

INDIVIDUALNE RAZLIKE I UČINCI DEPRIVACIJE SPAVANJA

Marija BAKOTIĆ, Biserka RADOŠEVIĆ-VIDAČEK i Adrijana KOŠĆEC
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Primljeno u travnju 2007.
Prihvaćeno u listopadu 2007.

Suvremeni način života i različite životne okolnosti sve češće zahtijevaju od pojedinca da skрати trajanje spavanja i mijenja njegov raspored, što često rezultira deprivacijom spavanja. Ranija su istraživanja pokazala da učinci deprivacije spavanja na fiziološko i psihološko funkcioniranje pojedinca ovise o mnogobrojnim čimbenicima poput vrste deprivacije, trajanja prethodnog spavanja, doba dana kad se ispituju učinci, karakteristika zadataka koji se izvode te motivacije ispitanika. U ovom se radu raspravlja o učincima deprivacije spavanja te postojanju stabilnih individualnih razlika u tim učincima koje se nazivaju "ranjivost na gubitak spavanja". Novija istraživanja upućuju na moguću važnost nekih karakteristika ispitanika u predviđanju sustavnih i robusnih posljedica deprivacije spavanja, poput dobi i spola te nekih osobina ličnosti u širem smislu. Nadalje, upozorava se na moguću važnost individualnih razlika u nekim specifičnim osobinama povezanim sa spavanjem i budnošću, poput preferencija cirkadijurne faze, potrebe za spavanjem, za osobu karakteristične razine pospanosti i sposobnosti brzog uspjavanja. Dosadašnja istraživanja osobina povezanih s različitom ranjivošću na gubitak spavanja nisu dala jednoznačne rezultate o njihovoj prediktivnoj važnosti. Daljnja istraživanja usmjerena na ovaj problem mogla bi pomoći u identifikaciji osoba koje su posebno ranjive na gubitak spavanja te pridonijeti osobnoj i općoj sigurnosti za vrijeme obavljanja noćnog rada.

KLJUČNE RIJEČI: *budnost, dug u spavanju, ličnost, pospanost, ranjivost na gubitak spavanja, učinak*

O deprivaciji spavanja općenito se govori u okolnostima u kojima je osoba akutno ili kronično lišena spavanja. Uzroci deprivacije spavanja su raznoliki. U velikom broju slučajeva sam način života, odnosno naše radne, akademske ili socijalne obveze te životne okolnosti općenito, dovedu do toga da probdijemo cijelu noć ili ne spavamo dovoljno dugo jer prekasno odlazimo na spavanje, prerano se budimo ili prekidamo svoje spavanje. Deprivacija spavanja također može biti posljedica neke akutne ili kronične bolesti koja može biti tjelesne ili psihološke prirode. Poseban su uzrok deprivacije spavanja različiti poremećaji spavanja i budnosti koji se dijele u četiri osnovne skupine (1): poremećaje uspjavanja i održavanja spavanja, poremećaje održavanja dnevne budnosti ili hipersomnije, poremećaje rasporeda budnosti i spavanja te poremećaje spavanja koji

su povezani s pojedinim stadijima spavanja i/ili s djelomičnim buđenjem. Iz skupine poremećaja uspjavanja i održavanja spavanja za deprivaciju spavanja posebno su važni različiti oblici nesanice i sindrom nemirnih nogu (engl. *Restless Leg Syndrome*), iz skupine hipersomnija sindrom apneja u spavanju, a iz treće skupine poremećaj rasporeda budnosti i spavanja zbog smjenskog rada ili promjene vremenskih zona (tzv. *Jet Lag Syndrome*).

Deprivacija spavanja najčešće se ispituje u eksperimentalnim istraživanjima u dobro kontroliranim laboratorijskim uvjetima. Istraživanja se razlikuju ovisno o tome ispituju li potpunu, djelomičnu ili selektivnu deprivaciju spavanja. Kod potpune deprivacije spavanja ispitanici uopće ne spavaju, odnosno konstantno su budni. Ovisno o trajanju potpune deprivacije spavanja razlikuju se istraživanja kratkotrajne potpune

deprivacije spavanja (manje od 45 sati konstantne budnosti) i istraživanja dugotrajne potpune deprivacije spavanja (više od 45 sati konstantne budnosti) (2). Kod djelomične deprivacije spavanja trajanje spavanja ispitanika skraćuje se u većoj ili manjoj mjeri u odnosu na uobičajeno spavanje. Tako u različitim istraživanjima djelomične deprivacije spavanja, spavanje može trajati od 1 do 6 sati na dan.

Dinges i suradnici (3) ističu da se temeljno teoretsko i praktično pitanje u istraživanjima spavanja odnosi upravo na količinu spavanja koja će dovesti do nakupljanja dnevne pospanosti i mjerljivih štetnih posljedica na uradak ispitanika. Na temelju pregleda različitih istraživanja, Pilcher i Huffcutt (2) predlažu da se u istraživanjima djelomične deprivacije spavanja kao kriterij uzme granica od 5 sati spavanja na dan. I Bonnet (4) ističe da se štetne posljedice djelomične deprivacije spavanja javljaju relativno brzo kad ispitanici spavaju 5 sati na dan ili kraće. Neka pak istraživanja upućuju na to da se negativne posljedice djelomične deprivacije spavanja mogu mjeriti već i nakon spavanja koja traju 6 sati na dan (npr. 5, 6).

Ovisno o trajanju djelomične deprivacije spavanja, Ferrara i De Gennaro (7) razlikuju akutnu djelomičnu deprivaciju spavanja (spavanje skraćeno tijekom samo jedne noći), kratkotrajnu djelomičnu deprivaciju spavanja (skraćeno noćno spavanje u razdoblju od dva dana do tjedan dana) i dugotrajnu djelomičnu deprivaciju spavanja (skraćeno spavanje u razdoblju duljem od tjedan dana). U istraživanjima selektivne deprivacije spavanja pokušava se ukloniti jedan ili više stadija spavanja pri čemu se nastoji minimalno utjecati na ukupno vrijeme spavanja, kao i na ostale stadije spavanja (4).

Gillberg (8) navodi da se deprivacija spavanja istražuje iz dva razloga: prvo, da bismo ispitali kako ljudi funkcioniraju i koliko su učinkoviti kad spavaju kratko ili uopće ne spavaju, i drugo, da bismo saznali više o funkciji samog spavanja. No, postoje i drugi razlozi zašto se velik broj istraživanja bavi deprivacijom spavanja i njezinim posljedicama za dnevno funkcioniranje. To su tehnološke i sociološke promjene u društvu koje su utjecale na promjenu u trajanju i rasporedu spavanja, kao i na promjenu stava o spavanju. U pregledu povijesnih promjena u navikama spavanja u općoj populaciji, Ferrara i De Gennaro (7) navode podatak da se u 20. stoljeću prosječno trajanje spavanja skratilo do 20 % te navode dokaze o kraćem trajanju spavanja u svim dobnim skupinama. Upotreba umjetne rasvjete promijenila je tradicionalno vrijeme spavanja i budnosti koje je

bilo vezano uz ciklus svjetla i tame (9). Promjene su se dogodile u vezi s rasporedom radnog i slobodnog vremena. U mnogim djelatnostima postoji pritisak za produljivanje radnog vremena ili se rad organizira tijekom cijelog 24-satnog razdoblja. Smjenski rad, a posebice noćni, često je povezan s nedovoljnim spavanjem te prekomjernom pospanošću, smanjenom učinkovitošću i većim rizikom od nesreća na radu (10). Nadalje, uz današnju raširenost telekomunikacijskih mreža (posebice interneta i televizijskih mreža), raznolike mogućnosti provođenja slobodnog vremena u čitavome 24-satnom razdoblju te popularnost "aktivnog životnog stila", spavanje je na neki način postalo "nepopularno". Mnogi ljudi doživljavaju spavanje kao gubitak vremena, a mnogobrojne slobodne aktivnosti provode u vremenu koje bi trebalo biti rezervirano za spavanje.

Unatoč sve većem broju istraživanja koja se bave deprivacijom spavanja, još nije dobiven jednoznačan odgovor na pitanje koliko nam je spavanja potrebno. Bonnet i Arand (11) tvrde da je kronična deprivacija spavanja raširena u čitavom društvu, posebno ističući podatke o prekomjernoj pospanosti koja, prema nekim epidemiološkim ispitivanjima, pogađa preko 36 % populacije. Suprotno tomu, Harrison i Horne (12) tvrde da većini ljudi nije kronično deprivirano spavanje, nego da smo jednostavno sposobni spavati više nego što nam zaista treba, na isti način kao što možemo jesti i piti u količinama koje su iznad naših fizioloških potreba.

Vezano uz deprivaciju spavanja često se govori o "dugu u spavanju" (engl. *sleep debt*). Iako se pojam duga u spavanju uvriježio u stručnoj i istraživačkoj literaturi, on još uvijek nije jednoznačno definiran. Prije 40-ak godina prvi ga je upotrijebio Kleitman kako bi opisao pojačanu pospanost i smanjenu budnost pojedinaca koji su odlazili na spavanje kasnije nego inače, a budili se u fiksno vrijeme (13). Ferrara i De Gennaro (7) govore o dugu u spavanju kako bi upozorili na akutno ili kronično neslaganje između nečijeg idealnog i stvarnog trajanja spavanja. Van Dongen, Rogers i Dinges (14) navode da se termin dug u spavanju često rabi kako bi se opisali učinci izgubljenog spavanja, bez obzira na razlog toga gubitka. Budući da se ovaj pojam uglavnom odnosi na pojačani pritisak za spavanjem, može se očitovati u skraćenoj latenciji uspjavanja, pojačanom intenzitetu sporovalnog spavanja u početnim stadijima spavanja, pojavi theta-valova u budnom EEG-u, povišenoj razini subjektivne pospanosti i/ili lošijem neurobihevioralnom funkcioniranju.

Međutim, dug u spavanju, odnosno ukupni manjak spavanja u određenom periodu, ne može sam po sebi objasniti rezultate nekih istraživanja. Na primjer, zašto je negativni učinak potpune deprivacije spavanja nakon tri dana veći nego učinak djelomične deprivacije spavanja nakon duljeg razdoblja kad je ukupni akumulirani dug u spavanju veći (6). Jedno od mogućih objašnjenja ovakvih rezultata je postojanje različitih fizioloških mehanizama u podlozi djelovanja potpune i djelomične deprivacije spavanja na uradak ispitanika (15). Van Dongen i suradnici (6, 16) predlažu objašnjenje takvih rezultata razlikovanjem "kritičnog trajanja budnosti" i "viška budnosti" (engl. "excess wakefulness"). "Kritično trajanje budnosti" odnosi se na najdulje razdoblje budnosti u kojem je neurobihevioralno funkcioniranje pojedinca još na stabilnoj razini. "Višak budnosti" odnosi se na produljivanje budnosti iznad "kritičnog trajanja budnosti". Istraživanje Van Dongena i suradnika (6) pokazalo je da krivulje koje opisuju pogoršanje uspješnosti ispitanika u funkciji broja dana deprivacije spavanja imaju veću sličnost s krivuljama koje u tom razdoblju opisuju akumulaciju "viška budnosti" nego s krivuljama koje opisuju akumulaciju duga u spavanju.

POSLJEDICE DEPRIVACIJE SPAVANJA

Dosadašnja istraživanja pratila su učinke deprivacije spavanja na karakteristike spavanja nakon završetka deprivacije te na neke fiziološke varijable i pokazatelje funkcioniranja za vrijeme trajanja deprivacije. S praktičnog su stajališta od posebne važnosti istraživanja učinaka deprivacije spavanja na dnevno funkcioniranje, budući da pogreške i propusti u obavljanju različitih zadataka i aktivnosti u svakodnevnom životu mogu katkad ugroziti sigurnost i zdravlje i pojedinaca i uže i šire zajednice. Ta istraživanja uključuju ispitivanja učinaka deprivacije spavanja na subjektivne i objektivne pokazatelje pospanosti te na uspješnost u obavljanju različitih zadataka.

Učinci deprivacije spavanja na karakteristike spavanja u razdoblju oporavka

Nakon deprivacije spavanja ispitanici nadoknade dio propuštenog spavanja, odnosno spavaju dulje nego obično, ali to je produljenje znatno kraće nego što bismo očekivali s obzirom na pretpostavljenu količinu izgubljenog spavanja (17). Dement i Vaughan

(18) navode ekstremni slučaj u kojem je, nakon potpune deprivacije spavanja u trajanju od 264 sata, ispitanik prve noći spavao 14 sati i 40 minuta, nakon čega se spontano probudio. Hartmann (17) ističe da će nakon potpune deprivacije spavanja u trajanju od tri do četiri dana, tipičan mladi ispitanik prve noći oporavka spavati otprilike 12 do 14 sati, a sljedeće noći možda još sat duže nego obično, ali ne više od toga. Carskadon i Dement (19) našli su da ispitanici u dobi od 61 do 77 godina produljuju spavanje otprilike jedan sat u prvoj noći oporavka nakon 38 sati potpune deprivacije spavanja. Carskadon, Harvey i Dement (20) navode da adolescenti u dobi od 12 do 15 godina produljuju spavanje za otprilike 40 minuta u prvoj noći oporavka nakon jedne neprospavane noći.

Istraživanja su pokazala da deprivacija spavanja ima u noćima oporavka izraženiji učinak na strukturu spavanja nego na trajanje spavanja. I nakon djelomične i nakon potpune deprivacije spavanja povećava se udio sporovalnog spavanja (19, 21, 22), što je nađeno i nakon selektivne deprivacije ne-REM-spavanja (23). U prvoj noći oporavka nakon potpune deprivacije spavanja nadoknađuje se značajan dio spavanja stadija 4 uz kraće trajanje stadija 1, a i u drugoj noći oporavka takva nadoknada postoji, ali je izražena u manjoj mjeri (19, 20).

Ispitivanja su pokazala da selektivna deprivacija REM-spavanja povećava sklonost ispitanika da u svakoj sljedećoj noći deprivacije ranije započnu REM-spavanje, da se REM-spavanje javlja sve češće te da nakon završetka deprivacije, u prvih nekoliko noći oporavka, više vremena provode u REM-u (24). Nadalje, istraživanja pokazuju da selektivna deprivacija stadija 4 spavanja ima učinak sličan potpunoj deprivaciji spavanja, povećavajući proporciju stadija 4 u prvoj noći oporavka (23, 25).

Učinci deprivacije spavanja na fiziološke parametre

Učinci deprivacije spavanja na fiziološke parametre još nisu posve razjašnjeni. Gillberg (8) navodi kako neka istraživanja upućuju na promjene u radu kardiovaskularnog sustava tijekom deprivacije spavanja, poput ubrzanog rada srca i povišenoga krvnog tlaka, dok u drugim istraživanjima takvi učinci nisu nađeni. McEwen (26) na deprivaciju spavanja gleda kao na fiziološki stres navodeći rezultate istraživanja koji su pokazali da spavanje koje je skraćeno na 4 sata dovodi do porasta krvnog tlaka, smanjene parasimpatičke aktivnosti, porasta večernje razine kortizola i inzulina. Autor također ističe

povezanost restrikcije spavanja s pojačanim apetitom i prekomjernom tjelesnom težinom.

Istraživanja učinaka deprivacije spavanja na imunosne funkcije nisu dala konzistentne rezultate. Neka istraživanja upozorila su na smanjenu aktivnost NK-stanica¹ zbog deprivacije spavanja (27), dok su neka upozorila na povišen broj i aktivnost NK-stanica, kao i nekih drugih imunosnih parametara (28). Dickstein i Moldofsky (29) ističu da na temelju dosadašnjih istraživanja nije moguće donijeti pouzdane zaključke o važnosti spavanja za imunosno funkcioniranje budući da se istraživanja značajno razlikuju u metodama i samoj proceduri prikupljanja podataka. Također, navode autori, teško je reći je li uočena promjena imunosnih parametara štetna, povoljna ili nevažna za imunosno funkcioniranje.

Bonnet i Arand (30) navode da rezultati većine istraživanja ne upućuju na značajne hormonalne promjene za vrijeme deprivacije spavanja, osim što je utvrđena povećana aktivnost štitnjače. Što se tiče većine ostalih hormona, nisu utvrđene promjene u ukupnoj razini izlučivanja, ali su nađene promjene u cirkadijurnim ritmovima njihova izlučivanja.

Učinci deprivacije spavanja na pospanost

Mikulincer, Babkoff i Caspy (31) navode da su najčešće i najočitije posljedice restrikcije spavanja veća razina subjektivne pospanosti i umor, a Bonnet (4) kako su najraniji pokazatelji deprivacije spavanja pospanost, umor i smanjena sposobnost koncentracije.

Nalaz o povećanoj razini pospanosti kao posljedici duže ili kraće deprivacije spavanja potvrđen je u nizu istraživanja koja su rabila subjektivne i/ili objektivne mjere pospanosti (npr. 3, 5, 11, 32, 33). Bonnet i Arand (11) navode da čak i relativno malo skraćivanje spavanja za 1,3 do 1,5 sati tijekom jedne noći za 32 % povećava pospanost mjerenu s pomoću standardnoga Višekratnog testa latencije uspavlivanja – MSLT (engl. *Multiple Sleep Latency Testu*).

Subjektivna pospanost za vrijeme deprivacije spavanja izgleda da ne ovisi samo o trajanju deprivacije, nego i o čimbenicima kao što su doba dana, odnosno faza cirkadijurnih ritmova. I iz svakodnevnog iskustva poznato je da subjektivna pospanost varira tijekom dana. Istraživanja temeljena na prisilnoj desinkronizaciji cirkadijurnih ritmova pokazuju da su procjene razine pospanosti u inverznom odnosu s cirkadijurnim

ritmom tjelesne temperature: pospanost je najmanja u vrijeme kad temperatura dostiže svoj maksimum (rani večernji sati). Ista su istraživanja pokazala da su procjene pospanosti također povezane s ritmom spavanja i budnosti, tako da se pospanost procjenjuje najmanjom otprilike 6 sati nakon buđenja (34).

Istraživanje koje su proveli Babkoff, Caspy i Mikulincer (32) pokazalo je da razina subjektivne pospanosti raste u funkciji trajanja potpune deprivacije spavanja tijekom tri dana. Ovo je istraživanje upozorilo i na važnost cirkadijurnog ritma pospanosti: najviše procjene pospanosti daju se tijekom noći, između 2:00 sata i 6:00 sati, a najniže poslije podne, između 18:00 i 20:00 sati te prije podne oko 10:00 sati. U ovom se istraživanju bitnim čimbenikom za procjene pospanosti pokazalo i samo izvođenje kognitivnih zadataka. Pospanost se razlikovala ovisno o tome jesu li se procjene davale prije ili poslije izvođenja zadataka pri čemu su bile više nakon izvođenja zadataka nego prije njihova izvođenja.

Kad se kao objektivna mjera dnevne pospanosti rabi vrijeme uspavlivanja u Višekratnom testu latencije uspavlivanja (MSLT), trebalo bi voditi računa o tome da kraća latencija uspavlivanja ne mora nužno biti posljedica veće pospanosti, odnosno deprivacije spavanja, nego može biti rezultat individualnih razlika u sposobnosti da se brzo i lako zaspi (engl. *sleepability*), koja ne ovisi o postojećoj razini pospanosti. Harrison i Horne (35) opisali su ispitanike koji na MSLT-u postižu vrlo kratko vrijeme uspavlivanja, koje bi inače upućivalo na visoku, čak patološku razinu pospanosti, a na testovima pozornosti postižu dobre rezultate, ne pokazuju nikakve druge znakove pretjerane pospanosti, dobri su spavači i ne žale se na dnevnu pospanost. Čak i kad produlje svoje spavanje koliko god žele, ovi ispitanici zadržavaju kratko vrijeme uspavlivanja na MSLT-u. Budući da je distribucija rezultata na MSLT-u normalna, i kod ispitanika koji su zadovoljili svoju potrebu za spavanjem bit će onih koji će imati niske rezultate (brzo će zaspati), ali koji neće biti pospani i moći će lako ostati budni čak i u dosadnim i zamornim okolnostima, što upućuje na to da se ne radi o patološkoj pojavi (36). Harrison i Horne (35) navode kako je sposobnost da se brzo zaspi jednostavno kod nekih ljudi više, a kod nekih manje izražena, kao što je slučaj i s drugim individualnim razlikama. Osim navedenoga, moguće je da su razlike

¹ NK-stanice (engl. Natural Killer cells) jesu vrsta limfocita koji, kao dio prirodene imunosti, imaju važnu ulogu u obrani organizma od virusnih infekcija i tumora.

u vremenu uspavlivanja koje se dobivaju Višekratnim testom latencije uspavlivanja povezane s razlikama u reagiranju ispitanika na sam postupak ispitivanja koji se provodi u laboratorijskim uvjetima, pa tako neki ispitanici reagiraju s većom anksioznošću i teže se opuštaju tijekom laboratorijskih mjerenja, dok se neki brzo i lako prilagođavaju ispitivanju u laboratorijskim uvjetima (37).

Učinci deprivacije spavanja na kognitivni i motorički uradak

Proveden je niz istraživanja o učincima deprivacije spavanja na uradak u različitim kognitivnim i motoričkim zadacima. Nađen je značajno slabiji uradak u testu logičkog rezoniranja nakon potpune deprivacije spavanja u trajanju od 29 do 35 sati (38). Nadalje, nađeno je da je uradak u testu verbalne fluentnosti smanjen nakon potpune deprivacije spavanja u trajanju od 36 sati (39). Gillberg, Kecklund i Åkerstedt (33) također su našli značajan pad uratka u zadatku pozornosti uz slabiji učinak u zadatku brzine reagiranja u situaciji potpune deprivacije spavanja tijekom jedne noći.

Wilkinson, Edwards i Haines (40) ispitivali su učinak djelomične deprivacije spavanja različita trajanja tijekom dvije noći na uradak u različitim zadacima. Nakon jedne noći djelomične deprivacije spavanja učinak u zadatku računanja bio je lošiji tek ako je spavanje bilo kraće od 3 sata, dok je učinak u zadatku pozornosti opao već kad je spavanje trajalo kraće od 5 sati. Opažen je i kumulativni učinak djelomične deprivacije spavanja budući da je uradak u oba zadatka bio slabiji drugog dana restrikcije spavanja. Slično tomu, utvrđeno je da je restrikcija spavanja na približno 5 sati tijekom sedam dana dovela do značajnog pada uratka u zadatku pozornosti (3). Restrikcija spavanja u ovom ispitivanju nije dovela do pada uratka u zadatku radnog pamćenja.

Metaanaliza, koju su na rezultatima 19 istraživanja učinaka deprivacije spavanja proveli Pilcher i Huffcutt (2), pokazala je da deprivacija spavanja ima snažan negativni učinak na ljudsko funkcioniranje, u prvom redu negativno djelujući na raspoloženje. Što se tiče uratka u različitim zadacima, negativni je učinak deprivacije spavanja izraženiji pri izvršavanju kognitivnih zadataka (npr. zadaci logičnog rezoniranja, zbrajanja napamet, vizualnog pretraživanja, verbalnog pamćenja) nego motoričkih zadataka (npr. zadaci vremena reakcije, hodanja na spravi, motoričke vještine).

U istraživanju Van Dongena i suradnika (6) kronična restrikcija spavanja na 4 i 6 sati na dan tijekom 14 dana dovela je do pada kognitivnog uratka koji je odgovarao onomu koji je bio opažen nakon jedne do dvije noći potpune deprivacije spavanja, a bio je manji od pada uratka opaženog nakon tri dana potpune deprivacije spavanja. Suprotno tomu, rezultati spomenute metaanalize (2) upućuju na to da su negativni učinci djelomične deprivacije spavanja na kognitivni uradak veći od negativnih učinaka potpune deprivacije spavanja. Ovaj neočekivani nalaz Ferrara i De Gennaro (7) povezuju s metodološkim aspektima istraživanja djelomične deprivacije spavanja koja su Pilcher i Huffcutt (2) rabili u meta-analizi, ponajprije s izborom ispitanika i karakteristikama zadataka u tim istraživanjima.

Rezultati istraživanja Van Dongena i suradnika (6) ne podupiru hipotezu o mogućoj prilagodbi na kroničnu djelomičnu deprivaciju spavanja, barem što se tiče kognitivnog uratka tijekom 14 dana, jer je limitiranje spavanja na 4 i 6 sati na dan progresivno smanjivalo učinak ispitanika u psihomotornom zadatku pozornosti, zadatku radnog pamćenja i kognitivnog procesiranja.

Harrison i Horne (41) preispituju valjanost mišljenja da deprivacija spavanja nema negativni učinak na uspješnost u izvođenju složenih kognitivnih zadataka, zbog njihove zanimljivosti, koja povećava motivaciju i razinu aktivacije. Autori zaključuju da novija istraživanja pokazuju da deprivacija spavanja ipak oslabljuje učinak u zadacima donošenja odluka, negativno djelujući na komunikacijske vještine, inovativnost, upamćivanje vremenskog slijeda događaja, empatiju i sposobnost nošenja s iznenadnim i neočekivanim situacijama. Moguće je da u testovima koji zahtijevaju aktivaciju prefrontalnog korteksa dolazi do značajnog slabljenja uratka nakon deprivacije spavanja, odnosno da je frontalni korteks posebno osjetljiv na spavanje i deprivaciju spavanja (39, 42, 43). Tomu u prilog idu rezultati o padu učinka već i nakon jedne noći bez spavanja u testovima divergentnog mišljenja i verbalne fluentnosti, koji zahtijevaju jaču aktivaciju frontalnog korteksa, dok taj pad učinka nije nađen u testu za čije su rješavanje bili zaslužniji drugi dijelovi korteksa (44).

Rezultati nekih istraživanja upućuju na značajnu i snažnu povezanost između subjektivnih procjena pospanosti i uratka u zadacima za vrijeme potpune deprivacije spavanja tijekom jedne noći (34). U istraživanju 14-dnevne djelomične deprivacije spavanja Van Dongena i suradnika (6) subjektivna pospanost

i uradak u kognitivnim zadacima sukladno su se pogoršavali samo tijekom prvih nekoliko dana. U sljedećim danima deprivacije spavanja progresivni pad uratka u kognitivnim zadacima nije bio praćen i progresivnim porastom subjektivne pospanosti. To bi upućivalo na neku vrstu adaptacije subjektivnih procjena pospanosti na djelomičnu deprivaciju spavanja. Autori navode da bi ovakvi nalazi mogli upućivati na nepouzdanost subjektivnih procjena pospanosti u uvjetima kad spavanje traje barem 4 sata na dan te bi također mogli objasniti zašto je djelomična restrikcija spavanja toliko raširena: ljudima se čini da su se prilagodili na kraće spavanje jer se ne osjećaju toliko pospano iako zapravo s dužom restrikcijom spavanja njihova učinkovitost nastavlja padati.

Neki nalazi istraživanja deprivacije spavanja mogu se objasniti interakcijom dvaju glavnih bioloških procesa koji se nalaze u osnovi regulacije spavanja: cirkadijurnog procesa (proces C) i homeostatskog procesa (proces S). Prema dvoprocesnome modelu regulacije spavanja (45), homeostatski proces očituje se u progresivnoj akumulaciji tzv. pritiska spavanja, koja započinje buđenjem, doseže maksimum u večernjim satima, počinje slabjeti početkom spavanja te potpuno nestaje do trenutka buđenja. Fiziološki je pokazatelj homeostatskog procesa sporovalna moždana aktivnost u rasponu delta-frekvencija. Homeostatski proces ovisan je o trajanju prethodne budnosti, pa će pritisak spavanja biti to jači što je trajanje prethodne budnosti bilo duže. Cirkadijurni proces odnosi se na 24-satne ritmičke varijacije različitih psihofizioloških funkcija koje sudjeluju u održavanju budnosti i koje regulira cirkadijurni oscilator u suprahijazmatskim jezgrama hipotalamusa. Usprkos jakom djelovanju procesa S nakon neprospavane noći, u jutarnjim satima dolazi do spontanog porasta budnosti zbog jačanja procesa C, pa negativni učinci deprivacije spavanja ne moraju biti uočljivi. Tijekom noćnih sati oba procesa potiču spavanje i zato su negativni učinci deprivacije spavanja izraženiji kad se mjere u tom razdoblju (46). Stoga je pri interpretaciji rezultata istraživanja učinaka deprivacije spavanja na dnevno funkcioniranje potrebno voditi računa o dobu dana kad se učinci mjere.

INDIVIDUALNE RAZLIKE U UČINCIMA DEPRIVACIJE SPAVANJA

U istraživanju deprivacije spavanja u pažljivo kontroliranim laboratorijskim uvjetima Van Dongen i

suradnici (47) našli su da se negativni učinci gubitka spavanja značajno razlikuju između pojedinaca, da su stabilni unutar pojedinca te da su manje ovisni o prethodnom trajanju budnosti nego što se inače smatra. Istraživanja ovih autora pokazuju da se 68 % do 92 % varijance ukupno opaženih razlika u učincima deprivacije spavanja može objasniti stabilnim individualnim razlikama (37, 47). O sličnim nalazima izvješćuju Leproult i suradnici (48) koji su iste ispitanike dvaput izložili jednakim eksperimentalnim uvjetima tijekom 27 sati konstantne budnosti; na temelju učinaka deprivacije spavanja opaženih u prvom ispitivanju mogli su se pouzdano predvidjeti negativni učinci deprivacije u mjerama subjektivne pospanosti i kognitivnom uratku u drugom ispitivanju.

Na temelju laboratorijskih istraživanja (14, 46, 47) koja su pokazala da su individualne razlike u neurobihevioralnim učincima spavanja stabilne i robusne na promjene u uvjetima deprivacije spavanja, Van Dongen i suradnici smatraju ove individualne razlike osobinom koju nazivaju "ranjivost na gubitak spavanja" (engl. *vulnerability to sleep loss*) ili "trototip" prema grčkoj riječi *trotos* koja označava ranjivost (37).

Značajan nalaz u istraživanju Van Dongena i suradnika (47) odnosio se i na moguću različitu "ranjivost" ispitanika na deprivaciju spavanja u različitim mjerama učinka deprivacije spavanja. Faktorskom analizom izdvojila su se tri faktora: jedan koji se odnosio na samoprocjenu pospanosti, umora i raspoloženja, drugi na sposobnost kognitivnog procesiranja i treći na sposobnost održavanja pažnje. Dakle, kod istog pojedinca ne možemo očekivati jednake negativne učinke deprivacije spavanja u različitim tipovima zadataka, kao što ni subjektivna procjena pospanosti ne mora biti u skladu s uratkom u tim zadacima. Ovi su rezultati u skladu s nalazima prethodnih istraživanja koja također upućuju na neslaganje subjektivnih procjena pospanosti i uratka u različitim zadacima tijekom djelomične deprivacije spavanja (6) i tijekom 27 sati konstantne budnosti (48).

Za uspješnost i sigurnost u obavljanju različitih aktivnosti u okolnostima u kojima postoji neki oblik deprivacije spavanja od velikog bi praktičnog značenja bilo identificirati prediktore sustavnih i robusnih razlika u ranjivosti na gubitak spavanja. Bonnet (4) navodi da utjecaj deprivacije spavanja na nekog pojedinca ovisi i o karakteristikama koje taj pojedinac donosi u situaciju restrikcije spavanja, poput dobi i osobina ličnosti. Međutim, u dosadašnjim su istraživanjima

individualne razlike u karakteristikama ispitanika koje bi mogle biti povezane sa stabilnim opaženim razlikama u reagiranju na deprivaciju spavanja bile relativno zanemarene (37). Uz to, za one potencijalne prediktore koji su do sada ispitivani, za sada nije dobivena značajna potvrda prediktivne valjanosti. Do sada su kao potencijalni prediktori bili ispitivani dob, spol, osobine ličnosti, inteligencija, jutarnjost-večernjost te individualne razlike u karakterističnoj potrebi za spavanjem i općoj razini pospanosti.

Dob

U funkciji dobi nesumnjivo dolazi do niza promjena u karakteristikama spavanja. Međutim, utjecaj dobi na učinke deprivacije spavanja nije potpuno jasan. Bonnet (4) navodi da su negativni učinci izgubljenog spavanja na uradak i mjere pospanosti slični kod starijih i mlađih osoba te prema njegovu mišljenju, dobne razlike igraju malu ulogu u odgovoru na deprivaciju spavanja. Ipak, neka su ispitivanja upozorila na postojanje dobni razlika u učincima deprivacije spavanja na uradak u zadacima vremena reagiranja. Ispitivanja uglavnom nalaze da nakon djelomične ili potpune deprivacije spavanja dolazi do većeg produljenja vremena reagiranja u rješavanju zadataka kod mlađih u odnosu na starije ispitanike (npr. 49, 50, 51). Uz to, neka ispitivanja upućuju na različit učinak deprivacije spavanja na karakteristike naknadnog spavanja, posebice sporovalnog, kod mlađih i starijih osoba (npr. 19, 52, 53).

Jenni, Achermann i Carskadon (54) analizirali su karakteristike spavanja tijekom noći oporavka nakon 36-satne deprivacije spavanja kako bi testirali hipotezu o sporijoj akumulaciji homeostatskog pritiska spavanja tijekom dana kod tjelesno zrelih adolescenata u odnosu na prepubertetnu djecu. U obje skupine nađene su tipične razlike spavanja u noći oporavka u usporedbi s početnom situacijom, a skupine se nisu razlikovale ni u subjektivnoj pospanosti tijekom deprivacije spavanja. Međutim, nađene su razlike u postotku sporovalne aktivnosti u prvoj epizodi ne-REM-spavanja u odnosu na razinu sporovalne aktivnosti u početnoj situaciji, pri čemu je postotak bio značajno veći kod tjelesno zrelih adolescenata (39 %) nego kod prepubertetne djece (18 %).

Carskadon i Dement (19) ispitivali su karakteristike spavanja, uradak u testu pozornosti i razinu pospanosti prije, tijekom i nakon 38-satne potpune deprivacije spavanja kod ispitanika u dobi od 61 do 77 godina i dobivene rezultate usporedili s rezultatima učinaka deprivacije spavanja kod mlađih ispitanika u dobi od

12 do 15 godina (20). Učinci deprivacije spavanja na subjektivnu i objektivnu pospanost, uradak u testu pozornosti i većinu karakteristika spavanja u razdoblju oporavka bili su slični kod starijih i mlađih ispitanika. Međutim, nađene su dobne razlike u učinku deprivacije spavanja na latenciju sporovalnog spavanja u prvoj noći oporavka - latencija je bila značajno dulja kod starijih nego kod mlađih ispitanika. Također se pokazalo da učinci deprivacije spavanja na subjektivnu i objektivnu pospanost te na uradak u testu pozornosti traju značajno kraće kod starijih ispitanika nego kod mlađih.

Gaudreau i suradnici (52) usporedili su učinke potpune deprivacije spavanja na karakteristike spavanja koje je uslijedilo nakon 25 sati budnosti kod starijih (40 do 60 god.) i mlađih (20 do 39 god.) ispitanika. U tom su spavanju stariji ispitanici nadoknadili manje sporovalnog spavanja u usporedbi s mlađim ispitanicima. No budući da se to spavanje zbivalo tijekom dana, kada razina budnosti raste pod utjecajem cirkadijurnih čimbenika, iz ovog ispitivanja nije moguće zaključiti jesu li uočene dobne razlike u nadoknadi sporovalnog spavanja povezane s promjenama u homeostatskom ili cirkadijurnom sustavu regulacije spavanja u funkciji dobi.

Drapeau i Carrier (53) također su usporedile karakteristike spavanja nakon 25 sati potpune deprivacije spavanja te karakteristike EEG aktivnosti za vrijeme trajanja deprivacije kod starijih (40 do 60 god.) i mlađih (20 do 39 god.) ispitanika. Kao i u prethodnom istraživanju, nađena je manja nadoknada sporovalnog spavanja kod starijih ispitanika u odnosu na mlađe, ali nisu nađene dobne razlike u EEG aktivnosti kao pokazatelju pospanosti tijekom samog razdoblja deprivacije. Na temelju ovih nalaza autorice smatraju da manja nadoknada sporovalnog spavanja u starijoj dobi vjerojatno upućuje na manju sposobnost starijih osoba da nadoknade izgubljeno spavanje (engl. *sleep ability*), a ne na smanjenu potrebu za spavanjem (engl. *sleep need*).

Spol

Razlike u učincima deprivacije spavanja s obzirom na spol slabo su ispitivane. No, u nedavnom istraživanju Corsi-Cabrere i suradnika (55) nađene su značajne spolne razlike u učinku 38-satne deprivacije spavanja na EEG aktivnost u budnom stanju te na uradak u zadatku pozornosti, pri čemu je učinak deprivacije bio manje izražen kod žena. Međutim, nakon jedne noći spavanja u razdoblju oporavka EEG aktivnost nije kod žena bila jednaka onoj prije deprivacije spavanja, dok

se kod muškaraca nije razlikovala od EEG aktivnosti prije deprivacije. To bi upućivalo na to da ženama treba više naknadnog spavanja da bi se poništili učinci deprivacije.

Osobine ličnosti

Istraživanje Taylora i McFattera (56) upućuje na povezanost individualnih razlika na dimenzijama introverzije-ekstraverzije i neurotizma s razlikama u uratku u kognitivnim zadacima tijekom noći u kojoj je ispitanicima potpuno uskraćeno spavanje. Negativni učinak deprivacije spavanja u nekoliko je kognitivnih zadataka bio veći kod ekstraverata u odnosu na introverte. Neurotizam sam po sebi nije bio značajno povezan s različitim učincima deprivacije, ali se pokazalo da je razlika u uratku između ekstraverata i introverata bila veća kod osoba s izraženijim neurotizmom nego kod osoba s izraženijom emocionalnom stabilnošću.

U istraživanju Blagrovea i Akehursta (38) značajni prediktori promjene raspoloženja nakon potpune deprivacije spavanja u trajanju od 29 do 35 sati bili su neurotizam i lokus kontrole. Osobe s izraženijim neurotizmom više su promijenile raspoloženje pod utjecajem deprivacije spavanja nego osobe s manje izraženim neurotizmom. Što se tiče lokusa kontrole, najveća je promjena raspoloženja pod utjecajem deprivacije spavanja nađena kod osoba s umjereno ekternalnim lokusom kontrole. U istraživanju nije nađena značajna povezanost osobina ličnosti i učinaka deprivacije na uspješnost u izvršavanju različitih zadataka.

Istraživanje koje su proveli Hill, Welch i Godfrey III. (57) također upućuje na moguću ulogu individualnih razlika u lokusu kontrole kao čimbenika koji modificira učinak deprivacije spavanja. Kod pojedinaca s ekternalnim lokusom kontrole potpuna deprivacija spavanja u trajanju od 26 do 30 sati imala je značajan negativni učinak na raspoloženje, dok kod osoba s internalnim lokusom kontrole nije bilo značajnih promjena u raspoloženju nakon deprivacije spavanja.

Inteligencija

U novije vrijeme ispituje se povezanost individualnih razlika u inteligenciji s razlikama u učincima deprivacije spavanja na rješavanje kognitivnih zadataka. Tako je nedavno istraživanje Drummonda, Ayalona i Aloie (58) upozorilo na moguću važnost individualnih razlika u verbalnoj inteligenciji za predviđanje razlika u mozgovnoj aktivaciji za vrijeme rješavanja zadataka

verbalnog učenja nakon deprivacije spavanja. Autori su našli povezanost rezultata u testu verbalne inteligencije s mozgovnom aktivacijom tijekom pamćenja teških, ali ne i lakih riječi nakon deprivacije spavanja. Kod osoba s višom verbalnom inteligencijom nađena je u prosjeku viša razina aktivacije u nekim mozgovnim područjima za vrijeme rješavanja teških zadataka. Nadalje, kod ispitanika s većom verbalnom inteligencijom utvrđena je veća povezanost između razine aktivacije u određenim mozgovnim područjima i uspješnosti u rješavanju zadataka.

Preferencije cirkadijurne faze: jutarnjost-večernjost

Niz istraživanja upućuje na povezanost dimenzije jutarnjosti-večernjosti s karakteristikama spavanja. Večernjost je povezana s kasnijim odlaskom na spavanje, kasnijim buđenjem, većom iskazanom potrebom za spavanjem i većom razlikom u trajanju spavanja u odnosu na idealno trajanje te većom varijabilnošću rasporeda i trajanja spavanja (59, 60, 61, 62). Novija istraživanja koja polaze od dvoprocesnog modela regulacije budnosti i spavanja pokazuju da se, osim pomaka u fazi cirkadijurnih ritmova prema kasnijim satima, kod ljudi izraženijih večernih preferencija homeostatski pritisak spavanja sporije akumulira tijekom dana nego kod ljudi izraženijih jutarnjih preferencija (63).

Koristeći se paradigmom ultrakratkog rasporeda spavanja i budnosti (7 minuta spavanja i 13 minuta budnosti), Lavie i Segal (64) ispitali su 24-satnu strukturu pospanosti kod jutarnjih i večernih tipova, jednom nakon noći prospavane u laboratoriju i jednom nakon cjelonoćne deprivacije spavanja. Pokazalo se da nakon deprivacije spavanja ispitanici izraženijih jutarnjih preferencija više spavaju u 13-minutnim razdobljima tijekom noći, a oni izraženijih večernih preferencija spavaju više u takvim razdobljima tijekom dana, posebice između 11:00 i 14:00 sati. Kod ispitanika izraženijih jutarnjih preferencija zadržana je nakon deprivacije spavanja tipična bimodalna distribucija pospanosti, dok kod ispitanika izraženijih večernih preferencija pospanost nije dostigla uobičajene maksimalne vrijednosti karakteristične za noć i dan.

Nakon neprospavane noći osobe izraženijih jutarnjih preferencija teže zaspu ujutro i spavaju isprekidano s manje REM-spavanja, što bi se moglo povezati s cirkadijurnim ritmom tjelesne temperature koji se u to doba nalazi u fazi porasta. Kod osoba izraženijih večernih preferencija tjelesna temperatura više se prilagođava promjeni u rasporedu spavanja:

u prvom satu spavanja tijekom dana opada, a zatim ostaje na stabilnoj razini (65).

Izgleda da je dimenzija jutarnjosti-večernjosti povezana s fleksibilnošću cirkadijurnog sustava, pri čemu se večernji tipovi lakše prilagođavaju promjenama u rasporedu spavanja i budnosti (60, 66). Pri tome je veća fleksibilnost povezana i s manjom osjetljivošću na restrikciju spavanja čime bi se mogla objasniti bolja prilagodba večernih tipova na smjenski rad u odnosu na jutarnje tipove (7, 67).

Potreba za spavanjem

Među ljudima postoje očite individualne razlike u potrebnoj količini spavanja. Poznato je da ima pojedinaca kojima je potrebno znatno više ili manje spavanja od prosječnih 7 do 8 sati na dan te se govori o "dugim" i "kratkim" spavačima. Roth i Drake (68) naglašavaju da, kako bismo razumjeli individualne razlike u odgovoru na djelomičnu deprivaciju spavanja, odnosno na spavanje koje traje 4 do 5 sati, valja voditi računa o potrebnoj i ostvarenoj količini spavanja.

Benoit i suradnici (69) našli su da "kratki" spavači, koji spavaju 6,5 sati na dan ili kraće, zadržavaju tijekom deprivacije spavanja sličan 24-satni ritam tjelesne temperature za razliku od "dugih" spavača, koji spavaju 9 sati na dan ili dulje, kod kojih je tjelesna temperatura nakon jedne noći deprivacije spavanja u usporedbi s kontrolnom situacijom bila viša i imala tendenciju ranijeg dostizanja maksimalne vrijednosti.

Moguće je da individualne razlike u trajanju spavanja imaju svoju fiziološku osnovu. Nedavno istraživanje Aeschbacha i suradnika (70) pokazuje da "kratki" spavači (koji spavaju kraće od 6 sati na dan) mogu tolerirati viši homeostatski pritisak za spavanjem tijekom 40 sati budnosti u odnosu na "duge" spavače (koji spavaju dulje od 9 sati na dan). U jednom ranijem istraživanju Aeschbacha i suradnika (71) nađeno je da deprivacija spavanja u trajanju od 24 sata ima različit učinak na strukturu spavanja "dugih" i "kratkih" spavača. Pokazalo se da u prvoj noći oporavka kod "dugih" spavača dolazi do većeg skraćenja latencije uspjavanja, većeg pada gustoće brzih pokreta očiju tijekom REM-spavanja te do većeg porasta sporovalne EEG aktivnosti u odnosu na "kratke" spavače. Aeschbach i suradnici (72) provjeravali su i razlike u funkcioniranju cirkadijurnog sustava kod "dugih" i "kratkih" spavača. Ispitivanje su proveli u konstantnim okolinskim uvjetima tijekom 40 sati budnosti. Snižavanje tjelesne temperature, porast razine melatonina i kortizola te procjene povećane

pospanosti započeli su navečer u slično vrijeme kod "dugih" i "kratkih" spavača, ali je kod "dugih" spavača ujutro trebalo više vremena za njihovo vraćanje na dnevne vrijednosti. Na osnovi svojih istraživanja, Aeschbach i suradnici (72) zaključuju da su razlike u buđenju između "kratkih" i "dugih" spavača vezane uz razlike u cirkadijurnom sustavu, dok su razlike u vremenu odlaska na spavanje između "kratkih" i "dugih" spavača vezane uz razlike u toleranciji ili osjetljivosti na cirkadijurni i homeostatski pritisak za spavanjem.

Individualne razlike u pospanosti

Osim situacijske pospanosti koja je ovisna o čimbenicima poput trajanja prethodnog spavanja i budnosti, doba dana i različitih vanjskih i unutrašnjih podražaja, sve se češće govori i o osobinskim aspektima pospanosti (engl. *trait sleepiness*), odnosno stabilnim individualnim razlikama u razini pospanosti (73, 74). Zwyghuizen-Doorenbos i suradnici (75) našli su visoku test-retest pouzdanost vremena uspjavanja u Višekratnom testu latencije uspjavanja (MSLT) koji se rabi kao objektivna mjera dnevne pospanosti. Faktorska analiza Epworthove skale pospanosti, koja mjeri tendenciju uspjavanja u različitim životnim situacijama, pokazala je da tendencija uspjavanja ima tri komponente, od kojih se jedna odnosi na opću tendenciju spavanja pojedinca bez obzira na karakteristike situacije (76).

Neka novija istraživanja upućuju na moguću važnost individualnih razlika u razini pospanosti u predviđanju negativnih učinaka deprivacije spavanja. U istraživanju Van Dongena i suradnika (6) opća subjektivna pospanost procijenjena Epworthovom skalom pospanosti prije početka ispitivanja bila je jedini značajni prediktor subjektivnih procjena pospanosti i umora tijekom 36-satne potpune deprivacije spavanja. U nedavnom ispitivanju Taillarda i suradnika (77) pad učinka u zadatku vremena reagiranja tijekom 36-satne deprivacije spavanja mogao se relativno dobro predvidjeti na temelju subjektivnih procjena pospanosti odmah nakon buđenja i u ranim poslijepodnevrim satima. Autori navode mogućnost da je struktura pospanosti tijekom 24 sata povezana upravo s individualnim razlikama u razini pospanosti. Nijedan od ostalih ispitivanih čimbenika - iskazana potreba za spavanjem, struktura spavanja te homeostatski i cirkadijurni čimbenici - nije se pokazao značajnim za predikciju ranjivosti na deprivaciju spavanja.

ZAKLJUČAK

U posljednjih nekoliko desetljeća tijekom kojih se spavanje sustavno i planski istražuje, umnožile su se spoznaje o njegovoj funkciji, fiziologiji i načinu regulacije. Te su spoznaje još nepotpune pa se stoga neprestano otvaraju nova pitanja i postavljaju nove hipoteze.

Istraživanja deprivacije spavanja dala su velik doprinos razumijevanju funkcije spavanja, ali zanimljiva su i s praktičnoga gledišta budući da spavanje "nije u skladu" sa zahtjevom modernog društva za budnim iskorištavanjem čitavog 24-satnog razdoblja. Sve se više ljudi suočava s posljedicama produljene budnosti, skraćenog spavanja i zahtjeva da se ritam spavanja-budnosti prilagodi novim i varijabilnim vremenskim uvjetima rada.

Prekomjerna dnevna pospanost i smanjeni radni učinak, kao posljedice kronične restrikcije spavanja ili akutne deprivacije spavanja, velik su javnozdravstveni i sigurnosni problem. Rastapanje nuklearnog reaktora na *Three Mile Islandu*, eksplozija svemirske letjelice *Challenger* i nasukavanje naftnog tankera *Exxon Valdez* samo su neke od katastrofa za koje su naknadne analize pokazale da im je uzrok bio ljudska greška, velikim dijelom uzrokovana deprivacijom spavanja i budnošću u biološki nepovoljnim satima (18, 78). U svakodnevnom životu prekomjerna dnevna pospanost znači rizik u prometu, osobito kod profesionalnih vozača, pri čemu vrlo kratki gubitak koncentracije ili tzv. mikrospavanje (engl. *microsleep*) u kritičnom trenutku prečesto rezultiraju smrću i velikim materijalnim štetama (79).

Stoga istraživačko pitanje kako predvidjeti posljedice deprivacije spavanja kod nekog pojedinca ima veliko primijenjeno značenje. Novija istraživanja tek su počela otkrivati i dokazivati važnost individualnih razlika u reagiranju na deprivaciju spavanja. Važan je pomak u istraživanjima uvođenje novog konstrukta "ranjivosti na gubitak spavanja", a budućim istraživanjima predstoji njegova validacija te utvrđivanje njegovih mogućih prediktora.

Zahvala

Ovaj je rad izrađen u okviru projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH broj 022-0222411-2659, pod nazivom: "Problem pospanosti: sociokulturalni, biheioralni i psihofiziološki aspekti", voditeljice dr. sc. Biserke Radošević-Vidaček.

LITERATURA

- Hodoba D. Poremećaji spavanja i budnosti i njihovo liječenje. *Medicus* 2002;11:193-206.
- Pilcher JJ, Huffcutt AI. Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis. *Sleep* 1996;19:318-26.
- Dinges DF, Pack F, Williams K, Gillen KA, Powell JW, Ott GE, Aptowicz C, Pack AI. Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. *Sleep* 1997;20:267-77.
- Bonnet MH. Sleep deprivation. U: Kryger NH, Roth T, Dement WC, urednici. *Principles and practice of sleep medicine*. 3. izd. Philadelphia: Sanders Co; 2000. str. 53-71.
- Rosenthal L, Roehrs TA, Rosen A, Roth T. Level of sleepiness and total sleep time following various time in bed conditions. *Sleep* 1993;16:226-32.
- Van Dongen HPA, Maislin G, Mullington JM, Dinges DF. The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep* 2003;26:117-26.
- Ferrara M, De Gennaro L. How much sleep do we need? *Sleep Med Rev* 2001;5:155-79.
- Gillberg M. *The human sleep-wake cycle: circadian and homeostatic influences*. Stockholm: Repro Print AB; 1983.
- Dinges DF. An overview of sleepiness and the accidents. *J Sleep Res* 1995;4:4-14.
- Åkerstedt T. Work hours and sleepiness. *Clin Neurophysiol* 1995;25:367-75.
- Bonnet MH, Arand DL. We are chronically sleep deprived. *Sleep* 1995;18:908-11.
- Harrison Y, Horne JA. Should we be taking more sleep? *Sleep* 1995;18:901-7.
- Kleitman N. *Sleep and wakefulness*. Chicago: The University of Chicago Press; 1963.
- Van Dongen HPA, Rogers NL, Dinges DF. Sleep debt: theoretical and empirical issues. *Sleep Biol Rhythms* 2003;1:5-13.
- Belenky G, Wesensten NJ, Thorne DR, Thomas ML, Sing HC, Redmond DP, Russo MB, Balkin TJ. Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. *J Sleep Res* 2003;12:1-12.
- Van Dongen HPA, Dinges DF. Sleep debt and cumulative excess wakefulness. *Sleep* 2003;26:249.
- Hartmann EL. *The functions of sleep*. New Haven and London: Yale University Press; 1973.
- Dement WC, Vaughan C. *The promise of sleep*. New York: Dell Publishing, Random House, Inc; 1999.
- Carskadon MA, Dement WC. Sleep loss in elderly volunteers. *Sleep* 1985;8:207-21.
- Carskadon MA, Harvey K, Dement WC. Sleep loss in young adolescents. *Sleep* 1981;4:299-312.

21. Brunner DP, Dijk DJ, Borbély AA. Repeated partial sleep deprivation progressively changes the EEG during sleep and wakefulness. *Sleep* 1993;16:100-13.
22. Gaudreau H, Morettini J, Lavoie HB, Carrier J. Effects of a 25-h sleep deprivation on daytime sleep in the middle-aged. *Neurobiol Aging* 2001;22:461-8.
23. Ferrara M, De Gennaro L, Bertini M. Selective slow-wave sleep (SWS) deprivation and SWS rebound: do we need a fixed SWS amount per night? *Sleep Res Online* 1999;2:15-19 [pristup 18. siječnja 2006]. Dostupno na <http://www.sro.org/1999/Ferrara/15/>
24. Pinel JPJ. *Biološka psihologija*. Jastrebarsko: Naklada Slap; 2002.
25. Agnew HWJR, Webb WB, Williams RL. Comparison of stage four and 1-REM sleep deprivation. *Percept Mot Skills* 1967;24:851-8.
26. McEwen BS. Sleep deprivation as a neurobiologic and physiologic stressor: allostasis and allostatic load. *Metabolism* 2006;55(Suppl 2):S20-3.
27. Moldofsky H, Lue FA, Davidson JR, Gorczynski R. Effects of sleep deprivation on human immune functions. *FASEB J* 1989;3:1972-7.
28. Dinges DF, Douglas SD, Zaugg L, Campbell D E, McMann JM, Whitehouse WG, Orne EC, Kapoor SC, Icaza E, Orne, MT. Leukocytosis and natural killer cell function parallel neurobehavioral fatigue induced by 64 hours of sleep deprivation. *J Clin Invest* 1994;93:1930-9.
29. Dickstein JB, Moldofsky H. Sleep, cytokines and immune function. *Sleep Med Rev* 1999;3:219-28.
30. Bonnet MH, Arand DL. Clinical effects of sleep fragmentation versus sleep deprivation. *Sleep Med Rev* 2003;7:297-310.
31. Mikulincer M, Babkoff H, Caspy T. The effects of 72 hours of sleep loss on psychological variables. *Br J Psychol* 1989;80:145-62.
32. Babkoff H, Caspy T, Mikulincer M. Subjective sleepiness ratings: the effects of sleep deprivation, circadian rhythmicity and cognitive performance. *Sleep* 1991;14:534-9.
33. Gillberg M, Kecklund G, Åkerstedt T. Relations between performance and subjective ratings of sleepiness during a night awake. *Sleep* 1994;17:236-41.
34. Monk TH. Subjective ratings of sleepiness-the underlying circadian mechanisms. *Sleep* 1987;10:343-53.
35. Harrison Y, Horne JA. "High sleepability without sleepiness". The ability to fall asleep rapidly without other signs of sleepiness. *Clin Neuropsychol* 1996;26:15-20.
36. Horne JA. Is there a sleep debt? *Sleep* 2004;27:1047-9.
37. Van Dongen HPA, Vitellaro KM, Dinges DF. Individual differences in adult human sleep and wakefulness: leitmotif for a research agenda. *Sleep* 2005;28:479-96.
38. Blagrove M, Akehurst L. Personality and the modulation of effects of sleep loss on mood and cognition. *Pers Indiv Differ* 2001;30:819-28.
39. Harrison Y, Horne JA. Sleep deprivation affects speech. *Sleep* 1997;20:871-7.
40. Wilkinson RT, Edwards RS, Haines E. Performance following a night of reduced sleep. *Psychon Sci* 1966;5:471-2.
41. Harrison Y, Horne JA. The impact of sleep deprivation on decision making: a review. *J Exp Psychol-Appl* 2000;6:236-49.
42. Muzur A, Pace-Schott EF, Hobson JA. The prefrontal cortex in sleep. *Trends Cogn Sci* 2002;6:475-80.
43. Harrison Y, Horne JA, Rothwell A. Prefrontal neuropsychological effects of sleep deprivation in young adults – a model of healthy aging. *Sleep* 2000;23:1-7.
44. Horne JA. Sleep loss and "divergent" thinking ability. *Sleep* 1988;11:528-36.
45. Borbély AA. Two process model of sleep regulation. *Hum Neurobiol* 1982;1:195-204.
46. Van Dongen HPA, Dinges DF. Modeling the effects of sleep debt: on the relevance of inter-individual differences. *SRS Bull* 2001;7:69-72.
47. Van Dongen HPA, Baynard MD, Maislin G, Dinges DF. Systematic interindividual differences in neurobehavioral impairment from sleep loss: evidence of trait-like differential vulnerability. *Sleep* 2004;27:423-33.
48. Leproult R, Colecchia EF, Berardi AM, Stickgold R, Kosslyn SM, Van Cauter E. Individual differences in subjective and objective alertness during sleep deprivation are stable and unrelated. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2003;284:R280-90.
49. Philip P, Taillard J, Sagaspe P, Valtat C, Sanchez-Ortuno M, Moore N, Charles A, Bioulac B. Age, performance and sleep deprivation. *J Sleep Res* 2004;13:105-10.
50. Stenuit P, Kerkhofs M. Age modulates the effects of sleep restriction in women. *Sleep* 2005;28:1283-8.
51. Bliese PD, Wesensten NJ, Balkin TJ. Age and individual variability in performance during sleep restriction. *J Sleep Res* 2006;15:376-85.
52. Gaudreau H, Morettini J, Lavoie HB, Carrier J. Effects of a 25-h sleep deprivation on daytime sleep in the middle-aged. *Neurobiol Aging* 2001;22:461-8.
53. Drapeau C, Carrier J. Fluctuation of waking electroencephalogram and subjective alertness during a 25-hour sleep-deprivation episode in young and middle-aged subjects. *Sleep* 2004;27:55-60.
54. Jenni OG, Achermann P, Carskadon MA. Homeostatic sleep regulation in adolescents. *Sleep* 2005;28:1446-54.
55. Corsi-Cabrera M, Sánchez AI, Del-Rio-Portilla Y, Villanueva Y, Pérez-Garci E. Effect of 38 h of total sleep deprivation on the waking EEG in women: sex differences. *Int J Psychophysiol* 2003;50:213-24.
56. Taylor DJ, McFatter RM. Cognitive performance after sleep deprivation: does personality make a difference? *Pers Indiv Differ* 2003;33:1179-93.

57. Hill DW, Welch JE, Godfrey III JA. Influence of locus of control on mood state disturbance after short-term sleep deprivation. *Sleep* 1996;19:41-6.
58. Drummond SPA, Aylon L, Aloia MS. Individual differences predict compensatory recruitment with sleep deprivation. *J Sleep Res* 2006;15(Suppl 1):57.
59. Carrier J, Monk TH, Buysse DJ, Kupfer DJ. Sleep and morningness-eveningness in the "middle" years of life (20-59 y). *J Sleep Res* 1997;6:230-7.
60. Ishihara K, Miyasita A, Inugami M, Fukuda K, Miyata Y. Differences in sleep-wake habits and EEG sleep variables between active morning and evening subjects. *Sleep* 1987;10:330-42.
61. Rosenthal L, Day R, Gerhardstein R, Meixner R, Roth T, Guido P, Fortier J. Sleepiness/alertness among healthy evening and morning type individuals. *Sleep Med* 2001;2:243-8.
62. Taillard J, Philip P, Bioulac B. Morningness/eveningness and the need for sleep. *J Sleep Res* 1999;8:291-5.
63. Taillard J, Philip P, Coste O, Sagaspe P, Bioulac B. The circadian and homeostatic modulation of sleep pressure during wakefulness differs between morning and evening chronotypes. *J Sleep Res* 2003;12:275-82.
64. Lavie P, Segal S. Twenty-four-hour structure of sleepiness in morning and evening persons investigated by ultrashort sleep-wake cycle. *Sleep* 1989;12:522-8.
65. Foret J, Touron N, Benoit O, Bouard G. Sleep and body temperature in "morning" and "evening" people. *Sleep* 1985;8:311-8.
66. Radošević-Vidaček B, Vidaček S, Kaliterna Lj, Ravlić M, Lalić V, Prizmić Z. Interindividualne razlike u toleranciji prema smjenskom radu i osobine radnika: odnos između kvalitete i trajanja spavanja i nekih osobina radnika. *Arh Hig Rada Toksikol* 1992;43:227-36.
67. Åkerstedt T, Torsvall L. Shift work: shift-dependent well-being and individual differences. *Ergonomics* 1981;24:265-73.
68. Roth T, Drake CL. Understanding the effects of age on "normal" human sleep. *Sleep* 2004;27:1238-9.
69. Benoit O, Foret J, Merle B, Bouard G. Diurnal rhythm of axillary temperature in long and short sleepers: effects of sleep deprivation and sleep displacement. *Sleep* 1981;4:359-65.
70. Aeschbach D, Postolache TT, Sher L, Matthews JR, Jackson MA, Wehr TA. Evidence from the waking electroencephalogram that short sleepers live under higher homeostatic sleep pressure than long sleepers. *Neuroscience* 2001;102:493-502.
71. Aeschbach D, Cajochen H, Landolt H, Borbély AA. Homeostatic sleep regulation in habitual short sleepers and long sleepers. *Am J Physiol* 1996;270:R41-53.
72. Aeschbach D, Sher L, Postolache TT, Matthews JR, Jackson MA, Wehr TA. A longer biological night in long sleepers than in short sleepers. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88:26-30.
73. Cluydts R, De Valk E, Verstraeten E, Theys P. Daytime sleepiness and its evaluation. *Sleep Med Rev* 2002;6:83-96.
74. De Valk E, Cluydts R. Sleepiness as a state-trait phenomenon, comprising both a sleep drive and a wake drive. *Med Hypotheses* 2003;60:509-12.
75. Zwyghuizen-Doorenbos A, Roehrs T, Schaefer M, Roth T. Test-retest reliability of the MSLT. *Sleep* 1988;11:562-5.
76. Johns MJ. Sleepiness in different situations measured by the Epworth sleepiness scale. *Sleep* 1994;17:703-10.
77. Taillard J, Moore N, Claustrat B, Coste O, Bioulac B, Philip P. Nocturnal sustained attention during sleep deprivation can be predicted by specific periods of subjective daytime alertness in normal young humans. *J Sleep Res* 2006;15:41-5.
78. Mitler MM, Carskadon MA, Czeisler CA, Dement WC, Dinges DF, Graeber RC. Catastrophes, sleep, and public policy: consensus report. *Sleep* 1988;11:100-9.
79. Mitler MM, Dement WC, Dinges DF. Sleep medicine, public policy, and public health. U: Kryger NH, Roth T, Dement WC, urednici. *Principles and practice of sleep medicine*. 3. izd. Philadelphia: Sanders Co; 2000. str. 580-8.

Summary

INDIVIDUAL DIFFERENCES AND SLEEP DEPRIVATION EFFECTS

Contemporary lifestyle and different life circumstances often require that individuals restrict their sleep duration and change their sleep schedule. That often leads to sleep deprivation. Former studies showed that sleep deprivation effects on the physiological and psychological functioning of an individual depended on numerous factors such as type of sleep deprivation, previous sleep duration, time of day when the effects were examined, characteristics of tasks performed, and the subject's motivation. This paper discusses the effects of sleep deprivation and the existence of stable individual differences in those effects, named "vulnerability to sleep loss". Recent studies indicate that some characteristics of the subjects could help predict systematic and robust sleep deprivation effects, such as age, sex and personality characteristics. Furthermore, the article discusses the importance of individual differences in specific characteristics related to sleep and wakefulness like those in preferred circadian phase, sleep need, individual level of sleepiness, and the ability to fall asleep quickly. So far, studies of individual characteristics did not result in consistent conclusions about their predictive importance for vulnerability to sleep loss. Further studies directed at this problem could help identify individuals who are more vulnerable to sleep loss, and contribute to personal and public safety of night work.

KEY WORDS: *alertness, performance, personality, sleep debt, sleepiness, vulnerability to sleep loss*

CORRESPONDING AUTHOR:

Dr. sc. Biserka Radošević-Vidaček
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
p. p. 291, HR-10001 Zagreb
E-mail: bvidacek@imi.hr