

Opažanje

UDK 613.644:611.711:331:625.1

O MOGUĆEM DJELOVANJU VIBRACIJA NA KRALJEŠNICU U ŽELJEZNIČARA

STOJKA ARNAUTOVA-BULAT

Dom zdravlja željezničara, Zagreb

(Primljeno 8. XI 1978)

Predmet je ovog rada bilo sakupljanje podataka o mogućem utjecaju vibracija na kralješnicu i o ponašanju kralješnice kao mehaničkog sistema koji je uključen u prostoru koji vibrira, a koji je u ovom slučaju željezničko vozilo.

Na rendgenogramima cervikalnog i lumbalnog dijela kralješnice u 76 željezničara nađene su deformirajuća spondiloza i spondiloartroza češće nego u kontrolnoj skupini radnika. Cervikalna spondiloza bila je češće izražena u mlađoj dobnoj skupini željezničara.

Kako je najveća pokretljivost kralješnice u fiziološkim uvjetima u predjelu između kralješaka u cervikalnom i lumbosakralnom dijelu, razumljivo je da su ovi najopterećeniji dijelovi cervikalne i lumbosakralne kralješnice mjesta najviše podložna statičko-mehaničkim vibracijskim utjecajima i mjesta u kojima se najviše registriraju degenerativne promjene koje mogu biti uzrokovane djelovanjem vibracija.

Željeznički radnici su izloženi horizontalnim i vertikalnim vibracijama koje ovise o kvaliteti gornjeg stroja tračnica, dok im parametri ovise o brzini kretanja i ravnini puta, pa se pretpostavlja da bi to moglo utjecati na promjene u kralješnici željezničara.

Mehaničko ponašanje kralješnice istraživali su mnogi autori u razdoblju dužem od 100 godina. No, unatoč tome ne postoji sažeto poznavanje problema vezanih uz mehaniku kralješnice. Posebnu skupinu neistraženih problema čine vibracije i njihov utjecaj na ponašanje kralješnice čovjeka koji se nalazi u prostoru koji vibrira.

Radovi vezani uz ovo područje su malobrojni, a većinom se odnose na mjerenje subjektivnih osjećaja čovjeka u sjedalu vozila ili zrakoplova (1).

Predmet je ovog rada bio sakupljanje podataka o utjecaju vibracije na kralješnicu i o ponašanju kralješnice kao mehaničkog sistema uključena u prostor koji vibrira, a koji je u ovom slučaju željezničko vozilo. Vežu između ekspozicije i utjecaja vibracija pokušala sam utvrditi analizom ispitanika za koje se zna da se duže vrijeme zadržavaju u vozilima.

UZORAK I METODA RADA

Izvršen je rendgenografski pregled vratnog i lumbosakralnog dijela kralješnice 76 željezničara (kočničara, konduktera i vlakovođa) metodom slučajnog izbora, i to u dobnoj skupini od 20 do 40 godina starosti za koje se smatralo da još nemaju degenerativnih promjena na kralješnici. Kontrolna skupina bili su stojeći radnici (strojobravari, glodači i tokari) iz jedne tvornice šinskih vozila koji pri obavljanju svoje redovne djelatnosti nisu izloženi djelovanju vibracija.

U interpretaciji rendgenograma cervikalnog i lumbosakralnog dijela kralješnice pažnja je usredotočena na sve stečene promjene za koje se smatralo da imaju klinički značaj i da etiološki mogu biti u vezi s profesijom.

REZULTATI

Tablica 1. prikazuje učestalost patoloških promjena cervikalne odnosno lumbalne kralješnice u skupini željezničara i kontrolnoj skupini radnika s obzirom na dob. U tablici 2. prikazani su isti podaci u uspoređenim skupinama radnika s obzirom na duljinu radnog staža. Radiološki nalazi na kralješnici prikazani su prema morfološkoj podjeli iako ih u skladu s današnjim dinamičkim shvaćanjem postanka degenerativnih promjena kralješnice treba gledati povezano.

Iz tablice 1. vidi se da su u željezničara u usporedbi s kontrolnom skupinom radnika češće promjene u smislu spondiloze i spondiloartroze. Spondiloza je u željezničara češća u cervikalnom dijelu kralješnice, dok u kontrolnoj skupini nema razlike u učestalosti spondiloze s obzirom na dio kralješnice. Spondiloartroza je u željezničara nešto češća u lumbalnom dijelu kralješnice nego u cervikalnom, dok je u kontrolnoj skupini učestalost te promjene općenito vrlo malena. Diskopatije su neznatno češće u kontrolnoj skupini nego u skupini željezničara (mlađi od 30 godina).

Tablica 2. pokazuje da je spondiloza u željezničara s radnim stažom kraćim od 10 godina znatno češća (i to posebno u predjelu cervikalne, ali i lumbalne kralješnice) nego u kontrolnoj skupini. Razlike su stati-

Tablica 1.

Patološke promjene cervikalne odnosno lumbalne kralješnice u željezničara i u kontrolnoj skupini radnika — prema dobi

Patološke promjene kralješnice	Dobne skupine							
	21—30				31—40			
	Željezničari (N = 8)		Kontrolni radnici (N = 21)		Željezničari (N = 68)		Kontrolni radnici (N = 24)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Spondiloza</i>	5	62,5	1	4,8	40	58,8	10	41,6
Cervikalna	4	50,0	1	4,8	25	36,8	5	20,8
Lumbalna	1	12,5	0	—	15	22,0	5	20,8
<i>Spondiloartroza</i>	1	12,5	1	4,8	18	26,5	2	8,3
Cervikalna	1	12,5	0	—	6	8,8	0	—
Lumbalna	0	—	1	4,8	12	17,7	2	8,3
<i>Osteohondroza</i>	3	37,5	8	38,0	24	35,5	22	91,6
Cervikalna	2	25,0	4	19,0	13	19,1	11	45,8
Lumbalna	1	12,5	4	19,0	11	16,2	11	45,8
<i>Diskopatija</i>	4	50,0	13	61,9	27	39,7	9	37,5
Cervikalna	1	12,5	0	—	1	1,5	0	—
Lumbalna	3	37,5	13	61,9	26	38,2	9	37,5

stički značajne. U onih s dužim radnim stažom razlike između uspoređenih skupina nema, ali je u željezničara češća u cervikalnoj kralješnici, dok u kontrolnih radnika nema razlika u odnosu na lokalizaciju. Spondiloartroza je češća u željezničara u usporedbi s kontrolom u obje skupine s obzirom na dužinu radnog staža. Diskopatije su češće u željezničara s dužim radnim stažom, dok je u kontrolnoj skupini obrnuto. Ovo posljednje može biti rezultat slučajnosti (malen uzorak) a možda dijelom i selekcije do koje dolazi u toku radnog vijeka (promjena posla zbog oštećenja i smetnji, i sl.). Osteohondroze, koje su inače brojnije u kontrolnoj skupini nego u željezničara, češće su u onih s dužim radnim stažom (kontrola), dok u željezničara u tom pogledu nema razlike.

DISKUSIJA

Kad je riječ o vibracijama koje nastaju pri kretanju šinskih vozila i njihovu potencijalnom učinku na kralješnicu čovjeka, potrebno se ukratko osvrnuti na kvalitetu vožnje šinskih vozila. Kvaliteta ovisi u prvom redu o međusobnom odnosu kotača i kolosijeka. Dinamička svoj-

Tablica 2.

Patološke promjene cervikalne odnosno lumbalne kralješnice u željezničara
 i u kontrolnoj skupini radnika — prema dužini radnog staža

Patološke promjene kralješnice	Radni staž							
	do 10 god.				od 11 do 20 god.			
	Željez- ničari (N = 26)		Kontrolni radnici (N = 25)		Željez- ničari (N = 50)		Kontrolni radnici (N = 20)	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Spondiloza</i>	18	69,3	3	12,0	27	54,0	10	50,0
Cervikalna	12	46,2*	1	4,0*	17	34,0	5	25,0
Lumbalna	6	23,1**	2	8,0**	10	20,0	5	25,0
<i>Spondiloartroza</i>	6	23,1	1	4,0	13	26,0	2	10,0
Cervikalna	2	7,7	0	—	5	10,0	0	—
Lumbalna	4	15,4	1	4,0	8	16,0	2	10,0
<i>Osteohondroza</i>	9	34,6	11	44,0	18	36,0	19	95,0
Cervikalna	4	15,4	4	16,0	11	22,0	11	55,0
Lumbalna	5	19,2	7	28,0	7	14,0	8	40,0
<i>Diskopatija</i>	8	30,7	16	64,0	23	46,0	6	30,0
Cervikalna	1	3,8	0	—	1	2,0	0	—
Lumbalna	7	26,9**	16	64,0**	22	44,0	6	30,0

Primjenom χ^2 -testa utvrđene statistički značajne razlike označene s:

* (P < 0,01)

** (P < 0,05)

stva kolosijeka vozila bila su predmetom istraživanja brojnih željezničkih uprava, pa tako i naših. Za vrijeme vožnje vozila nastaju oscilirajuće vibracije koje su u osnovi sinusoidalne i mogu biti vertikalne, horizontalno-longitudinalne i horizontalno-lateralne. Ove vibracije su funkcija vozila i pruge, istrošenosti bandaže na kotačima, stupnja održavanja pruge i brzine vožnje. Strojni dijelovi — sanduk i obrnuto postolje željezničkog vozila, kao i kvaliteta pruge moraju se ispitivati radi utvrđivanja stvarnih karakteristika vibracija, dinamičkih naprezanja i vijeka trajanja.

Vibracije složenih mehaničkih sistema, kao što su tračna vozila, kompleksna su karaktera, pa se vibracije takvih sistema ocjenjuju prema mirnoći hoda pri različitim brzinama (60, 80, 100 i 120 km/sat) vozila. Kvaliteta hoda vozila, tzv. mirnoća hoda tračnih vozila, ne određuje samo udobnost putnika odnosno stupanj neoštećenosti robe pri transportu, nego je prije svega činilac za ocjenjivanje vozila s obzirom na

sigurnost prometa. Prilikom ispitivanja kvalitete hoda tračnih vozila upravo se mjere horizontalne vibracije u poprečnom (lateralnom) pravcu na smjer vožnje i vertikalne vibracije. Snimanje na oscilografsku vrpcu obavlja se kroz filter frekvencija kojim se osigurava propuštanje samo nižih frekvencija. Obično se registriraju ubrzanja s frekvencijama do 8 Hz ili 16 Hz. Ograničavanje ispod 8 Hz ne bi bilo ispravno jer bi došlo do brisanja ubrzanja s frekvencijama koje najviše utječu na zamor čovjeka.

Čovječji organizam najteže podnosi, odnosno najbrže se zamara kod frekvencije vibriranja između 4 i 6 Hz. Mjerenja što ih je izvršio Vučetić (2) na pokusnom kolosijeku u nas na pruzi Zagreb — Osijek upućuju na to da se na našim prugama, kojih je stanje relativno loše zbog načina održavanja pruge, može govoriti o izrazito velikom utjecaju vibracija, a time i na ljude koji se nalaze na vozilima.

Značenje vibracija kao štetnog faktora za zdravlje zaposlenih radnika postalo je predmetom opažanja i proučavanja tek početkom 20. stoljeća, i to u prvom redu s pojavom pneumatskih oruđa i mehaničkog transporta u industriji. Od tada stalno raste interes za ekološko proučavanje vibracija i za kliničku sliku vibracijske bolesti. Za nastanak oštećenja organizma važnija je frekvencija od amplituda vibracija. Organi i tkiva imaju svoj vlastiti određen način oscilacije kojem odgovara određena frekvencija. Frekvencije vibracija do 17 Hz izazivaju promjene u kostima i zglobovima te mišićima. Vibracije malene frekvencije i velike amplitude oštećuju intervertebralne diskuse.

Sva tkiva u organizmu su osjetljiva na vibracije, osobito živčani sustav i koštano tkivo. Primjenom audiometrijske metode na izoliranim tkivima utvrđeno je da vibracije najbolje provodi koštano tkivo koje je dobar vodič i rezonator vibracija. Širenje vibracije na koštano tkivo ovisi o građi kostiju i njihovim vezama u zglobovima.

Pitanja vezana uz opterećenja kralješnice bila su predmetom istraživanja mnogih istraživača. Prasad i suradnici (3) u svojim su pokusima utvrdili postojanje dvojne funkcije raspodjele nosivosti kralješaka. Trupovi kralješaka su znatno deformabilni, što je jasno s obzirom na to da je trup građen većinom od spužvaste kosti i ljuskastog ovoja. Ako se uz to uzme da je čvrstoća zbijene kosti u odnosu na spužvastu kost veća 10—100 puta, proizlazi da će se i u području gdje se nalazi veći dio zbijene kosti prenositi najveći dio opterećenja, tj. u području malih zglobova. S druge strane, ne smije se omalovažiti uloga i značenje trupova kralješaka koji zajedno s intervertebralnim diskom čine tipičan visokoelastičan spoj što s gledišta teorije vibracija ima posebno značenje u prigušivanju vibracija.

U razvoju lokomotornog sistema u toku ljudskog života mogu se razlikovati tri osnovne faze: I faza — rasta i razvoja (do 20 godina života), II faza — zrele dobi kada je lokomotorni sistem u određenoj dinamič-

koj ravnoteži (od 20 do 40 godina) i III faza — regresije (nakon 40 god.) U prvoj i posljednjoj fazi lokomotorici je sistem najvulnerabilniji. No u fazi »dinamičke ravnoteže« mogu razni činioci narušiti taj sklad. Sa stanovišta medicine rada najznačajniji su svakako mehanički faktori — statički ili dinamički. Strukture zglobova su podložne degenerativnim promjenama pod utjecajem profesionalnih noxi (mehaničke sile pritiska, istezanja, uvrtnja i vibracije).

Degenerativne promjene u koštanom dijelu vratne i lumbosakralne kralješnice počinju se očitovati obično poslije 40 godina života smanjenom funkcionalnom sposobnošću. Pojačana funkcionalna aktivnost vratnog i lumbosakralnog dijela kralješnice, kao i veća mogućnost djelovanja vanjskih činilaca na ova dva dijela kralješnice nesumnjivi su razlozi za češću pojavu degenerativnih promjena u njima.

Vibracijska bolest organizma nema karakterističnu rendgenološku sliku. Rendgenološki nalaz je kod ove bolesti bogat i raznovrstan. Štetnosti kojima su profesionalno eksponirani kondukteri, kočničari i vlakovođe ne svode se samo na vibracije. Tu su još potresi, buka, nepovoljan položaj tijela i mišićno preopterećenje.

Ova profesionalna grupacija, i to pretežno mladih radnika, često traži liječničku pomoć iznoseći subjektivne tegobe u vezi s kralješnicom i paravertebralnom miškulaturom. To je često povod da kralješnica tih radnika, pored kliničkog pregleda, bude podvrgnuta i rendgenološkoj pretrazi.

Iz prikazanih rezultata vidi se da su promjene na kralješnici dobrim dijelom degenerativnog karaktera i da su neke od njih (spondiloza) češće uočene na vratnom nego na lumbosakralnom dijelu kralješnice u skupini željezničara, dok je u kontrolnoj skupini nešto češće oštećen lumbosakralni segment kralješnice diskopatijama. Nastanak svih tih promjena ima osnovu u degenerativnim promjenama intervertebralnog diskusa i hrskavičnih pokrovnih ploča trupova kralješaka, tako da se u degeneriranom diskusu može tražiti glavni razlog nastanku deformirajuće spondiloze. Nastanak degenerativnih promjena diskusa lako je razumljiv ako se sjetimo činjenice da je samo vanjski sloj anulusa opskrbljen krvnim žilama, dok se unutrašnji sloj anulusa i pulpozna jezgra prehranjuju difuzijom iz susjedstva. Nepovoljni uvjeti u toku života i mikrotrauma svakodnevnih zanimanja ubrzavaju nastanak promjena diskusa. Većina autora se slaže da vanjski mehanički utjecaj, posebno mikrotraume i razni poremećaji u statici kralješnice imaju nesumnjivu ulogu u pojavi oštećenja kralješnice (4—7). Rad u stojećem položaju udružen s mikrotraumatizacijom kralješnice u aksijalnom smjeru uzrokovan vibracijama dovodi do pojačanja ili smanjenja fizioloških zavoja kralješnice, tj. do oštećenja diskusa i hrskavičnih ploha tijela kralješaka. Kako je najveća pokretljivost kralješnice u fiziološkim uvjetima u predjelu između kralješaka u cervikalnom i lumbosa-

kralnom dijelu, razumljivo je da ovi najopterećeniji dijelovi cervikalne i lumbosakralne kralješnice budu mjesta najviše podložna statičko-mehaničkim vibracijskim utjecajima i mjesta u kojima se najčešće zamjenjuju degenerativne promjene koje mogu biti uzrokovane djelovanjem vibracija.

ZAKLJUČAK

Rendgenske promjene u čijoj osnovi leži degenerativni proces intervertebralnih diskusa i hrskavičnih ploha tijela kralješaka: deformirajuća spondiloza i deformirajuća spondiloartroza kralješnice su češće u skupini željezničara (kočničari, kondukteri, vlakovođe) nego u kontrolnoj skupini radnika. Spondiloza je bila u željezničara češća u cervikalnom nego u lumbalnom dijelu kralješnice, dok je spondiloartroza bila češća u lumbalnom dijelu.

Pri ocjeni rezultata pregleda uzet je u obzir faktor dobi i radni staž. Uočene rendgenske promjene (spondiloza, spondiloartroza) zapažaju se i u drugih osoba, ali u životnoj dobi nakon 40 godina. U ispitanoj skupini željezničara utvrđene su u relativno visokom postotku u znatno mlađem uzrastu.

Željeznički radnici su izloženi horizontalnim i vertikalnim vibracijama koje ovise o kvaliteti gornjeg stroja tračnica, dok im parametri ovise o brzini kretanja i ravnini puta, pa se pretpostavlja da bi to moglo utjecati na promjene u kralješnici.

Literatura

1. *Harvis, C. M., Crede, C. E.*: Shock and Vibration Handbook, McGrawhill, 3, New York 1961.
2. *Vučetić, A., Muftić, O., Jecić, S., Alfirević, I., Heidl, I., Šćap, D., Vnučec, Z., Vranković, N., Grubišić, R., Husnjak, M., Stegić, M., Maljković, N., Jurišić, B., Lalić, Ž.*: Dinamička analiza šinskih vozila, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, Zavod za strojarstvo, Zagreb 1977.
3. *Prasad, P., King, A. I., Ewing, C. L.*: J. Aircraft, 41 (1974) 321.
4. *Ewing, C. L., King, A. I., Prasad, P.*: J. Aircraft, 9 (1972) 84.
5. *Nikolić, Ž.*: Deformiteti i degenerativne promjene lokomotornog aparata u vezi s profesijom, II jugoslavenski kongres medicine rada, Split, 1967, Sadržaji referata i saopćenja, 1-12.
6. *Dürriegl, T.*: Suvremeni pogledi na patofiziologiju lokomotornog aparata, II jugoslavenski kongres za medicinu rada, Split, 1967, Sadržaji referata i saopćenja, 1-11.
7. *De Seze, S., Lacapre, J.*: Proceedings of the Third European Rheumatology Congress, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1956.

Summary

ON THE POSSIBLE EFFECT OF VIBRATIONS ON THE SPINE OF
RAILWAYMEN

The objective of the study was to collect data about possible effect of vibrations on the spinal column and about how it behaves as a mechanical system in a vibrating space, in our case a railway-carriage.

Roentgenograms of the cervical and lumbar vertebrae in 76 railwaymen showed signs of spondylosis and spondyloarthrosis more often than in the control group of workers. Cervical spondylosis was more pronounced in younger railway workers.

Considering that in physiological conditions the area between the cervical and lumbosacral vertebrae is the most mobile and consequently the most affected part of the spine, it is naturally the site most exposed to the effects of static-mechanical vibrations and also the site where degenerative changes possibly caused by vibrations manifest themselves most intensely.

Railwaymen are exposed to horizontal and vertical vibrations which depend on the quality of the upper layer of the track, but also on the speed of movement and on road level. It is assumed that these vibrations might have an effect on degenerative changes of the spine.

*Railwaymen's Health Centre,
Zagreb*

*Received for publication
November 8, 1979.*