

M. Martinis, V. Mikuta-Martiniš, Lj. Škovrlj*

PRILAGODBA RADU U NOĆNOJ SMJENI

UDK 331.312.64»345»:613.6
PRIMLJENO: 21.1.2007.
PRIHVACENO: 2.3.2007.

SAŽETAK: Dnevni biološki ritmovi radnika u noćnoj smjeni sporo se prilagođavaju na neprirodnu raspodjelu rada i spavanja. Rad u noćnim smjenama smanjuje kvalitetu života i često puta izaziva opasne zdravstvene i sigurnosne probleme. Poremećaji dnevnih cirkadijanskih ritmova mogu rezultirati višestrukim negativnim simptomima kao što su loš rad i smanjena pozornost za vrijeme noćnog rada kao i loš dnevni san kod kuće. U ovome članku dan je prikaz zdravstvenih i sigurnosnih problema vezanih za (ne)mogućnost prilagodbe cirkadijanskog ritma rasporedu noćnog rada i dnevnog spavanja. Opisana su osnovna načela cirkadijanskih ritmova kod ljudi koja su odgovorna za prilagodbu smjenskom radu. Ova načela omogućuju iznalaženje odgovarajućeg rasporeda rada i spavanja u odnosu na izmjenu dan/noć kako bi se ubrzala cirkadijanska prilagodba noćnom radu. U zaključku ovog prikaza bit će spomenuta uloga osobnosti pojedinca u cirkadijanskoj prilagodbi noćnom, odnosno rotirajućem smjenskom radu.

Ključne riječi: smjenski rad, cirkadijanski ritmovi, poremećaj sna, prilagodba

UVOD

Smjenski rad postao je sastavni dio današnjeg načina življenja. Broj smjenskih radnika stalno raste u korak s potrošačkim zahtjevima za pristupom robama, uslugama i tehničkoj podršci 24 sata dnevno. Premda poslodavac ostvaruje profit od smjenskog rada u proizvodnji, rezultati istraživanja ukazuju na negativne fizičke, fiziološke i psihosocijalne efekte smjenskog rada (poremećeni biološki ritmovi, nedostatno spavanje, loše prehrambene navike) koji pridonose emocionalnim i fizičkim zdravstvenim problemima. Smjenski rad se također povezuje s kardiovaskularnim bolestima, gastroenterološkim bolestima, povećanim rizikom nesreća na radu, poremećajem sna i povećanim zamorom.

Ciklusi spavanje-budnost i odmaranje-aktivnost kontrolirani su kod ljudi endogenim "cirkadijanskim satom" (~24 sata) koji je smješten u mozgu u području hipotalamusa (suprakiasmatska jezgra). Ovaj sat, također, upravlja s ritmičkim fluktuacijama kod većine osnovnih parametara u humanoj fiziologiji, kao što su tjelesna temperatura, krvni tlak, varijabilnost srčanog ritma i sekrecija raznih endokrinih hormona. Budući da su svi oni kontrolirani unutarnjim glavnim cirkadijanskim satom, ti se ritmički procesi nastavljaaju i dalje čak i u uvjetima kada su cikličke izmjene dana i noći umjetno poremećene. Međutim, svaka vrsta desinkronizacije između endogenog glavnog sata i ritmičkih pojava u okolini, kao što je putovanje u različite vremenske zone ili noćni smjenski rad, rezultira pojavom velikog broja fizioloških poremećaja (Eastman, Martin, 1999.).

Zdravstveni problemi i mnoge druge štetne posljedice smjenskog rada na psihosomatski status pojedinca mogu se objasniti vremenskom neusklađenošću između rasporeda rada i spavanja

* Prof. dr. sc. Mladen Martinis, dr. sc. Vesna Mikuta-Martiniš, Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, 10000 Zagreb, dr. sc. Ljuba Škovrlj, Tekstilno-tehnološki fakultet, Prilaz baruna Filipovića 30, 10000 Zagreb.

i internih cirkadijanskih ritmova. Ta neusklađenost događa se zato što 24 satni prirodni ciklus izmjene svjetlosti i tame ne dopušta cirkadijanskim ritmovima pomak u fazi kako bi se uskladili s ritmom noćnog rada i dnevnog spavanja. Poznavanje cirkadijanskih faza kod pojedinca je važno za određivanje mjera potrebnih za njegovu prilagodbu na smjenski rad, te u dijagnozi i liječenju različitih cirkadijanskih poremećaja ritma spavanja (*Barton, 1991.*). Standardna metoda za mjerenje faze cirkadijanskog ritma je mjerenje unutarnje temperature tijela (CBT) ili razine hormona u tijelu (*Monk, 1987.*).

CIRKADIJANSKI RITMOVI

Biološki ritmovi kontroliraju mnoge normalne funkcije tijela, uključujući aktivnost, ponašanje, san i endokrine ritmove. Cirkadijanski ritam je razlog što želimo ustati ujutro i što nas čini pospanim u vremenu za počinak. Ove funkcije primarno regulira "cirkadijanski glavni sat", skupina od približno deset tisuća nervnih stanica lociranih na suprachiasmatičkoj jezgri (SCN) koja se nalazi na hipotalamusu u mozgu. Primarni zadatak cirkadijanskog sata je prihvati i obradi vanjskih podražaja (npr. promjena svjetlosti i tame, socijalni kontakt itd.) u svrhu uspostave dnevnih ritmova. Često se događa da se "cirkadijanski glavni sat" privremeno poremeti događajima kao što su promjene u radnom rasporedu s dana na noć. Sekundarni cirkadijanski satovi koji se nalaze u svakom organu, čak u svakoj stanici nastoje se sinkronizirati s glavnim satom. Što više, svaki organ ima svog vlastitog davatelja ritma "zeitgebera" za sinkronizaciju svojih sekundarnih satova. Premda je svjetlo glavni "zeitgeber" za SCN, ono ne utječe na cirkadijanski sat u jetri ("zeitgeber" za jetru je hrana). Međutim, hrana nije "zeitgeber" za SCN. Ova dva sata razlikuju se u fazi.

Nagle promjene u svakodnevnoj rutini, kao što je noćni smjenski rad ili putovanje mogu promijeniti ciklus spavanja i imati štetan utjecaj na normalne cirkadijanske ritmove. Ako su promjene dovoljno jake i duge, one mogu inducirati poremećaje u raspoloženju, uključujući blagu depresiju i druge afektivne poremećaje.

Cirkadijanski ritmovi su endogeni ritmovi koji se izmjenjuju na dnevnoj osnovi (približno 24 sata) pod normalnim okolnostima. Cirkadijanski ciklus regulira promjene u radnim aktivnostima, endokrinim ritmovima, ponašanju i vremenu spavanja. Preciznije, ovi fiziološki ritmovi i ritmovi ponašanja kontroliraju ciklus buđenja i spavanja, temperaturu tijela, krvni tlak, vrijeme reakcije, razine budnosti, lučenje hormona i funkcije probave.

JUTARNJI I VEČERNJI TIPOVI

U istraživanjima se obično diskutiraju dva specifična tipa ljudi, jutarnji i večernji, koji se razlikuju po obliku (fazi) cirkadijanskih ritmova. Ljude koje smatramo jutarnjim tipom ustaju između 5 i 7 ujutro i idu spavati navečer između 9 i 11, dok se večernji ljudi bude između 9 i 11 ujutro i idu spavati između 11 navečer i 3 ujutro. Većina ljudi nalazi se između ova dva tipa. Istraživanje je pokazalo da jutarnji tipovi imaju kraće cirkadijanske cikluse od večernih tipova, koji pokazuju više fleksibilnosti u prilagodbi novom dnevnom rasporedu. Jedna teorija tvrdi (*Duffy, Rimmer, Czeisler, 2001.*) da su večernji tipovi manje ovisni o svjetlosnim pobudama iz okoline za formiranje njihova ciklusa spavanja i buđenja. Drugim riječima, oni zbog toga pokazuju veću sposobnost unutarnje kontrole nad vlastitim cirkadijanskim ritmom.

DESINKRONIZACIJA CIRKADIJANSKOG RITMA

U radu u noćnoj smjeni geni sata u mozgu postupno se prilagođavaju na fazni pomak ciklusa svjetlost-tama, dok se geni sata u mišićima, jetri i plućima resinkroniziraju po svojim vlastitim brzinama. To rezultira u "dvostrukoj desinkronizaciji" – "unutarnjoj desinkronizaciji" između različitih satova u tijelu u odnosu na glavni sat u mozgu i u "vanjskoj desinkronizaciji" u prilagođavanju tjelesnih ritmova na ciklus svjetlost-tama. Taj vremenski redosljed može vrlo brzo izaći iz sklada. Prema tome, očiti su problemi (*Barton, Folkard, 1991.*) koje smjenski radnik ima

ako je budan, aktivan i uzima glavne obroke noću, a dnevno svjetlo dobiva na putu kući. Potpuna prilagodba na noćni rad je gotovo nemoguća, status uzrokovan desinkronizacijom vrlo rijetko se može prevladati. Ovo neslaganje ima snažan utjecaj na raspoloženje, spavanje i zdravlje.

UTJECAJ SVJETLOSTI

Svjetlost je važan čimbenik za održavanje bioloških ritmova. Cirkadijanski sat uvelike se oslanja na promjene intenziteta svjetlosti pri određivanju prijelaza noći u dan. U razdobljima tame glavni sat odašilje hormon melatonin koji inducira spavanje. Lako je vidjeti kako promjena rasporeda rada s dnevne smjene na noćnu stvara potrebu promjene smjera ovog procesa, za što je potrebno neko vrijeme te će doći do poremećaja normalnog ritmičkog uzorka (*Burgess, Sharkey, Eastman, 2002.*). Smjenski radnici postupno mijenjaju ritam spavanja i buđenja nakon promjene radnog vremena. Pokazalo se da je prilagodba njihovog cirkadijanskog ritma pomak od jednog do dva sata dnevno. Prema tome, pojedincu bi trebalo više od tjedan dana da se prilagodi na osmosatnu smjensku promjenu.

SMETNJE U CIKLUSU HRANJENJA

Ultradijanski ritmovi (kraći od jednoga dana) reguliraju kratkotrajne uzroke kao što je ciklus hranjenja. Pokazalo se da je ponašanje povezano s hranjenjem zaista uzrokovano biološkim ritmom, a ne pobudama iz okoline.

Premda cirkadijanski glavni sat lociran u mozgu nije odgovoran za reguliranje intervala hranjenja, eksperimenti izvedeni na štakorima pokazali su da štakori u ciklusu hranjenja koji varira između 22 i 26 sati bolje mogu predvidjeti dolazak hrane. Može se pokazati (*Scheving, 2000.*) da drastična promjena u vremenskom razmaku između obroka ima sličan učinak na ultradijanske ritmove kao što ima promjena u smjenskom radu na cirkadijanske ritmove.

SMETNJE U SPAVANJU I DEPRESIJA

Kao što je već navedeno, cirkadijanski sat je odgovoran za upravljanje ritmom spavanja. Izlučivanje melatonina (tzv. hormona tame) u mozgu inducira spavanje. Depresivni pacijenti obično imaju razne poremećaje spavanja. Nije čudno da postoji veza između poremećaja cirkadijanskog ritma i depresije. Općenito, smanjena količina dubokog sna noću dolazi odmah ispred pojave depresije (*Takahashi, Nakata, Haratani, Otsuka, Kaida, Fukasawa, 2006.*). Zbog toga drastična promjena u rasporedu spavanja uzrokovana višestrukim ili rotirajućim smjenskim promjenama može rezultirati poremećajem funkcije cirkadijanskog ritma. Da bi se spriječile smetnje u cirkadijanskom ciklusu spavanja, važno je održati redovni raspored spavanja, što uključuje odlazak na spavanje i buđenje u približno isto vrijeme svakog dana i stalan broj sati spavanja svake noći. To je osobito važno za ljude jutarnjeg tipa, jer su njihovi cirkadijanski ciklusi manje prilagodljivi promjenama u ponašanju. Depresivne epizode mogu biti izazvane također životnim promjenama koje uzrokuje stres, kao što su preseljenje ili promjena posla. Stanja depresije se mogu spriječiti izbjegavanjem situacija koje uzrokuju stres. Mnogi biološki ritmovi kao što su ciklusi spavanja i hranjenja mogu se promatrati na sličan način. Postizanje fiziološke homeostaze jedna je od osnovnih funkcija ljudskog tijela za održavanje interne stabilnosti nasuprot promjenama u okolišu.

STALNI RAD U NOĆNOJ SMJENI NASUPROT RADU U ROTIRAJUĆIM SMJENAMA

U pokušajima da se reduciraju problemi radnika u noćnoj smjeni, kompanije su se usmjerile na iznalaženje oblika smjenskog sustava koji bi umanjio smetnje cirkadijanskog ritma kod pojedinca.

Vođene su rasprave da li je bolje rješenje stalni rad u noćnoj smjeni ili rad u rotirajućim smjenama. Dok je ovo prvo izgledalo bolje za maksimalnu adaptaciju radnika i smanjeni pore-

mećaj načina života, sustav rotirajućih smjena nudio je prednost minimalne prilagodbe i tako manje smetnji jer se broj uzastopnih noćnih smjena smanjio.

Premda se cirkadijanski ritmovi kod radnika u stalnoj noćnoj smjeni nikada u potpunosti ne prilagode noćnom načinu života, različita istraživanja pokazala su da radnici u stalnim noćnim smjenama prijavljuju manje problema sa spavanjem, odnosno problema vezanih uz društveni život, nego radnici u rotirajućim smjenama. Uz to su ovi prvi imali manje zdravstvenih tegoba od radnika u rotirajućim smjenama, unatoč njihovom starijem srednjem prosječnom dobu. Jedno od objašnjenja ovih razlika bilo je da rad u noćnoj smjeni više odgovara nekim pojedincima, jer dopušta fleksibilnost u zbrinjavanju djece i obično uvećanu plaću. Kao rezultat toga, radnici u stalnoj noćnoj smjeni nastoje organizirati svoje živote tako da uzmu u obzir neobičan raspored rada (*Harrinton, 2001.*). Radnici u rotirajućim smjenama obično nisu sami izabrali taj noćni rad nego rade noću kao dio rotirajućeg rasporeda. Tako tim radnicima noćne smjene postaju smetnja njihovom dnevnom rasporedu života.

Alternativno objašnjenje moglo bi uključiti razlike u cirkadijanskom tipu koji dopušta nekima da se lako prilagode radu u smjenama i onima koji to ne mogu. Istraživači su tako definirali cirkadijanske tipove kao one koji su fleksibilni u određivanju vremena spavanja ili imaju sposobnost da prevladaju pospanost ili preferiraju večernje aktivnosti nasuprot jutarnjim aktivnostima. Uz to što radnici u stalnoj noćnoj smjeni imaju manje pritužbi na zdravlje, spavanje, društveni i obiteljski život nego radnici u rotirajućim smjenama, otkrilo se da se ti problemi drastično smanjuju kod radnika koji su sami donijeli odluku da rade noću. Za razliku, smetnje se nisu smanjile kod onih koji su izabrali raspored u rotirajućim smjenama. Važnost ovih nalaza je veća ako se uzme u obzir velika razlika u starosnoj dobi između ove dvije populacije: radnici u stalnoj noćnoj smjeni obično su znatno stariji od radnika u rotirajućim smjenama. Tako uzimajući u obzir vezu između starosne dobi i netolerancije na smjenski rad može se očekivati više problema kod radnika u stalnoj noćnoj smjeni (*Kawada, 2002.*).

ZAKLJUČAK

Otkrivanjem i razumijevanjem uloge čimbenika okoliša koji utječu na biološke ritmove pojedinca moguće je istražiti veze koje postoje između smjenskog rada i poremećaja u rapoloženju ili bilo kojih drugih mentalnih ili fizičkih zdravstvenih problema koji se tijekom vremena mogu razviti. Pri tome je važno uočiti da prvo mora doći do značajnog faznog pomaka u biološkom ritmu prije nego što se poremećaj razvije. Većina ljudi prolazi kroz razne fluktuacije u ciklusima buđenja i spavanja ili ciklusima hranjenja. Međutim, amplitude tih fluktuacija su obično dovoljno male te se normalni ritmički ciklusi brzo uspostavljaju bez štetnog utjecaja na zdravlje. Važno pitanje koje se ovdje nameće je: koja kombinacija čimbenika okoliša dovodi do znatnih pomaka u biološkim ritmovima sa zdravstvenim posljedicama?

Postoje četiri tipa bioloških ritmova koji reguliraju cikluse u tijelu. Primarni tip je cirkadijanski ritam koji kontrolira aktivnost, endokrini ritam, ponašanje i vremensko određenje spavanja koje regulira cirkadijanski glavni sat.

Premda se svi biološki ritmovi kontroliraju iznutra, postoji niz vanjskih čimbenika koji mogu utjecati na njihovu regularnost. Neki od najistaknutijih primjera su izlaganje svjetlosti i promjene u smjenskom radu koji mijenjaju raspored spavanja. Zbog uočene činjenice da se cirkadijanski ritmovi mogu pomicati samo jedan ili dva sata svaki dan, drastične promjene u ciklusu spavanja mogu imati drastičan učinak na cirkadijanski sat i zdravlje (*Monk, 1987.*).

Ima još uvijek mnogo nepoznanica u razumijevanju povezanosti bioloških ritmova s poremećajima u mentalnom i fizičkom zdravlju. Poznato je da promijenjeni biološki ritmovi utječu na opće zdravlje i mentalnu stabilnost pojedinca. Međutim, oni ne mogu prouzročiti teške i dugotrajne posljedice kod zdravih osoba. U slučajevima kada je neka bolest već prisutna, poremećaji u biološkim ritmovima mogu bitno pogoršati stanje osnovne bolesti. Biološki ritmovi također utječu na apsorpciju i učinkovitost lijekova, što je već zamijećeno kod terapije malignih i psihičkih bolesti.

U našim istraživanjima vezanim za smjenski rad noću usredotočili smo se na mogućnost pomicanja cirkadijanskog ritma u vremenu (fazni pomak) pomoću jarkog svjetla kontroliranog trajanja. Primjena se odnosi na subjekte čiji se ritam spavanja zbog smjenskog rada morao pomaknuti nekoliko sati u odnosu na normalni ritam. Opaženo je da se fazni pomak u cirkadijanskom ritmu može izazvati i u laboratorijskim uvjetima zatvorenog prostora. Studije s jarkim svjetlom pokazuju da uporaba umjetnog jarkog svjetla noću za rad u kombinaciji s razdobljima nametnutog dnevnog mraka (spavanja) može pomaknuti cirkadijanski ritam bez obzira na vanjski ciklus izmjene dana i noći (Eastman, Martin, 1999.).

Jedina studija o uporabi jarkog svjetla koja je do sada provedena na stvarnim smjenskim radnicima bila je u laboratorijima NASA-e u Americi. Na temelju ove studije može se reći da se kontroliranom upotrebom svjetla i tame mogu nadvladati mnogi problemi smjenskog rada (Burgess, Sharkey, Eastman, 2002.). Međutim, unatoč primjenama u tijeku (NASA) mnogo daljnih istraživanja je nužno obaviti da bi se problem smjenskog rada riješio na zadovoljavajući način.

Znanstveno i sustavno proučavanje važnosti bioloških ritmova za fizičko i mentalno zdravlje čovjeka je još na samom početku i odgovori na mnoga pitanja traže se uglavnom u području kronobiologije i kronoterapije. Jedno od takvih pitanja je da li je poremećaj spavanja uzrok promjeni u ponašanju ili je poremećaj spavanja rezultat promjene u ponašanju.

LITERATURA

Barton, J.: Choosing to work at night: A moderating influence on individual tolerance to shift work, *Journal of Applied Psychology*, 79, 1994., 449-454.

Barton, J., Folkard, S.: The response of day and night nurses to their work schedules, *Journal of Occupational Psychology*, 64, 1991., 207-218.

Burgess, H.J., Sharkey, K.M., Eastman, C.I.: Bright light, dark and melatonin can promote circadian adaptation in night shift workers, *Sleep Med. Rev.*, 6, 2002., 407-420

Duffy, J. F., Rimmer, D. W., Czeisler, C. A.: Association of intrinsic circadian Period with morningness-eveningness, usual wake time, and circadian phase, *Behavioral Neuroscience*, 115, 2001., 895-899.

Eastman, C.I., Martin, S.K.: How to use light and dark to produce circadian adaptation to night shift work, *Ann Med.*, 1999., 87-98.

Harrington, J.M.: Health effects of shift work and extended hours of work, *Occup. Environ. Med.*, 58, 2001., 68-72.

Kawada, T.: Effect of age on sleep onset time in rotating shift workers, *Sleep Med.*, 3, 2002., 423/426.

Monk, T. H.: Parameters of the circadian temperature rhythm using sparse and irregular sampling, *Psychophysiology*, 24, 1987., 236-242.

Santhi, N., Duffy, J.F., Horowitz, T.S., Czeisler, C.A.: Scheduling of sleep/darkness affects the circadian phase of night shift workers, *Neurosci. Lett.*, 390, 2005., 187.

Scheving, L. A.: Biological clocks and the digestive system, *Gastroenterology*, 119, 2000., 536-549.

Takahashi, M., Nakata, A., Haratani, T., Otsuka, Y., Kaida, K., Fukasawa, K.: Psychosocial work characteristics predicting daytime sleepiness in day and shift workers, *Chronobiol. Int.*, 23, 2006., 1409-1422.

ADJUSTMENT TO NIGHT SHIFT WORK

SUMMARY: Night workers' daily biological rhythms are slow to adjust to the unnatural schedules of work and sleep. Night work diminishes the quality of life and frequently causes serious threat to health and safety. Disturbances in the daily circadian rhythms may result in multiple negative symptoms such as poor performance and diminished alertness during the night shift and poor sleep in the daytime. Presented in the paper are health and safety problems related to the im(possibility) of the circadian rhythms to adjust to night work and to sleeping in the daytime. Key circadian rhythm principles are described, responsible for the adjustment to shift work. These principles are helpful in designing a suitable work and sleep schedule in order to speed up the circadian adjustment to night work. In conclusion, the role of the individual and his personality in the circadian adjustment to night work or shift work is given.

Key words: *shift work, circadian rhythms, sleep disorders, adjustment*

*Subject review
Received: 2007-01-21
Accepted: 2007-03-02*