vsakega cikla rast subjektivne ocene utrujenosti sicer zastane, oziroma se pri večjih obremenitvah celo nekoliko zmanjša. V celosti subjektivna ocena utrujenosti vendarle narašča premo sorazmerno s časom, oziroma je 97,23% regresije pogojene z linearnim trendom.

ZAKLJUČEK

Ceprav ni mogoče zaključka na podlagi longitudinalnega poskusa s tremi laboratorijskimi dvostopenjskimi obremenitvami na eni eksperimentalni osebi posploševati, je vendarle videti, da je subjektivna ocena utrujenosti dovolj zanesljiva metoda za to oceno, če je pri določenih fizičnih obremenitvah pri trenirani osebi apliciramo dovolj pogosto.

Literatura

1. Bujas, Z., Pavlina, Ž., Sremec B., Vidaček, S., Vodanović, M.: Arh. hig. rada, 17 (1966) 275.
2. Sebek, L., Sabadin, A.: Doživljanje umora na mehaniziranim i nemehaniziranim radnim mjestima u Rudniku žive Idrija, »Dani Ramira Bujasa«, Zagreb, 1974.
3. Vidaček, S.: Vrijednost subjektivnog procjenjivanja umora, Simpozij umor i odmor, Treći kongres psihologa Jugoslavije, Beograd, 1968.

Summary

RELIABILITY OF SUBJECTIVE RATING OF FATIGUE

A young fit male person was exposed to three laboratory loads, simulating his own professional working conditions. The loads represented cycling at 350, and 650 kpm/min⁻¹, two different climates with $t_a = 16^\circ\text{C}$, RH = 80%, $v = 0,3\text{ m sec}^{-1}$, and $t_a = 30^\circ\text{C}$, RH = 80%, $v = 0,3\text{ m sec}^{-1}$, and finally the breathing through the respirator »DRÄGER with two filters M 105 St«, and breathing without respirator. These loads were combined and each was repeated at random. The subject performed work, each following experimental day, at the same time in 8 cycles, consisting of 15 minutes cycling and 5 minutes rest, and of a half on hour rest at the end of the 8th cycle. The subjective rating of rectal temperature (t_R) was recorded. We found different loads significantly correlated with subjective rating of fatigue, which might contribute to the reliability of the method applied at different sources of fatigue. The particular question of the reliability was continued by the repetition of each combination of loads. Between the first and the second application no significant difference existed, whereas the correlation coefficient was 0.75. Subjective rating of fatigue showed a systematic tendency to increase, while the regression line was clearly linear. Likewise the f_H was correlated with subjective rating of fatigue; however, to be on safe side, we would say the same factors influenced the increase of f_H as that of subjective rating of fatigue. On the other hand t_R was in no correlation with subjective rating of fatigue.

The results found in one subject could not be generalized without criticism, but for all that we assume that subjective rating of fatigue method could be applied with a satisfactory reliability at various physical loads after the subject has been trained and during work asked sufficiently often.

Occupational Health Unit, Ravne
na Koroškem,
Iskra — Industrial Engineering
Ljubljana, and
Institute of Occupational Health,
Ljubljana

Received for publication
July 20, 1977