

Vpliv vibracij na zdravje in delazmožnost

Vibracijska bolezen je niz motenj, ki se pojavljajo pri delavcih po dolgotrajnem stiku z lokalnimi ali splošnimi vibracijami. Lahko gre za napredujoče obolenje, ki se kaže s prizadetostjo krvnih žil, mišičnih tetiv, živcev, kosti in sklepov. Glede na smer širjenja lahko imajo vibracije vertikalno in/ali horizontalno smer ali katero koli med njima.



Širjenje vibracij skozi telo je odvisno od energije vibracij, ki je proporcionalna kvadratu amplitude. Vsa tkiva ne prevajajo vibracij enako; najbolje jih prevaja kostno tkivo. Širjenje vibracij čez kostno tkivo je odvisno od zgradbe kosti in njihovih povezave v sklepih. Sprememba v strukturi kosti pri raznih obolenjih lahko poveča ali zmanjša prenos vibracij. Osteoporoza povzroča izboljšane razmere za prevodnost vibracij, sklerotični procesi v kosteh pa zmanjšujejo prenos vibracij skozi kosti.

Širjenje vibracij skozi tkiva olajšuje čvrst kontakt roke z orodjem ali predmetom, ki ga obdeluje. Pri delu z vibrirajočim orodjem je dlan zvita, ker čvrsto drži instrument, relativno nepokretna, fiksirana, še posebej v radiokarpalnem sklepu in prstih. Zmanjšana gibljivost čvrsto fiksirane dlani zmanjšuje amortizacijsko sposobnost tkiva, ki s svojo elastičnostjo gasi vibracije. Enako deluje dol-

gotrajen prisilni položaj telesa in prisilni kontakt organizma delavca z vibrirajočim orodjem.

Povečana občutljivost na vibracije je ugotovljena pri ljudeh, ki so doživeli splošne ali lokalne ozeblin, so kronični alkoholiki, imajo motnje periferne cirkulacije, motnje koronarne cirkulacije, zvišan ali znižan krvni tlak, bolezni srednjega ušesa in živčne bolezni.

Pri vibratorni bolezni gre za poškodbo terminalnih krvnih žil zgornjih okončin z vazospastičnimi krizami, ki se pojavijo spontano na hladnem, pri dolgotrajnem delu ali po provokacijskem testu. Spremembe krvnih žil so na začetku funkcionalnega karakterja, pozneje prihaja do organskih sprememb v arterijah in arteriolah s povišanim tonusom. Znaki poklicne vazonevroze se pojavljajo pri desničarjih na levi roki in obratno.

Kratkotrajna izpostavljenost vibracijam ne privede do težjih in nepopravljivih okvar. Dolgotrajna

Avtor:

prim. prof. dr. Marjan Bilban,
dr. med., specialist medicine dela,
prometa in športa,
predstojnik Centra
za medicino dela
ZVD Zavod za varstvo pri delu d. d.
Chengdujska cesta 25
1260 Ljubljana Polje



izpostavljenost pa skupaj z nizom vzporednih dejavnikov: pojav mikrotravm mišic in kostnosklepnih struktur, povzročenih s povratnim udarom, statičnega napenjanja mišic, hladu, hrupa ipd. privede do izčrpanja zaščitnih mehanizmov. Pride do biokemijskih sprememb v celicah in tkivih organizma, ki privedejo do sprememb splošnega ravnovesja v organizmu in nevro-endokrinem sistemu. Pozneje pride do morfoloških sprememb in pojava polimorfne klinične slike.

Prvi podatki o uporabi orodja, ki povzročata hitre vibracije, segajo v leto 1883, poročilo o povezanosti vibracij s simptomi v rokah pa na začetek dvajsetega stoletja (1911. leta je opisan angiospastični sindrom prstov rok pri kamnosekih, 1918. in 1930. pa je opisan angiospastični sindrom, neobčutljivost in beli prsti delavcev s pnevmatičnimi orodji). Šele leta 1983 pa so se znanstveniki strinjali, da opredelitev vibracijske bolezni vključuje poškodbe cirkulatornega, živčnega in kostno-mišičnega sistema.

1 Epidemiološki kazalci

Razsežnost problema v Evropi je po oceni Evropske agencije za varnost in zdravje pri delu (European Agency for safety and

Health at Work) kar v 24 % pregledanih delavcev, ki so poročali o izpostavljenosti vibracijam. Na Švedskem poročajo o 15-odstotni prevalenci vibracijske bolezni med avtomehaniki. Po ocenah italijanskih avtorjev je prevalenca vazonevroze pri izpostavljenih vibracijam v toplejših geografskih območjih do 5-odstotna, v severnih deželah pa celo od 80- do 100-odstotna.

V EU je 19 odstotkov gradbenih delavcev cel delovni dan izpostavljeno vibracijam, 54 odstotkov pa le del delovnega časa. Glede na vrsto dela je logično, da se vibracijska bolezen pojavlja predvsem pri moških, je pa občutljivost na vibracije enaka pri obeh spolih. Začetne oblike bolezni se pojavijo v povprečju po 5 do 6 letih dela. Raziskave kažejo, da bo imelo težave od 6 do 100 odstotkov delavcev, ki so bili izpostavljeni nihanju rok – odvisno od ostalih pogojev. V povprečju bo zbolel vsak drugi delavec.



V ZDA prizadene vibracijska bolezen osem do deset milijonov delavcev. V Veliki Britaniji so ugotovili, da je bilo vibracijam rok tedensko izpostavljenih več kot 4 milijone moških in še nekaj manj kot milijon žensk, na Švedskem pa ugotavljajo 15-odstotno prevalenco vibracijske bolezni med avtomehaniki (oziroma kar 20 na 1000 delavcev letno).

V jeklarski industriji se parestezije (krči v rokah) pogosto pojavijo že po dveh letih, pri delavcih z motorno žago po štirih, v ladjarski industriji pa pred pojavom parestezij mine povprečno deset let.

Lokalnim vibracijam (Hand Arm Vibration, HAV) so predvsem izpostavljeni delavci, ki uporabljajo pnevmatska kladiva – pištole, vrtalnike, brusilke ali motorne žage (v rudarstvu, kamnolomih, kovinski industriji, gozdarstvu, lesni industriji, gradbeništvu itd). Splošnim vibracijam (Whole Body Vibration, WBV) so predvsem izpostavljeni delavci, ki delajo na transportnih sredstvih (vozniki, sprevodniki, vozniki poljedeljskih strojev, traktoristi, vozniki težke gradbene mehanizacije, pa tudi delavci v gradbeništvu (vibracijske mize v betonarnah) in drugih vejah industrije (elektromotorji, industrijske peči, neustrezno temeljeni stroji itd), kjer vibracije delujejo na celo telo.

Vibracije celotnega telesa se pojavijo, če je telo postavljeno na površino, ki niha oziroma vibrira. Možni so trije principi nihanja celotnega telesa: če sedimo na nihajočem stolu, stojimo na nihajoči



podlagi in če spimo na nihajoči postelji.

Stroji za nabijanje betona imajo frekvence 35 do 45 Hz in amplitudo 0,05 do 1 mm, vozniki kamionov, buldožerjev, kombajnov pa so izpostavljeni frekvencam 10 do 1 Hz in amplitudi 0,1 do 1 mm.

Poleg vibracij so delavci navadno izpostavljeni še številnim drugim spremljajočim škodljivostim (hrup, neugodni mikroklimatske razmere, statične obremenitve, nefiziološki položaji, izpostavljenost prahu in toksičnim plinom ipd).

Glede na frekvenco izvora se vibracije, ki delujejo na celo telo, delijo na vibracije v vozilih in na platformah, frekvence od 1 do 80 Hz, vibracije v zgradbah, frekvence od 1 do 80 Hz, in vibracije na ladjah, frekvence od 0,1 do 0,65 Hz. Prvi dve skupini vibracij povzročata prizadetost organizma v smislu vibracijskega sindroma, tretja pa povzroča t. i. morsko bolezen (kinetoza).

Beli prsti so ugotovljeni v 40 do 70 odstotkih brusilcev in rezalcev v livarnah in metalurgiji, v 17 odstotkih brusilcev v ladjedelnicah, v 25 do 40 odstotkih sekačev z motorno žago, v 30 do 35 odstotkih kamnosekov in v 4 do 100 odstotkih delavcev v različnih industrijskih vejah. Pogostost Reynaudovega fenomena v splošni populaciji je

okrog 4,6 odstotka pri ženskah in 2,5 odstotka pri moških.

Z ustreznimi varovalnimi ukrepi je možno pogostost pojavljanja belih prstov zmanjšati (študija iz Finske) pri sekačih z motorno žago od 40 na 5 odstotkov (zmanjšanje pospeškov vibracij s 14 na 2 m/s^2). Na Japonskem se je pojavnost belih prstov zmanjšala s 63 na 2 odstotka (po zmanjšanju pospeškov vibracij s 33 na 10 m/s^2 in dnevno izpostavljenostjo le do 2 uri). V Veliki Britaniji so ocenili, da se pri izpostavljenosti vibracijam s pospeškom, manjšim od 2,8 m/s^2 , v 8 letih vaskularni simptomi pojavijo pri 10 odstotkih izpostavljenih delavcev.

Pojav mravljinčenja, gluhosti in bolečin v rokah se pri delavcih sekačih z motorno žago po približno 2000 urah izpostavljenosti pojavi objektivizirana prizadetost perifernega živčevja in mikrocirkulacije, vključujoč tudi pojav Reynaudovega fenomena po 2000 do 5000 urah in prizadetost različnih organskih sistemov v ireverzibilni obliki po izpostavljenosti, večji od 8000 ur (220 delovnih dni po 8 ur na dan, 5 let).

Intenzivnost bolezni in latentna doba od začetka izpostavljenosti do razvoja težav sta odvisni od številnih dejavnikov, kot so intenzivnost vibracij, trajanje izpostavljenosti

(na dan, na leto ...), temperature delovnega okolja, oblike orodja, načina držanja orodja, individualne občutljivosti, kadilskih navad delavca. Zato so lahko spremembe ugotovljene že po enem letu dela z vibracijskimi orodji. Povprečna latentna doba do pojava prvih znakov je 1 do 2 leti pri brusilcih v ladjedelništvu in 4 do 19 let v drugih dejavnostih. Pri izpostavljenosti vibracijam s pospeškom 70 m/s^2 je ugotovljena latentca od 1,5 do 7 mesecev, pri pospešku 50 m/s^2 1,8 leta, pri pospešku 10 do 25 m/s^2 3 leta, pri izpostavljenosti vibracijam s pospeškom 10 do 20 m/s^2 pa do 14 let.

Pnevmatske brusilke proizvedejo okoli 1500 do 2300 udarcev v minuti s frekvenco 25 do 50 Hz in amplitudo 0,08 do 0,5 mm. Električne brusilke imajo frekvenco od 9 do 20 Hz z amplitudo od 1 do 1,5 mm, obstajajo pa tudi brusilke s frekvenco do 90 Hz in amplitudo od 0,09 do 0,3 mm. Pnevmska kladiva, ki se uporabljajo v metalni industriji in ladjedelništvu, imajo frekvenco od 30 do 60 Hz pri amplitudi 0,5 do 2,8 mm (nekaterne vrste celo do 100 Hz). Pnevmski vibratorji, ki se uporabljajo v livarnah, običajno proizvajajo vibracije s frekvenco 10 Hz pri amplitudi od 15 do 32 mm (za grobo obdelavo materiala je frekvenca 20 do 40

Hz in amplituda 0,04 do 6 mm, za fino obdelavo pa s frekvenco 80 do 120 Hz in amplitudo 0,048 do 0,13 mm).

2 Vrste reakcij na vibracije

• $\leq 0,5$ Hz

Velike individualne razlike pri reakcijah ljudi, ki take vibracije različno dobro prenašajo. Nastajajo pri različnih sistemih transporta: z motornimi vozili, vlakom, ladjo, letalom. Pri nekaterih ljudeh povzročijo vibracije tako imenovano morskobolezen. Motnje nastanejo v možganih zaradi prevelike razdraženosti ravnotežnostnega organa v notranjem ušesu. Znaki so lahko samo lahen občutek neugodja ali pa bruhanje in mrzel pot, ki po končani vožnji mine (kinetozna).

Pri disponiranih osebah nastopa kinetozna okrog pol ure po začetku ekspozicije vertikalnim ali angularnim vibracijam zelo nizkih frekvenc. Pri 0,2 Hz je občutljivost največja. Situacija je najtežja, če istočasno nihata subjekt in obzorje v premaknjenih fazah (potnik na ladijskem krovu opazuje razburkano morje). Kinetozna je posledica neskladnosti informacij o položaju telesa, ki jih subjekt sprejema preko vestibularnega aparata in vidnih zaznav. Relevantno je nihanje glave in zrkla, zato kinetozo blaži fiksacija glave ali kar enostavno zapiranje oči.

• od 0,5 do 80 Hz

Najpomembnejši interval, v katerem ležijo tudi glavne lastne frekvence posameznih človeških organov (trebušne prepone, srca,

drobovja, glave, očesnega zrkla itd.). Najbolj je občutljivo človeško telo v frekvenčnem območju med 4 in 5 Hz, ker je tu prenosni faktor največji (amplituda nihanja telesa se poveča za 2- do 2,5-krat glede na amplitudo izvora in lahko pride celo do premika ledvenih vretenc hrbtenice). Lastna frekvenca glave je 20 Hz, trupa 3 Hz, zgornjih udov 8–30 Hz, hrbtenice 5 Hz. Lastne frekvence se gibljejo med 4 in 8 Hz (za vertikalne, linearne pospeške) ter 1 do 2 Hz (za horizontalne pospeške) za vse telo. Oči delavca pridejo v resonanco pri frekvenci vibracij 12 do 40 Hz. Pride do nihanja očesnih zrkla, kar ima za posledico slabšo ostrino vida in težave pri ocenjevanju razdalje, kar vpliva na varnost dela.

• ≥ 80 Hz

Vibracije so močno dušene že pri prenosu na telo in delujejo predvsem na kožno tkivo.

• nad 100 Hz

Vibracije s frekvenco nad 100 Hz se v splošnem jemljejo kot manj pomembne v zvezi z delovanjem na telo, pomembnejše pa so le v zvezi z delovanjem na roke.

S povečanjem frekvence nad 100 Hz slabi vazonevrotski efekt vibracij. Poleg vpliva na tonus periferne ožilja vplivajo tudi na srčni ritem, povečujejo želodčno sekrecijo itd.

Občutljivost organizma je odvisna od fizikalnih parametrov





in tudi od:

- načina delovanja – ali delujejo vibracije na celoten organizem ali le na okončine, ali človek sedi, leži ali stoji;
- od nefiziološkega položaja pri delu;
- od mesta na telesu delavca, kjer vibracije prihajajo in se širijo v telo;
- od velikosti stične površine med delavcem in izvorom vibracij;
- od smeri nihanja glede na glavno os telesa;
- od trajanja izpostavljenosti (urne, dnevne, tedenske, letne);
- od udobja mikro- in makroklimatskih razmer pri delu (temperatura okolja, vlažnost, gibanje zraka);
- od teže orodja;
- od trdote in teže materiala, ki se obdeluje;
- od sile, s katero delavec stiska vibracijsko orodje;
- od odzivnosti delavca na vibracije (konstitucije telesa, človekove predispozicije, spola in starosti delavca itd.);
- od zdravstvenega stanja delavca;
- od stanja kritičnih organov oziroma organskih sistemov;
- od pogostosti izpostavljenosti delavca vibracijam;
- od načina odmora pri delu.

3 Lokalna vibracijska bolezen

Vibracije, ki se prenašajo na človeško telo preko rok, povzročajo prizadetost mnogih organskih sistemov, najbolj pogosto pa se pojavljajo ravno na mestu prenosa, to je na rokah in dlaneh. Lokalna vibracijska bolezen (HAV) prizadene periferno cirkulacijo, periferno živčevje in kostno-sklepni sistem zgornjih udov.

Čeprav delimo HAVS na tri osnovne skupine, pa gre patogenetsko po novejših hipotezah za skupno okvaro mikrocirkulacije kot posledice neravnovesja centralnega simpatičnega sistema, kar se kaže v motnjah prekrvavitve kože prstov, perifernih živcev in s tem njihove okvare in nastanek kostnih sprememb zaradi motene vaskularizacije in s tem prehrane kosti. Vloga centralnih dejavnikov je predlagana na podlagi dejstva, da lokalne vibracije ene roke povzročijo vazokonstrikcijo kontralateralne roke, v literaturi pa omenjajo tudi v hujših oblikah generaliziran učinek z vazospazmom periferne žilja spodnjih udov, cerebralnih in koronarnih žil.

Po drugi strani pa gre tudi za prekomerno stimulacijo Paccinijevih telesc kot odgovor na stalne vi-

bracije, kar se kaže v stalni mišični napetosti in posledični okvari kit in obklesnih tkiv.

Posledica lokalnih vibracij naj bi se kazala kot nepravilno delovanje adrenoreceptorjev. Prišlo naj bi do selektivne adrenoreceptorske poškodbe receptorjev alfa-1 in pozneje predominance receptorjev alfa-2, okvarjeni naj bi bili tudi receptorji beta-2. To si razlagamo z moteno reaktivno vazodilatacijo digitalnih arteriol ob ohladitvi in podaljšano vazokonstrikcijo.

Odgovor receptorjev alfa-1, ko so ti prekomerno vzdraženi, je vazokonstrikcija in predomnanca nad receptorji alfa-2, ki naj bi s presinaptično modulacijo blokirali vazokonstriktorni učinek receptorjev alfa-1. Pozneje učinek receptorjev alfa-1 slabi, vztraja pa učinek na receptorje alfa-2, kar se kaže tudi s spazmom žilnih arteriovenskih anastomoz.

Delovanje vibracij na roko je prepoznano kot prizadetost krvnih žil, zaradi česar se je ta bolezen imenovala tudi »beli prsti«, povzročeni z vibracijami, travmatska vazospastična bolezen, profesionalni Raynaudov fenomen. Menimo, da lahko prizadetost kapilarne in prekapilarne mreže nastane s sočasnim delovanjem vibracij, zaradi ponavljajočih se

mikrotravm in/ali kot posledica prizadetosti živčne inervacije ali krvnih žil; klinično se to kaže kot Raynaudov fenomen, po draženju zaradi hladu, vlage, gibanja zraka, nagle spremembe temperature okolice ali stresa. Bolniki se pritožujejo zaradi pojava dobro omejene bledice in izrazitega občutka hladu na prstih in roki (beli Raynaud, beli prsti, mrtvi prsti). Motnje se najprej pojavljajo na vrhovih enega ali več prstov, sčasoma se širijo tudi na druge prste in na celo roko, palec pa je običajno neprizadet. Pojavlja se akrocianoza (rdeči Raynaud), prisotna je bolečina in edem. Na začetku bolezni nastajajo napadi krčev kapilar in prekapilar, pozneje tudi digitalnih arterij, po več letih pa se razvija hipertrofija mišičnega dela sten krvnih žil in na koncu kardiovaskularna fibroza, ki povzroča okluzijo (zaporo žile). V izraženih oblikah bolezni lahko pride do generalizacije vazospastičnih sprememb, ki lahko zajamejo periferne krvne žile spodnjih udov, cerebralne in koronarne žile, kar lahko ima za posledico klavdikacije, stenokardije, Menierov sindrom in tranzitorne ishemične atake. Pri lokalni vibracijski bolezni je znižan občutek za vibracije in temperaturo, prisotna je hiposenzibilnost ali hipersenzibilnost na vrhovih prstov. Pojavljajo se parastezije v prstih in rokah, običajno šele ponoči ali pa po uporabi aparatov, ki vibrirajo. Z napredovanjem bolezni mravljinčenje napreduje do popolne izgube občutka v prstih, ko bolnikom iz-



Raynaudov fenomen

padejo predmeti iz rok. Ugotavlja se edem, fibrozne spremembe in degeneracije živčnih vlaken. Gre za difuzno nevropatijo s prevladujočo senzorno prizadetostjo, kar ima za posledico moten občutek za bolečino, dotik in toplotne dražljaje. Motnje motorike običajno niso kritično izražene. Pri delavcih, izpostavljenih vibracijam, se pojavlja tudi sindrom karpalnega kanala, to je kompresijska nevropatija medialnega živca na področju ročnega sklepa, s parastezijami in slabostmi roke. Sindrom nastane zaradi pritiska na medialnem živcu v zapestju oziroma v kanalu, ki ga tvorijo karpalne kosti in prečni karpalni ligament. To stanje je lahko sestavni del slike HAV, s tem da je v nastanku tega sindroma zelo pomembna tudi vloga repetitivnih gibov in telesne obremenitve. Poleg sindroma karpalnega kanala lahko med škodljive učinke vibracij prištejemo tudi sindrom kubitalnega kanala. Vibracije povzročajo tudi aseptične cistične nekroze in cone dekalifikacije v majhnih kosteh zapestja, še posebej v lunici in čolničku, v kosteh prstov in cele roke ter enostoze in deformirajoče osteoartroze zapestja, komolca in ramena. Lahko

nastanejo tudi obsklepne spremembe, kot so burzitis, tendinitis, periartritis in kondilitis. Bolniki se pritožujejo zaradi bolečin v sklepih, katerih gibljivost je lahko močno omejena. Pogosto srečamo tudi Dupuytrenovo kontrakturo. Pri napredovalnem stadiju bolezni ugotavljajo zmanjšano ročno spretnost in mišično slabost dlani in roke. Na koži oseb, ki so izpostavljene vibracijam, ki se prenašajo na roke, se pojavljajo tudi spremembe v obliki hiperkeratoze, atrofije kože in nohtov. Poznano je, da se pri delavcih, ki delajo z vibrirajočimi stroji, pogosto pojavljajo motnje sekrecije želodčnega soka in ulkusna bolezen. Prav tako se pojavlja prizadetost sluha, ker so delavci ob delu z vibrirajočimi stroji pogosto izpostavljeni tudi prekomernemu hrupu. Pride do motenj vestibularnega aparata in cerebralne ter koronarne cirkulacije. Lahko se pojavijo tudi splošni simptomi, kot so utrujenost, glavobol, motnje spanja, pozabljivost, razdražljivost.

Spremembe pri vibracijski bolezni se pojavljajo postopno. Prve spremembe običajno ugotovimo v sedmih do osmih letih dela in se kažejo na perifernih krvnih žilah. Subjektivno povečano občutljivost na mraz, parastezije, okrepljeno znojenje, zmanjšana občutljivost v prstih, predmeti izpadejo iz rok, občasno hude bolečine pri izpostavljenosti nizkim temperaturam, napadi pobleditve prstov itd. Pojav belih prstov običajno zajame končne falange enega ali

več prstov obeh rok, bolj na dominantni roki. Ob napredovanju bolezni so prizadete tudi ostale falange. Napadi angiospazmov lahko trajajo do pol ure, ponekod tudi dlje. Spreminja jih cianoza prstov ali cele roke. Redko se namesto belih prstov pojavljajo napadi modrih prstov. Napadi povzročajo mraz in vibracije, lahko pa nastanejo tudi spontano. Pri težkih oblikah bolezni pride do generalizacije perifernih vaskularnih motenj. Cerebralni angiodistonični sindrom se kaže z glavobolom, vrtoglavico, povišano utrudljivostjo, motnjami spanja, labilnim pulzom in arterijskim tlakom. Objektivno obstaja cianotična obarvanost prstov in dlani, trofične spremembe na koži v obliki hiperkeratoze in zrvnanosti kožnih gub ter ragad in sprememb na nohtih. Pozneje prihaja do trofičnih sprememb na mišicah tenerja, hipotenerja in mišicah prstov. Pogosto prihaja do Dupuytrenove kontrakture tretjega in četrtega prsta in pona-

vljajočih se ali kroničnih tendovaginitisov, najpogosteje na tetivah ekstenzorjev prstov roke. Trofične spremembe lahko nastanejo tudi na mišicah ramenskega obroča, nadlahtnice in podlahtnice. Težke oblike motenj periferne cirkulacije se lahko kažejo tudi kot predgangrenozno stanje ali celo gangrena mehkih tkiv. Sočasno z vaskularnimi motnjami se pojavljajo tudi prizadetosti živčnega sistema. Na začetku so le motnje v senzibilnosti za vibracije, pozneje se pridruži hiperestezija, zatem hipanestezija, motnje senzibilnosti za bolečino in na koncu motnje senzibilnosti za termične dražljaje in dotik. V izraženem stadiju bolezni se pojavijo motnje motorike, leksitisi, redikulitisi in nevritisi, pareze in paralize živcev in sindrom karpalnega kanala. Spremembe na kosteh in sklepih so kot ciste, endostoze, eksostoze, aseptične nekroze, deformirajoče osteoartroze, osteoporozne in deformirajoče spondiloze. Spremembe so

najpogosteje na kosteh in sklepih zapestja, metakarpofalangealnih in zapestnih sklepih, lahko pa se javljajo tudi na drugih kosteh, odvisno od smeri širjenja vibracij, in prizadenejo celo hrbtenico. Kostno-sklepne spremembe spremljajo bolečine v mirovanju ali pri gibanju ponoči, med odmorom ali pri palpaciji, kažejo se tudi kot tudi zmanjšana groba moč in omejena gibljivost. Pogosto prihaja do neskladja med subjektivnimi težavami in radiografskim izvidom. Pri delavcih, ki so izpostavljeni pretežno splošnim vibracijam ob generaliziranju opisanih sprememb, se kažejo tudi motnje cerebralne in koronarne cirkulacije, vegetativni polinevritis, prizadetost vestibularnega aparata, splošna telesna astenija, motnje metabolizma in endokrinega sistema. Pri zelo dolgi ekspoziciji vibracij lahko nastanejo organske prizadetosti hrbtenjače z razprostranjenimi motnjami senzibilnosti in progresivne atrofije mišic. Pri kronični ekspoziciji, to je pri kroničnem draženju kosti, pride do dezorganizacije trabekularne kostne strukture, do nastajanja cist in do mikrofraktur, ki se obnavljajo tako, da tvorijo kalus. S tem se zmanjšuje število kostnih votlinic, ki so napolnjene s kostnim mozgom, in poslabša prehrana sklepnih hrustancev. Sklerozacija sloja med kostnim hrustancem in kostjo preprečuje cirkulacijo sinovialne tekočine in sklepu odvzema amortizacijsko sposobnost. Posledica teh procesov so osteoartroza, na primer v radiokarpal-



nem sklepu, nekroza lunatuma ali psevdofrakture navikularisa. Občutljivost mišic za vibracije je odvisna od njihove napetosti, tonusa. S povečevanjem napetosti se povečuje tudi napetost mišičnih vreten. Periodičnim vibracijam se telo prilagaja z dinamično mišično aktivnostjo, pri stohastičnih poskusa nihanje preprečiti izometrična kontrakcija. Mišice se preventivno napnejo, ker ne vedo, kakšen vibracijski udar jih čaka. Mišična utrujenost kot posledica vibracije je odvisna od napetosti mišic, kar najprej pomeni tudi od medsebojnega položaja telesnih segmentov, zato ni vseeno, v kakšnem položaju drži na primer gozdni delavec motorno žago, ko žaga. Tudi od položaja segmentov ali mišičnega tonusa je odvisno, koliko energije se bo v mišicah amortiziralo in koliko se je bo zaradi resonance povečalo. Vibracijski stres veča srčno frekvenco in krvni tlak, zaradi pasivnega gibanja trebušne prepone in trebušne miškulature pa se poveča dihalni volumen ob hkratnem padcu dihalne frekvence. Najznačilnejša je vendarle vazokonstrikcija, ki pride bolj do izraza pri lokalnem učinku vibrirajočih orodij z dominantno frekvenco 90 do 300 Hz in amplitudo nekaj milimetrov. Vazospazem se začne distalno in se z napredovanjem bolezni širi proti bazam prstov, redko na dlani. Delo, ki zahteva finomotorično koordinacijo, zaradi zmanjšanja senzibilnosti ni možno. Prizadeti so drugi do peti prst, ne pa palec. Vibracije povzročajo hipotrofijo



mišičja v steni arteriol in povečano vzdržljivost simpatika. Ob določeni predispoziciji pride ob hkratnem mrazu kot provokativnem dejavniku do vibracijsko pogojene vazospastičnega sindroma.

Tipično sliko vibracijske bolezni označujejo tri osnovne skupine simptomov

1. Vazonevroza (frekvence 35 do 150 Hz, motorna žaga, pnevmatska kladiva, zabijači, vrtni stroji, brusilni stroji – 80 do 90 Hz, amplituda je manjša od 1 mm – psevdoraynaudov fenomen) se razvije zaradi motene funkcije kapilarne in prekapilarne cirkulacije, zlasti rok, pride do vazospastičnih kriz – spontano v mrazu, pri dolgotrajnem delu ali po provokacijskem testu. Spremembe v krvnih žilah so na začetku funkcionalne (spazmi), pozneje pride do organskih sprememb v arterijah in arteriolah s povišanjem tonusa. Patofiziološko gre za poškodbo kapilarne in prekapilarne mreže zaradi neposrednega delovanja vibracij ali zaradi poškodovane inervacije majhnih krvnih žil. Temu se pridružijo spazmi pre-

kapilarnih sfinktrov in pozneje digitalnih arterij. Po večletni izpostavljenosti z dolgotrajno ponavljajočo se aktivacijo arterij na prstih preko simpatikusa s ponavljajočo se vazokonstrikcijo hipertrofira tunica media krvnih žil, ki napreduje v perivaskularno fibrozo vse do okluzije žile. V izraženi obliki bolezni lahko pride do generaliziranih vasospastičnih sprememb, ki lahko prizadenejo periferno ožilje spodnjih udov, cerebralne in koronarne žile, kar ima lahko za posledico klavdikacije, stenokardije, meniereov sindrom in tranzitorne ishemične atake.

V dinamiki razvoja travmatske vazonevroze lahko izdvojimo tri stadije:

a) vazomotorični stadij – povečana občutljivost na mraz, lažje parestezije na rokah, akrohpotermija (znižana temperatura jagodic prstov) in akrocianoza (pomodrelost jagodic prstov); koža prstov in dlani je cianotična ali rdečkasta in otečena. Dlani so lahko bolj vlažne. S kapilaroskopijo se lahko ugotovi lažje izražen spazem kapilar lože

nohta, ki se poveča po ohladitvenem testu. Spremembe tega stadija imajo funkcionalen karakter in so popolno reverzibilne.

b) vazospastični stadij – parestezije, akrohipotermija (jagodic prstov in lahko cela dlan), bledenje prstov na mrazu, akrocianoza, povečano znojenje prstov; s pomočjo provokacijskega testa lahko izzovemo spazem prstov. Pojavljajo se izražene motnje krvnega obtoka, spremljane z napadi krčev in bledico prstov (»mrtvi prsti«) – najprej distalnih falang, pozneje tudi ostalih falang prstov in roke. Najprej se pojavljajo spremembe na 3. in 4. prstu, šele nato na 2. in 5. in povsem na koncu na palcu (ali pa se na njem sploh ne pojavijo), in sicer najprej na tisti roki, ki je bolj izpostavljena delovanju vibracij in povratnemu udaru. Bolečine in mravljinčenje se pojavljajo pogosto in trajajo dolgo. Javljajo se na prstih in roki, komolcih in ramenih, pa tudi v mišičju in tetivah podlahti. Na začetku so ti napadi kratki (nekaj sekund ali minut) in pri gibanju ali gretju prenehajo, pozneje pa trajajo celo eno do dve uri ali celo dlje. Pride do spastično-atoničnega stanja kapilar in jasno znižane temperature rok, ki so hladne na dotik. V zgodnjem stadiju prevladuje spazem z razvojem spastično-atonične oblike, v poznem stadiju pa atonija (nižje frekvence povzročajo atonijo, višje pa spazem) kapilar s povečano prepustnostjo, deformiranim videzom in reduciranim številom. Znižan je prag za

bolečine, temperaturo in otip po distalnem tipu (rokavice).

c) vazoparalitični stadij – bolečine v rokah, bledenje prstov na mrazu, izguba občutka za fin prijem (predmeti letijo iz rok), dezintegracija pulznih valov v pletizmogramu, pride do motenj funkcije kardiovaskularnega in endokrinega sistema. Pogosto se pojavljajo tudi splošni znaki v smislu astenično-nevrasteničnega sindroma. Značilni so napadi spazmov in bledih prstov (mrtvi prsti), ki se izmenjuje s paretičnim stanjem kapilar in cianozo. Napadi bledenja prstov trajajo do 2 uri in dlje. Prsti so rdeče modrikasti, distalne falange so zadebeljene, interfalangealni sklepi so zatečeni. Med napadi spazmov se s kapilaroskopijo ugotavlja atonija tako arterijskega kot venskega dela kapilar z izraženo stazo krvnega obtoka. Ugotavljamo lahko tudi trombozo v venskem delu kapilar. Koža rok je spremenjena, ugotavljamo trofične spremembe kože in nohtov in distrofične spremembe mišično-kostnega sistema. Senzibilnost je znižana



po perifernem, včasih pa tudi po segmentarnem tipu. Spremembe se pojavljajo običajno po 10- in večletni ekspoziciji in imajo redko reverzibilen karakter. Objektivno ugotavljamo modrikaste prste in roko, trofične spremembe na koži v obliki hiperkeratoze, izravnosti kožnih gub in regad in spremembe na nohtih, pozneje pride do trofičnih sprememb na mišicah tenarja, hipotenarja in mišic rok. Pri palpaciji jagodic prstov dobimo občutek zmanjšane napetosti in občutek viška kože oziroma da je koža nalegla na kosti falange (fenomen praznih prstov). Pogosto se javlja Dupuytrenova kontraktura III. in IV. prsta in ponavljajoči se tendovaginitis, najpogosteje ekstenzorjev in prstov rok.

Do vazospastičnih napadov pride običajno zunaj delovnega časa. Trajajo nekaj minut do ene ure. Vazospazem se običajno začne na konicah prstov, z napredovanjem pa se širi proti začetkom prstov, redkeje na dlan.

Parestezijam ob nadaljevanju dela z vibrirajočimi orodji sledi akrocianoza (navadno v hladnem okolju) in bledenje prstnih konic. Delavci velikokrat ta, na začetku še reverzibilni pojav, pripisujejo ozeblinam in mu ne posvečajo prevelike pozornosti, kar pa običajno privede do prepozne diagnoze, ko je stanje že ireverzibilno. Začetno bledenje konic prstov, ki traja od 5 do 15 minut, se ob nadaljnjem izpostavljanju vibracijam in mrazu začne pojavljati vse pogoste-

je, bolj intenzivno in z bolečino, najprej le v hladnem letnem obdobju, nato pa skozi vse leto (ob stiku s hladnim predmetom ali vodo). Vibracije, mraz in nikotin imajo verjetno aditiven učinek, saj vsi trije delujejo kot vazokonstriktorji in v ekstremnih primerih lahko privedejo celo do gangrene prstov z nujno amputacijo.

2. Osteoartrotična oblika (frekvenca do 30 Hz, amplituda večja od 1 mm – vrtnanje s težkim pnevmatičnim orodjem) – prizadene kosti in sklepe: zapestje, komolec, rame, hrbtenico, pa tudi mišice in tetive.

Pogosto vidimo tudi osteoporozo, ki je simetrična na obeh rokah in na začetku še reverzibilna. Pojavijo se tudi revmatske bolečine v sklepih, posebej v tistih, ki niso izpostavljeni vibracijam. Vidimo periostalne spremembe v obliki osteofitov na bočnih straneh falang, kot tudi področje resorpcije in skleroze. Najbolj tipična sprememba je aseptična cistična nekroza na primer v lunici in čolničku – zapestne kosti (s tem se manjša število votlinic, v katerih je kostni mozeg, zmanjša se prekrvavljenost in zato so pospešeni artrotični procesi), revmatske bolečine v sklepih, zlasti zunaj izpostavljenosti vibracijam, deformantna osteoartroza, spondiloza in osteohondroza ter poroza hrbtenice, epikondilitisi, burzitis, periartritis, miofasciitis, stenozijski tendovaginitisi in Dupuytrenova kontraktura. Najpogosteje so prizadete dlani, roke in ramena.



Pri kronični ekspoziciji (pri kroničnem draženju) pride do dezorganizacije trabekularne kostne strukture, do nastajanja cist in do mikrofraktur, ki se reparirajo tako, da tvorijo kalus. S tem se zmanjšuje število kostnih votlinic, ki so napolnjene s kostnim mozgom, in poslabša prehrana sklepnih hrustancev. Sklerozacija sloja med kostnim hrustancem in kostjo preprečuje cirkulacijo sinovialne tekočine in sklepu odvzema amortizacijsko sposobnost. Posledice teh procesov so osteoporozo v radiokarpalnem sklepu, nekroza lunatumov in pseudofrakture navikularisov.

Nastanek kostnih sprememb razlagamo z zmanjšanjem vaskularizacije in neposredno travmatsko prizadetostjo površine kosti. Na sklepnih hrustancih pride do fisur, degeneracije, razslojevanja in mestoma do fragmentacije. Odlomljeni deli hrustanca sami ali z deli kosti tvorijo sklepna telesa. Na robovih sklepnih površin se

kot regenerativni proces hrustanca ustvarjajo kljunaste ali trnaste formacije (osteofiti), v katere se impregnirajo kalcijeve soli.

Nastanek cist razlagamo z motnjami cirkulacije in s pojavom nekrotičnih ognjišč. S procesom organizacije nekrotičnega ognjišča nastaja kompakten sklerotični obroč, ki se proti periferiji širi v normalno spongiozo.

V mišicah zaradi kompresije krvnih žil pride do ishemije, v krvnih žilah kosti pride do refleksne vazodilatacije z upočasnitvijo cirkulacije in znižanjem pH, kar pogojuje proliferacijo osteoplastov in nastanek osteoporoze. V sinovialni tekočini sklepa se okrepi aktivnost hialuronidaze, ki razgrajuje mukopolisaharide brez možnosti regeneracije. Sklepne površine kosti postanejo oropane normalne prehrane. Osteoporozo je posledica difuzne motnje cirkulacije, spremembe pH in difuzne dekalifikacije.

Aseptične nekroze kosti nastanejo na že predhodno osteoporozno spremenjeni kosti kot travmatogeni učinek orodja, ki proizvaja vibracije velikih amplitud.

Mehanizem nastanka sprememb na kosteh je zaradi neposrednega delovanja vibracij ali delovanja protiudarcev. Aseptična cistična nekroza, enostoza in deformirajoča osteoartroza nastajajo zaradi direktnega delovanja vibracij. Zaradi pretiranega pritiska orodja in mišične prenapetosti lahko nastane epikondilitis, stiloiditis radiusa in ulne, bursitis, periartritis in deformirajoča osteoartroza. Običaj-

no so spremenjene kosti in sklepi rok, pretežno dlani in komolca. Prvi znaki se začnejo pojavljati po dveh do treh letih dela z motorno žago.

RTG-spremembe so najpogostejše vidne na majhnih kosteh rok. Spremembe so v obliki aseptične cistične nekroze ali preloma kosti. Pri poškodbi komolca so vidne enostoza, deformirajoča artroza in osteoporoza. Najpogostejše so lokalizirane na glavici radiusa, na sprednji in zadnji strani humerusa in na notranjem delu sklepne površine komolca. Spremembe so lahko na eni ali obeh rokah. V ramenu in akromioklavikularnem sklepu vidimo znake deformirajoče osteoartroze.

Poškodbe nog zaradi vibracijske bolezni so redke.

3. Nevritična oblika (frekvenca nad 150 Hz, amplituda manjša od 0,1 mm)

Lahko se pojavijo izolirano ali v kombinaciji z vaskularnimi motnjami. Pogosto se pojavijo pred simptomi belih prstov, in sicer v obliki intolerance na hlad kot neprijeten občutek v hladnem okolju, brez izražene bledice prstov. Gre za periferno nevropatijo s prevladujočo okvaro aferentnega (senzornega) nitja. Lahko je pri-



zadet kateri koli živec zgornjega uda. Najpogosteje sta prizadeta medialni in ulnarni živec. Okvara se lahko kaže kot utesnitvena nevropatija, difuzna ali multifokalna nevropatija. Gre za okvarjeno dovodno aktivnost perifernih živčnih vlaken. S termotestom se registrira okvara tankih mieliziranih in nemieliziranih vlaken, z vibrometrijo pa alfa in debelih mieliziranih vlaken. Klinično gre za zmanjšan občutek za vibracije in temperaturo, prisotna je hiposenzibilnost ali hipersenzibilnost na vrhu prstov. Parestezije v prstih, lahko tudi proksimalno na dlaneh, se pojavljajo po uporabi ročnih vibrirajočih orodij, zlasti ponoči. Z napredovanjem bolezni prsti drevenijo in predmeti začnejo padati iz rok (zmanjšana ročna spretnost). Histopatološko je najti edem, fibrozne spremembe in degeneracijo živčnih vlaken. Gre za difuzno nevropatijo s prevladujočo senzorno prizadetostjo, ki se kaže kot motnja za občutek bolečine, dotika in toplotnega draženja. Motnje motorike običajno niso klinično izražene. Klinična slika je lahko precej raznolika:

a) organske spremembe v smislu nevitisa, polinevitisa ali nevritične amiotrofije (motnje senzibilnosti občutljivosti, zmanjšani ali popolno ugasli kitni in kostni refleksi, obstaja palpitna občutljivost in bolečina na področju inervacije cervicobrachialnega plexusa, hipotonija, atrofija mišic, fascikulacije, pareze in zmanjšanje grobe

mišične moči), gre za prizadetost (organsko poškodbo) perifernega nevrona; najpogosteje sta prizadeta ulnaris in medianus;

b) prizadetost centralnega nevrona ob sočasnih organskih spremembah perifernega motoričnega nevrona;

c) funkcionalne motnje perifernega živčnega sistema: nevralgije, parestezije, vegetativno cirkulatorne motnje.

Sindrom karpalnega kanala nastane z nabrekanjem pretresenih tkiv v omejenem prostoru karpalnega kanala s kompresijo in medianusa in motnjami prevodnosti v distalnem delu živca. Podobne spremembe se lahko pojavijo tudi na živcu v zapestju, lahko pa tudi v komolcu.

Zaradi izpostavljenosti vibracijam lahko pride do hiperkeratoze (čezmernega oroženevanja) ali do atrofije kože, ki je gladka, tanka in suha, ter razpok na koži. Pride do slabšanja ostrine vida ali dvojnih slik, dodatnih okvar sluha, do vrtočlavič, motenj v prebavi, kroničnega vnetja želodčne sluznice, razjede želodca ali dvanajstnika itd.

4 Izpostavljenost splošnim vibracijam

Pri izpostavljenosti splošnim vibracijam opisujemo dva sindroma:

- **cerebrovaskularni sindrom z nevrovegetativnimi motnjami**, stenokardijami, hipertonijo in vestibulopatijo in



• **spinalni sindrom s siringomielijo** (spremenjena senzibilnost, kjer ni občutljivosti za bolečino in temperaturo ter mlahave pareze z atrofijo) in amiotrofična oblika (s prizadetostjo centralnega in perifernega motoričnega nevrona).

Cerebrovaskularni sindrom se manifestira z napadi glavobola, ki jih lahko spremljajo slabost, vrtoглаvica, obnemoglost in izguba ravnotežja.

Težave nastanejo predvsem pri spremembi telesnega položaja, pripogibanju in hitrem obračanju. Pride lahko do izgube zavesti, ki jo spremlja huda slabost in bruhanje. Lahko pride do bolečin v predelu srca – za prsnico, kot zbadanje ali stenokardija. Pogostejša je hipertenzija z labilnim tlakom in pulzom. Zelo pogosta je tudi asimetrija, tako tlaka kot srčne frekvence. Na EKG-ju so pogosto ugotovljene spremembe koronarne cirkulacije. Lahko pride do t. i. diencefalne krize – z vsemi že omenjenimi simptomi, močnimi glavoboli, bolečinami v predelu srca, povišano temperaturo, bledico, tahikardijo, povišanim krvnim tlakom in drhtenjem ter močnim znojenjem. Pogosto so prisotni tudi znaki vege-

tativnega polinevritusa – pretežno na nogah: bolečine v nogah, lažje motnje senzibilnosti. Bolečine se posebno intenzivirajo na toplem, na hladnem pa popustijo. Temperatura kože stopal in še posebej prstov je znižana, pulz arterije dorsalis je slabši. S kapilaroskopijo ugotovljamo spazem kapilar, znižana je tudi vibracijska senzibilnost. Na klinični sliki ugotovljamo okrepljene tetivne reflekse, tremor prstov rok in nistagmus. Stopala in prsti so hladni in cianotični, pulz je slabo tipen, stopala pa boleča. Ugotavlja se telesna astenija, izguba telesne mase, hipo- in redkeje hipertenzija, motnje termoregulacije, presnove in endokrinega sistema, tireotoksikoza, občasno tudi motnje spolnosti. Na očesnem ozadju lahko najdemo angiodistonične spremembe. Lahko pride do cirkulatornega šoka s padcem krvnega tlaka, opisani pa so tudi primeri paroksizmalne tahikardije. Ugotovljamo lahko spremembe EEG-ja: znižan alfa ritem ali ga celo ni, voltaža oscilacij je običajno zelo znižana, prevladujejo pa hitre oscilacije z nizkimi amplitudami.

Spinalni sindrom: organske okvare hrbtenjače predstavljajo naj-

težjo obliko vibracijske bolezni. Srečamo jo redko – najpogosteje pri delavcih z dolgo izpostavljenostjo. Razlikujemo siringomieloidno in amiotrofično obliko.

Prvo označujejo razširjene motnje senzibilnosti, lokalizirane ne le na rokah, ampak tudi v predelu ramen in celotnega prsnega koša. Lahko je ohranjena taktilna (dotik) senzibilnost, izgubljena pa za bolečino in temperaturo. Meje senzibilnih motenj so lahko približane segmentarni prizadetosti in zato obolenje spominja na siringomielijo, še posebej če je prisotna atrofija mišic, ki zajame poleg majhnih mišic roke tudi mišice ramenskega obroča.

Amiotrofična oblika je zelo redka. Na klinični sliki se poleg tipičnih vegetativno-senzitivnih okvar na nivoju roke postopno razvijejo znaki progresivne mišične atrofije zgornjih ekstremitet, ramenskega obroča, lahko pa so prizadete tudi spodnje ekstremitete. Globalni refleksi so oslabljeni ali odsotni. Pride do parez, piramidni znaki pa običajno niso izraženi.

Pri izpostavljenosti splošnim vibracijam prevladujejo torej motnje centralnega živčnega sistema in vestibularnega aparata. Predvsem so značilni glavoboli, teža v glavi, napadi vrtoглаvice, splošna utrujenost, povečana razdražljivost in motnje spanca. V začetnih oblikah so vsi ti znaki reverzibilni. Pozneje se razvijejo motnje vestibularnega aparata z astenijo, izgubo telesne mase in znižanim (redkeje zvišanim) krvnim tlakom, motnjami termoregulacije in presnove,



endokrinimi motnjami, napadi kolapsov in razbijanja srca. Lahko pride do bolečin in utrujenosti v nogah (stoječi delavci), motenj občutljivosti, motenj kapilarnega pretoka, bledenja stopal in znižane temperature nog. Pogosto z RTG ugotavljamo spremembe na kostno-sklepni strukturi hrbtenice in nog (vibracije, prisilni položaj, statične obremenitve): deformacije intervertebralnih diskov, spondiloza, spondilartroza, spondiloosteohondroza, zoženje intervertebralnega prostora, hernije in dislokacije ledvenih diskov ... Pogosto pride do skolioze hrbtenice in artrozičnih sprememb sklepov kolka. Običajno pride do bolečin v spodnjem delu ledvene hrbtenice, včasih celo do ishiadičnih bolečin. Okvare hrbtenice, ki so pri splošni populaciji značilne za 90 odstotkov ljudi, starih od 55 do 60 let, pri delavcih, ki so izpostavljeni splo-

šnim vibracijam, srečujemo že pri starosti od 45 do 50 let v kar 100 odstotkih.

Vibracije, ki delujejo na celo telo, povzročajo tudi prizadetosti krvžilnega sistema, ki se kažejo z različnimi kliničnimi slikami: periferna vazospastična bolezen (Raynaudov fenomen), varice spodnjih udov, hemoroidi, varikokela, ishemična bolezen srca in povišan krvni tlak. Pri osebah, izpostavljenih splo-

šnim vibracijam, ugotavljajo povečan delež bolezni prebavil: od razjed želodca in dvanajstnika, gastritisa do divertikulitisa in kolitisa (k čemur pripomore tudi stres, izmenska delo, neurejena prehrana in alkohol).

Pri ženskah ugotavljajo večji delež pojavljanja menstrualnih motenj, anomalije pozicije reproduktivnih organov in podvrženost spontanemu splavom ter drugim težavam v nosečnosti.

Pri delavcih, izpostavljenih splošnim vibracijam, so ugotavljali tudi zoženje vidnega polja in spremembe na ožilju mrežnice.

5 Diagnostika vibracijske bolezni

Ena najzgodnejših metod za identifikacijo teže simptomov je bila Taylor-Pelmearejeva klasifikacijska metoda, ki je prikazana v tabeli 1.

Stadij	Znaki in simptomi	Oviranje pri aktivnostih
00	Jih ni	NE
0T	Intermitentno mravljinčenje (srbenje v konicah prstov)	NE
0N	Intermitentna otrplost (gluhost v konicah prstov)	NE
0TN	Mravljinčenje in otrplost (srbenje in gluhost v konicah prstov)	NE
1	Bledenje enega ali več distalnih členkov prstov (enega ali več prstov) z ali brez mravljinčenja in otrplosti	NE
2	Bledenje enega ali več prstov z otrplostjo (mravljinčenjem) le pozimi (oziroma v mrazu)	Lažje oviranje domačih in socialnih aktivnosti Pri delu ni oviranja
3	Pogoste epizode bledenja vseh prstov na obeh rokah tako poleti kot pozimi	Oviranje tudi pri poklicnem delu in hobijih
4	Enako kot pod tri, napadi so zelo pogosti in boleči, dodatno se pojavljajo ulceracije na prstih	Spremembe zahtevajo prenehanje izpostavljenosti vibracijam

Tabela 1: Taylor-Pelmearejeva klasifikacija z vibracijami povzročenelega bledega prsta po stadijih

Leta 1986 je bila predstavljena stockholmska klasifikacija. V tej klasifikaciji so vaskularne in nevrološke spremembe obravnavane posebej (tabela 2a in 2b).

Menijo, da lahko osebe, mlajše od 50 let, v stadiju 1 in 2 po prekinitvi izpostavljenosti dosežejo znatno izboljšanje, starejše osebe v stadiju 3 in 4 pa lahko zadržijo isto stanje ali pa pride celo do poslabšanja.

Diagnostični postopki za verifikacijo diagnoze so: RTG, EMG, doppler ožilja.

Kako daleč je napredovala vazonevroza, je odvisno od mnogih drugih dejavnikov, ki so predstavljeni v tabeli 3.

6. Funkcionalne preiskave za verifikacijo

- nevritične oblike je EMG za določanje prevodnih hitrosti motoričnih in nekaterih senzoričnih vlaken in senzorični testi (termotest, ki določi prag zaznavanja toplote, hladu in s tem povzročene bolečine, po potrebi dopolnjen z vibratrom in von freyevimi laski za nežen in grob dotik);
- osteoartikularne oblike rentgenska je slika zapestja, komolca in rame, ki pokaže osteonekrozo lunice in navikularke v zapestju in/ali hiperostotično artrozo komolca in/ali artrozo akromioklavikularnega sklepa;
- vaskularne oblike ohladitveni provokacijski test z digitalno

Stadij	Stopnje bolezni	Opis težav
0	Brez težav	Ni napadov
1	Blaga	Občasni napadi bledenja prizadenejo končne členke enega ali več prstov
2	Zmerna	Občasni napadi bledenja prizadenejo distalne, srednje in redkeje proksimalne členke prstov
3	Huda	Pogosti napadi bledenja prizadenejo večino prstov
4	Zelo huda	Enaki simptomi kot pod tri, z degenerativnimi spremembami (trofične spremembe) kože na distalnih členkih (konice prstov)

Tabela 2a: Vaskularne spremembe (frekvenca vibracij od 35 do 150 Hz, amplituda < 1 mm)

Stadij	Simptomi
0 SN	Izpostavljenost vibracijam, vendar brez simptomov
1 SN	Intermitentna otrplost (gluhost) z ali brez mravljinčenja (parestezije)
2 SN	Intermitentna ali stalna otrplost, zmanjšana senzorna percepcija (čutna zaznava)
3 SN	Intermitentna ali stalna otrplost, zmanjšana taktilna diskriminacija (otip) in/ali zmanjšana ročna spretnost (moteni fini gibi)

Tabela 2b: Senzorinevralne spremembe (frekvenca > 150 Hz, amplituda < 01 mm)

fotopletizmografijo pri sobni temperaturi in po ohladitvi s hladno kopeljo (10 stopinj C) 10 minut in kapilaroskopija.

Značilnost pletizmografije je, da je zelo občutljiva v blagih začetnih primerih, ko ohladitveni provokacijski test in merjenje sistolnega tlaka v prstih še ne kaže patologije.

Akralna fotopletizmografija je neinvazivna metoda preiskave, ki registrira spremembe v prostornini preiskovanega segmenta okončine, ki jih povzroči utripajoč tok krvi

in so sinhrono s srčnim ciklusom. Grafični zapis je pulzna krivulja, ki po obliki zelo posnema krivuljo, dobljeno z intraarterijskim merjenjem. V akralni pletizmografiji, pri kateri receptor postavimo na jagodice prstov, ki jih preiskujemo, se najpogosteje uporablja »strain-gauge« pletizmografija in fotoelektrična pletizmografija. Medtem ko je na zahodu bolj uveljavljena strain-gauge pletizmografija in predvsem merjenje spremembe sistoličnega tlaka v prstih, pa je pri nas uveljavljena metoda fotoelektrična pletizmografija, kjer ima poleg spremem-

Tvegani dejavniki	Biodinamični dejavniki	Individualni dejavniki
Amplituda vibracij	Moč stiska roke za vibracijski stroj	Kako obvlada stroj
Frekvenca vibracij	Površina, lokacija in masa dela roke, ki je v stiku s telesom	Izurjenost in produktivnost
Trajanje izpostavljenosti vsak dan	Trdota materiala, ki je v stiku s telesom	Individualna občutljivost na vibracije
Delovna doba na tem delovnem mestu	Pozicija roke in zgornjega uda glede na telo	Kajenje in zloraba drog
Kakšno je vzdrževanje stroja	Sestava ročaja stroja – ali je mehak in komplianten ali rigiden	Izpostavljenost drugim fizičnim in kemičnim dejavnikom
Uporaba varovalne opreme, počitek med delom	Anamnestični podatki o prejšnjih poškodbah rok ali prstov, predvsem podatki o omrzlinah	Bolezni ali prejšnje poškodbe na rokah

Tabela 3: Dejavniki, ki vplivajo na učinek vibracij na roko

be tlaka diagnostično vrednost tudi sprememba oblike krivulje. Normalna krivulja, ki jo dobimo z obema metodama, ima strm ascendentni krak, zašiljen vrh in nekoliko bolj položen descendentni krak z dikrotnim zobcem, ki je normalno na sredini dikrotnega dela.

Pletizmografija je stara diagnostična metoda. Prvi začetki uporabe principov pletizmografije so znani že iz tridesetih let prejšnjega stoletja, zadnjih dvajset let pa se uporablja v diagnostiki obolenja žil prstov okončin in z namenom testiranja substanc z vazodilatatornim učinkom ter fizioloških študij odzivanja KVS v anesteziologiji.

Tako je do zdaj že poznan učinek več dejavnikov, ki vplivajo na perfuzijo prstov rok in tako na obliko pulzne krivulje poleg manifestirane bolezni ožilja:

- S starostjo nad 50 let so vaskularne spremembe že primarno funkcionalne zaradi slabljenja aksonskega refleksa. Bolj je prizadeta sposobnost vazodilatacije kot sposobnost vazo-

konstrikcije, ker je mehanizem vazodilatacije bolj vulnerabilen. Opazovali so izginevanje dikrotničnega zobca.

- Posturalni položaj zgornje okončine; del preiskovancev, ki so sedeli z roko v spuščnem položaju, je imelo zmanjšanje amplitude pulznega tlaka pletizmografije, pri četrtini preiskovancev, ki so sedeli z roko v dvignjenem položaju, pa je opazno povečanje amplitude v primerjavi z izmerjeno amplitudo pulzne krivulje v ležečem položaju, kar lahko razlagamo s fiziološkim odgovorom avtoregulacije – z aksonskim refleksom posredovane vazokonstrikcije oziroma vazodilatacije.
- Nizka temperatura okolja oziroma hlajenje celega telesa povzroči povišan tonus simpatičnega živčevja, kar ima isti učinek na digitalno perfuzijo kot lokalno hlajenje in s tem vpliv na rezultat pletizmografije – zmanjša se amplituda pulznega vala.
- Akutno nastala stresna situacija lahko (tudi psihična) povzroči sistemsko reakcijo – povišan

simpatikotonus in vpliv na amplitudo pulzne krivulje pletizmografije.

- Dolgotrajni zmerni vztrajnostni trening vpliva na komplanco perifernih arteriol oziroma na periferno rezistenco s tem, da okrepi periferni fiziološki odgovor na posturalni položaj roke – opazovali so večjo spremembo amplitude pletizmografske krivulje s spremembo položaja okončine pri treniranih kot pri netreniranih.
- Bolezni, kot je dolgoletna arterijska hipertenzija, že sama po sebi remodelira arterijsko steno medio in s tem zmanjša njeno komplanco, kar se odraža z zmanjšanjem amplitude pletizmografske krivulje.
- Sladkorna bolezen brez spremljajoče ateroskleroze in manifestnih kliničnih znakov poznih zapletov že pri mlajših od 50 let prizadene fiziološki odgovor vazodilatacije, posredovan preko aksonskega refleksa, kar se odraža z izginevanjem dikrotničnega zobca pletizmografske krivulje.

- Zdravila, kot so beta blokatorji z vazodilatatornim učinkom, pa – nasprotno kot zgoraj naštetih vplivi – inhibirajo vazokonstriktorni odgovor na ohladitev, posredovan preko receptorjev alfa 1, kar se odraža v poglobitvi dikrotičnega zobca, podoben, vendar manjši učinek, je opazen tudi pri blokatorjih alfa 1.
- Nitrati učinkujejo bolj na večje arterije v smislu vazodilatacije, periferni vazodilatatorni učinek izražajo tudi kalcijevi antagonisti.
- Nasprotno pa je pri neselektivnih blokatorjih beta ali beta 1 bolj izražen periferni vazokonstriktorni učinek.
- Vpliv kajenja okrepi fiziološki odgovor vazokonstrikcije, vključen naj bi bil mehanizem disfunkcije vazodilatacije, posredovane preko endotelina.

Digitalna pletizmografija pomeni merjenje pulznih valov v digitalnih arterijah pred provokacijo (ohladitvijo) in po provokaciji. Nepogrešljiva je akralna pletizmografija v diagnostiki akrosindromov, še zlasti Raynaudovega sindroma.

Tako sprva posnamemo pulzne krivulje vseh prstov rok (ki morajo biti dobro ogreti) pri sobni temperaturi. Nato naredimo provokacijo z mrzlo vodo pri 10 stopinjah Celzija, tako da dlani in prste roke potopimo v to mrzlo vodo za 10 minut. Po ohladitvi ponovno posnamemo pulzne krivulje vseh prstov rok.

Diagnostične so značilne spre-

membe v amplitudi (redukcija na 60 % in manj amplitude pred provokacijo) in obliki krivulje – pomik dikrotnega zobca proti vrhu krivulje.

V razvoju Raynaudovega sindroma (tako primarnega kot tudi sekundarnega, poklicnega) sprva opazujemo pomik dikrotnih zobcev proti vrhu krivulje, v napredovalih stadijih oziroma hujših oblikah pa tudi redukcijo amplitude. Tako lahko fiziološke spremembe povezujemo tudi z obliko krivulje; okvarjeni reaktivni vazodilataciji ustreza pomik dikrotičnega zobca navzgor oziroma poplitvitev globine zobca, vazokonstrikciji ustreza redukcija velikosti amplitude. Diferencialnodiagnostičnoločimo obstruktivno (stenotično) obliko krivulje: ascendentni in descen-



dentni krak je bolj položen, vrh je zaobljen, zniža se amplituda in izgine dikrotni val.

Nasprotno pri vazospastičnih oblikah že pri blagih stanjih opazujemo visoko položen dikrotični zobec in nagib ascendentnega dela krivulje se sorazmerno pozno spremeni. Pri hujših oblikah se zniža pulzni val in s tem amplituda, izgine dikrotni zobec, pri akutno nastalem spazmu praktično izgine arterijski pretok in namesto pulzne krivulje registriramo ravno črto.

V diagnostiki vazonevroze ne obstaja samostojen test, s katerim lahko potrdimo ali ovržemo diagnozo. Kot vsepovsod drugod se diagnostični proces začne z anamnezo, ki mora biti natančna predvsem glede škodljivosti in obremenitev v delovnem okolju. Za diagnozo vazonevroze je potreben, a ne zadosten pogoj večletna vsakodnevna izpostavljenost vibracijam, ki so delovale predvsem lokalno, najpogosteje na roko (uporaba pnevmatskih kladiv, vrtnih strojev ...). Bolnika je treba povprašati po subjektivnih simptomih, kakšni so, kako pogosti in kako izraziti.

Pri klinični preiskavi je pomembno testiranje senzibilnosti prstov, mišične moči mišic dlani in finih gibov. Informacije o prehodnosti arterijskega žilja daje Allenov test.

Preiskovanec stisne pest in s tem spravi kri iz zapestja, nato preiskovalec na zapestju pritisne na art. radialis in art. ulnaris. Ko prei-



skovanec ponovno odpre pest, je dlan blede. Preiskovanec popusti pritisk na eni izmed arterij in opazuje hitrost vračanja in stopnjo vračanja normalne kožne barve, ki mora obsegati celotno dlan. Nato se test ponovi še z drugo arterijo. Normalno vračanje kožne barve pomeni normalno cirkulacijo distalno od mesta pritiska, ker pa rezultat testa temelji na opazovanju, je test subjektiven in njegova vrednost le orientacijska. Še eden od preprostih testov je t. i. provokacijski ohladitveni preizkus, ki izkorišča dejstvo, da do vazospastičnih kriz prihaja pogosteje ob nizkih temperaturah. Prste na roki izpostavimo nizki temperaturi (hladna voda) in nato opazujemo barvo kože.

Na podlagi anamneze in osnovne klinične preiskave dlani temelji t. i. stockholmska skala prizadetosti zaradi vazonevroze. Rezultat se poda za vsako roko posebej, in sicer s številom prstov, ki so prizadeti do določene stopnje. Dolgo časa je diagnosti-

ka vazonevroze temeljila skoraj izključno na anamnezi in preprostih kliničnih preiskavah, ki so omenjene zgoraj. Pokazala se je potreba po objektivni potrditvi delitve bolnikov po prizadetosti, ki jo podaja zelo subjektivna stockholmska skala. V zadnjem desetletju prejšnjega stoletja se je diagnostika vazonevroze nadgradila s pomočjo objektivnih metod preiskovanja mikrocirkulacije, ki danes z večjo zanesljivostjo potrdijo ali ovržejo diagnozo ter prikažejo stopnjo prizadetosti. Pomemben napredek je bil dosežen tudi s standardizacijo in objektivizacijo že omenjenih testov (testi senzibilnosti, provokacijski ohladitveni preizkus), ki so s tem pridobili vrednost.

Ohladitveni preizkus nam pomaga oceniti, kakšna je preskrba prstov s krvjo. Test je občutljiva meritve za okvaro žilne stene. Večja ko je okvara, dalj časa je potrebno, da se prsti segrejejo.

Danes obstaja več standardnih načinov izvedbe provokacijskega

ohladitvenega preizkusa glede na temperaturo vode (največkrat 10 °C ali 15 °C) in časa hlajenja dlani v vodi (5–10 minut). Po umaknitvi iz vode se neposredno ali s pomočjo toplotne kamere (provokacijska ohladitvena termografija) meri temperatura kože prstov in čas njene vrnitve na normalno vrednost. Prav tako se meri sistolni arterijski tlak v prstih, padec njegove vrednosti na 0 mmHg, ki je specifičen za nastanek vazospastične krize. Na rezultate ohladitvenega testa vplivajo tudi: sobna temperatura, preiskovančeva oblačila, prehranjevalni status, letni čas ..., zato morajo biti ti dejavniki kar se da kontrolirani in upoštevani pri interpretaciji. Tudi pri merjenju senzibilnosti prizadetih predelov, kjer se največ uporabljata ugotavljanje temperaturnega in vibrotaktilnega praga, so bili šele pred nekaj leti postavljeni standardi, ki omogočajo največjo občutljivost, specifičnost in ponovljivost rezultatov. Med preostale objektivne metode v diagnostiki vazonevroze spadata še digitalna pletizmografija in kapilaroskopija. Pletizmografija zapisuje spremembe v krvnem volumnu med vsakim srčnim ciklusom in merjenim predelom okončine. Dobimo volumsko krivuljo, ki je podobna pulzni, njena oblika pa pokaže stopnjo arterijske odpovedi in razkrije stanje kolateralnega obtoka. Omogoča preiskavo vazospastičnih bolezni, ker je možno meritve opravljati tudi na jagodicah prstov. Pri bolnikih z vibracijsko boleznijo dobimo po ohladitvenem testu značilne

žilne spazme, ki objektivno govorijo, da gre za obliko Raynaudovega fenomena.

Digitalna pletizmografija pomeni merjenje pulznih valov v arterijah pred in po izpostavitvi nizki temperaturi ter primerjanje obeh vrednosti. Kadar je vrednost po izpostavitvi znatno nižja od vrednosti pred izpostavitvijo, kaže to na nastanek vazospazme ob mrazu, torej vazonevrozo. Značilnost pletizmografije je, da je zelo občutljiva in specifična v blagih in začetnih primerih bolezni, ko provokacijski ohladitveni test in merjenje sistolnega tlaka v prstih še ne kažeta na patologijo.

Kapilaroskopija je vitalna mikroskopija kapilar v koži in zgodaj odkrije morfološke spremembe na kapilarah. Kapilaroskopija je pregled nohtnih ležišč z mikroskopom. Pri bolniku je opazno zmanjšano število kapilar, vidna so avaskularna področja, velikanske kapilare, intersticijski edem in zmanjšani pretok.

7 kriterijev verifikacije poklicne vibracijske bolezni zaradi lokalnih vibracij

Vaskularne okvare

Raynaudov sindrom: bledenje prstov rok na mrazu, izguba finega občutka, parestezije.

Kriteriji verifikacije:

- objektivizirana poklicna vzročna zveza med izpostavljenostjo lokalnim vibracijam in poklicno zdravstveno okvaro (anamneza, klinična slika, funkcionalne preiskave – digitalna fotople-

tizmografija prstov rok pri sobni temperaturi in po ohladitvi 10° C 10 minut, analiza delovnih razmer);

- najmanjša intenziteta izpostavljenosti: prekomerna izpostavljenost;
- najkrajše trajanje izpostavljenosti: 6 mesecev (obratno sorazmerna intenziteti izpostavljenosti);
- maksimalna latentna perioda: 2 leti.

Nevrološke okvare

Nevropatija s parestezijami, otrplostjo prstov rok in moteno senzoriko.

Kriteriji verifikacije:

Enaki kot pri vaskularni obliki (EMG zgornjih okončin z meritvijo motoričnih in senzoričnih prevodnih hitrosti).

Osteoartikulirane okvare

Potrjene z rentgenskim slikanjem.

Zapestje: nekroza lunice (Kienböckovo obolenje), osteone-

kroza navikularke (Köhlerjevo obolenje), hiperostotska artroza komolca.

Kriteriji verifikacije:

- objektivizirana poklicna vzročna zveza med izpostavljenostjo lokalnim vibracijam in poklicno zdravstveno okvaro (anamneza, klinična slika, rentgen zapestij in komolcev, analiza delovnih razmer);
- najmanjša intenziteta izpostavljenosti: prekomerna izpostavljenost;
- najkrajše trajanje izpostavljenosti: 5 let;
- maksimalna latentna perioda: 2 leti.

Vibracijska bolezen zaradi splošnih vibracij se ne priznava kot poklicno obolenje.

7 Preventiva

Osnovna preventiva vibracijske bolezni je ukinjanje oziroma vsaj čim večje zmanjševanje vibracij na delovnem mestu. Poznamo vrsto varstvenih ukrepov; v grobem jih delimo v tri sklope.

7.1 Tehnični ukrepi

Najuspešnejši bomo, če uspemo zamenjati obstoječ vibracijski proces z nevibracijskim oziroma s takimi vibracijami, ki imajo frekvence različne od tistih, ki privedejo do okvar. Tako lahko v določenih primerih, na primer v kovaštvu, zamenjamo pnevmatično orodje s hidravličnim.

Če pa taka zamenjava ni možna, se v vibracijsko orodje vgradijo



različni amortizerji, ki blažijo vibracije. Nekateri delujejo tako, da preprečijo neposreden (mehan-ski) stik med vibrirajočim orodjem in telesom. V drugih pa vlagamo poseben dušilni element, običajno iz gume ali kovinske vzmeti. Dobre rezultate se doseže tudi z uravnoteženjem nihajočih (vrtečih se) delov orodja.

Pri strojih, kjer najnižje frekvence običajno niso pod 10 Hz, dosežemo dobre rezultate s približno 20 mm povesa izolatorja vibracij. Z gumijastimi amortizerji takih povosov ni mogoče doseči. Za doseganje večjih povosov lahko tudi povečamo nihajočo maso, kar dosežemo z dodajanjem težkih, običajno betonskih podložnih plošč. Obstajajo tudi različna osebna varnostna sredstva (na primer protivibracijske rokavice), ki pa so manj učinkovita, pa tudi delavci jih manj uporabljajo.

Vibracije lahko zmanjšamo s preprečevanjem prenosa vibracij, bodisi na sosednje vezne dele stroja ali sistema ali na podlago. V ta namen vgrajujemo elemente za shranjevanje kinetične energije (mase), za shranjevanje potencialne energije (vzmeti) in elemente za dispozicijo energije (dušilke). Čeprav vsak od elementov vibracijskega sistema, masa – vzmet – dušilka, lahko shranjuje tako kinetično energijo kot potencialno energijo in tudi duši energijo, pri analizah sistemov predpostavimo vibrirajoči sistem, ki je sestavljen iz idealne vzmeti, mase in dušilke s samo eno originalno funkcijo. Vibracije na poti širjenja lah-



ko torej zmanjšamo z maso ali vztrajnostjo sistema, z izolacijo ali vzmetenjem ali z viskoznim ali kakim drugim dušenjem. V večini primerov zadošča dušenje vibracij samo z maso, če pa ta ni zadosti, vgrajujemo različne oblike vzmetnih podložk ali vezi, ki dodatno zmanjšajo prevelike amplitude vibracij. Z vzmetenjem zmanjšamo prenos vibracijske sile ali odmika na podlago ali z nje ali med strukturnimi elementi. Vzmetenje je neučinkovito le v bližini resonančnih frekvenc vibracij. Za zmanjšanje vibracij v območju resonančne frekvence vgrajujemo dušilke po principu viskoznega trenja fluida zaradi pretakanja, redkeje pa tudi z drsnim trenjem in s histereznim ali strukturalnim trenjem, pri katerih se spreminja vibracijsko gibanje v toploto. Viskoзни dušilniki vibracij se vedno vgrajujejo vzporedno z vzmetnimi dušilniki vibracij, tako da se njuna učinka lahko dopolnjujeta.

Vibracija sistema pomeni dejansko pretvarjanje energije med njeno potencialno in kinetično obliko. V sistemih z dušenjem se del energije izgublja v vsakem nihajnem ciklu, zato moramo pri

stacionarnih vibracijah v sistem sproti dovajati energijo od zunaj. V strojništvu zmanjšujemo vibracije večinoma z vzmetenjem, če pa je vzbujevalna frekvenca v bližini resonančne frekvence, pa še z dušenjem. Rušilno moč potresov skušamo v gradbeništvu preprečiti ali vsaj omiliti s protipotresno gradnjo poslopij, to je s povečano maso in togostjo.

Da vibracijski del stroja ali naprave izoliramo od fiksne strukture ali podlage, največkrat uporabljamo elastične materiale, kot so kovinske vzmeti, elastomeri, pluta, klobučevina itd. Z izolacijskimi materiali ne dušimo vibracij, ampak preprečujemo prenos vibracij na podlago. Precej uporabljamo spiralne vzmeti, ki zelo dobro izolirajo pri nižjih frekvencah (na primer izolacija nizkih lastnih frekvenc motorja z notranjim zgorevanjem pri okrog 15 Hz), medtem ko se višje frekvence rade prenašajo na podlago. To pa lahko kompenziramo tako, da med vzmet in podlago vstavimo gumijaste ali klobučevinaste blazine. V praksi večkrat srečamo sistem obtežba – vzmet – dušilka, kjer vzmet preprečuje prenos vibracij, paralelno vezana

oljna dušilka pa je uporabljena za viskozno dušenje pri resonančnih frekvencah.

Elastomeri so izolatorji vibracij iz sintetične ali naravne gume, ki imajo široko področje uporabe, saj se dajo poljubno preoblikovati v različne oblike in togosti. So majhni in lahki in imajo večje dušenje od kovinskih vzmeti. So tudi poceni, imajo pa omejitve delovanja pri temperaturi nad 80° C. Njihova dobra lastnost je tudi ta, da se po prenehanju obremenitve vrnejo v prvotno obliko. Uporabljamo jih pri tlačnih in strižnih obremenitvah, pri natezalnih pa ne, ker se gume tedaj rade trgajo. Tudi pluta je koristen izolator, ki se uporablja pri tlačnih in strižnih obremenitvah, manj pa je upo-

rabna pri nizkih frekvencah. Za klobučevino pa je značilen zelo visok dušilni faktor, zato je zelo primerna za zmanjševanje visokih amplitud vibracij na primer pri resonanci.

Rokavice in zaščitni ročni zavoji sta dva izmed najpogostejših varovalnih sredstev. Protivibracijski material je zelo učinkovit v filtriranju velikih frekvenc, vendar je ta učinek omejen. Učinkovitost takih rokavic ali ovojev se giblje med 10 in 30 %. Učinki so večji pri manjših orodjih, ki delujejo na večjih frekvencah.

7.2 Pravoupravni ukrepi Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam

(Ur. l. RS, št. 94–4108/2005, stran 9819, 9. 11. 2005)

1. člen

Ta pravilnik v skladu z direktivo Evropskega parlamenta in Sveta 2002/44/ES z dne 25. junija 2002 o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah glede izpostavljenosti delavcev tveganjem iz fizikalnih dejavnikov (vibracij) (šestnajsta posebna direktiva v smislu člena 16 (1) Direktive 89/391/EGS) (Ur. l. RS, št. 177 z dne 6. 7. 2002, str. 13) določa zahteve za varovanje delavcev pred tveganji za njihovo zdravje in varnost, ki izhajajo ali bi lahko izhajale iz izpostavljenosti mehanskim vibracijam.

Zahteve tega pravilnika veljajo za dejavnosti, v katerih delavci so ali bi lahko bili med delom izpostavljeni tveganjem mehanskih vibracij.

2. člen

Izrazi, uporabljeni v tem pravilniku, imajo naslednji pomen:

- a) »vibracije dlan – roka«: mehanske vibracije, ki ob prenašanju na človekovo dlan in roko predstavljajo tveganje za varnost in zdravje delavcev, zlasti vaskularne ter nevrološke ali mišične motnje in prizadetosti kosti ali sklepov;
- b) »vibracije celotnega telesa«: mehanske vibracije, ki ob prenašanju na celotno telo predstavljajo tveganje za varnost in zdravje delavcev, zlasti težave s križem in poškodbe hrbtenice.

Mejne vrednosti in opozorilne vrednosti izpostavljenosti.

3. člen

Mejne vrednosti in opozorilne vrednosti izpostavljenosti za vibracije dlan – roka so naslednje:

- a) mejna vrednost dnevne izpostavljenosti, normalizirana na referenčno obdobje osmih ur, je 5 m/s²;
- b) opozorilna vrednost dnevne izpostavljenosti, normalizirana na referenčno obdobje osmih ur, je 2,5 m/s²;

Izpostavljenost delavcev vibracijam dlan – roka se ocenjuje in/ali meri v skladu z določbami iz Priloge A (1) pravilnika.

4. člen

Mejne vrednosti in opozorilne vrednosti izpostavljenosti za vibracije celotnega telesa so naslednje:

- a) mejna vrednost dnevne izpostavljenosti, normalizirana na





referenčno obdobje osmih ur, je $1,15 \text{ m/s}^2$;

- b) opozorilna vrednost dnevne izpostavljenosti, normalizirana na referenčno obdobje osmih ur, je $0,5 \text{ m/s}^2$;

Izpostavljenost delavcev vibracijam celotnega telesa se ocenjuje in/ali meri v skladu z določbami iz Priloge B pravilnika.

9. člen

Zdravstveni nadzor se izvaja v skladu s podobnimi predpisi, ki urejajo zdravstveno varstvo pri delu. Pri izvajanju zdravstvenega nadzora je treba upoštevati rezultate ocene tveganja iz prvega odstavka 5. člena pravilnika, če ta pokaže, da je zdravje delavcev ogroženo.

Zdravstveni nadzor, katerega rezultate je treba upoštevati pri izvajanju varnostnih ukrepov na posameznem delovnem mestu, je namenjen preprečevanju in hitremu ugotavljanju kakršne koli zdravstvene okvare, povezane z izpostavljenostjo mehanskim vibracijam.

Zdravstveni nadzor iz prejšnjega odstavka je primeren, če:

- je izpostavljenost delavcev vibracijam taka, da se lahko ugotovi povezave med izpo-

stavljenostjo in znaki določene bolezni ali škodljivimi učinki na zdravje;

- je verjetno, da se bolezen ali škodljivi učinki pojavijo v posebnih delovnih razmerah za posameznega delavca, in
- obstajajo preskušene tehnike ugotavljanja bolezni in škodljivih učinkov na zdravje.

V vsakem primeru so delavci, ki so izpostavljeni mehanskim vibracijam, ki presegajo vrednosti iz črke b) prvega odstavka 3. člena in iz črke b) prvega odstavka 4. člena pravilnika, upravičeni do ustreznega zdravstvenega nadzora.

Za vsakega delavca, za katerega se izvaja zdravstveni nadzor v skladu z drugim in tretjim odstavkom tega člena, se izdelata in redno ažurira njegova zdravstvena dokumentacija. Ta zdravstvena dokumentacija vsebuje povzetek rezultatov izvedenega zdravstvenega nadzora. Hraniti jo je treba v ustrezni obliki, tako da je možna poznejša konzultacija ob upoštevanju zaupnosti podatkov.

Kopije ustrezne dokumentacije je treba na zahtevo predložiti inšpekciji del, ki mora v skladu s predpisi o zdravstveni dejavnosti tako pridobljene podatke varovati kot poklicno skrivnost. Vsak de-

lavcec ima pravico do vpogleda v zdravstveno dokumentacijo, ki se nanaša nanj.

10. člen

Če se na podlagi zdravstvenega nadzora pri delavcu ugotovi določena bolezen ali škodljiv učinek na zdravje, za katerega pooblaščen zdravnik meni, da je posledica izpostavljenosti mehanskim vibracijam pri delu, mora:

- a) pooblaščen zdravnik obvestiti delavca o izvidu, ki se nanaša nanj. Delavec prejme predvsem informacije in nasvete v zvezi z morebitnim zdravstvenim nadzorom, ki bi se mu moral podvreči po koncu izpostavljenosti;
- b) pooblaščen zdravnik obvestiti delodajalca o kakršnih koli bistvenih ugotovitvah zdravstvenega nadzora, ob upoštevanju zdravniške molčečnosti;
- c) delodajalec:
 - preveriti oceno tveganja, opravljeno v skladu s 5. členom pravilnika,
 - preveriti ukrepe, predvidene za opravljanje ali zmanjševanje tveganj v skladu s 6. členom pravilnika,
 - upoštevati nasvet pooblaščenega zdravnika in/ali inšpekcije

dela pri izvajanju kakršnih koli ukrepov, potrebnih za odpravljanje ali zmanjševanje tveganja v skladu s 6. členom pravilnika, vključno z možnostjo premestitve delavca na drugo delovno mesto, kjer ni tveganja za nadaljnjo izpostavljenost, in

- poskrbeti za stalni zdravstveni nadzor in zagotoviti, da se preveri zdravstveno stanje vseh drugih delavcev, ki so bili podobno izpostavljeni. V takih primerih sme pooblaščen zdravnik ali inšpekcija dela predlagati, da izpostavljene osebe opravijo zdravstveni pregled.

Predpisani so mednarodni standardi mejnih vrednosti za vibracijske stroje (intenziteta, frekvenca in smer vibracije ter dovoljen čas izpostavljenosti delavca določenim vibracijam). Eden izmed bolj uporabljenih je ISO 2631-1974 (ocena ekspozicije človeka vibracijam). Obvezen je tudi periodični nadzor nad delovnimi prostori in sproti zdravstveni nadzor izpostavljenih (letni pregledi). Kontraindikacije za delo z vibracijski-

mi stroji so: nosečnost, bolezni perifernih žil, kronične bolezni in deformacije sklepov, preobčutljivost na hrup, težave s sluhom, Menierova bolezen in še nekatere druge.

7.3 Organizacijski ukrepi

Delo z vibracijskimi stroji mora biti organizirano tako, da delavec ni izpostavljen vibracijam več kot 30 % delovnega časa (izjemoma do 50 %). Pomembna je tudi razporeditev odmorov. Priporočljivo je kroženje delavcev pri nekem opravilu. Koristno je tudi, če vibracijsko delo poteka v toplem okolju (približno 22° C) in da omogočimo, da si delavec vsake toliko časa ogreje roke s toplim zrakom. Delavec naj bi imel tudi potrebno znanje o škodljivosti vibracij in o možnih zaščitah pred njimi.

Priporoča se, da so po vsakem delu z vibracijskim orodjem delo prekine za 10 minut. Japonci priporočajo, da se dela z motorno žago le dve uri dnevno, štiri dni na teden – pri tem pa le dva zaporedna dneva, le 32 ur na mesec

in 120 dni na leto ob popolni prekinitev dela z motorno žago dva mesecev v letu dni. Zgornja meja za prenehanje dela z motorno žago je priporočena na 55 let.

Kontraindikacije za delo z vibracijskimi stroji:

- bolezni krvnih žil z nagnjenostjo k angiospazmom in vaskularnim krizam,
- koronarna bolezen,
- arterijska hiper- in hipotenzija,
- vestibulopatije,
- nevritisi,
- polinevritisi,
- trajne okvare sluha,
- kronične motnje srednjega ušesa s pogostimi ponovitvami,
- holesteatom, epitimpanitis,
- otoskleroza, Menierova bolezen,
- nosečnost,
- alkoholizem, kajenje,
- stari nad 55 let in pod 18 let,
- kronične bolezni sklepov in kosti ter vezivnega tkiva,
- razjeda želodca ali dvanajstnika,
- težje duševne bolezni.

V terapiji se uporabljajo vazodilatatorji, vitaminski preparati, analgetiki in sredstva s tonizirajočim in protivnetnim delovanjem ter fizikalni (fizioterapevtski) postopki. Uspeh terapije je odvisen od stadija bolezni: v začetnih stadijih brez večjih organskih substratov bolezni lahko pričakujemo pomembno izboljšanje, v izraženih in neugodnih primerih pa je reverzibilnost procesa zelo majhna.





8 Literatura

- Allen, J. A., McGrann, S., McKenna, K. M. Use of questionnaire screening for vibration White finger in a high risk industrial population. In: *Int Arch Occup Environ Health* 75, 2002: 37–42.
- Ando, H., Ishitake, T., Miyazaki, Y., Kano, M., Tsutsumi, A., Matoba, T. The mechanism of human reaction to vibration stress by palmar sweating in relation to autonomic nerve tone. In: *Int Arch Occup Environ Health* 73, 2000: 41–46.
- Beretič Strahuljak, D., Žuškin, E., Valič, F. *Medicina rada*, Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1990.
- Bilban, M. *Medicina dela: Vibracije in ravnotežje*, ZVD, Ljubljana 1999; 401–407.
- Bilban, M. *Vibracijska bolezen – diagnostika in preprečevanje*. V: *Delo in varnost 1/2006*. Zavod za varstvo pri delu. Ljubljana 2006: 30–35.
- Bilban, M. *Vibracijska bolezen po izpostavljenosti lokalnim in splošnim vibracijam*. V: *Delo in varnost 1/2006*. Zavod za varstvo pri delu. Ljubljana 2006: 21–29.
- Bogadi Šare, A., Goglia, A. *Vibracije*. V: Šarič M., Žuškin E. *Medicina rada i okoliša*, Medicinska naklada Zagreb, 2002: 345–360.
- Bogadi-Sare, A., Zavalič, M. Diagnostic value of finger thermometry and photoplethysmography in the assessment of hand- arm vibration syndrome. In: *Int Arch Occup Environ Health* 1994; 66(2) Abstract.
- Bovenzi, M. Exposure – response relationship in the hand – arm vibration syndrome: an overview of current epidemiology research. In: *Int Arch Occup Environ Health* 71, 1998: 509–519.
- Cooke, J. P., Creager, S. J., Scales, K. M., Ren, C., Tsapatsaris, N. P., Beetham, W. J., Creager, M. A. Role of digital artery adrenoreceptors in Raynaud disease. In: *Vascular medicine* 1997; 2 (1).
- Čakš, T. *Priročnik iz higijene*. ULMF Inštitut za higijeno, Ljubljana 2002.
- Črnivec, R., Marušič, N., Dodič, F. M. *Poklicna vibracijska bolezen 38. Verifikacija poklicnih boleznih v RS*. KIMDPŠ, Ljubljana 2009.
- Črnivec, R. *Škodljivi učinki hrupa in vibracij pri delu ter varstvo pred temi učinki; razširjene teze*. KC KIMDPŠ, Ljubljana 2001.
- Črv, T. *Analiza akralne fotopletizmografije pri delavcih, ki delajo z vibrirajočim orodjem*. ULMF Katedra za javno zdravje, specialistična naloga, 2007.
- Čudina, M. *Tehnična akustika*. UL Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 2001.
- Deželjak, F. *Problematika vibracij na delovnih mestih in v okolju*. V: *Delo in varnost 1/2006*. Zavod za varstvo pri delu. Ljubljana 2006: 14–20.
- Giser, A. *Vibracije*. V: Vidakovič, A. *Medicina rada II, KCS – Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu*, Beograd, Udruženje za medicinu rada Jugoslavije, Beograd 1997: 245–251.
- Gspan, P. *Ekologija dela – priročnik*. Iskra Telematika, ZVD SRS, Kranj 1987; 84–93.
- Harrison, T. R. et al. *Harrisons principles of internal medicine*. Eleventh edition. Vol 1. New York McGraw-Hill book company 1987: 362–368.
- Katayama, K., Shimoda, M., Maeda, J., Takemiya, T. Endurance exercise training increases peripheral vascular response in human fingers. In: *Japanese journal of physiology* 48, 1998: 365–371.
- Klemsdal, T., Mundal, H., Gjesdal, K. Effects of carvedilol and atenolol on arterial pulse curves (plethysmography) and finger temperature after hand cooling. In: *Eur J Clinical Pharmacology* 50, 1996: 483–489.
- La Dou, J. *Occupational & Environmental Medicine, USA* 1997; 61–63, 166–169.
- Marušič, N. *Verifikacija poklicnih boleznih, ki jih povzročajo vibracije*. KIMDPŠ Ljubljana. Ljubljana 2004.
- Mikov, M. *Vibracije i vibraciona bolelost*. V: *Medicina rada*, Naučna knjiga Beograd, 1985, 57–66.
- Planchon, B., Faucal, P., Essboui, S., Grolleau, J. Y. A quantitative test for measuring reactivity to cold by the digital plethysmograph technique: application to 66 control subject and 65 patients with Raynaud phenomenon. In: *Angiology*. 1986 Jun; 37(6): 433–9.
- Polajner, A., Verhovnik, V., Sabadin, A., Hrašovec, B. *Ergonomija*. UMB, Fakulteta za strojništvo, Maribor 2003; 147–152.
- Sabadin, A. *Ekologija dela za psihologe*. FF Oddelek za psihologijo, Ljubljana 1997.
- Srna, M. *Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti vibracijam pri delu*. V: *Delo in varnost 1/2006*. Zavod za varstvo pri delu. Ljubljana 2006: 10–13.
- Stankovič, D. *Vibracije*. V: *Medicina rada, medicinska naklada*, Beograd-Zagreb 1986, 411–420.
- Stankovič, D. *Vibraciona bolelost*. V: *Profesionalne bolezni*, Svjetlost, OOUR Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Sarajevo, 1986; 219–227.
- Strozzi, C., Cocco, G., Destro, A., Padovan, G., Abasciano, V., Tossati, S. Disorders in peripheral arterial system in asymptomatic elderly: plethysmographic semiology in rest, during postural, effort and pharmacological test. In: *Gerontology* 25, 1979: 24–35.
- Sušnik, J. *Ergonomska fiziologija*. Didakta 1992; 96–115.
- Valič, F. *Zdravstvena ekologija*. Medicinska naklada Zagreb, Biblioteka – sveučilišni udžbenici, Zagreb 2001.
- Videčnik, V. *Akralna pletizmografija*. V: *Neinvazivna diagnostika boleznih perifernih žil 1*. interna klinika Trnovo. Ljubljana 1993.