

RAMENI »MOMENT« I RAD NA VIDEOTERMINALIMA

A. Šarić

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb

Primljeno 11. X. 1989.

Proučavani su radni položaji ruku kakve imaju operateri tokom rada uz videoterminale. Istraživanje je provedeno fotoanalizom i izradom biomehaničkih modela za koje su upotrijebljeni antropometrijski podaci o visini ispitanika i njihovoj ukupnoj tjelesnoj masi. Na temelju prikupljenih podataka određene su mase svih promatranih ispitanika te je formuliran biomehanički model koji odgovara radnim položajima: neutralnom položaju, srednjim radnim položajima i položaju s ispruženim rukama. Ergonomska analiza rada, provedena kvantifikacijom težine položaja ruku za vrijeme rada, upućuje na to da je potrebno uložiti mnogo veći napor kada su ruke ispružene nego kada su u neutralnom položaju.

Uvođenjem videoterminala u radne procese pojavile su se i poteškoće, kao i brojna neriješena pitanja u sistemu »operater – računalo – okoliš«, u kojem je očito računalo poprimilo status stroja. Unutar navedenog sistema odabrali smo samo one probleme za koje možemo uz poznate dosadašnje spoznaje postaviti hipotezu o ponašanju čovjeka kao dijela sistema pretpostavljajući kao glavni kriterij njegove ergonomske mogućnosti. Na ovakav je način proistekao cilj ili svrha ovog rada.

METODE

Proučavanje radnih položaja ruku operatera u toku rada uz videoterminale provedeno je fotoanalizom i mjerenjem potrebnih antropometrijskih značajki kao što su visina ispitanika i njihova ukupna tjelesna masa. S obzirom na to da se provedenim mjerenjem ne mogu utvrditi izravnim putem parametri ergonomske kvalitete rada, bilo je potrebno uvesti metodu za izračunavanje tih veličina, odnosno odrediti biomehanički model operatera. U tu je svrhu potrebno pridružiti antropometrijske podatke naših ispitanika na već utvrđene podatke šire populacije. Naime, bilo je potrebno provjeriti da li se utvrđeni antropometrijski rezultati naših ispitanika uklapaju u odgovarajuće, već izmjerene podatke. Ovi su izmjereni podaci uzeti prema *Rudanu* (1) i *Muftiću* (2), a

Tablica 1.

Statičke i dinamičke antropometrijske karakteristike

Veličina	Percentili									
	5%		25%		50%		70%		95%	
	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž	M	Ž
Visina tijela (mm)	1592	1464	1620	1531	1648	1572	1724	1617	1801	1684
Duljina nadlaktice (mm)	288	263	303	280	316	290	326	298	341	315
Duljina podlaktice (mm)	241	222	260	232	270	242	278	252	298	267
Duljina šake (mm)	179	155	180	164	181	166	180	180	182	193
Duljina ruke (mm)	708	640	743	676	767	698	784	730	821	775
Težište nadlaktice (mm)	129,5	118	163	125	142,1	130	146,6	134	153,4	142
Težište podlaktice (mm)	391	356	414	379	341,4	393	448,8	406	468,4	429
Težište šake (mm)	595	524	629	572	652,8	593	670,5	618,6	706,1	653
Duljina ruke sa zavrtvorenom šakom (mm)	622	562	653	594	674	613	489	641	720	681
Masa nadlaktice (kg)	1,53	1,40	1,76	1,54	1,96	1,68	2,17	1,90	2,57	2,26
Masa podlaktice (kg)	0,913	0,84	1,05	0,92	1,15	1,00	1,295	1,133	1,534	1,35
Masa šake (kg)	0,35	0,32	0,398	0,35	0,493	0,38	0,492	0,43	0,583	0,51
Masa ruke (kg)	2,793	2,56	3,208	2,81	3,529	3,06	3,597	3,469	4,687	4,12
Ukupna masa tijela (kg)	56,5	52	64,9	57	71,5	62	80,2	70,2	95	83,5

Tablica 2.

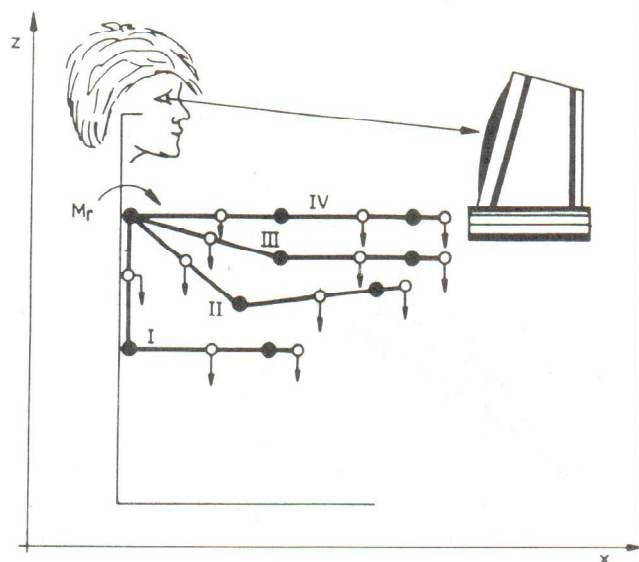
Regresijski koeficijenti

Segment	B ₀	B ₁	B ₂	R	Q
Stopalo	-0,829	0,0077	0,0073	0,702	0,101
Potkoljenica	-1,592	0,0361	0,0121	0,872	0,219
Natkoljenica	-2,679	0,1436	0,0137	0,891	0,721
Šaka - m ₁	-0,1165	0,0036	0,00175	0,516	0,0629
Podlaktica - m ₂	0,3185	0,0144	-0,00114	0,786	0,101
Nadlaktica - m ₃	0,250	0,0301	-0,0027	0,834	0,178
Glava	1,296	0,0131	0,0143	0,591	0,322
T r u p - gornji	8,2144	0,1862	-0,058	0,798	1,142
- srednji	7,181	0,2234	-0,0663	0,828	1,238
- donji dio	-7,498	0,0976	0,04896	0,743	1,020

sastoje se od statičkih antropomjera koje je Muftić preuredio u dinamičku formu primjenom metode *Donskog i Zacijorskog* (3), pridruženih harmonijskoj raspodjeli (tablice 1. i 2).

Mase pojedinih segmenata čovječjeg tijela, prema Donskom i Zacijorskom, izračunavaju se prema regresijskoj jednadžbi: $m_i = B_0 + B_1M_i + B_2H_i$ gdje su: m_i – masa proučavanog dijela tijela; $B_0, B_1(+), B_2(\text{kgcm}^{-1})$ – regresijski koeficijenti; M_i – ukupna masa segmenata (kg); h_i – ukupna visina subjekta (cm). Regresijski koeficijenti prikazani su na tablici 3.

Nakon toga bilo je moguće formulirati i biomehaničke modele koji odgovaraju utvrđenim radnim položajima, a koji izgledaju kako je prikazano na slici 1.



Slika 1. Model mogućih načina postavljanja ruke

M_r – rameni moment, ● – zglobovi, ○ – središte mase segmenata, I – neutralni položaj, II i III – srednji radni položaji, IV – položaj s ispruženim rukama

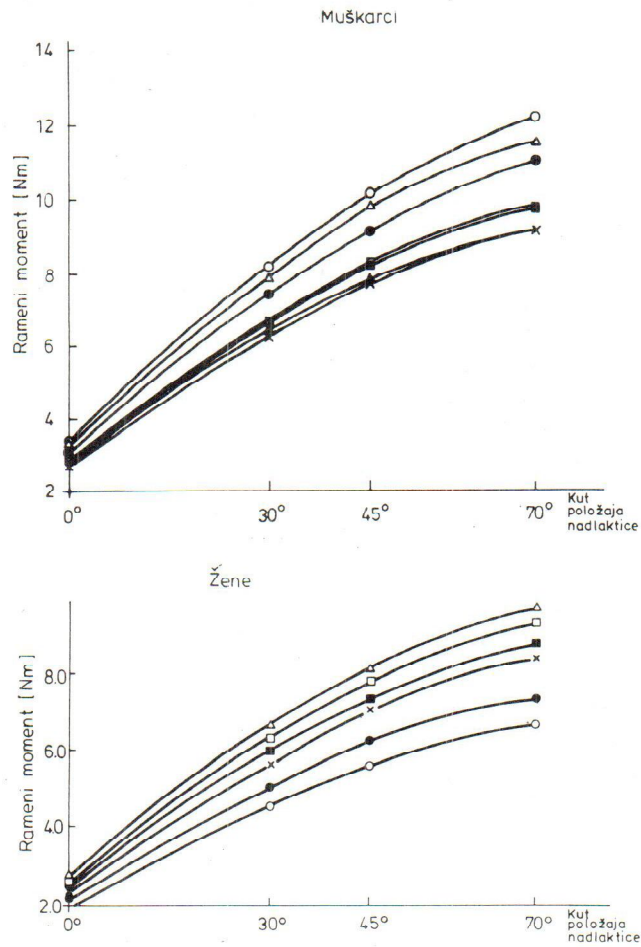
Promatrani je biomehanički model ravninski, premda je očito u stvarnosti trodimenzijski. Prelazak na ravninski model je učinjen radi pojednostavljenja problema, a opravdava se činjenicom da se utvrđene veličine reduciranih momenata pritom neznatno razlikuju od trodimenzijskih veličina i tako mogu služiti za usporedbu težine položaja. Težina položaja određuje se veličinom reduciranog momenta u osi ramenog zgloba jedne ruke, koji je određen izrazom:

$$M_r = F_{g_s} \cdot x_1'' + F_{g_p} \cdot x_1' + F_{g_n} \cdot x_1 \quad (\text{Nm})$$

ili općenito:

$$M_r = \sum_{i=1}^n F_{gi} x_i$$

gdje su: F_{gs} – težina šake (N); x'_s – udaljenost središta mase šake od ramene osi (m); F_{gp} – težina podlaktice (N); x'_p – udaljenost središta mase podlaktice od ramene osi (m); F_{gn} – težina nadlaktice (N); x'_n – udaljenost središta mase nadlaktice od ramene osi (m).



Slika 2. Prikaz zavisnosti veličine ramenog momenta od kuta položaja nadlaktice, za različite položaje ruku

REZULTATI

Istraživani utjecaj promjene položaja jedne ruke operatera kvantificiran momentom sile u ramenom zglobu proveden je na sedam muških i šest ženskih ispitanika. Navedeni se ispitanici po svojoj antropometrijskoj distribuciji mogu pridružiti općim podacima za našu populaciju muškog i ženskog spola unutar pet istaknutih percentilskih skupina, što se opravdava činjenicom da se visina ispitanika i njihova ukupna tjelesna masa nalaze unutar vrijednosti koje ne prelaze granicu od sedam posto. Prema navedenoj metodi Donskog i Zacijorskog određene su segmentalne mase, a iz grafičke analize su utvrđeni krakovi zamišljenih koncentriranih težina tih segmenata primjenom postupka za određivanje središta masa, što su ga također formirali Donski i Zacijorski.

Utvrđeni rezultati prikazani na slici 2. pokazuju da se u neutralnom položaju za muške osobe moment kreće $3 \pm 0,5$ Nm, dok se za žensku populaciju vrijednosti momenta u neutralnom položaju nalaze u području $2,3 \pm 0,5$ Nm. Krajnji položaji, kada je ruka ispružena prema naprijed za oko 30° ispod horizontalnog pravca, za muške ispitanike vrijednost momenta u ramenom zglobu je $10,5 \pm 1,6$ Nm, dok u ispitanica vrijednost momenta iznosi $8 \pm 1,8$ Nm. Ostali radni položaji ruku imaju vrijednosti momenta koje se mijenjaju na način prikazan na slikama 2. i 3, a koji je očito blago nelinearan.

Iz gradijenta porasta veličine momenta u zavisnosti od položaja ruku očito je da odmicanjem ruke prema naprijed moment raste naglo, i to za vrijednost od 300 do 400%, što je svakako mjera uložena napora ispitanika, a time i očit vanjski faktor kojim se može procijeniti brzina i veličina zamaranja ispitanika u toku rada.

RASPRAVA I ZAKLJUČCI

U okviru našeg istraživanja provedenu kvantifikaciju težine rada, ocijenjenu prema položaju ruku i trajanju takvog položaja, možemo smatrati novim i dosada neprimjenjivanim načinom ergonomske ocjene rada budući da u postojećoj dostupnoj inozemnoj i domaćoj literaturi nema nikakvih podataka o tome. Pored toga, navodimo još jednu činjenicu koja se odnosi na utvrđivanje promjena položaja ramenog zgloba, što je antropometrijski uvjetovano udaljenošću lakta od poda (bilo u sjedećem ili stojećem položaju), a potpada pod vrlo izražen i individualni status ispitanika. Govoreći o tome, posebno ističemo i činjenicu da u postojećoj domaćoj literaturi nismo našli dimenzije vertikalnog pomaka ramenog zgloba, što u procjeni težine posla može imati gotovo najbitniji utjecaj. Razlog tomu je i to što se u održavanje ovakva pokreta uključuju svi vratni, prsni i leđni mišići. Prema nekim autorima (2, 4) najteži su suboptimalni položaji u ergonomskom smislu, a to je u našim analizama upravo i bio čest primjer.

LITERATURA

1. Rudan P. Dimenzije tijela i tjelesni položaji pri radu. U: Medicina rada. Sarajevo: Udruženje za medicinu rada SFRJ, 1978: 87 – 92.
2. Muftić O. Harmonijska antropometrija kao osnova za primijenjenu dinamičku ergonomiju. U: Zbornik radova Skup o konstruiranju FSB. Zagreb: 1984.
3. Donskij DD, Zacijorskij VM. Biomehanika. Moskva: Fiskultura i sport, 1979.
4. Grandjean E. Fitting the task to the Man. London: Taylor & Francis, 1985.

Summary

ARM POSITIONING AND WORK WITH VIDEO DISPLAY TERMINALS

The positioning of the subject's arms during work with video display terminals was observed employing biomechanical model construction based on anthropometric data concerning the subject's height and total body mass. Segmental masses were determined for each subject under study and a biomechanical model corresponding to the working arm positioning, i.e. to the neutral position, medium working position and the position with arms stretched out, was formulated. Ergonomic work analysis, realized by quantifying the work weight based on arm position during work showed that more effort is required with the arms stretched out than in the neutral position.

*Institute for Medical Research and Occupational Health,
University of Zagreb, Zagreb*