

B. Mijović, R. Lončar*

ERGONOMSKO OBLIKOVANJE SJEDÉĆEG RADNOG MJESTA PRI RADU S RAČUNALOM

UDK 331.101.1:004.3
PRIMLJENO: 12.12.2007.
PRIHVAĆENO: 16.1.2008.

SAŽETAK: Radnik provodi mnogo vremena za računalom obavljajući svoje radne zadatke. Sjedenje zahtijeva stalno mijenjanje položaja da bi se udovoljilo potrebama raznih aktivnosti koje radnik treba obaviti. Sjedeći položaj primjeren radu s računalom i pokretljivost tijela ograničeni su na kinematske sustave ruku, glave i djelomično trupa. Optimalnom vezom ljudskog tijela i računalnog radnog mjesta utječe se na pravilan radni položaj. Pri tomu se zamor i tjelesna energetska potrošnja svode na minimum. Pri radu s računalom potreban je visoki stupanj vizualne kontrole i time je potrebno koristiti vidne zone pri udobnom prenošenju pogleda i rotacije očiju. Istraživanja pokazuju da na radni učinak, osim funkcionalnosti i sigurnosti, znatan učinak imaju udobnost i zadovoljstvo radnika. Aktivnosti i položaji tijela mogu prirodno slijediti mentalnu i intelektualnu aktivnost, što uvelike pridonosi produktivnosti i zadovoljstvu radnika.

Ključne riječi: sjedeći radni položaj, računalna oprema, okoliš ljudskog tijela

UVOD

Promatranje gibanja ljudi otkriva složenu i navodno beskonačnu različitost promjena u prostoru koje uključuju ili koje kontrolira velik broj unutarnjih i vanjskih čimbenika. Potrebno je znati kako nastaje gibanje ljudi, kako se izvodi i kontrolira i kako takvo znanje oblikuje osnove onih zanimanja koja djeluju u tom području (*Panero i sur., 1979., Burgess, 1986.*).

Većina radnika na poslu još uvijek sjedi na stolcima koji su loše konstruirani i općenito previsoki. Za neke specijalne potrebe, kao što je rad na računalu, često postoje podesivi stolci, ali budu-

ći da se dovoljno ne razumije najbolja visina za određenog pojedinca i budući da se visina sjedenja tako često određuje visinom stola, ovi stolci se često ne upotrebljavaju u svojem najboljem položaju (*Diffrient, 1978., Asensio, 2000.*).

Veliki broj radnika koji su "zdravi i normalno građeni" ima radna mjesta koja zahtijevaju prisilan i neprirodan položaj trupa, vrata i glave. Najugroženiji su djelatnici u uredima kao i brojni specifična zanimanja kod kojih djelatnici većinu vremena provode sjedeći za računalom na radnom mjestu. Radno okruženje radnika mora biti u skladu s medicinskim zahtjevima, ali i s biološkim, anatomskim, psihološkim, sociološkim ili emotivnim karakteristikama radnika (*Diffrient i sur., 1978., Beynon i sur., 2001.*).

Kod oblikovanja radnog mjesta pri radu s računalom bitno je povezati tehnologiju izrade, tehniku, ergonomiju i organizaciju rada kako bi

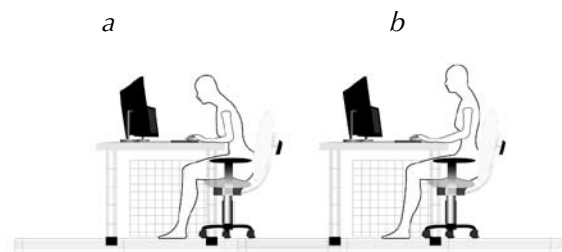
*Prof. dr. sc. Budimir Mijović, Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Baruna Filipovića 30, 10000 Zagreb, Roman Lončar, student, Veleučilište u Karlovcu, Trg J. J. Strossmayera 9, 47000 Karlovac.

se dobio optimalni učinak rada na radnom mjestu (*Bubb, 1999.*). Radni položaj radnika trebao bi omogućiti dobru pokretljivost ekstremiteta, povoljan raspored radnih i vidnih zona i stabilno ravnotežno stanje. Radnik može sjediti udobno i neudobno, ali i ispravno i neispravno na što treba obratiti pozornost. Radno mjesto treba oblikovati na način da se nađe pravilan omjer između visine radne plohe (stola) i držanja tijela. Na taj način bi se mišićna masa tijela manje naprezala. Isto tako ne smije se zaboraviti na potrošnju energije radnika, tako da cijeli radni proces treba biti organiziran na način da je sve na dohvata ruke (*Linton i sur., 1994., Mijović i sur., 2001.*).

Radnik se ne bi trebao prilagođavati opremi, već oprema radniku (*Mužić i sur., 2005.*). Pravilno oblikovanim računalnim radnim mjestom dobiva se optimalni učinak rada na radnom mjestu sa zdravim i zadovoljnim radnikom. Uredska oprema trebala bi biti ergonomski oblikovana, jer se tako čuva zdravlje radnika, povećava brzina rada i smanjuje pojavljivanje pogrešaka. Krajnji cilj bi trebao biti udobnost radnika koji će imati mogućnosti postizanja boljih rezultata.

TEORETSKI DIO

Primjena novih tehnologija podrazumijeva duže provođenje vremena za računalom, pri čemu se kod radnika postupno razvijaju patološke promjene u mišićima gornjeg dijela leđa i vrata kao posljedica stalne napetosti pojedinih skupina mišića. Problemi zdravlja nalaze se i u dugogodišnjem nesustavnom pristupu oblikovanja radnog mjesta i neusklađenosti konstrukcijskih rješenja namještaja za sjedenje koja ne prate razvoj novih radnih sustava i stvarnih potreba radnika. Ako se tijelo drži u jednom sjedećem položaju, određena skupina mišića neprestano radi kako bi održala tijelo u tom položaju. S vremenom se ti mišići umore jer nemaju priliku za odmor i opuštanje. Dinamičko sjedenje podržano individualno podesivim i gibljivim stolcima pruža radniku djelomičnu slobodu gibanja i veći sklad položaja tijela s mentalnom aktivnošću (slika 1).



Slika 1. Opterećenje lumbalnog dijela kralježnice
a) nepravilno sjedenje
b) pravilno sjedenje







Figure 1. Load on the lumbar section of the spine
a) incorrect sitting
b) correct sitting

Fizička okolina računala kojom se radnici koriste uključuje dvije opće kategorije. Prva se sastoji od fizičkog prostora i povezanih elemenata računala koji se koriste, a obuhvaćaju od neposredne okoline, npr. od računalnog radnog mjesta preko međuprostora, kao što je ured. Druga kategorija sastoji se od različitih oblika okoline kao što su rasvjeta, atmosferski uvjeti, buka i vibracije. Trebalo bi primijetiti da su neki oblici radne okoline dio prirodne okoline i ne mogu se podvrgnuti modifikaciji (premda se može osigurati zaštita od izvjesnih neželjenih uvjeta okoline kao što su toplina ili hladnoća). Iako je priroda čovjekove angažiranosti s radnom okolinom u biti pasivna, okolina ima sklonost nametnuti izvjesna ograničenja na njegovo ponašanje (kao što je ograničenje područja njegovog gibanja ili ograničenje njegovog vidnog polja).

Fizički kontakt s radnim mjestom ostavlja na radniku različite tragove. Kvaliteta kontakta koji povezuje radnika s radnim mjestom često određuje sposobnost i krajnje karakteristike sprege radnik-računalo. Veličina, oblik i probojnost prostora oko tijela povezani su s neposrednim događajima između ljudi kao i s psihološkim i kulturnim razvojem čovjeka (*Estman Kodak Company, 1986.*).

Dobro izveden sustav radnik-računalo mora imati više nego dobre ili čak optimalne sustave pokazivanja i upravljanja. Biti pravilnog oblikovanja radnog prostora je da se komponente smjeste tako da ih poslužitelj može lako koristiti. U bilo kojem kompleksnom sustavu nemoguće je smje-

stiti sve komponente na najboljem mogućem mjestu, tj. kamo bi se komponenta stavila ako bi bila jedini uređaj za pokazivanje ili upravljanje u cijelom sustavu. Kako je čest slučaj u izvedbi radnog mjesta, optimalno rješenje može biti ili nemoguće zbog proturječnih zahtjeva sustava ili zbog ograničenja vremena i sredstava koji služe za pronalaženje optimalnog rješenja. Na slici 2. prikazana su opterećenja tijela pri radu s računalom.

Područje opterećenja i područje boli	Oznaka površine	Naziv područja i naziv boli	Postotak opterećenja
		Stopalo i gležanj	5 %
		Potkoljenica	3 %
		Koljeno	4 %
		Natkoljenica	2 %
		Stražnji dio natkoljenice	1 %
		Stražnjica	2 %
		Lumbalni dio	19 %
		Leđa	10 %
		Trbušni dio	1 %
		Nadlaktica	1 %
		Podlaktica	1 %
		Šaka	4 %
		Ramena	17 %
		Vratni dio kralježnice	4 %
		Vrat	12 %
		Glavobolja	10 %
		Bol u očima	4 %

Slika 2. Opterećenja tijela pri radu s računalom
Figure 2. Loads on the body while working at a computer

Oblikovanje računalnog radnog prostora idealno zadovoljava zahtjeve učinka sustava kao i potrebe radnika. Fizikalne dimenzije radnog prostora su vrlo važne jer male promjene mogu značajno utjecati na učinak radnika, kao i sigurnost i zaštitu na radu i zdravlje. Izvedba bi npr. trebala omogućiti radniku da jasno vidi radnu površinu, položaj tijela mora biti adekvatan i udoban, a uređaji za upravljanje moraju biti unutar dosega da se smanje pogreške. Neadekvatan položaj zbog nepravilno oblikovanog računalnog radnog mje-

sta može uzrokovati statični mišićni napor. On rezultira u akutnom lokalnom zamoru mišića, smanjenom učinku te u povećanim opasnostima za radnike (slika 3).



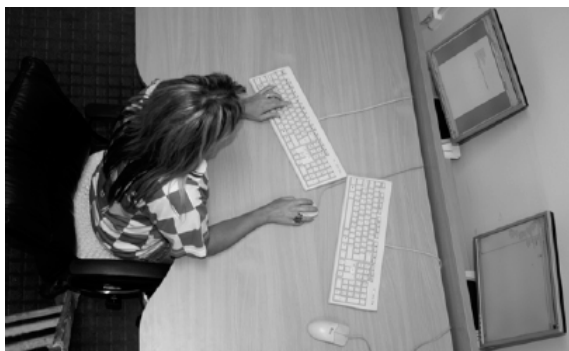
Slika 3. Primjer lošeg sjedenja
Figure 3. Example of bad sitting

Glavni psihološki ciljevi prihvaćanja i motivacije radnika mogu se postići ako je računalno radno mjesto jednostavno, prikladno, privlačno, pouzdano i sigurno.

EKSPERIMENTALNI DIO

Za potrebe ovog rada izrađen je ergonomsko oblikovan stol za rad s računalom (slika 4). Stol ima radnu ploču koja ima mogućnost podizanja do visine 10 cm, tj. postoji mogućnost reguliranja visine radne ploče. Sustav je izrađen na način da radnik za računalom sam određuje kut radne ploče. Stalak za monitor nalazi se na stražnjoj strani stola kako bi radna ploča bila prazna, tako da se na njoj nalaze samo miš i tipkovnica.

Na stražnjoj ploči stola je ploča na koju se stavlja monitor. Na donjem dijelu stola nalazi se drvena prečka koja ima funkciju pridržavanja nogu. Dimenzije radne ploče su 200 x 90 cm. Radna ploča je u prednjem dijelu gdje sjedi radnik izrezana tako da se on s trbušnim dijelom nalazi unutar radne zone.



Slika 4. Tlocrt radnog mjesta s računalom
Figure 4. Floor plan of the workplace with computer

Mjerenje je izvršeno na 6 ispitanica koje su istovremeno radile na dva računala. Svaka ispitanica je prije snimanja obukla posebnu majicu kako bi se olakšalo mjerenje. Istraživani su minimalni i maksimalni kutovi sagibanja pri radu s računalom, i to pregibanja vratnog, grudnog i slabinskog dijela kralježnice (slika 5). Ispitanice su snimane bočno, prvo s jedne, a zatim s druge strane i s leđa. Za svaku ispitanicu izrađeno je više slika svake pozicije. Snimanje je izvršeno kad one to nisu znale i kada se nisu nadale.

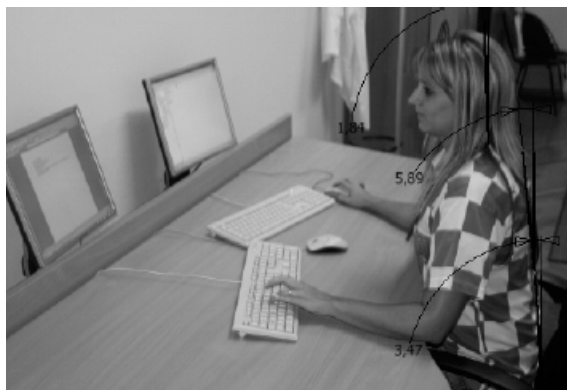


Slika 5. Kutovi sagibanja kralježnice
Figure 5. Spine's bending angles

Na početku snimanja upozorene su da ne obraćaju pozornost na snimanje, već da pokušaju prirodno raditi na računalu, kao što to i svakodnevno rade.

REZULTATI

Slika 6 prikazuje kutove zakreta vratnog, grudnog i slabinskog dijela kralježnice kod ispitanice VI u radnom položaju A.



Slika 6. Ispitanica VI u radnom položaju A
Figure 6. Test subject VI in working position A

Na slici 7. prikazani su kutovi zakreta vratnog, grudnog i slabinskog dijela kralježnice kod ispitanice VI u radnom položaju B.



Slika 7. Ispitanica VI u radnom položaju B
Figure 7. Test subject VI in working position B

Kutovi zakreta vratnog, grudnog i slabinskog dijela kralježnice kod ispitanice VI u položaju C prikazani su na slici 8.



Slika 8. Ispitanica VI u radnom položaju C
Figure 8. Test subject VI in working position C

U Tablici 1. prikazani su kutovi zakreta za vratni α [°], grudni β [°] i slabinski γ [°] dio kralježnice u položaju A, B i C.

Tablica 1. Rezultati mjerenja kutova zakreta za vratni, grudni i slabinski dio kralježnice

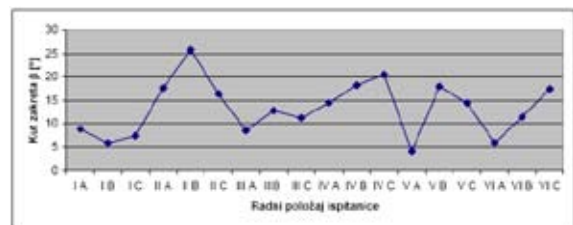
Table 1. Measuring results of rotation angles for cervical, thoracic and lumbar spine sections

ISPITANICA		Kutovi pregiba		
		Kut zakreta α [°]	Kut zakreta β [°]	Kut zakreta γ [°]
I	I A	9,10	8,84	9,06
	I B	12,47	5,84	16,38
	I C	10,21	7,38	8,32
II	II A	4,39	17,62	13,13
	II B	2,65	25,8	13,72
	II C	3,21	16,32	12,41
III	III A	4,20	8,51	5,74
	III B	12,78	12,78	8,35
	III C	12,10	11,23	10,32
IV	IV A	6,38	14,43	12,21
	IV B	6,17	18,23	9,33
	IV C	5,54	20,51	14,42
V	V A	0,66	4,05	0,71
	V B	3,18	17,96	6,37
	V C	0,68	14,4	7,57
VI	VI A	1,84	5,89	3,47
	VI B	4,25	11,41	8,28
	VI C	6,85	17,42	6,85

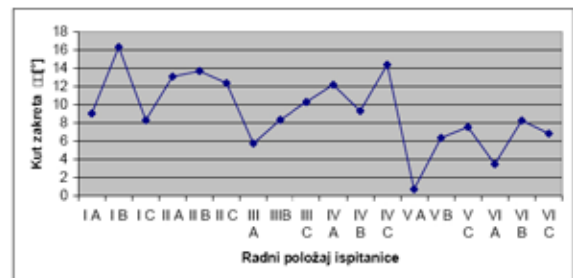
Slike 9, 10 i 11 prikazuju promjenu kuta zakreta vratnog, grudnog i slabinskog dijela kralježnice za šest ispitanica.



Slika 9. Kut zakreta α [°] za šest ispitanica
Figure 9. Rotation angle α [°] for six test subjects



Slika 10. Kut zakreta β [°] za šest ispitanica
Figure 10. Rotation angle β [°] for six test subjects



Slika 11. Kut zakreta γ [°] za šest ispitanica
Figure 11. Rotation angle γ [°] for six test subjects

Rezultati ispitivanja prikazuju različite kutove pregiba kod svih 6 ispitanica. Kod ispitanice III (Tablica 1) u tri segmenta kutovi pregiba su 12,10° u vratnom dijelu, 11,23° u grudnom, a 10,32° u slabinskom dijelu kralježnice. Kod ispitanice V veća je razlika između pregiba vratnog i slabinskog dijela u odnosu na grudni dio kralježnice. Kutovi su 3,18° u vratnom, 17,96° u grudnom, te 6,37° u slabinskom dijelu kralježnice (slika 6). Najveći pregib vratnog dijela je kod ispitanice I i iznosi 12,47°. Kod ispitanice III iznosi 12,78°, a najmanji pregib u tom dijelu je kod ispitanice V te iznosi 0,68° i kod ispitanice VI je 1,84° (slika 9). Promatrajući pregibe grudnog dijela, vidljivo je da veće pregibe ima ispitanica IV kod kuta 20,50°, ispitanica V kod kuta 17,96° i ispitanica VI kod kuta 17,42°, a najmanji pregib ima ispitanica

V kod kuta $4,05^\circ$ (slika 10). Kod slabinskog dijela kralježnice veći pregib ima ispitanica I kod kuta $16,38^\circ$ i ispitanica IV kod kuta $14,4^\circ$, a najmanji kut pregiba je kod ispitanice V kod kuta $0,71^\circ$ (slika 11). Analizom dobivenih rezultata vidljiv je široki raspon kuta zakreta vratnog, grudnog i slabinskog dijela kralježnice što je u praksi najčešći slučaj. Većina ispitanica ima nepravilan položaj sjedenja. Kod pravilnog položaja sjedenja leđa trebaju biti poduprta stolcem i lagano nagnuta prema naprijed.

RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Kod oblikovanja računalnog radnog mjesta potrebno je uskladiti tehniku, ergonomiju i organizaciju rada da bi se dobio optimalni učinak na radnom mjestu.

Kod oblikovanja radnog mjesta s računalom utvrđuje se najpovoljnija metoda rada do koje se dolazi analizom strukture tehnoloških postupaka zahvata i pokreta. U tu svrhu nužno je anulirati čimbenike koji nepovoljno utječu na korištenje računalne opreme, kao i onih zahvata koji nepotrebno zamaraju radnika (*Mijović i sur., 2006.*).

Odgovarajući pristup rješavanju problematike pri radu s računalom i stvarna briga za zdravlje radnika trebali bi biti jedan od osnovnih ciljeva kako poslodavca tako i države, a što će dugotrajno utjecati na bolji ugled i veću dobit tvrtki. Osposobljavanje radnika za rad na računalu na siguran način je važan čimbenik u proizvodnom procesu. Jedino zdravi radnici mogu to ostvariti. Poslodavac je dužan izraditi procjenu opasnosti sa ciljem da se nađe način kako bi se rizik od vidnog, statodinamičkog i psihičkog napora sveo na minimum ili u potpunosti otklonio.

Relativno jeftina ulaganja u ergonomski oblikovanu računalnu opremu i promišljanje kod dizajna radnog okruženja daju dobre rezultate jer su radnici zdraviji i zadovoljniji.

LITERATURA

Anderson, C.K., Chaffin, D.B., Herrin, G.D., Matthews, L.S.: A Biomechanical Model of the Lumbosacral Joint during Lifting Activities, *J. Biomechanics*, 18, 1985., 8, pp. 571-84.

Asensio Cerver, F.: *Modernes wohndesign*, Könnemann, Köln, 2000.

Beynon, C., Reilly, T.: Spinal Shrinkage during a seated break and standing break during simulated nursing tasks, *Appl. Ergonomics*, 32, 2001., 6, pp. 617-622.

Bubb, H.: Human modeling in the past and future. In: SAE International (Ed.): *SAE Conference on Human Modeling in The Hague*, May 18-20, SAE International, Warrendale, 1999.

Burgess, J. H.: *Designing for humans: The human factors in engineering*, Petrocelli Books, Princenton, New York, 1986.

Davis, P. R., Stubbs, D. A.: Safe levels of manual forces for young males, 3, *Appl. Ergon.*, 8, 1978., 4, 33-37.

Diffrient, N., Tilley, A.R., Bardagy, J.C.: *Humanscale 1/2/3*, The MIT press, Cambridge, Massachusetts, 1978.

Estman Kodak Company. *Ergonomic Design for People at Work*, Vol. 2, Van Nostrand reinhold, New York, 1986.

Handbuch der Ergonomie mit Konstruktionsrichtlinien, Band 1, Band 2, Band 3., Carl Hanser Verlag, München-Wien 1989.

Linton, S.J., Hellsing, A.L., Halme, T., Åkerstedt, K.: The effects of ergonomically designed furniture on pupils' attitudes, symptoms and behaviour, *Applied Ergonomics*, 25, 1994., 5, 299-304.

Mijović, B., Ujević, D., Baksa, S.: Visualization of anthropometric measures of workers in computer 3D modelling of work place, *Collegium antropologicum*, 25, 2001., 56, 639-650.

Mijović, B., Grbac, I., Domljan, D.: 3D geometrijsko modeliranje namještaja, *Drvna industrija*, 57, 2006., 1, 19-27.

Mijović, B., Grbac, I., Domljan, D.: Furniture design by means of digital anthropometry. *International conference Trends in design, construction and technology of wooden products*, October 15th 2004. Grbac, I. (Ed.): Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Forestry, UFI-Paris, pp. 1-5. 2004.

Muftić, O., Baksa, S.: Virtualna stvarnost i njezina primjena u ergonomiji, *Sigurnost*, 43, 2005., 3, 197-204.

NASA, *Anthropometric source book. 3 vol.*, July 1978.

Norris, B., Wilson, J.R.: *Childata, the handbook of child measurements and capabilities – data for design safety*, Consumer safety unit, University of Nottingham, DTI, U.K. 1995.

Panero, J., Zelnik, M.: *Human dimensions and interior space, a source book of design reference standards*, Watson-Guptill Publications. New York, 1979.

ERGONOMIC DESIGN OF SITTING WORKPLACE EQUIPPED WITH COMPUTER

SUMMARY: The worker sits at the computer for a long time carrying out his tasks. Sitting requires constant position changing to meet the needs of different activities done by the worker. Sitting position required for computer operation and body movements are restricted to the kinematics of arms, head and upper body. Applying an optimum connection between the human body and the computer workplace, proper work posture is effected. Thus, fatigue and bodily energy consumption are reduced to a minimum. When operating the computer, a high level of visual control is necessary, and thus visual zones can be used, when the view and eye rotation are comfortably transferred. Investigations indicate that work performance, besides functionality and safety, has a significant effect on the worker's comfort and satisfaction. Activities and body postures can follow mental and intellectual activity in a natural manner, which contributes to the worker's productivity and satisfaction to a great extent.

Key words: *sitting work position, computer equipment, body environment*

*Original scientific paper
Received: 2007-12-12
Accepted: 2008-01-16*