

DJELOVANJE OPĆIH VIBRACIJA: NEDOVOLJNO POZNAT ZDRAVSTVENI PROBLEM

A. Bogadi-Šare

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

Primljeno 25. veljače 1993.

Izloženost općim vibracijama u industriji, prometu i drugim gospodarstvenim granama sve je veća. Taj fizikalni štetni čimbenik ugrožava radnu efikasnost i zdravlje ljudi ne samo u profesionalnim aktivnostima već i u svakodnevnom životu, u javnim prometnim sredstvima, čak i u vlastitim stanovima. Međutim, u svakodnevnoj medicinskoj praksi ne posvećuje se dovoljno pažnje oštećenjima zdravlja nastalim djelovanjem općih vibracija. Zbog toga su u radu navedene osnovne fizikalne značajke vibracija, svjetski priznati standardi za dopušteno izlaganje općim vibracijama (ISO standard), posljedice njihovog štetnog djelovanja na različite organske sustave i procjena rizika oštećenja zdravlja.

Ključne riječi: fizikalne značajke vibracija, izloženost općim vibracijama, međunarodni normativi, oštećenja zdravlja, sindrom općih vibracija, zdravstveni rizik

Intenzivan razvoj industrije, prometa i drugih gospodarstvenih grana, kao i moderna urbanizacija, daju sve veće značenje vibracijama i njihovim štetnim učincima. Taj fizikalni čimbenik ugrožava zdravlje, radnu efikasnost i udobnost ljudi u gospodarstvenim aktivnostima i u svakodnevnom životu, tj. u javnim prometnim sredstvima, čak i u vlastitim stanovima (1). Posljednjih nekoliko desetljeća, u eksperimentalnim, kliničkim i epidemiološkim istraživanjima posvećeno je mnogo pažnje zdravstvenim rizicima zbog djelovanja lokalnih vibracija (2). Međutim, svi štetni učinci i mehanizam djelovanja općih vibracija na organizam još nisu sasvim utvrđeni (2-6). Zbog toga je potrebno više pažnje posvetiti tom problemu, to više što se ne smije zanemariti i negativni utjecaj općih vibracija na radnu sposobnost.

Prema podacima Ureda za statistiku rada (Bureau of Labour Statistics), 1987. godine u SAD-u liječeno je više od milijun radnih ljudi zbog boli u leđima (6, 7). Zbog posljedične radne nesposobnosti novčana nadoknada iznosila je 11 milijardi US dolara (8). Prema rezultatima brojnih istraživanja jedan od važnih čimbenika nastanka boli u leđima jesu i opće vibracije (1, 2, 6, 9-11). Američki Nacionalni institut za sigurnost na radu i medicinu rada (National Institute for Occupational Safety and Health) procijenio je da je 1974. godine u SAD-u bilo izloženo djelovanju vibracija osam milijuna radnika ili 9% ukupno radno aktivne populacije. Od toga je čak 80% bilo izloženo djelovanju općih vibracija (7). Slični podaci za našu državu ne postoje, ali se može pretpostaviti da se u relativnim

omjerima bitno ne razlikuju. S obzirom na niži stupanj mehanizacije u industriji, broj radnika izloženih općim vibracijama kod nas je sigurno manji, ali je izlaganje štetnim općim vibracijama intenzivnije zbog loše kvalitete, zastarjelosti i lošeg održavanja strojeva i prometnih sredstava.

Radi boljeg upoznavanja zdravstvenog problema djelovanja općih vibracija, predstavljene su njihove osnovne fizikalne značajke, svjetski priznati standardi za maksimalno dopustivo izlaganje općim vibracijama te posljedice njihovog štetnog djelovanja na različite organske sustave.

FIZIKALNE ZNAČAJKE VIBRACIJA

Vibracije su oscilatorno kretanje čvrstih tijela ili čestica čvrstih tijela u području infrazvučnih i djelomično zvučnih frekvencija (12). To oscilatorno kretanje može biti periodično s određenom frekvencijom (harmonična, sinusoidalna vibracija), slučajno (bez periodičnih ponavljanja) ili složeno tj. sastavljeno od više oscilatornih procesa različitih frekvencija i amplituda (12). Osnovne značajke vibracija jesu frekvencija, amplituda, brzina i ubrzanje (12, 13).

Frekvencija je broj punih ciklusa oscilatornog kretanja u jedinici vremena i izražava se u hercima (Hz) (12). Prema frekvenciji izvora, opće vibracije dijele se na vibracije u vozilima i na platformama frekvencije od 1 do 80 Hz, vibracije u zgradama frekvencije od 1 do 80 Hz, i vibracije na brodovima frekvencije od 0,1 do 0,65 Hz (14). Prve dvije skupine općih vibracija izazivaju oštećenja organizma poznata pod imenom sindroma općih vibracija (whole-body vibration syndrome), a treća izaziva bolest kretanja.

Amplitudom se naziva maksimalno udaljšavanje materijalne točke od ravnotežnog položaja i izražava se najčešće u milimetrima (12, 14). Brzina vibracije je pomak materijalne točke u jedinici vremena, a iskazuje se u m/s (12). Ubrzanje vibracije jest promjena brzine u vremenu, a izražava se u jedinici gravitacije i češće u m/s^2 (12, 14).

U proizvodnim uvjetima i u prometnim sredstvima vibracije su složen periodični ili slučajni oscilatorni proces karakteriziran širokim frekventnim spektrom, promjenjivom amplitudom i ubrzanjem za svaku frekvenciju te različitim smjerovima širenja (15). Budući da se značajke vibracija pri istoj frekventnoj razini mijenjaju tijekom vremena, taj složen oscilatorni proces nastoji se prikazati jednim pokazateljem, pa se izračunava efektivna vrijednost vibracije za svaku mjerenu frekvenciju. Ona je matematički geometrijska sredina te vrijednosti, a izražava se u anglosaskoj literaturi kao RMS (root mean square) vrijednost (14, 15). Najčešće se efektivna vrijednost vibracije mjeri u frekventnom spektru od 1 do 80 Hz, i to u razmacima od trećine oktave, jer su međunarodni normativi upravo tako izraženi (14). Ako se kod vibracije različitih frekventnih razina želi izraziti intenzitet jednom kvantitativnom vrijednošću za čitav frekventni spektar, umjesto za svaku trećinu oktave, upotrebljava se posebna mjerna aparatura koja daje procijenjenu vrijednost pojedine značajke vibracije (weighted vibration value) (14-17). U praksi mjeri se najčešće veličina ubrzanja vibracije, pa je i usvojena u međunarodnim standardima kao pokazatelj dopustivog izlaganja vibracijama (14). Pri postojanju izraženih vršnih vrijednosti štetan učinak vibracija je intenzivniji (18, 19), pa je pri ocjeni karakteristika neke vibracije nužno i njihovo određivanje (17).

S obzirom na smjer širenja, vibracije mogu biti vodoravne, okomite, kružne, poprečne ili višesmjerne (5, 12). Najčešće mjereni smjerovi širenja jesu okomiti i vodoravni, jer se rabe u normativima za dopustivo izlaganje općim vibracijama (14). Vibracije pojedinih smjerova širenja imaju različito djelovanje na ljudski organizam. Tako, okomite vibracije djeluju nepovoljnije na čovjeka u stojećem, vodoravne u ležećem položaju, dok vodoravne poprečne djeluju nepovoljnije od vodoravnih uzdužnih vibracija (5). Vibracije se dijele i

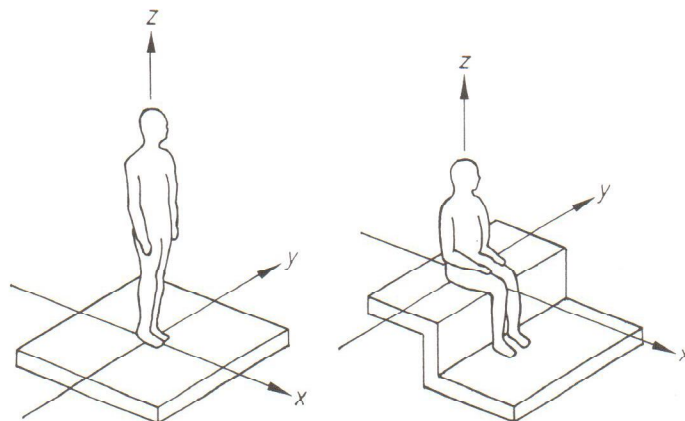
na lokalne, koje uzrokuju vibriranje pretežno jednog dijela tijela preko kojeg se i prenose na tijelo, te na opće koje se prenose na tijelo preko stopala ili zdjelice, a izazivaju vibriranje cijelog tijela (12).

MEDUNARODNI NORMATIVI

U našoj državi primjenjuju se norme za ocjenu sigurne razine izloženosti općim vibracijama što ih je izradila Međunarodna organizacija za standardizaciju (International Organization for Standardization – ISO). Ti se normativi odnose na periodične i slučajne, neperiodične vibracije okomitog (z-os) i vodoravnog smjera (x, y-os) (slika 1). Međunarodni standard (14) tablično i grafički prikazuje granične efektivne vrijednosti ubrzanja pri rasponu frekvencija od 1 do 80 Hz za okomite (slika 2) i vodoravne vibracije (slika 3) uz naznačena dopuštena vremena izloženosti. Vidljivo je da je čovjek najosjetljiviji na okomite vibracije u frekventnom rasponu od 4 do 8 Hz, a na vodoravne od 1 do 2 Hz. Ovi standardi primjenjivi su za vibracije kod kojih vršne vrijednosti ne prelaze trostruku vrijednost efektivne (RMS) vrijednosti ubrzanja. Kada je ubrzanje vibracije izraženo kao procijenjena vrijednost, u ISO standardu se uspoređuje s razinom u frekventnom spektru od 4 do 8 Hz za okomite i od 1 do 2 Hz za vodoravne vibracije (14).

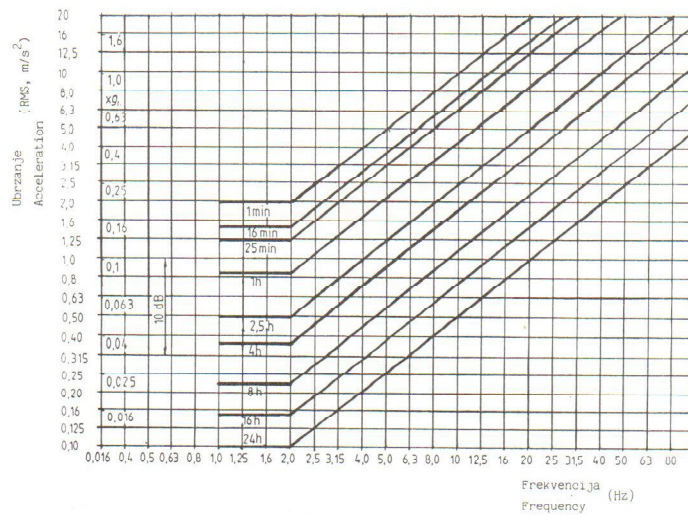
Standard predviđa granične vrijednosti za tri različita kriterija (14) koji se odnose na: 1. pojavu umora odnosno zaštitu radne efikasnosti (fatigue-decreased proficiency boundary), 2. granicu izlaganja radi zaštite zdravlja (exposure limit), 3. pojavu osjećaja nelagode, tj. zaštitu udobnosti (reduced comfort boundary).

Prva dva kriterija rabe se kod profesionalne izloženosti vibracijama, a posljednji kod procjene udobnosti putnika u prijevoznim sredstvima (17). Kao granična vrijednost u ocjeni vibracija stambenih zgrada rabi se prag percepcije vibracija, koji može znatno varirati s obzirom na individualnu osjetljivost i iznosi oko $0,01 \text{ m/s}^2$ u frekventnom



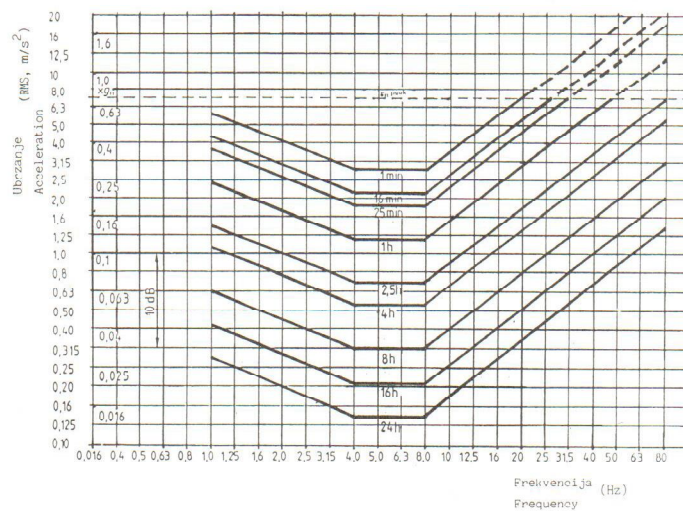
Slika 1. Smjer širenja okomitih (z) i vodoravnih (x, y) vibracija kod osoba u stojećem i sjedećem položaju

Figure 1. Direction of transversal (z) and longitudinal (x, y) vibrations affecting persons in standing and sitting positions



Slika 2. Ubrzanje okomitih vibracija u odnosu na frekvenciju i dopustivo vrijeme izloženosti (14)

Figure 2. Acceleration limits of transversal vibrations as a function of frequency and exposure time (14)



Slika 3. Ubrzanje vodoravnih vibracija u odnosu na frekvenciju i dopustivo vrijeme izloženosti (14)

Figure 3. Acceleration limits of longitudinal vibrations as a function of frequency and exposure time (14)

području od 4 do 8 Hz za okomite i od 1 do 2 Hz za vodoravne vibracije (14). Važno je da su granične vrijednosti ubrzanja vibracija u ISO standardu (slike 2, 3) prikazane za zaštitu radne efikasnosti, dok se za zaštitu zdravlja vrijednosti ubrzanja moraju podvostručiti, a za zaštitu udobnosti podijeliti s 3,14 (14).

Na temelju vlastitih iskustava i epidemioloških ispitivanja neki autori smatraju da su postojeći normativi previsoki i da prema tim normama i dopustiva izlaganja općim vibracijama mogu izazvati kronična oštećenja zdravlja (4, 20).

IZVORI OPĆIH VIBRACIJA U PROIZVODNIM DJELATNOSTIMA

Zanimanja vezana za značajnu izloženost općim vibracijama jesu vozači prijevoznih (motorkotači, automobili, kamioni, autobusi, tramvaji, vlakovi) i prijenosnih sredstava (viljuškari), poljoprivrednih strojeva i traktora, građevnih strojeva (rovokopači, buldožeri, utovarivači, strojevi za sabijanje tla), piloti helikoptera i zrakoplova te rukovaoci industrijskim strojevima koji sami i sa svojom podlogom vibriraju (1, 2, 6, 11, 12, 20-22).

Iako su moguća odstupanja, ovisno o kvaliteti i stupnju održavanja stroja i prometnog sredstva, poznate su značajke vibracija nekih često upotrebljivanih vozila i strojeva (tablica 1).

Tablica 1. Procijenjena efektivna vrijednost (RMS) ubrzanja okomite vibracije pojedinih vozila i strojeva (20)

Table 1. Estimated effective acceleration value (RMS) for transversal vibrations by selected vehicles and machinery (20)

VOZILO/RADNO MJESTO	RMS VRIJEDNOST UBRZANJA m/s^2
CESTOVNA VOZILA (S prigušenjem)	
Automobili	0,20 – 0,75
Autobusi	0,40 – 0,80
Kamioni	0,20 – 1,40
STROJEVI (bez prigušenja)	
Kovačke sprave	0,25 – 0,75
Poljoprivredni traktori	0,40 – 1,25
Viljuškari	0,40 – 2,00
Rovokopači	0,30 – 1,30
Različiti tipovi buldožera	0,30 – 2,20
Vibracijski valjci	0,30 – 1,70
Površinski ravnač kosine	0,50 – 1,60
Utovarivači	0,50 – 2,40
TRAČNA VOZILA	
Željeznička vozila	0,05 – 0,25
Viseće tračne dizalice	0,10 – 0,80
Manevarske lokomotive	0,20 – 0,70
Lokomotive putničkih i teretnih vlakova	0,30 – 0,60
VOJNA VOZILA	
Vozila na kotačima	0,45 – 4,00
Vozila na gusjenicama	1,50 – 3,50
BRODOVI	
Boravišni prostor posade	0,50 – 0,70
Komandni most	0,20 – 0,35
Stambeni prostor	0,20
HELIKOPTERI	0,10 – 1,50

DJELOVANJE OPĆIH VIBRACIJA NA LJUDSKI ORGANIZAM

Vibracije ljudskog tijela posljedica su djelovanja mehaničkih oscilacija na cijelo tijelo (whole-body vibration) ili dio tijela, najčešće na ruke (hand-arm vibration) (12). Kao odgovor na prijenos vibracija, ljudsko tijelo rezonira određenom frekvencijom: kralješnica frekvencijom od 3 do 6 Hz (21, 23), trbušni organi od 4 do 8 Hz, glava oko 15 Hz (1, 24). Prijenos vibracija kroz tijelo je različit, pa se vibracije čak pojačavaju u frekventnom spektru do 10 Hz, a iznad te granice se tijekom prijenosa kroz različite organe tijela smanjuju (21, 23, 24). Najizraženije štetno djelovanje na pojedini organ imaju vibracije frekvencija istih ili sličnih frekvencijama rezonancije tih organa (4, 12). Tako su za kralješnicu najopasnije vibracije niže od 10 Hz (21). Podnošljivost vibracija smanjuje se s duljinom izlaganja (15, 20), a prekidi unutar radne smjene ne omogućuju izlaganje vibracijama viših značajki od dopustivih prema ISO standardu (3).

Koštano-zglobni sustav

Najčešće je djelovanjem općih vibracija zahvaćen koštano-zglobni sustav. Osnovne patološke promjene primjećuju se na kralješnici u obliku degenerativnih promjena, najčešće njezina slabinskog dijela (1, 2, 25). Pritom su zahvaćeniji gornji slabinski segmenti, iako su promjene prisutne i u donjem slabinskom i donjem prsnom dijelu (20). Rendgenološki se nađu spondiloza, spondilartroza, spondilosteohondroza, degeneracija intervertebralnog diska i suženje intervertebralnog prostora, a kod izraženijih promjena može se očekivati i hernijacija i dislokacija slabinskih diskova (1, 2, 24-26). Zabilježene su i mikrofrakture trabekula i dodirnih površina kralješaka kao posljedice umora zbog dinamičkog preopterećenja koštane tvari (4, 23, 24, 27). Prisutna je i češća skolioza, najčešće slabinske kralješnice, a i artrotske promjene zglobova kukova (20). Osnovna subjektivna smetnja kod izloženih radnika jest bol u donjem dijelu leđa (1, 2, 6, 7, 9, 11, 24, 28-31), a u slučaju podražnosti i oštećenja spinalnih korijena živaca i ishijalgika bol (1, 6, 25).

Oštećenje kralješnice objašnjava se mehaničkim preopterećenjem kralješka i metaboličkim poremećajima intervertebralnog diska (1, 7). Mehaničko opterećenje i mikrotraume rezultiraju brzim umorom paravertebralne muskulature (21, 24) i nestabilnošću vertebralnih dinamičkih segmenata (1, 4, 5, 7, 20). Budući da se opskrba krvlju samog intervertebralnog diska ostvaruje difuzijom iz okolnih tkiva, stalno pomicanje diska zbog rezonancije izaziva poremećaj te difuzije i posljedično smanjuje količine hranjivih tvari i vode odnosno dovodi do metaboličkih promjena u samom disku (1, 7, 24, 27). Mikrofrakture trabekula i dodirnih površina kralješaka također nepovoljno utječu na prehranu samog intervertebralnog diska (4).

Drugi organski sustavi

Dugogodišnja izloženost općim vibracijama uzrokuje sniženu vestibularnu podražljivost (20, 24, 32, 33), pri čemu je obavezan dodatni uzrok gotovo uvijek prisutna prekomjerna buka. Opće je prihvaćeno mišljenje da oštećenje sluha nastaje ne samo djelovanjem buke već i utjecajem vibracija (6, 9, 34). Oštećenje perifernog živčevlja kod djelovanja općih vibracija posljedica je degenerativnih promjena kralješnice, ali je zbog oštećenja vegetativnog sustava (24, 35, 36) prisutan i vegetativni polineuritis. Prisutni su umor, napetost, iritabilnost, glavobolja i nesanica (9, 12, 33, 37) kao rezultat neurovegetativne nestabilnosti. Smatra se da te tegobe mogu biti posljedica i smanjene cerebralne prokrvljenosti i multifokalnih oštećenja u središnjem živčanom sustavu (20, 38).

Opće vibracije uzrok su oštećenja krvožilnog sustava, koja se manifestiraju u obliku nekoliko kliničkih entiteta: periferna vazospastička bolest (Raynaudov fenomen), varikoziteti vena donjih udova, hemoroidi, varikokele, ishemička bolest srca i povišen krvni tlak (9, 12, 20, 33, 35). Raynaudov fenomen lokaliziran je na mjestu prijenosa vibracija na tijelo, pa se može javiti na nogama u radnika što stoje na podlozi koja vibrira ili na rukama zbog dodira s upravljačima vozila ili dijelovima strojeva koji vibriraju. Kod ostalih oštećenja krvožilnog sustava opće su vibracije samo dodatni čimbenik nastanka.

Visoka učestalost bolesti probavnog sustava također je primijećena kod osoba izloženih općim vibracijama (6, 9, 39). To su najčešće ulkusna bolest želuca i dvanaesnika, rendgenološki dijagnosticiran gastritis, subjektivne gastričke smetnje (9), ali su prisutni i apendicitis, divertikulitis i kolitis (20). Smatra se da su opće vibracije pri nastanku navedenih bolesti jedan, ali ne i najvažniji uzrok, jer su kod tih bolesnika vrlo često prisutni drugi čimbenici rizika, kao što su konzumacija alkohola, psihički stres, smjenski rad i određene prehrambene navike (9, 20).

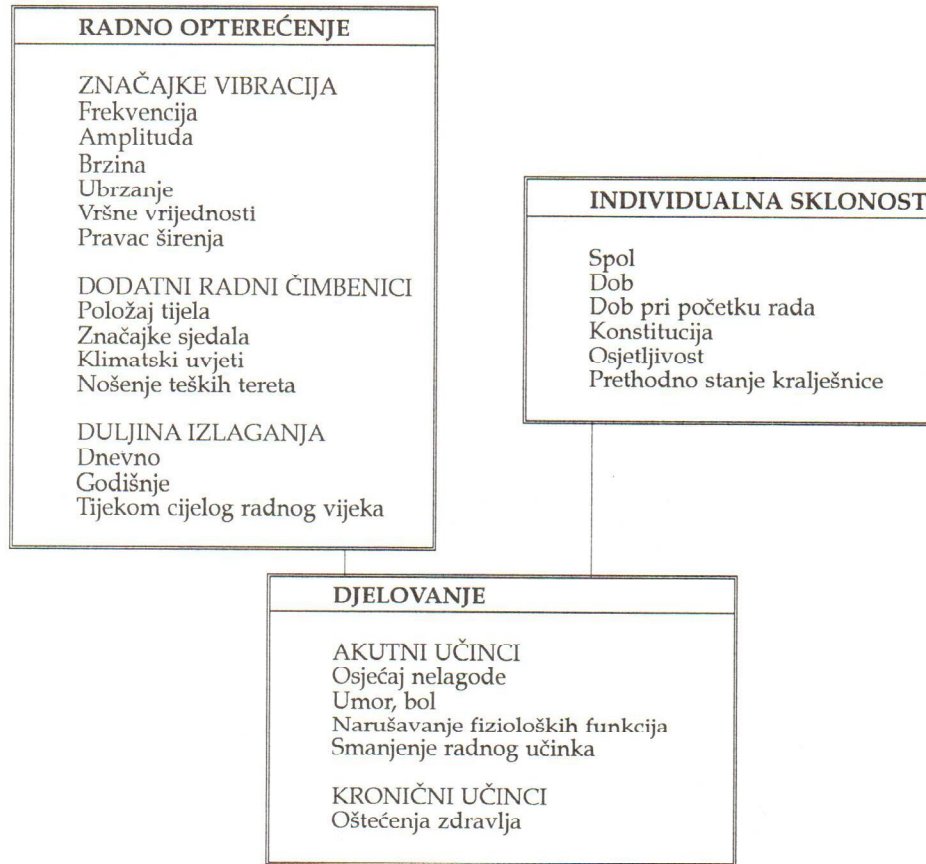
Kod žena izloženih općim vibracijama utvrđena je veća učestalost poremećaja menstrualnog ciklusa, anomalija pozicije reproduktivnih organa i sklonost spontanim pobačajima i drugim komplikacijama trudnoće (12). Pritom su dodatni uzroci za razvoj navedenih poremećaja već prije prisutne ginekološke bolesti i astenička konstitucija (20).

Kod osoba dugotrajno izloženih djelovanju općih vibracija nađena su i suženja vidnog polja te promjene krvnih žila mrežnice. Debljina i bolest endokrinih žlijezda koje nastaju kod vozača mogu biti uzrokovane sjedilačkim načinom života i prehrambenim navikama, dok su opće vibracije od sekundarnog značenja (20, 40).

OSVRT I ZAKLJUČAK

Iako su neki autori (3, 19) utvrdili pozitivan odnos doze i učinka, drugi (1, 2, 6, 11) smatraju da kvantitativan odnos doze i učinka ne postoji tj. da se ne može na temelju intenziteta i trajanja vibracija zaključivati o očekivanom stupnju oštećenja zdravlja. Međutim, procjenu rizika kroničnog oštećenja zdravlja u pojedinačnim slučajevima potrebno je učiniti, i to ispravnim određivanjem radnog opterećenja i individualnih endogenih predispozicija (slika 4). Značajke vibracija, dodatni radni čimbenici i duljina izlaganja vibracijama važni su pokazatelji radnog opterećenja, a individualne osobine organizma određuju intenzitet njegova odgovora na te vanjske štetne utjecaje. Među individualnim čimbenicima koji bitno utječu na osjetljivost na vibracije jesu i mlada dob, astenički tip konstitucije te kao prijašnje bolesti i anomalije kralježnice juvenilna osteohondroza, spondilolisteza, skolioza i spina bifida (20).

Može se zaključiti da kod osoba izloženih općim vibracijama nesumnjivo postoji povećan rizik od nastanka u prvom redu bolesti koštano-zglobnog sustava. Rjeđe su zahvaćeni periferni živčani, vestibularni, središnji živčani, krvožilni, probavni i ženski reproduktivni sustav. Djelovanje vibracija na ostale organske sustave ne može se sa sigurnošću utvrditi. Iako se smatra da se oštećenja pojedinih organskih sustava mogu javljati neovisno jedna o drugima, sigurno je da se o sindromu općih vibracija ne može govoriti ako nema oštećenja slabinske kralježnice. Budući da se ona javljaju kao degenerativne promjene i kod opće populacije, i ovisne su o dobi, u pojedinačnim slučajevima teško je odrediti stvarni utjecaj vibracija na promjene slabinske kralježnice (1). To razlikovanje je teže što je životna dob viša. U općoj populaciji dobi od 55 do 60 godina u 90% slučajeva mogu se rendgenološki naći promjene na slabinskoj kralježnici, a kod osoba izloženih općim vibracijama već u dobi od 45 do 50 godina u 100% slučajeva (1, 2). Prema tome,



Slika 4. Procjena rizika oštećenja zdravlja djelovanjem općih vibracija
Figure 4. Assessment of health risk due to whole-body vibrations

kod mladih osoba s izraženim promjenama kralježnice i kliničkom slikom bolnih sindroma te dugogodišnjim izlaganjem općim vibracijama može se s visokim stupnjem vjerojatnosti govoriti o promjenama uzrokovanim radnim uvjetima.

Pri utvrđivanju oštećenja zdravlja djelovanjem općih vibracija nije problem samo procjena intenziteta patoloških promjena, već i nedostatak specifičnih dijagnostičkih metoda. Iako se rendgenološki ne mogu utvrditi rane degenerativne promjene (25, 41), ipak se rendgenogram ubraja u biološke »dozimetre« radnog opterećenja kralježnice (42). Izražena ovisnost degenerativnih promjena kralježnice o dobi te izlaganje ionizantnom zračenju nedostaci su ove metode, ali subjektivnost anamnestičkih podataka i kliničkog pregleda zahtijeva primjenu neke objektivnije metode, osobito u slučajevima novčane nadoknade. Tako se rendgenogram slabinske kralježnice preporučuje kod pregleda osoba s rizikom razvoja degenerativnih promjena zbog utjecaja radnih uvjeta (25).

Za radnike izložene općim vibracijama dopustivih karakteristika prema ISO standardu, preporučeni su prethodni i redoviti periodski pregledi (12, 43). Medicinske kontraindikacije za izlaganje općim vibracijama jesu upalne i izražene degenerativne bolesti kralješnice, skolioza, fiksirana kifoza značajnijeg stupnja, upalne i izražene degenerativne promjene zglobova, bolesti perifernih i koronarnih krvnih žila, psihotične smetnje, bolesti središnjeg i perifernog živčanog sustava, teža oštećenja sluha i vida, ulkusna bolest želuca i dvanaesnika, poremećaji menstrualnog ciklusa, trudnoća i dob niža od 18 i viša od 50 godina (12, 20, 43). Iako rendgenogram nije dovoljno osjetljiva metoda za dijagnostiku ranih promjena kralješnice (41), ipak se u pojedinim zemljama rabi pri zdravstvenom nadzoru osoba izloženih općim vibracijama, pa se tako prema njemačkom zakonodavstvu u periodskom pregledu rendgenogram snima svake četiri godine (20). U našoj zemlji, prema još valjanom Pravilniku o poslovima s posebnim uvjetima rada (44), zakonodavac određuje kontraindikacije za rad uz izloženost općim vibracijama, pa tako navodi i »teže reumatske bolesti«, ali ne precizira o kakvim se bolestima koštano-zglobnog sustava radi, niti navodi metode i kriterije za utvrđivanje tih patoloških stanja. Poznavajući našu medicinsku praksu, smatram da bi pri zapošljavanju na radna mjesta vezana uz izloženost općim vibracijama ili pri zdravstvenom nadzoru radnika zaposlenih na takvim radnim mjestima trebalo više pažnje posvetiti stanju koštano-zglobnog sustava, a kad god je to moguće, snimiti i rendgenogram slabinske kralješnice. Ujedno bi bilo potrebno poraditi na korekciji zakonodavnih akata i uvođenju rendgenograma slabinske kralješnice u zdravstveni nadzor osoba izloženih općim vibracijama.

LITERATURA

1. Dupuis H, Zerlett G. Whole-body vibration and disorders of the spine. *Int Arch Occup Environ Health* 1987;59:323-36.
2. Hulshof C, Veldhuijzen van Zanten B. Whole-body vibration and low-back pain. *Int Arch Occup Environ Health* 1987;59:205-20.
3. Seidel H, Bastek D, Brüner D et al. On human response to prolonged repeated whole-body vibration. *Ergonomics* 1980;23:191-211.
4. Seidel H, Bluethner, Hinz B. Effects of sinusoidal whole-body vibration on the lumbar spine: the stress-strain relationship. *Int Arch Occup Environ Health* 1986;57:207-23.
5. Božičević D. Prednost subjektivne ocjene podnošljivosti vibracija pred modelskom analizom. *Čovjek i promet* 1989;4:137-49.
6. Johanning E. Back disorders and health problems among subway train operators exposed to whole-body vibration. *Scand J Work Environ Health* 1991;17:414-9.
7. Johanning E, Wilder DG, Landrigan PJ, Pope MH. Whole-body vibration exposure in subway cars and review of adverse health effects. *J Occup Med* 1991;33:605-12.
8. Webster BS, Snook SH. The cost of compensable low back pain. *J Occup Med* 1990;32:13-5.
9. Hannunkari I, Järvinen E, Partanen T. Work conditions and health of locomotive engineers. *Scand J Work Environ Health* 1978;4(suppl 3):15-28.
10. Riihimäki H, Wickström G, Hänninen K, Luopajarvi T. Predictors of sciatic pain among concrete reinforcement workers and house painters – a five-year follow-up. *Scand J Work Environ Health* 1989;15:415-23.
11. Boshuizen HC, Bongers PM, Hulshof CTJ. Self-reported back-pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 1990;62:109-15.
12. *International Labour Organization, ILO*. Noise and vibration in the working environment. *Occupational Safety and Health Series* 33.1976.
13. *World Health Organization, WHO*. Early detection of occupational diseases. Geneva: World Health Organization, 1986.

14. *International Standards Organization, ISO*. Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements. Geneva, Switzerland: International Standards Organization, 1985. ISO No 2631.
15. *Mistrot P, Donati P, Galmiche JP*. Assessing the discomfort of the whole-body multi-axis vibration: laboratory and field experiments. *Ergonomics* 1990;33:1523-36.
16. *Hansson JE, Wikström BO*. Comparison of some technical methods for evaluation of whole-body vibration. *Ergonomics* 1981;24:953-63.
17. *Griffin MJ*. The evaluation of vehicle vibration and seats. *Applied Ergonomics* 1978;5:115-21.
18. *Dupuis H, Haverkamp M, Hartung E*. Akute Wirkungen stosshaltiger Ganzkörper-Schwingungen auf den sitzenden Menschen. *Arbeitsmed Socialmed Präventivmed* 1990;25:500-5.
19. *Dupuis H, Hartung E, Haverkamp M*. Acute effects of transient vertical whole-body vibration 1991;63:261-5.
20. *Seidel H, Heide R*. Long-term effects of whole-body vibration: a critical survey of the literature. *Int Arch Occup Environ Health* 1986;58:1-26.
21. *Wilder DG, Woodworth BB, Frymoyer JW, Pope MH*. Vibration and the human spine. *Spine* 1982;7:243-52.
22. *Backman A, Järvinen E*. Turnover of professional drivers. *Scand J Work Environ Health* 1983;9:36-41.
23. *Sandover J, Dupuis H*. A reanalysis of spinal motion during vibration. *Ergonomics* 1987;30:975-85.
24. *Troup JDG*. Clinical effects of shock and vibration on the spine. *Clinical Biomechanics* 1988;3:227-31.
25. *Riihimäki H, Wickström G, Hänninen K, Mattsson T, Waris P, Zitting A*. Radiographically detectable lumbar degenerative changes as risk indicators of back pain. *Scand J Work Environ Health* 1989;15:280-5.
26. *Bongers PM, Boshuizen HC, Hulshof CTJ, Koemeester AP*. Long-term sickness absence due to back disorders in crane operators exposed to whole-body vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 1988;61:59-64.
27. *Bronckmann P*. Stress and strain of human lumbar discs. *Clinical Biomechanics* 1988;3:232-5.
28. *Auquier L, Siaud JR, Le Parc JM, Lasne E*. Résultats d'une nouvelle enquête contrôlée sur le rachis des tractoristes. *Revue du Rhumatisme* 1983;50:421-6.
29. *PyBoileau PE, Scory H*. Les lombalgies chez les conducteurs de débusqueuses: étude des vibrations appliquées au corps entier dans les chantiers forestiers du Québec. *Arc Mal Prof* 1988;49:305-14.
30. *Bovenzi M, Zadini A*. Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole-body vibration. *Spine* 1992;14:1-14.
31. *Bastek R, Buchholz Ch, Denisov EI, et al*. Comparison of the effects of sinusoidal and stochastic octave-band-wide vibrations – a multi-disciplinary study. *Int Arch Occup Environ Health* 1977;39:153-64.
32. *Kjellberg A, Wikström BO*. Whole-body vibration: exposure time and acute effects – a review. *Ergonomics* 1985;28:535-44.
33. *Seidel H, Harazin B, Pavlas K, et al*. Isolated and combined effects of prolonged exposures to noise and whole-body vibration on hearing, vision and strain. *Int Arch Occup Environ Health* 1988;61:95-106.
34. *McLain RE, Weinstein JN*. Ultrastructural changes in the dorsal root ganglion associated with whole-body vibration. *Journal of Spinal Disorders* 1991;4:142-8.
35. *Kjellberg A, Wikström BO*. Acute effects of whole-body vibration. *Scand J Work Environ Health* 1987;13:243-6.
36. *Gibson ES, Martin RH, Terry CW*. Incidence of low back pain and pre-placement X-ray screening. *J Occup Med* 1980;22:515-9.
37. *Wikkeri M, Nummi J, Riihimäki H, Wickström G*. Radiologically detectable lumbar disc degeneration in concrete reinforcement workers. *Scand J Work Environ Health* 1978;4(suppl 1):47-53.
38. *Šarić M, Ribić Z, Čengiđ-Buranji Z, Sertić Z*. Radna sposobnost. Zagreb: Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Viša tehnička škola za sigurnost pri radu i zaštitu od požara, 1984.
39. Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada. Narodne novine br. 5, 1984.

Summary

WHOLE-BODY VIBRATION SYNDROME – A MEDICAL PROBLEM REQUIRING MORE ATTENTION

Exposure to whole-body vibration is a growing concern in industry, traffic and in other branches of the economy. This harmful physical factor endangers work efficiency and human health not only at work but also in everyday life, in public transportation and even at home. In spite of increasing exposure to vibrations, our medical practice does not pay adequate attention to the health effects of whole-body vibration. The paper deals with the basic characteristics of vibration (frequency, amplitude, velocity and acceleration), its adequate evaluation (effective or weighted average value, peak values, rating and weighting procedure of vibration measurement) and exposure (vibration direction, exposure time, transmission and dissipation). In industry and traffic, vibrations present complex oscillatory motions, characterized by a wide frequency spectrum, variable amplitude and acceleration, and different directions. To assess the harmful effects of vibration, the International Organization for Standardization (ISO) has proposed three standards for acceptable human exposure to whole-body vibration: fatigue-decreased proficiency boundary, exposure limit and reduced comfort boundary. Quantitative parameters of vibration for some vehicles, and for constructional, industrial and agricultural machinery are also given. The most pronounced long-term effect of whole-body vibration is damage to the spine. The spinal region most frequently affected is the lumbar part, where spinal deformation, lumbago and sciatica can develop. The possible cause of spinal damage could be mechanical overload and metabolic changes of the intervertebral disc. Other organ systems, such as peripheral and autonomic nervous, vestibular, vascular, digestive and female reproductive systems are also liable to become affected. Risk assessment of chronic health effects is based on the appropriate evaluation of whole-body vibration exposure and individual response. Health risk increases with the intensity and duration of vibration exposure. The concomitant factors are forced sitting posture and heavy physical work. Human response to whole-body vibration depends on factors promoting the development of degenerative changes such as constitution, previous spine disease and young age. The main problems in diagnosing whole-body vibration syndrome are differentiation of vibration induced disorders from age dependent changes of the spine and lack of a specific diagnostic method for assessing those changes. Therefore, only permanent medical surveillance can guarantee proper assessment of the damage induced by whole-body vibration. For vibration exposed workers preplacement and periodic examinations are recommended. Those should include a basic medical examination and an X-ray of the spine, or at least of its lumbar part.

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

Key terms: exposure to whole-body vibrations, international standards, health impairment, health risk, physical characteristics of vibration, whole-body vibration syndrome