

CIRKADIJURNE VARIJACIJE BUDNOSTI, SPREMNOSTI ZA RAD I RADNIH SPOSOBNOSTI

S. Vidaček i M. Šarić

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

Primljeno 29. X. 1990.

U organizmu čovjeka odvijaju se ritmički procesi različitih frekvencija odnosno perioda. Među njima za funkcionalno stanje čovjeka najvažniju ulogu imaju ritmovi čiji je period oko 24 sata (tzv. cirkadijurni ritmovi). Oni su utvrđeni na svim funkcionalnim razinama: od supcelularnog i staničnog nivoa preko organa i organskih sistema pa do organizma kao cjeline.

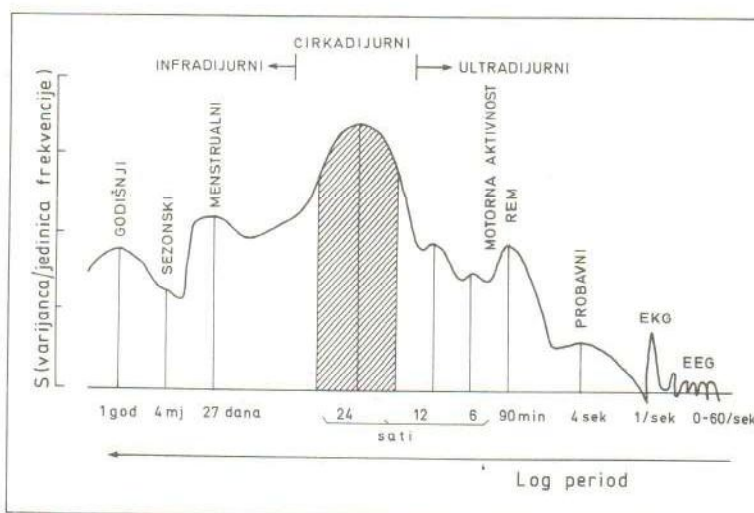
U svakodnevnim prilikama ove su cikličke promjene u organizmu pod utjecajem ritmičkih promjena u okolini. Vanjski ritmički utjecaji potpomažu da se ritmičke promjene u organizmu bolje sinkroniziraju i da se organizam kao cjelina bolje prilagodi na svoju sredinu. Kod noćnog rada dolazi do inverzije ritma budnost/spavanje u toku dana; radnik mora raditi u ono vrijeme tijekom 24 sata kad je organizam u stanju deaktivacije, a spavati u ono vrijeme kad je obično budan i aktivan. Ove promjene u aktivnosti čovjeka predstavljaju dodatno opterećenje na koje se radnik mora prilagoditi da bi mogao dulje vrijeme raditi u smjenama. Tolerancija prema smjenskom (noćnom) radu povezana je s nekim karakteristikama radnika. Mjerenje tih karakteristika može poslužiti u utvrđivanju interindividualnih razlika u toleranciji prema smjenskom radu.

Ključne riječi: biološki ritam, budnost, cirkadijurni ritam, elektrodermalna aktivnost, radna uspješnost, smjenski rad, spavanje, tjelesna temperatura.

Spoznaje o biološkim ritmovima naglo su se širile posljednjih 30-ak godina. Odigrale su izvanredno veliku ulogu u razumijevanju regulacije fizioloških i psiholoških funkcija te u njihovoj primjeni na području medicine općenito, a posebno na području medicine rada. Međutim, premda se danas godišnje o biološkim ritmovima (osobito o cirkadijurnim ritmovima) u znanstvenoj literaturi objavljuje velik broj radova, ipak se u mnogim zemljama, pa tako i u našoj, vrlo malo zna o rezultatima znanstvenih radova iz tog područja koji su nedvojbeno pokazali postojanje cikličkih promjena funkcionalnih stanja na različitim razinama unutar organizma: od staničnog nivoa, preko organa i organskih sistema do organizma kao cjeline (1–6).

Postavlja se pitanje kako je moguće da se tako fundamentalne promjene u funkcionalnim sposobnostima organizma, kao što su ritmičke promjene budnosti i spavanja, metabolizma, endokrinih i živčanih funkcija, koje imaju izvanredno važno značenje za organizam, mogu tako lako zanemarivati. Čini se da za to postoji više razloga. Jedan od njih je svakako manjak određenog predznanja o nekim pojmovima (npr. iz teorije oscilacija i teorije dinamičkih sistema), koji se upotrebljavaju u opisu i objašnjenjima ritmičkih promjena u organizmu, što otežava razumijevanje postignutih rezultata, a to opet dovodi do nesagledavanja implikacija koje ti rezultati imaju u praktičnoj primjeni na različitim područjima života (4). Drugi, ne manje važan razlog ove nezainteresiranosti je pojam homeostaze koji je dugo vremena (pa i danas) dominirao na području fiziologije. Zastupnici ove koncepcije smatrali su: ako se neki ritmički procesi u organizmu i mogu utvrditi, oni su više ili manje pod utjecajem okolnih ritmičkih promjena na koje se organizam pasivno prilagođava. Međutim, već 1866. William Gele na osnovi svojih pažljivih promatranja tjelesne temperature čovjeka objavljuje: »...postoji porast (temperature) već rano ujutro dok još spavamo, i opadanje uvečer premda smo još budni, što se ne može objasniti pozivajući se na bilo koji dosada poznati vanjski utjecaj. To se ne može pripisati varijacijama svjetla u okolini, nego je vjerojatno izazvano periodičnim varijacijama u aktivnostima organskih funkcija« (4).

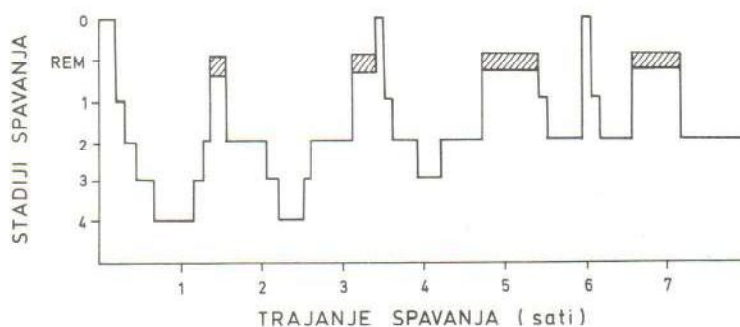
Kasnije su rezultati nekoliko stotina eksperimenata na ljudima, koji su živjeli u posebnim, u tu svrhu sagrađenim prostorijama ili špiljama u kojima su ispitanici bili potpuno izolirani od ritmičkih promjena u okolini, nepobitno dokazali endogenu prirodu mnogih cirkadijurnih varijacija funkcionalnog stanja organizma čovjeka, čiji period iznosi ne točno 24 sata, nego obično nešto duže (oko 25 sati). Zbog toga su ovi ritmovi i dobili naziv cirkadijurni (circa = oko, dies = dnevni). Te ritmičke promjene utvrđene su na velikom broju bioloških varijabli koje predstavljaju izraz cirkadijurnog sistema čovjeka (1, 4, 6). Pored cirkadijurnog ritma utvrđeno je postojanje i niza drugih bioloških ritmova čiji su periodi duži ili kraći od perioda cirkadijurnog ritma. Neki od tih ritmova očito se ne mogu pripisati ritmičkim promjenama u okolini, jer se u okolini nisu mogle pronaći promjene koje bi imale takav period (frekvenciju) koji bi odgovarao ovim ritmičkim promjenama u organizmu. Istraživanja biološke ritmičnosti utvrdila su postojanje čitavog spektra ritmičkih promjena u organizmu (slika 1). Neki od tih ritmova imaju period (trajanje jednog ciklusa) kraći od 24 sata i nazivaju se ultradijurni, a drugi imaju period koji je duži od oko 24 sata i nazivaju se skupnim imenom infradijurni (6). U svakom trenutku funkcionalno stanje organizma predstavlja rezultatnu vrijednost utjecaja različitih bioloških ritmova na koje se superponiraju utjecaji vanjskih faktora. Zbog toga su često potrebne vrlo složene metode i postupci, kao npr. primjena kompjutera i elektroničke tehnike koji su sada dostupni istraživačima biološke ritmičnosti, a koji omogućavaju da se ti različiti ritmički utjecaji na organizam mogu međusobno razlučiti i odijeliti od utjecaja faktora okoline te na taj način objektivno utvrditi postojanje i karakteristike pojedinih ritmičkih promjena u organizmu (tzv. »mikroskopski« pristup u kronobiologiji). Ali u mnogim slučajevima ritmičke su promjene vidljive i prostim okom (i to osobito u slučajevima cirkadijurnih ritmova i ritmova čiji je period od oko 90 minuta) ukoliko se te promjene prikažu jednostavnim »kronogramom«, tj. grafičkim prikazom u kojem se na osi ordinati nalazi



Slika 1. Biološki ritmovi i njihovo značenje za funkcionalno stanje organizma. Apscisa: period biološkog ritma; ordinata: značenje koje ritmovi imaju za funkcionalno stanje organizma.

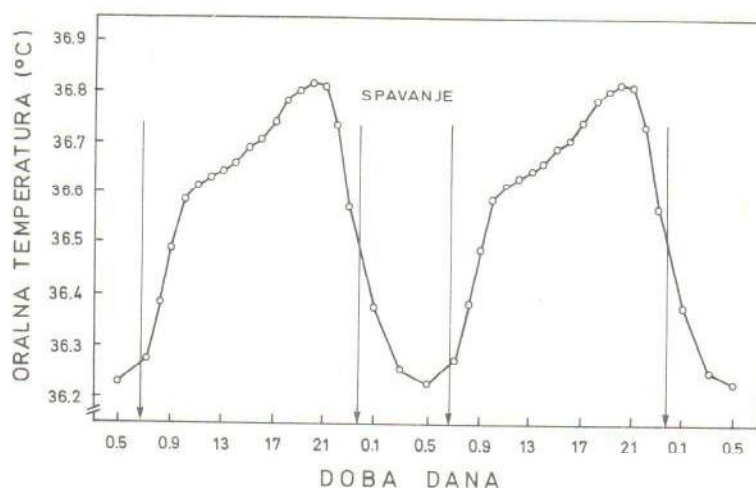
veličina neke fiziološke ili druge funkcije (npr. tjelesne temperature ili pulsa), a na apscisi vrijeme tijekom kojeg se ta funkcija mjerila. Već takav grafički prikaz dovoljan je da se utvrde osnovni parametri nekog biološkog ritma (6).

Od niza bioloških ritmova razmatrat će se samo oni od najvećeg značenja za funkcionalno stanje organizma i koji su zbog toga bili i najviše ispitivani. To su u prvom redu cirkadijurni ritam i ritam čiji period iznosi oko 90 minuta. Ovaj drugi se osobito počeo ispitivati od 1953. godine kada su *Aserinsky i Kleitman* (7) otkrili takve ritmičke promjene u EEG-u ljudi za vrijeme spavanja. Ove cikličke promjene otkrivene su ne samo kod čovjeka nego i kod svih dosada ispitivanih sisavaca. Štoviše, kasnija istraživanja utvrdila su da se takve ritmičke promjene različitih fizioloških funkcija javljaju i u budnom stanju organizma (vidi sliku 2). Na osnovi tih istraživanja Kleitman je postavio hipotezu o postojanju »osnovnog ciklusa aktivnosti – odmora« (BRAC = Basic Rest – Activity Cycle) koji se javlja ne samo za vrijeme spavanja nego i za vrijeme budnog stanja, upozoravajući na hipotetski ciklički proces koji je možda povezan s probavom, a osnova je ritmičkim promjenama u različitim sustavima u organizmu (2). Tako su pored varijacija u radu probavnog trakta utvrđene i ritmičke promjene budnosti (aktivacije), izlučivanje urina, točnosti percepcije te drugih fizioloških i psihičkih funkcija čiji je period iznosio oko 90 minuta. Međutim, treba spomenuti i to da još do danas nije uspjelo dokazati da ove ritmičke promjene koje su utvrđene u budnom stanju i one u toku spavanja imaju istu neurološku osnovu. Posebna karakteristika ovih ritmova jest da ispitanici nisu svjesni tih promjena, iako se one mogu objektivno nedvojbeno dokazati (izmjeriti) u laboratorijskim uvjetima.



Slika 2. Ritmičke promjene faza spavanja. Apscisa: trajanje spavanja; ordinata: pojedini stadiji spavanja.

Cirkadijurni ritmovi su u normalnim uvjetima sinkronizirani s ritmičkim promjenama u okolini kao što su npr. svjetlo – tama, promjene okolne temperature, ritmičke promjene u socijalnom životu itd. Ove ritmičke promjene u okolini (tzv. Zeitgeberi ili synchronizeri) imaju ulogu ne samo da pomažu unutarnjim cirkadijurnim ritmovima da usklade svoje karakteristike (fazu i period) s ritmičkim promjenama u okolini (tzv. eksterna sinkronizacija), nego su i važan faktor u sinkronizaciji ritmičkih promjena unutar organizma (tzv. interna sinkronizacija). Na taj način one potpomažu da se vremenske strukture različitih funkcija u organizmu sinkroniziraju, što ima za posljedicu skladno funkcioniranje organizma kao cjeline u njegovoj adaptaciji na okolinu (4, 6). Među cirkadijurnim ritmovima najviše su ispitivani ritam budnost – spavanje i ritmičke promjene tjelesne temperature. Svaki od njih kontroliran je posebnim unutarnjim oscilatorom koji osim njih kontroliraju i cikličke varijacije niza drugih funkcija. Osim toga, oba ova glavna oscilatora u organizmu u međusobnoj su interakciji, pri čemu oscilator koji kontrolira tjelesnu temperaturu ima snažnije djelovanje na oscilator koji kontrolira budnost – spavanje nego obratno (4). Zbog toga što oscilator (pacemaker) koji upravlja cikličkim varijacijama tjelesne temperature ima tako velik (direktan ili indirektan) utjecaj na cirkadijurne varijacije drugih fizioloških funkcija organizma, mjerenju tjelesne temperature posvećuje se izuzetna pažnja kao indikatoru cirkadijurnih varijacija funkcionalnog stanja organizma tokom 24-satnog razdoblja u normalnim uvjetima života. Zbog toga ćemo detaljnije razmotriti 24-satne varijacije tjelesne temperature koje su dobivene u dobro kontroliranim uvjetima na velikom broju ispitanika, a prikazane su na slici 3. Kao što se iz slike može vidjeti, tjelesna temperatura raste relativno naglo do oko 11 sati, nakon toga taj porast je usporen sve do oko 20 sati kad je tjelesna temperatura na najvišoj razini; poslije te najviše razine temperatura počinje naglo padati, da bi oko 5 sati ujutro bila na najnižoj razini (8). Ako se uzme u obzir da su varijacije tjelesne temperature povezane s varijacijama spremnosti za rad te s radnom uspješnošću u nizu jednostavnih



Slika 3. Varijacije oralne temperature tijekom 48 sati. Apscisa: doba dana; ordinata: temperatura u Celzijevim stupnjevima.

senzorno-motornih zadataka, kakvi su česti u suvremenoj industriji, može se pretpostaviti kakva će biti produktivnost i sigurnost na radu u pojedinim smjenama (2, 8 – 20). Ali ovaj paralelizam između tjelesne temperature s jedne strane i spremnosti za rad i radne uspješnosti s druge strane ipak nije potpun. Najizrazitije neslaganje među njima je u ranim poslijepodnevnim satima, odmah poslije ručka, kada se kod mnogih ljudi pojavljuje prolazno pogoršanje radnih sposobnosti, budnosti i spremnosti za rad i kada kod mnogih nastupa velika potreba za spavanjem. U isto vrijeme tjelesna temperatura i dalje raste tako da ove dvije pojave u tom momentu imaju suprotne tendencije (8). Premda bi se ovo pogoršanje radnih sposobnosti moglo objasniti povećanim radom probavnog trakta zbog uzimanja hrane, situacija ipak nije tako jednostavna. Ispitivanja su, naime, pokazala da do takvog pada radne uspješnosti dolazi i onda kad ispitanik nije prethodno uzimao hranu. Osim toga, on se pojavljuje samo poslije ručka koji nije – kao kod nas – glavni, odnosno najveći, obrok hrane tokom 24 sata u anglosaksonskim zemljama, gdje se taj fenomen najviše istraživao, nego se glavni obrok uzima navečer. Međutim, poslije večere ova pojava smanjenja radnih sposobnosti nije zapažena. Prema tome, čini se da na radnu uspješnost u ranim poslijepodnevnim satima sinergično djeluju pored cirkadijurnog ritma ultradijurni ritmovi, umor te uzimanje hrane.

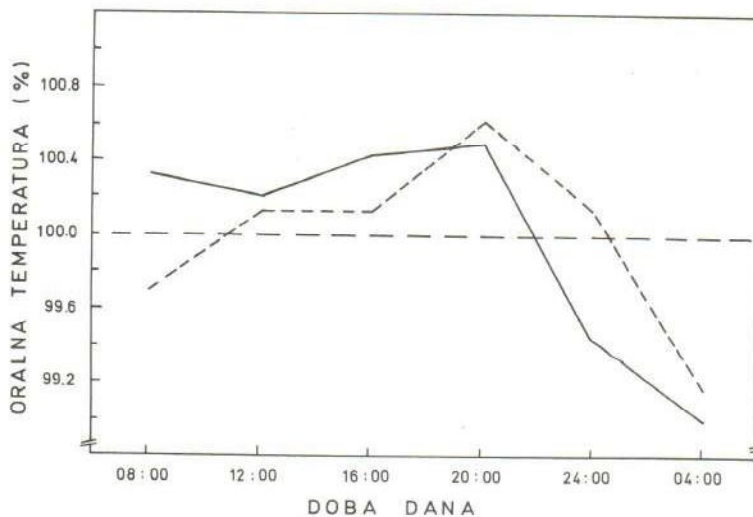
Iz svakodnevnog iskustva poznato je da raspoloženje, budnost i spremnost za rad i povećanu aktivnost pokazuju jasne varijacije u toku 24-satnog perioda. Ove varijacije imaju osnove u odgovarajućim varijacijama fizioloških funkcija koje su povezane uz ono stanje koje se naziva »aktivacija«. Kao što je poznato, »aktivacija« je fiziološka intervenirajuća varijabla koja označava oslobađanje energije u različite unutrašnje sisteme u pripremi organizma za aktivnost. Međutim, katkad se događalo da je između

psihološke i fiziološke aktivacije došlo do disocijacije, tako da se stekao dojam da se pojam opće aktivacije može primijeniti samo u nekim posebnim okolnostima. Umjesto toga često se upotrebljavaju uži pojmovi, kao npr. kortikalna, autonomna i bihevioralna aktivacija. U svakom slučaju, kada se radi o funkcionalnom stanju organizma osobito pažnju treba obratiti autonomnoj aktivaciji, osobito simpatikoadrenomedularnoj aktivnosti i s njom povezanim varijablama.

Jedan od najboljih pokazatelja razine aktivnosti simpatikusa jest elektrodermalna aktivnost (EDA). Ona ima toničku i fazičku komponentu. Tonička komponenta EDA upućuje na toničku aktivnost simpatičkog dijela vegetativnog živčanog sustava, dok fazička komponenta, tj. elektrodermalne reakcije, upućuju na relativno nagle promjene u aktivnosti simpatikusa koje su nastale kao reakcija na neke vanjske ili unutarnje podražaje. Istraživanja provedena u laboratorijskim uvjetima i u uvjetima deprivacije spavanja (ispitanici su bili budni 75 sati) potvrdila su da simpatikoadrenomedularna aktivnost pokazuje jasne cirkadijurne varijacije. Tako je npr. cirkadijurni ritam adrenalina perzistirao čitavih 75 sati (za koje vrijeme su ispitanici bili budni) s jasnim maksimalnim vrijednostima tokom poslijepodneva i minimalnim vrijednostima u kasnim noćnim satima. Sličan tok imale su i različite varijable elektrodermalne aktivnosti kao što su tonička razina, frekvencija i amplituda elektrodermalnih reakcija za vrijeme rješavanja jednog zadatka pozornosti koji su ispitanici obavljali svaka četiri sata tijekom 24-satnog perioda. I drugi indikatori aktivacije pokazali su jasne cirkadijurne varijacije. Tako npr. puls u toku 24-satnog razdoblja ima najvišu razinu u 16:00, a najnižu u 4:00 sati. Iz toga slijedi da je za rad i radne sposobnosti najpovoljnije poslijepodnevno razdoblje unutar 24-satnog perioda. To su i rezultati kako laboratorijskih tako i terenskih ispitivanja pokazali (2, 8–21). Praksa da u nas, u onim poduzećima gdje se radi samo u jednoj smjeni, radno vrijeme započinje vrlo rano (u 6:00 ili 7:00 sati) nema nikakvog znanstvenog opravdanja. Radnik u takvom rasporedu radnog vremena mora rano ustati (često nedovoljno naspavan), obično nema vremena da uzme doručak i počinje raditi kad još njegova spremnost za rad i radne sposobnosti nisu na visokoj razini, dok njegova najveća radna sposobnost tijekom 24 sata u poslijepodnevnim satima ostaje neiskorištena. To osobito vrijedi za službenike zajedničkih službi u radnim organizacijama u kojima radnici rade u više smjena te u ustanovama od općeg interesa, gdje bi njihove usluge mogle biti adekvatnije iskorištene kad bi radile i u poslijepodnevnim satima.

Ispitivanja su pokazala da se ljudi s obzirom na stupanj aktivnosti i budnosti tokom dana među sobom prilično razlikuju; poznato je da ima ljudi koji se osjećaju već rano ujutro budni, aktivni i spremni za rad. To su tzv. jutarnji »tipovi« (»ševe«) koji su već rano uvečer tromi i pospani. Drugi su nasuprot njima dugo tokom jutra tromi i pospani, a tek navečer ožive i osjećaju se posebice spremni za posao i drugu povećanu aktivnost. To su tzv. večernji »tipovi« (»sove«) (22–27). Te razlike u razini budnosti i aktivnosti tokom dana morale bi se odraziti i u varijacijama fizioloških funkcija tokom dana koje su povezane s radnom uspješnošću, budnošću i spremnošću za rad. Stupanj jutarnjosti i večernjosti utvrđuje se pomoću posebno u tu svrhu konstruiranih upitnika. Na osnovi odgovora na pojedina pitanja u tim upitnicima ljudi se mogu razvrstati u te dvije kategorije. Ispitivanja su pokazala da se varijacije fizioloških funkcija tokom dana tako

utvrđenih jutarnjih »tipova« stvarno razlikuju od varijacija fizioloških funkcija večernih »tipova«. Tako npr. u jednom ispitivanju mjerila se, između ostalog budnost, tjelesna temperatura, brzina reagiranja, frekvencija pulsa i elektrodermalna aktivnost tokom 24-satnog perioda jutarnjih i večernih »tipova« ljudi. Tjelesna (oralna) temperatura ovih dviju grupa ispitanika tokom 24-sata prikazana je na slici 4. Kao što se iz te slike može vidjeti, tjelesna temperatura jutarnjih »tipova« tokom dana veća je od one večernih »tipova«, ali od 20:00 sati situacija se mijenja i od toga momenta pa do 4:00 ujutro večernji »tipovi« imaju relativno veću tjelesnu temperaturu nego jutarnji »tipovi«. Paralelne s takvim varijacijama su i varijacije funkcionalnih sposobnosti tokom 24 sata



Slika 4. Varijacija oralne temperature jutarnjih i večernih »tipova« tokom 24-satnog perioda. Apscisa: doba dana; ordinata: relativne promjene oralne temperature. Puna linija: jutarnji »tipovi«; isprekidana linija: večernji »tipovi«.

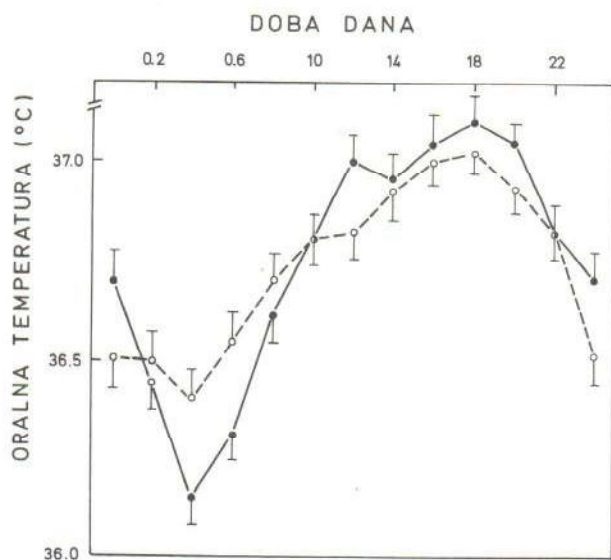
iz kojih je vidljivo da su ujutro jutarnji »tipovi« funkcionalno sposobniji i spremniji za rad od večernih »tipova«, dok je uvečer ovaj odnos obrnut. Ali pored razlika u varijacijama aktivacije tokom normalnog 24-satnog perioda, jutarnji i večernji »tipovi«, prema nekim indicijama, razlikuju se i po dužini spontanog cirkadijurnog ritma. Naime, izgleda da je period spontanog cirkadijurnog ritma večernih »tipova« ljudi znatno duži od perioda cikličkih promjena u okolini, za razliku od jutarnjih »tipova« ljudi, čiji je spontani period blizu periodu ritmičkih promjena u okolini, tj. 24-satnom periodu. Posljedica toga je da večernji »tipovi« moraju svoj spontani ritam neprekidno prilagodavati vanjskim ritmičkim promjenama u svojoj okolini, za razliku od jutarnjih »tipova« kojima takva prilagodba nije potrebna u toliko velikoj mjeri (21). Ljudi se među sobom razlikuju i po stabilnosti sinkronizacije cikličkih promjena fizioloških funkcija.

U eksperimentalnim uvjetima u kojima su ritmički utjecaji okoline odstranjeni kod nekih ispitanika je relativno brzo došlo do desinkronizacije fizioloških funkcija, a kod drugih sporije. Utvrđeno je da je ta brzina desinkronizacije povezana s neurotizmom; manje stabilne ličnosti bile su podložnije takvoj desinkronizaciji nego stabilnije osobe. Slično vrijedi i za dob. Što su ispitanici bili stariji, sklonost desinkronizaciji fizioloških funkcija u takvim uvjetima bila je veća (4). Iz dosada iznesenog proistječe da se ljudi među sobom znatno razlikuju s obzirom na fazu, period, stabilnost i amplitudu cirkadijurnih promjena u organizmu. Sve te karakteristike imaju veliko značenje u prilagodbi čovjeka na njegovu okolinu i za njegove funkcionalne sposobnosti. One su osim toga važne — kao što ćemo kasnije vidjeti — i kao pokazatelji uspješnosti prilagodbe na smjenski rad, o kojemu će sada biti više riječi.

Poznato je da, nasuprot nekim društveno-ekonomskim prednostima, rad u smjenama ima nesumnjivo i niz negativnih učinaka, koji ponajprije pogađaju radnike koji moraju raditi u smjenama, osobito u noćnoj smjeni (28–31). Ali smjenski rad nema samo negativan učinak na radnike nego i na članove njihovih obitelji, a indirektno i na društvo u cjelini. Stoga se često postavlja pitanje pri uvođenju smjenskog rada (osobito noćnog rada) tamo gdje on nije nužan, kolika je korist uvođenja smjenskog rada u odnosu na njegove negativne učinke i da li je uvijek opravdano da za opću korist društva treba jednu manju proporciju populacije izložiti takvim negativnim učincima na njihovo zdravlje, radne sposobnosti i opće blagostanje, kakvi se pojavljuju kod smjenskog (noćnog) rada. Cilj mnogih mjera u praksi je da ti negativni učinci budu smanjeni što je moguće više. Da bi se to moglo postići, potrebno je poznavanje svih onih faktora koji su povezani s uspješnošću prilagodbe ljudi na te nepovoljne uvjete (10, 14, 16, 20, 28, 29).

Dosadašnja iskustva o smjenskom radu pokazala su da među radnicima postoje velike interindividualne razlike u njihovim reakcijama na nagle promjene ritma rada i odmora tokom 24 sata kakve zahtijeva smjenski rad; neki se mogu prilagoditi brzo i lako, dok drugima to zadaje velike poteškoće (13, 21, 24, 31, 32). U vezi s tim treba reći da se kod nekih radnika prvi znakovi netolerancije prema smjenskom radu mogu pojaviti već nakon godinu ili dvije rada u smjenama, kod drugih nakon 5 do 10 godina, dok ima samo mali broj onih koji i nakon 15 godina života mogu raditi u smjenama bez posljedica za zdravlje i radne sposobnosti. Danas se procjenjuje da se najmanje 20% radnika ne može prilagoditi smjenskom radu u toliko velikoj mjeri da moraju relativno brzo nakon ulaska u smjenski rad biti premješteni iz zdravstvenih razloga na takve poslove u kojima se ne zahtijeva rad u smjenama. Stoga je od prvorazrednog značenja, već prilikom prijema radnika na radna mjesta koja zahtijevaju rad u smjenama utvrditi stupanj njegove dugotrajne tolerancije prema smjenskom radu. Za to bi trebalo imati odgovarajuća sredstva i postupke kojima bi se mjerile osobine radnika s pomoću kojih bi se moglo predvidjeti koji će radnik biti više, a koji manje sposoban podnositi smjenski rad na duži rok. Međutim, prije svega bilo bi potrebno imati čvrste kriterije na osnovi kojih bi se mogao utvrditi stupanj tolerancije prema smjenskom radu svakog pojedinog radnika. Ali u praksi takvih kriterija nema. Kao kriteriji kad radnika treba osloboditi smjenskog rada služe liječniku najčešće pojave ovih simptoma: poremećaji spavanja, pretjeran osjećaj umora i razdražljivosti koji nisu uvjetovani povećanim

fizičkim i psihičkim stresovima i poremećaj rada probavnog trakta. Ovi kriteriji, nažalost, ovise u znatnoj mjeri o subjektivnoj procjeni liječnika, odnosno o izjavama samih radnika koji često ne moraju imati dovoljno objektivan i pouzdan karakter. Najnovija ispitivanja upućuju na mogućnost da se na jedan objektivniji način utvrdi stupanj tolerancije prema smjenskom radu. To je mjerenje amplitude cirkadijurnog ritma (32, 33). Naime, istraživanja su pokazala da duži rad u noćnoj smjeni dovodi, između ostalog, i do smanjenja raspona ritmičkih promjena tjelesne temperature. To smanjenje amplitude nije podjednako kod svih ljudi, nego u tom pogledu postoje značajne interindividualne razlike. Nadalje, poznato je da se tolerancija prema smjenskom radu u funkciji dobi radnika smanjuje, tako da se poslije 45. godina života ne preporučuje primanje radnika na takva radna mjesta gdje se radi u smjenama. Istodobno s tim promjenama tolerancije prema smjenskom radu u funkciji dobi su i paralelne promjene u spavanju tokom noći i promjene budnosti tokom danjeg perioda, što također upućuje na to da se amplituda ritma budnost – spavanje smanjila. Iz toga bi slijedilo da amplituda biološkog ritma može biti jedan takav pokazatelj stupnja tolerancije na smjenski rad. U prilog tome govore i podaci iz ispitivanja cirkadijurnih promjena oralne temperature kod radnika koji dobro podnose i koji teško podnose smjenski rad. Kao što se na slici 5. može vidjeti, krivulja oralne temperature radnika koji mogu dobro podnositi rad u smjenama ima veću amplitudu nego krivulja radnika koji teško podnose smjenski rad. Kako je tjelesna temperatura, između ostalog, i jedan od



Slika 5. Oralna temperatura radnika koji dobro podnose smjenski rad i radnika koji ga podnose loše tijekom 24-satnog perioda. Apscisa: doba dana; ordinata: temperatura u Celzijevim stupnjevima. Puna linija: radnici koji dobro podnose smjenski rad; isprekidana linija: radnici koji loše podnose smjenski rad.

pokazatelja aktivacije, slijedilo bi da su radnici koji još mogu dobro podnositi smjenski rad budniji i aktivniji tokom danjeg perioda, a da su u dubljem stadiju deaktivacije tokom noći za razliku od radnika koji su manje tolerantni prema smjenskom radu, što upućuje na to da im je, uz ostalo, i cirkadijurni ritam aktivacije bolje očuvan.

Da bi se pratio stupanj tolerancije prema smjenskom radu, radnici bi trebali biti podvrgnuti periodičkim pregledima barem svake dvije godine. Pored kliničkog pregleda valjalo bi organizirati i psihološke preglede (npr. mjerenje neurotizma i drugih oblika neprilagođenog ponašanja). Bilo bi korisno organizirati i periodična provjeravanja ponašanja radnika na njihovim radnim mjestima u toku rada u pojedinim smjenama (osobito u toku noćne smjene), kao i ponašanja izvan radnog vremena. Među ovim posljednjima osobito treba obratiti pažnju na pravilnu prehranu radnika. Naime, i ciklička aktivnost probavnog trakta je ne samo ultradijurnog već i cirkadijurnog karaktera. U normalnim prilikama ove ritmičke promjene probavnog trakta sinkronizirane su s drugim cikličkim promjenama u organizmu. Prema tome uzimanje hrane uvijek u isto vrijeme tijekom 24 sata predstavlja važan faktor u očuvanju cirkadijurnog sustava čovjeka. Međutim, smjenski radnici su prisiljeni uzimati hranu u različito doba dana, već prema tome u kojoj smjeni rade, a hrana im je obično nedovoljno dobro pripremljena, jer je često moraju sami na brzinu pripremati. Ako se uzme u obzir i činjenica da su ustaljene navike uzimanja hrane usko vezane uz socijalni i porodični život radnika, neredovito uzimanje hrane smjenskih radnika još više negativno utječe na cirkadijurni sustav čovjeka za kojega je socijalni život jedan od najvažnijih faktora u sinkronizaciji cirkadijurnog sustava organizma s ritmičkim promjenama u njegovoj okolini. Periodične preglede trebalo bi češće obavljati kod starijih radnika, jer se tolerancija prema smjenskom radu poslije 45. godine smanjuje (32, 34). Kod radnica koje rade u smjenama posebnu pažnju trebalo bi posvetiti onima koje imaju veliku obiteljsku odgovornost, a među njima osobito onima koje nemaju sređene stambene prilike.

Poseban problem predstavlja pregled radnika prilikom prijema na ona radna mjesta koja zahtijevaju smjenski rad, osobito noćni rad. Naime, dosada još nije bilo istraživanja u kojima bi se longitudinalno pratila prilagođenost radnika na smjenski rad, a da su ti radnici bili prije toga podvrgnuti ispitivanjima onih osobina koje su povezane s uspješnošću prilagodbe na rad u smjenama. Sada je jedno takvo istraživanje kod nas u toku. Preliminarni rezultati upućuju na neke instrumente i postupke koji bi se u tu svrhu mogli upotrijebiti. Ali, kako je za proučavanje tolerancije potreban niz godina, ovo istraživanje još ne može dati konačne rezultate. Međutim, u svakom slučaju već dosadašnji rezultati ovih i drugih ispitivanja upućuju na mogućnost da se pored već dosada primjenjivanih kriterija pri prijemu radnika na posao koriste i ovi novi, koji se više specifično odnose na utvrđivanje tolerancije prema smjenskom radu, uzimajući u obzir one osobine koje se odnose na cirkadijurni ritam radnika.

Pored odgovarajućeg izbora ljudi, kao sredstvo za očuvanje zdravlja, radnih sposobnosti i zadovoljstva radnika, posebnu bi pažnju trebalo posvetiti organizaciji rada i radnog vremena. Danas npr. sve više prevladava mišljenje da su brže izmjenjene smjena, sa što kraćim noćnim smjenama, pogodnije nego sustav smjena u kojem rad u noćnoj smjeni traje po više dana, npr. pet do šest noći uzastopno. Kod vrlo odgovornih poslova,

kod kojih postoji velika opasnost za živote ljudi i imovinu, potrebno bi bilo skratiti radno vrijeme u noćnoj smjeni kako bi se smanjilo sinergično djelovanje umora i smanjenja budnosti i radnih sposobnosti radnika tokom noći na radnu uspješnost i sigurnost rada. Rad u smjenama trebalo bi raspodijeliti na što je moguće veći broj ekipa, kako bi po pojedinom radniku došlo što manje noćnog rada koji najviše negativno djeluje na zdravlje, radne sposobnosti i raspoloženje radnika. Posebnu pažnju trebalo bi posvetiti smjenskim radnicima koji su na svojim radnim mjestima izloženi štetnim utjecajima (npr. toksičkim), jer postoji velika amplituda u cirkadijurnim ritmovima podložnosti organizma različitim štetnim utjecajima, tako da učinak tih utjecaja na radnike može biti znatno veći kad se organizam nalazi u fazi najmanje otpornosti tokom 24 sata nego u drugim fazama cirkadijurnog ritma. Radnicima koji rade u smjenama trebalo bi pomoći, što je više moguće, da se odmore u slobodno vrijeme. To znači: omogućiti im povoljne stambene uvjete, osloboditi ih što više različitih obaveza i poslova izvan radnog vremena, a koji im skraćuju onaj dio fonda slobodnog vremena koji bi se mogao i morao koristiti za odmor i rekreaciju. Posebno bi im trebalo osigurati što više sudjelovanja u društvenom životu koje im je umanjeno zbog nepovoljnog rasporeda radnog vremena, kako se radnici ne bi osjećali izolirani od društvenih zbivanja u svojoj okolini. I konačno, valjalo bi ustvrditi da je, dugoročno gledano, mnogo svrsishodnije ulagati napore i materijalna sredstva da se što više poboljšaju uvjeti života i rada smjenskih radnika, nego trošiti materijalna sredstva isključivo na materijalnu stimulaciju u obliku povećanja osobnih dohodaka – kako se često radi – naknadom za otežane uvjete smjenskog rada.

LITERATURA

1. *Conroy RTWL, Mills JN*. Human Circadian Rhythms. London: J. and A. Churchill, 1970.
2. *Kleitman N*. Sleep and Wakefulness. Chicago, London: The University of Chicago Press, 1963.
3. *Mills JN*. Biological Aspects of Circadian Rhythms. London, New York: Plenum Press, 1973.
4. *Moore-Ede M, Sulzman FM, Fuller CA*. The Clocks That Time Us. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
5. *Palmer JD*. An Introduction to Biological Rhythms. New York, San Francisco, London: Academic Press, 1976.
6. *Scheving LE, Halberg F, Pauly JE, ur*. Chronobiology. Tokyo, Stuttgart: Igaku Shoin Ltd., Georg Thieme Publishers, 1974.
7. *Aserinsky E, Kleitman N*. Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. *Science* 1953;118:273 – 4.
8. *Colquhoun WP, ur*. Biological Rhythms and Human Performance. London, New York: Academic Press, 1971.
9. *Blake MJF*. Time of day effects on performance in a range of tasks. *Psychonomic Science* 1967;9:349 – 50.
10. *Bonjer FH*. Physiological aspects of shiftwork. U: 13th International Congress on Occupational Health. New York: US Executive Committee of the Thirteenth International Congress on Occupational Health, 1961:848 – 9.

11. Colquhoun WP. Temperament, inspection efficiency and time of day. *Ergonomics* 1960;3:377–8.
12. Colquhoun P, ur. *Aspects of Human Efficiency*. London: The English Universities Press Ltd, 1972.
13. Colquhoun P, Folkard S, Knauth P, Rutenfranz J. *Experimental Studies of Shiftwork*. Opladen: Westdeutscher Verlag, 1975.
14. Hildebrandt S. *Biologische Rhythme und Arbeit*. Wien, New York: Springer Verlag, 1976.
15. Menzel W. *Menschliche Tag-Nacht-Rhythmik und Schichtarbeit*. Basel, Stuttgart: Benno Schwabe & Co, 1962.
16. Mott PE, Mann FC, McLoughlin O, Warwick DP. *Shiftwork*. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1965.
17. Oginski A. Comparative search on three shift work: morning, afternoon and night. U: 15th International Congress on Occupational Health. Wien: Wiener Medizinische Akademie, 1966;Vol. IV:95–8.
18. Sremec B, ur. *Psihologijski aspekti rada u smjenama*. Zagreb: Društvo psihologa SR Hrvatske, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, 1973.
19. Swensson A, ur. *Proceedings of an International Symposium on Night and Shift Work*, Oslo, 1969. *Studia Laboris et Salutis* No. 4, Stockholm: National Institute of Occupational Health, 1969:81–3.
20. Wyatt S, Marriott R. Night work and shift changes. *Br J Ind Med* 1953;10:164–72.
21. Rentos PG, Shepard RD, ur. *Shift work and Health: A Symposium* (NIOSH Publication No. 76–203) Washington, D.C.: DHEW, U.S. Government Printing Office, 1976.
22. Blake MJF. Relationship between circadian rhythm of body temperature and introversion–extraversion. *Nature* 1967;215:896–7.
23. Blake MJF. Temperament and time of day. U: Colquhoun WP, ur. *Biological Rhythms and Human Performance*. London, New York: Academic Press, 1971:109–48.
24. Ostberg O. Interindividual differences in circadian fatigue patterns of shift workers. *Br J Ind Med* 1973;30:341–51.
25. Patkai P. Diurnal differences between habitual morning workers and evening workers in some psychological and physiological functions. *Reports from the Psychological Laboratories*, No 311. Stockholm: The University of Stockholm, 1970.
26. Patkai P. The diurnal rhythm of adrenaline secretion in subjects with different working habits. *Acta Physiol Scand* 1971;81:30–4.
27. Patkai P. Interindividual differences in diurnal variations in alertness, performance, and adrenaline excretion. *Acta Physiol Scand* 1971;81:35–46.
28. Taub JM, Berger RJ. Performance and mood following variations in the length and timing of sleep. *Psychophysiology* 1973;10:559–70.
29. Taub JM, Berger RJ. Sleep stage patterns associated with acute shifts in the sleep–wakefulness cycle. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 1973;35:613–9.
30. Tunc GS. Sleep and wakefulness in normal human adults. *Br Med J* 1968;2:269–71.
31. Folkard S, Monk TH, Lobban MC. Towards a predictive test of adjustment to shift work. *Ergonomics* 1979;22:79–91.
32. Reinberg A, Adlauer P, Guillet P, Nicolai A, Vieux N, Laporte A. Oral temperature, circadian rhythm amplitude, ageing and tolerance to shiftwork. *Ergonomics* 1980;23:55–64.

33. *Andlauer P, Reinberg A, Fourre L, Battle N, Duvernueil G.* Amplitude of the oral temperature circadian rhythm and the tolerance to shift-work. *Journal de Physiologie* 1979;75:507 – 12.
34. *Berger RJ.* Bioenergetic functions of sleep and activity rhythms and their possible relevance to aging. *Fed Proc* 1975;34:97 – 102.

Summary

CIRCADIAN VARIATIONS IN ALERTNESS, READINESS FOR WORK AND WORK EFFICIENCY

Among various rhythmic processes with different frequencies (periods), which are present in the human organism, for normal functioning the most important are the rhythms with a cycle length of about 24 hours (termed circadian rhythms). Circadian rhythms have been confirmed at all levels of physiological functions: from subcellular and cellular mechanisms, to the organic systems and organism on the whole. In normal everyday circumstances the rhythmic processes in the human organism are synchronised with the rhythmic processes in the environment. The external rhythmic variations support internal synchronisation between various rhythms, and in that way make it possible for the organism to better adapt to the environment. The sleep – wake rhythm is inverted during night work: the worker has to work in the period of low activity level, and sleep during the day, when he is usually active and alert. In order to work in shifts the worker has to adapt to such disruptions of the sleep – wake pattern. Tolerance to shift work was found to be associated with some features of the worker. The measurement of such features could serve as determinate of interindividual differences in shift work tolerance level.

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

Key terms: biological rhythm, alertness, circadian rhythm, electrodermal activity, work efficiency, shift work, sleep, body temperature.