

UREDNIK/EDITOR:

prim. prof. dr. Marjan Bilban,
dr. med.

Prim. prof. dr. Marjan bilban, dr.
med.

Ajša Repar, dr. med.,
ZVD Zavod za varstvo pri delu d. d.,
Chengdujska cesta 25,
1260 Ljubljana-Polje

PROBLEMI SEDEČIH DELOVNIH MEST

POVZETEK

V zadnjih letih predstavljajo boleznimi mišično-kostnega sistema in vezivnega tkiva, med katere spadajo tudi deformacije, povezane s sedečim delom, največji odstotek bolniškega dopusta med boleznimi, klasificiranimi po MKB-10. Med proučevanjem vpliva sedenja na hrbtenico in ugotavljanjem oziroma merjenjem pritiska na medvretenčne ploščice v ledvenem predelu se je pokazalo, da je ta pritisk pričakovano najmanjši v ležečem položaju. Pokončna sedeča drža močno poveča pritisk. Tudi pri naprej upognjeni drži se pritisk na diske poveča. Pri različnih sedečih opravilih je centralni pritisk na diske različen. Sprememba dolžine hrbtenice je odvisna od obremenitve hrbtenice predvsem v ledvenem delu. Pri ugotavljanju teh sprememb glede na način sedenja se je izkazalo, da je pokončen stoječi položaj ali pokončno sedenje za zdravo hrbtenico bolj neugoden kot sedenje z ukrivljenim hrbtom, pri čemer je celotna hrbtenica v stoječem položaju najbolj obremenjena, kar se pokaže tudi z največjim zmanjšanjem hrbtenice. Primeren način sedenja pri posamezniku z zdravo hrbtenico je tisti, pri katerem mu je najbolj udobno. Pritisk na medvretenčne ploščice lahko zmanjšamo z naslonjali. Dolgotrajno sedenje je splošno znan dejavnik tveganja za razvoj bolečine v križu. Prispeva k nezadostni prehranjenosti medvretenčnih ploščic. Zmanjšanje vzdržljivosti hrbtnih mišic je statistično značilen prediktor pojavljanja bolečin v križu. Ergonomska ureditev sedečega delovnega mesta pripomore k izboljšanju kvalitete dela zaposlenih in zmanjšanju bolečin v križu. Seveda pa to ni zadosten ukrep za obvladovanje bolečin v hrbtenici, ki jih lahko poleg dela povzročajo tudi drugi dejavniki, kot so ostali fizični ali psihični dejavniki in širše socialno okolje.

Ključne besede: sedenje, bolečine v križu, ergonomija

PROBLEM OF SEDENTARY WORKPLACE

ABSTRACT

In recent years diseases of the musculoskeletal system, which also include deformities related to sedentary lifestyle, present the largest percent of sick leave in the group of diseases classified in ICD-10 (International classification of diseases). Studying the effects of the sitting on the spine and on the intervertebral discs shows that the pressure on these structures is the lowest while the patients are lying. Sitting or standing posture increases the pressure on the intervertebral discs. The pressure also changes with different sitting situations, e.g. straight sitting posture heavily increases the pressure, forward-bent sitting posture also increases the pressure on discs. Various sitting occupations have different central pressure on discs. The length change of the spine, most evident in the lumbar region of the spine, depends on different loads. The results of different studies show that standing posture or straight sitting posture damage the spine more than slumped sitting. We would like to emphasize that the comfortable sitting for people without spine deformities is the appropriate one. The pressure on the intervertebral discs can be decreased by using back of a chair. Prolonged sitting presents greater risk for the lumbago. It contributes to insufficient nutrition of the intervertebral discs. Inability of back muscles to support the spine is a statistically characteristic predictor of low back pain. Ergonomic arrangement of the working place contributes to higher quality of life, quality and effectiveness of work, and to a lesser low back pain. While studying low back pain during sitting, other factors have to be taken into consideration, such as physical, psychological and social factors.

Key words: sitting, lower back pain, ergonomics

Problemi sedečih delovnih mest

1 Uvod

Človek vedno več dela, še posebno v razvitem svetu, opravi sede. Postali smo sedeča civilizacija, ta pojav pa s seboj nosi številne, za zdravje pogosto negativne posledice. Bolečine v hrbtu niso moteče samo za ljudi, ki jih občutijo, temveč povzročajo tudi ogromne stroške. Raziskovalci so testirali številne hipoteze in skušali poiskati najpomembnejše dejavnike, ki vplivajo na bolečine v hrbtu, ki jih občutijo sodobni delavci. Bolezni mišično-kostnega sistema in vezivnega tkiva, ki nastanejo tudi kot posledica dolgotrajnega sedečega dela, prispevajo k največjemu odstotku bolniškega dopusta med boleznimi, klasificiranimi v MKB-10. Vzgoja pravilnega načina sedenja in ergonomsko oblikovanje sedečega delovnega mesta lahko pripomoreta k izboljšanju kvalitete dela zaposlenih in kvalitete njihovega življenja.

2 Zdravstveni absentizem zaradi mišično-kostnih poškodb

Iz evidence začasne odsotnosti z dela zaradi boleznih, poškodb, nege in drugih vzrokov IVZ RS je razvidno, da je bil v letu 2007 odstotek bolniškega dopusta 4,4 %.¹ V tem letu je bilo 788.895 primerov odsotnosti z dela z 14.095.263 izgubljenimi delovnimi dnevi. Med njimi je bilo 94.158 primerov odsotnosti zaradi boleznih mišično-kostnega sistema in vezivnega tkiva z 2.632.522 izgubljenimi dnevi.

Odstotek bolniškega dopusta (BD) je bil pri boleznih mišično-kostnega sistema in vezivnega tkiva 0,82 % in je bil najvišji med vsemi skupinami po MKB-10. Indeks onesposobljenosti (IO) je bil za boleznih mišično-kostnega sistema in vezivnega tkiva 3,0 %, prav tako najvišji med vsemi skupinami boleznih, klasificiranih po MKB-10.

Indeks frekvence (IF) je bil leta 2007 za vse diagnoze skupaj 89,9 in za boleznih mišično-kostnega sistema in vezivnega tkiva 10,7, na tretjem mestu za boleznimi dihal in nego družinskega člana. Indeks resnosti (IR; resnost - povprečno trajanje ene odsotnosti z dela zaradi boleznih, poškodbe ali drugega zdravstvenega vzroka) je bil za vse skupine skupaj 17,9 in za boleznih mišično-kostnega sistema in vezivnega tkiva 28,0 dneva.

Iz tabele 1 je razvidno, da sta bila odstotek bolniškega dopusta in indeks onesposobljenosti za leta 2004, 2005, 2006 in 2007 za boleznih mišično-kostnega

sistema in vezivnega tkiva najvišja med vsemi skupinami boleznih, klasificiranih po MKB-10. V vseh obravnavanih letih je bil indeks frekvence za boleznih mišično-kostnega sistema in vezivnega tkiva tretji po vrsti za boleznimi dihal in nego družinskega člana. Odstotek bolniškega dopusta za leto 2007 pri obeh spolih v starostni skupini do 19 let zaradi mišično-kostnih boleznih in boleznih vezivnega tkiva je bil 0,11 %. Pri ženskah v tej starostni skupini 0,08 %, pri moških pa 0,11 %.

Odstotek bolniškega dopusta v letu 2007 pri obeh spolih v starostni skupini od 20 do 44 let zaradi mišično-kostnih boleznih in boleznih vezivnega tkiva je bil 0,46 %. Pri ženskah v tej starostni skupini 0,53 %, pri moških pa 0,40 %. Odstotek bolniškega dopusta v letu 2007 pri obeh spolih v starostni skupini od 45 do 64 let zaradi mišično-kostnih boleznih in boleznih vezivnega tkiva je bil 1,48 %. Pri ženskah v tej starostni skupini 1,74 %, pri moških pa 1,30 %.

3 sedenje

Bolečina ledvenega dela hrbtenice je najpogostejša bolečina gibalnega sistema. Nekateri ljudje čutijo bolečino v križu, ko sedijo, drugi, ko stojijo. Pri ljudeh, ki veliko sedijo, je zdravje gibal dokazano slabše. Večina bolnikov z degenerativno boleznijo ledvene hrbtenice ima bolečino v križu kot prvi simptom degenerativne boleznih. Dolgotrajno sedeče delo vpliva na pojav deformacije hrbtenice (v smislu kifoze, skolioze, deformantne spondiloze ali spondiloartroze).

Radiografija ledvenega dela hrbtenice, opravljena v stoječem in sedečem položaju, je pri slednjem pokazala rotacijo medenice in bolj kifotično obliko ledvenega dela hrbtenice. Znanstveniki so odkrili negativno korelacijo med položajem vratnega dela hrbtenice in položajem ledvenega dela med sedenjem. Ko se vratni del hrbtenice skrči, se ledveni raztegne. Velja pa tudi obratno.⁶ Stranska projekcija na sliki 4 prikazuje, da je vratna hrbtenica med stoječim položajem bolj ravna, med sedenjem pa zavzame bolj lordozno obliko. Pri ledveni hrbtenici je v stoječem položaju prisotna lordoza, morda celo hiperlordoza, v sedečem položaju pa se lordoza poravnava.⁷

Raziskave kažejo, da sedenje ni toliko naporno delo glede na veliko aktivnost mišic, ki morajo pri sede-

Razvoj in znanost

Leto	% BD	% BD mišično-kostnih bolezni in bolezni vezivnega tkiva	10 mišično-kostnih bolezni in bolezni vezivnega tkiva	IF mišično-kostnih bolezni in bolezni vezivnega tkiva	IR mišično-kostnih bolezni in bolezni vezivnega tkiva
2004	4,84	0,91 *	3,32*	11,19**	29,65
2005	4,71	0,87*	3,16*	10,8**	29,25
2006	4,20	0,80*	2,9*	10,4**	27,9
2007	4,40	0,82*	3,0*	10,7**	28,0

Tabela 1: Kazalci bolniške odsotnosti z dela zaradi mišično-kostnih bolezni in bolezni vezivnega tkiva v letih 2004,2005,2006 in 2007^{12 3 4}

^f Najvišji med vsemi skupinami bolezni, klasificiranih v MKB-10

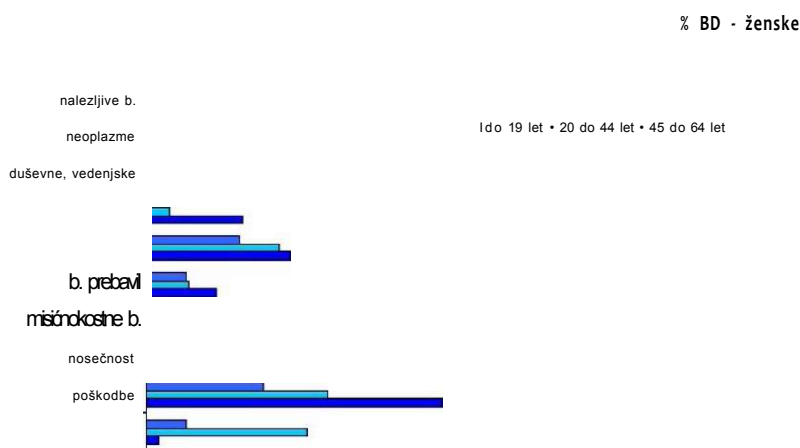
^{f*} Na tretjem mestu za boleznimi dihal in nego družinskega člana

nju vzdrževati določen položaj telesa. Ko je telo v določenem položaju, je določena skupina mišic neprestano napeta za ohranitev tega položaja. S časom se ta mišična skupina utruja, če nima priložnosti za počitek. Dolgotrajno sedenje v istem položaju slabo deluje na hrbtenico, posebno na anulus fibrosus medvretenčne ploščice, podporne ligamente in medhrbtenične sklepe. Medvretenčne ploščice se prehranjujejo z difuzijo. Stalno menjavanje med raztezanjem in stisnjenjem medvretenčnih ploščic je mehanizem, ki jim zagotavlja prehranske snovi,

kajti le-te nimajo krvnega obtoka. Ob stalnih spremembah položaja hrbtenice je menjavanje med raztezanjem in stisnjenjem pogostejše, kar prispeva k boljšemu metabolizmu medvretenčnih ploščic. Zato lahko rečemo, da se medvretenčne ploščice (diskusi) prehranjujejo odvisno od gibanja telesa.⁸

Med sedenjem je energetska poraba manjša kot v stoječem položaju, spodnjih udov ni treba tako intenzivno fiksirati, položaj je stabilnejši in primernejši za fino delo rok. Seveda je gibljivost telesa kot celote bolj omejena. Če gledamo s fiziološkega stališča, ima sedenje nasploh prednost pred stanjem, ker je pri sedenju obremenitev manjša. Ko človek seda, upogne naprej kolke in kolena ter nasloni sedalo na sedežno ploskev stola. Pri tem rotira medenico nazaj in poravna križno vbo-

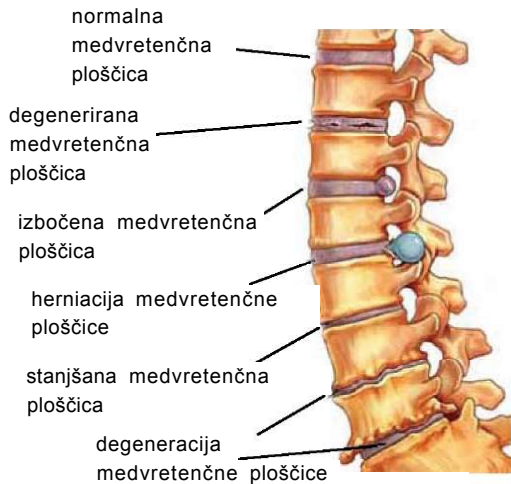
klino. Sledi napetost hrbteničnih mišic in podaljša se ročica, čez katero deluje gravitacija trupa na medvretenčne ploščice. Slabost tega položaja je, da se poleni trebušno mišičje, moteno je delovanje prebavnih in dihalnih organov.⁹ Raziskovalci so ugotovili tudi, da je obremenitev hrbtenice odvisna tako od položaja telesa kakor tudi od oblike hrbtenice. Okvara medvretenčne ploščice v lumbalnem delu je največkrat posledica fizičnih obremenitev. Obremenitev zmanjšuje tekočino v medvretenčnih ploščicah, kar povzroči deformacijo diskov. To zmanjšuje višino diska in posledično tudi človekovo višino. Nekateri avtorji ugotavljajo,



Slika 1: Odstotek bolniškega dopusta (% BD) pri ženskah po starostnih skupinah in izbranih skupinah bolezni, Slovenija 2007¹



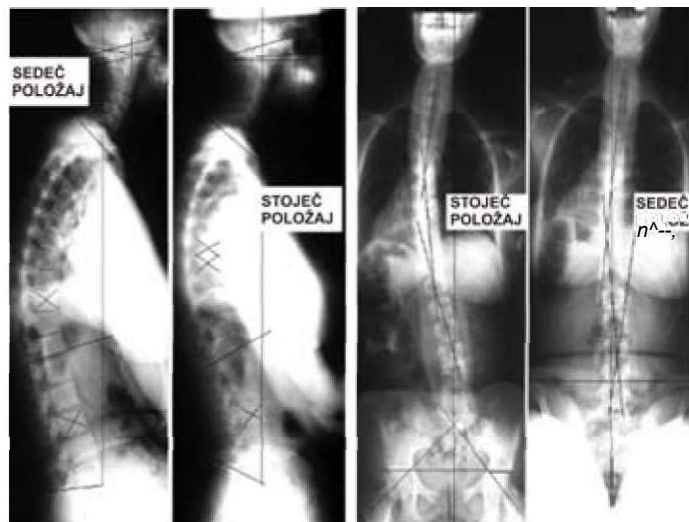
Slika 2: Odstotek bolniškega dopusta (% BD) pri moških po starostnih skupinah in izbranih skupinah bolezni, Slovenija 2007¹



Slika 3: Različne vrste degeneracije medvretenčnih ploščic

da se človekova višina poveča, če posameznik sedi, potem ko je stal, kar dokazuje večjo obremenitev diskov v stoječem položaju.⁵ Pri sedečem delu je človek običajno v sprednjem delovnem položaju. Težišče trupa je pri tem nagnjeno naprej. Pritisk stegen in stopal na podlago se poveča. Ta pritisk je neprijeten zaradi tiščanja na živce, medtem ko krvni obtok ni prizadet.⁹ Nastop bolečine v križu običajno v poznih dvajsetih letih sovpada z obliteracijo žilne oskrbe medvretenčne ploščice, kar predstavlja izgubo strukturne integritete diskov. Bolečina je mehanske narave, dolgotrajno sedenje jo stopnjuje. Ob spremembi oblike in strukture medvretenčne ploščice zaradi degenerativnih sprememb se spremeni tudi delovanje pritiska na diske oziroma funkcija medvretenčne ploščice.¹⁰

Avaskularne medvretenčne ploščice so prehransko odvisne od difuzije raztopin, potrebnih za izmenjavo hranilnih snovi in odpadkov. Gibanje hrbtenice ta proces pospešuje, kar je v preteklosti vodilo do ugotovitev, da ima ohranjanje hrbtenične aktivnosti pozitiven učinek na hrbtenico. Bolečina je znak zgodnje degeneracije medvretenčne ploščice. Ker nima več viskozno-elastičnih lastnosti, prenaša sile nelinearno in asimetrično.¹⁰ Ne deluje več kot amortizer, počasi ob nepravilnih obremenitvah nastajajo večje reaktivne spremembe na kostnih in vezivnih strukturah. Znano je, da lahko prevelika obremenitev hrbtenice, povzročena bodisi od znotraj bodisi od zunaj telesa, povzroča mikropoškodbe medvretenčnih ploščic. Po poškodbi se v procesu celjenja tvori fibrozno tkivo, ki zmanjša difuzijo hranilnih snovi, kar posledično privede do atrofije in šibkosti medvretenčnih ploščic. Ta proces pripomore k prolapsu oziroma herniaciji (premiku iz normalnega položaja) medvretenčne ploščice in manjši stabilnosti hrbtenice.¹¹



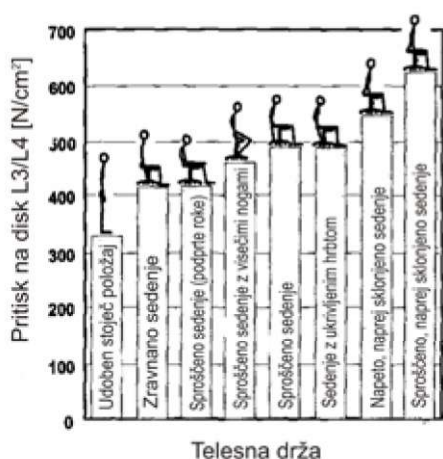
Slika 4: Radiografija hrbtenice v sedečem in stoječem položaju; A First Look At What's Been Missing in Full Spine Analysis of Spinal Biomechanics

3.1 Obremenitve medvretenčnih ploščic

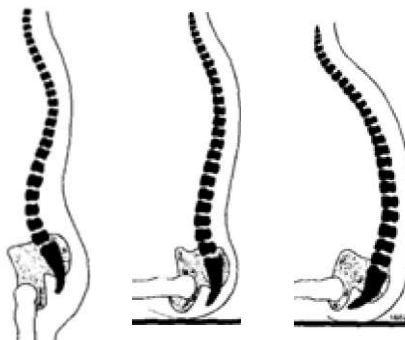
Številni raziskovalci so ugotavljali, kolikšen je centralni pritisk na medvretenčne ploščice pri različnih telesnih držah in opravilih. Izhajali so iz dejstva, da povečanje centralnega pritiska v medvretenčni ploščici poveča njeno obremenitev. Dober sedež naj bi čim bolj zmanjšal ta pritisk. Izsledki raziskav so pokazali, da ustreza pritisk na diskus med tretjim in četrtnim ledvenim vretencem (L3, L4) pri pokončni drži približno enainpolkratni obremenitvi delu telesa nad tem vretencem. Pritisk je večji, ker poleg teže telesa na medvretenčne ploščice vpliva tudi sila mišic, ki so aktivne, da vzdržujejo stabilno držo telesa.¹² Pritisk na medvretenčne ploščice je pričakovano najmanjši v ležečem položaju. Pokončna sedeča drža močno poveča pritisk. Tudi pri naprej upognjeni drži se pritisk na diske poveča.

Pri stoji ima hrbtenica naravno S-obliko, pri načinu sedenja z ukrivljenim hrbtom pa se ledvena lordoza zaradi zvrnjene medenice poravna, prevesi se v kifozo. Pri sedenju z oprtimi zgornjimi udi je zgornji del telesa podprt, težišče telesa se premakne precej naprej in poveča ročico, čez katero deluje teža telesa na medvretenčne ploščice, zato se poveča pritisk v diskusih. Pritisk ostane v področju trebuha majhen, hrbtne mišice in majhni hrbtenični sklepi se razbremenijo, s tem je tudi manjši pritisk na živce, zato se bolečina v križu zmanjša. Tako določimo dva faktorja, ki ob sedenju z ukrivljenim hrbtom ob sploščeni ledveni lordozi omogočata boljši občutek z manj bolečine pri sedenju: razbremenitev majhnih sklepov hrbtenice in razbremenitev hrbtne mišice.¹² Slika 7 prikazuje centralni pritisk na diske pri različnih sedečih opravilih. Pritisk se spreminja glede na način sedenja. Pritisk na medvretenčne ploščice lahko zmanjšamo z naslonjali. Z naraščajočim kotom med sedalom in

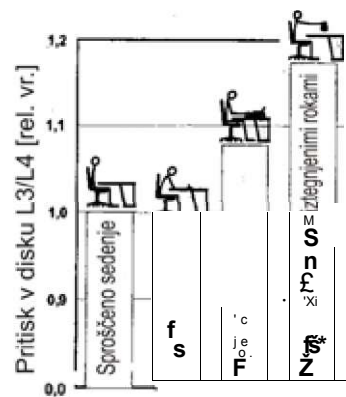
Razvoj in znanost



Slika 5: Pritisk v medvretenčni ploščici L3/L4 se spreminja glede na telesno držo (Anderson, Ortengren)¹²



Slika 6: Oblika hrbtenice pri stoji (levo), kjer je vidna popolna lordoza ledvene hrbtenice, pri pokončnem sedenju, kjer je lordoza že nekoliko izravnana (sredina), in pri »sproščnem sedenju« z ukrivljenim hrbtom (popolna kifoza), kjer se lordoza prevesi v kifoza (po Kruegerju).¹²



Dejavnost med sedenjem

Slika 7: Vpliv sedečih opravil na pritisk v medvretenčni ploščici L3/L4 (Anderson, Ortengren).¹² Vrednost 1,0 na navpični osi predstavlja vrednost, ki je pri kotu med naslonjalom in sedalom 90° znašala povprečno 0,5 Mpa.

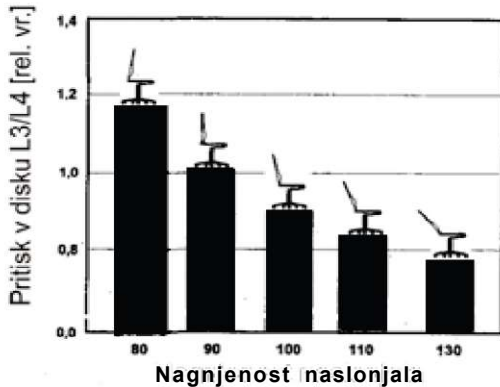
naslonjalom se pritisk na diskuse zmanjšuje (slika 8). Že pri povečanju kota samo za 10 stopinj od pravokotne nastavitve (torej 100 stopinj) se pritisk na diskuse zmanjša za 10 %. Pri kotu 110 stopinj ali več pa se pritisk na diskuse zmanjšuje le malo.¹²

3.2 Vpliv sedenja na dolžino hrbtenice, povezava med obliko stola in načinom sedenja

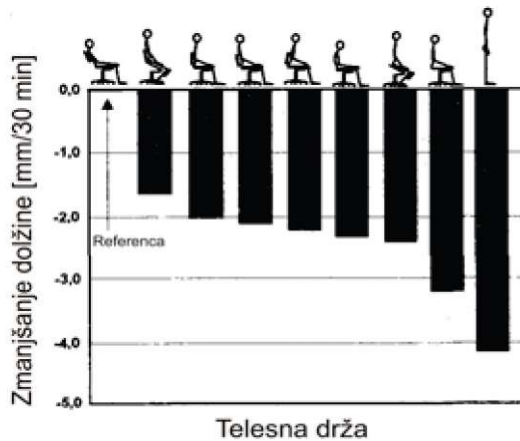
Že dolgo je znano, da je velikost telesa zvečer po končanem delovnem dnevu manjša kot zjutraj pred začetkom dela. Če izhajamo iz dejstva, da se medvretenčne ploščice čez dan pod vplivom bremena skrčijo, sklepamo, da na dolžino hrbtenice vpliva obremenitev telesa. Bolj ko so medvretenčne ploščice obremenjene, več tekočine izgubijo. Če je ta predpostavka pravilna, lahko glede na meritve velikosti telesa določimo funkcionalno obremenitev hrbtenice. Raziskave Anthoffa, Brinckmanna in sodelavcev so potrdile pomemben vpliv drže telesa na velikost telesa (slika 9).

Rezultati se sicer le delno nanašajo na sklepanje o meritvah pritiska v diskusu med L3 in L4. Veliko jasneje je, da je pokončen stoječi položaj ali pokončno sedenje za zdravo hrbtenico bolj neugoden kot sedenje z ukrivljenim hrbtom, pri čemer je celotna hrbtenica v stoječem položaju najbolj obremenjena, kar se pokaže tudi z največjim zmanjšanjem hrbtenice. Torej ti rezultati podpirajo teorijo, da je primeren način sedenja tisti, pri katerem je posamezniku najbolj udobno. Vpliv sedenja na dolžino hrbtenice sta preučevala tudi Leiveseth in Drerup,¹³ ki sta ugotovila, da je dolžina hrbtenice odvisna od njene obremenitve. Njun poizkus je pokazal, da se hrbtenica manj zmanjša, če človek sedi. Hrbtenica človeka, ki dela stoje, se

skrajša za približno 0,8 mm po posameznem ledvenem disku, medtem ko se med sedečim delom hrbtenica zmanjša nekoliko manj (0,3 mm po posameznem ledvenem disku). Glede na povedano sta ugotavljala omenjeno odvisnost dolžine hrbtenice od obremenitve hrbtenice predvsem v ledvenem delu. Seveda pa je obremenjevanje diskov zgolj eden izmed potencialnih faktorjev, ki povzročajo bolečino v križu. Raziskavo so nadgradili D. L. Deursen et al,¹⁴ ki so postavili ničelno hipotezo, da tip stola nima vpliva na dolžino hrbtenice, in alternativno hipotezo, da tip stola ima vpliv na dolžino hrbtenice. S tipom stola so mislili na »statičen« in »dinamičen« pisarniški stol. Raziskava je pokazala, da sedenje na dinamičnem stolu ugodno vpliva na dolžino hrbtenice in zmanjšanje obremenitev v hrbtnem delu, kar nakazuje možnost uporabe takega stola v terapevtske namene. Stol z rotirajočim sedalom pa lahko deluje tudi preventivno in zmanjša možnost pojavljanja bolečin v križu. Razlog za tak rezultat je po mnenju avtorjev v dejstvu, da imajo intervertebralni diski pri sedenju človeka na dinamičnem stolu sposobnost povečanja debeline zaradi boljše prehrane, zaradi česar pride do večjega pritiska, nabrekliosti v telesu medvretenčnih ploščic, to pa posledično privede do spremembe v dolžini hrbtenice. Z biološkega vidika je sodoben človek še vedno enak človeku iz preteklosti, ki za brezhibno delovanje svojega telesa (mišični aparat) potrebuje veliko gibanja. Pri sodobnem načinu življenja moramo razmišljati o načinih, kako nadoknaditi izgubo motoričnih dražljajev, kako ustvariti priložnosti za gibanje. Izraz dinamično sedenje pomeni način sedenja, pri katerem z menjanjem položaja omogočimo različnim mišičnim skupinam izmenično obremeni-



Slika 8: Vpliv naslonjala na pritisk v disku L3/L4 (Andersson)¹²



Slika 9: Spremembe dolžine telesa po daljšem zadrževanju v nekem določenem položaju v primerjavi s sproščenim sedenjem (Anthoff, Brinckmann)¹²

tev in relaksacijo. Ugotavljanje in raziskovanje teh biomehaničnih procesov predstavlja eno izmed glavnih točk raziskovanja oblikovno-konstrukcijskih lastnosti stola. Nastajajo osnove tovrstnega načina oblikovanja in razvijajo se nove oblike delovnih stolov, ki posameznika ne prisilijo v statičen sedeči položaj, temveč mu pomagajo, da sedi na dinamičen način s »popolno uravnoteženim telesom«.⁸

V preteklosti so številni avtorji ugotavljali vpliv sedežev, ki so omogočali večjo mobilnost telesa med sedenjem, in drugih, ki mobilnosti niso omogočali. Zaključili so, da sedež na položaj telesa nima vpliva, saj se bo položaj spremenil, ko oseba občuti nelagodje in bolečino. Van Deursen et al.¹⁵ so v svoji raziskavi preizkusili novo tehniko ergonomije sedenja, nepretrgano pasivno gibanje (CPM - continuous passive motion). To uporabljajo številna podjetja, med drugimi tudi podjetje BMW, ki svoj avtomobilski sedež imenuje Aktivsitz™. Omenjena raziskava se osredotoči na rotirajočo tehniko CPM (rotiranje okrog svoje osi), pri kateri del sedeža, na katerem sedimo, omogoča pasivno gibanje. Avtomatiziran modul giblje sedež v rahlem sinusoidnem, rotirajočem se gibanju. Medtem ko je opora za hrbet fiksirana, se v ledvenem delu hrbtenice vršijo rahli premiki okrog osi.

Raziskovalci so bili navdušeni nad ugotovitvijo, da lahko ekstremno majhna rotacija sedeža (0,6°) v horizontalni ravnini, ki posledično vpliva na rotacijo medeničnega dela, znatno vpliva na olajšanje bolečin ljudem s težavami v križu. Razlog za olajšanje naj bi bil v dejstvu, da se s spreminjanjem obremenitev v različnih delih hrbtenice pospešuje izmenjava tekočin in povečuje prehranjevanje hrbtenice kot v največjem delu človeškega telesa, ki ni prekrvavljen.¹⁵

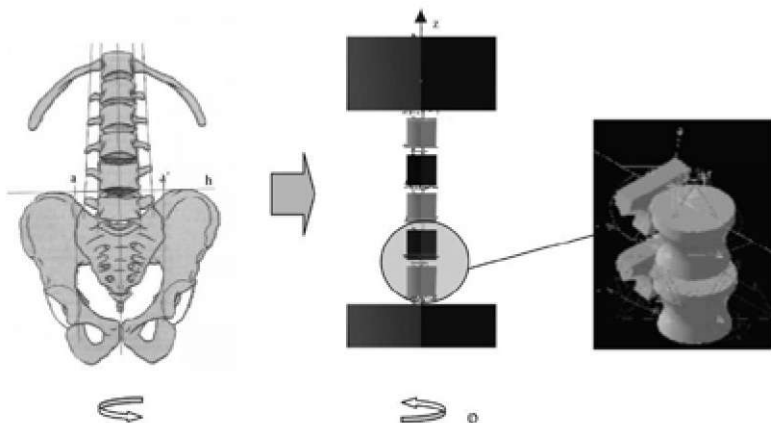
3.3 Sedenje z ohranjanjem ledvene lordoze

Nekateri avtorji zagovarjajo dejstvo, da je pri sedenju

zaželen lordotičen položaj. Zato jih je zanimalo, kako vplivata nagib sedala in hrbtne opore (naslonjala) na kote v sklepah L4/L5, L3/L4, L2/L3, L1/L2 in s tem posledično na lordotični položaj.¹⁶ Ugotovili so, da je ledvena lordoza močno odvisna od nagiba obeh omenjenih faktorjev. Ko so v svojem poskusu povečevali nagib sedala (slika 11), se je lordoza zmanjševala. V prvem primeru je pisarniški stol omogočal zgolj nagib naslonjala. S povečevanjem nagiba se je lordoza zmanjševala (pri 0° nagibu sedala - nagib v sklepu L4/L5: 13,4° --> pri 19,5° nagibu sedala - nagib v sklepu L4/L5 : 6,6° - slika 11). Za primer tega stola so avtorji ugotovili tudi negativno odvisnost lordoze od višine naslonjala in debeline naslonjala v ledvenem delu. Debelejše ko je bilo naslonjalo v ledvenem delu (večja lumbalna podpora naslonjala), večja je bila lumbalna lordoza. Povečanje višine naslonjala ohranja lordozo lumbalne hrbtenice.

V primeru številka 2 so avtorji ugotovili, da se s hkratnim spreminjanjem naklona sedala in naslonjala lordoza ohrani, vpliv višine naslonjala na lordozo pa se močno zmanjša.¹⁶ Implikacija zgoraj predstavljenih ugotovitev je, da je treba (če seveda tako kot številni raziskovalci menimo, da je ohranjanje lordoze pri sedenju pozitivno) izbrati tak stol (če ni na voljo tisti, ki ima usklajen nagib med sedalom in naslonjalom), ki ima debelejši ledveni del naslonjala in višje naslonjalo. Mišično delo hrbtnih mišic v predelu torakalne in lumbalne hrbtenice med sedenjem z različnimi nagibi naslonjala so izmerili z EMG (slika 13). Rezultati so pokazali, da je mišično delo najvišje pri stoji in pri pokončnem, nepodprtem načinu sedenja. Pri sproščenem načinu sedenja z ukrivljenim hrbtom (»slumped sitting«) je aktivnost mišic padla na komaj še zaznavno vrednost. Torej pri tovrstnem načinu sedenja hrbtenico bolj kot aktivne hrbtne mišice podpirajo ligamenti in hrbtenični sklepi. Pri sedenju z naslonjalom se je pokazalo, da

Razvoj in znanost



Slika 10: Biomehanični model - interpretacija telesa (medenica, ledvena hrbtenica in trup) kot poenostavljen rigidni sistem samo z možnostjo aksialne rotacije in vertikalnega premika sklepov med vretenci (Van Deursen et al)¹⁵

pritisek v medvretenčni ploščici popušča vzporedno z naraščanjem aktivnosti hrbtne muskulature.¹²

3.4 Bolečina v križu

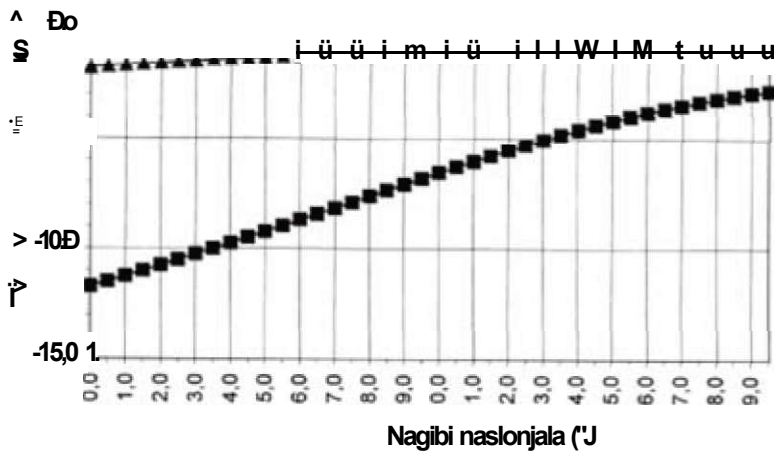
Opravljenih je bilo veliko raziskav, da bi ugotovili potencialne prediktorje bolečin v križu. Pokazale¹¹ so, da je bolečina v križu v večjem deležu prisotna v skupini preiskovancev, ki pri delu uporabljajo več mišic, kot je potrebno. Večjo kompresijo hrbtenice lahko razlagamo s povečano mišično tenzijo, kar je pogosto povezano z bolečino v križu. Veliko avtorjev, ki jih v svojem članku navedejo O'Sullivan et al,¹⁷ je s svojim raziskovalnim delom pokazalo, da je zmanjšanje vzdržljivosti hrbtnih mišic statistično značilen prediktor pojavljanja novih epizod bolečin v križu. To pojasnjujejo z dokazi o sposobnosti mišic, da zmanjšajo obremenitev pasivnih struktur (ligamentov, lumbodorzalne fascije), da vzdržujejo vzravnanano držo hrbtenice ves dan in da so aktivne pri

upravljanju številnih manualnih del (dvigovanje, prenašanje predmetov ...). Kljub temu do sedaj ni veliko raziskav, ki bi potrdile, da igra položaj ledvenega dela hrbtenice odločilno vlogo pri pojavljanju in razvoju bolečin v križu.¹⁷ O'Sullivan et al povzemajo tudi rezultate raziskav avtorjev Dieack et al iz leta 1985, Raine in Twomey 1994 ter Hartvigsen et al 2000, ki v svojih kliničnih raziskavah niso našli povezave med položajem hrbtenice, disfunkcijo mišic trupa in bolečinami v križu. Zato so tudi sami izvedli raziskavo, s katero so poskušali prej omenjeno preveriti v skupini industrijskih delavcev, ki so tarnali zaradi bolečine, ki jo je povzročila dolgotrajna fleksija hrbtenice. Slika 14 prikazuje močno upognjeno hrbtenico v primeru sedenja z ukrivljenim hrbtom («slumped sitting»). Ta položaj je bil eden od številnih, ki so ga morali zavzeti testiranci v raziskavi.

Raziskovalci so ugotovili veliko manjšo vzdržljivost hrbtnih mišic pri skupini bolnikov z bolečino v križu v primerjavi s kontrolno skupino, ki ni čutila bolečin v križu. Ko so primerjali skupini po kotih krčenja ledvenega dela, medtem ko so opazovanci zavzeli običajno držo med sedenjem, stanjem oziroma dvigovanjem bremena, niso ugotovili razlik med skupinama. Opazili pa so, da so opazovanci v skupini z bolečino v križu sedeli tako, da je bil nagib v medeničnem delu večji kot pri kontrolni skupini («običajna» drža). Tretja statistično značilna razlika se je pojavila, ko so primerjali kote ledvenega dela med opazovanci v obeh skupinah v položaju običajnega sedenja. Ugotovili so, da opazovanci z bolečino v križu sedijo veliko bolj sključeno, kar govori o bolj pasivnem sedenju. Avtorji članka so zaključili, da ljudje, ki imajo težave s spodnjim delom hrbta, podzavestno (iz navade) zavzamejo sedeč položaj, ki potencialno povzroča bolečino. Podzavestno obremenjevanje tkiva, ki je bolj občutljivo in povzroča bolečino, lahko vodi v kronično obolenje spodnjega dela hrbta. Poleg testa so izvedli tudi vprašalnik, s katerim so ugotovili, da so bili posamezniki, ki so

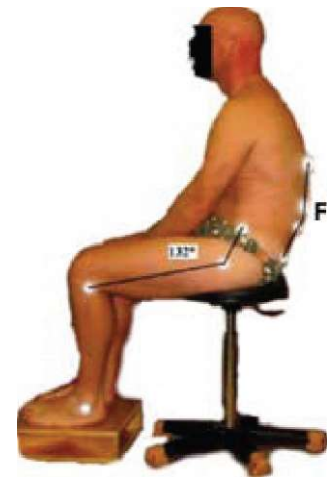


slika 11: Žični model na dveh različnih pisarniških stolih in vpliv nagiba sedala na lordotični položaj hrbtenice (Lengsfeld et al)¹⁶

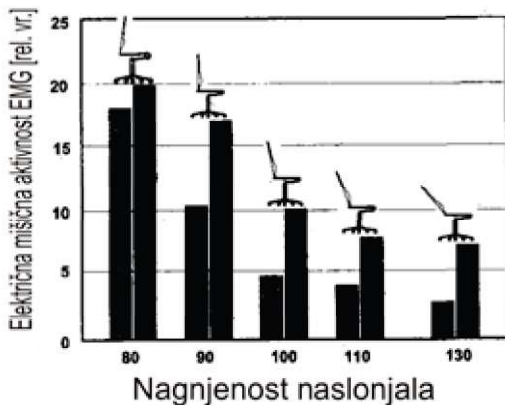


slika 12: Nagibi v ledvenih sklepkih ob spreminjanju nagiba sedala (Lengsfeld et al)¹⁶

-L4-L5
-U3-U
-L2-L3
-U -L2



slika 14: Prikaz kotov v ledvenem delu in bokih med sedenjem z »ukriviljenim« hrbtom; eden izmed položajev (F = fleksija), ki so ga testiranci zavzeli med raziskavo (O'Sullivan et al)¹⁷



slika 13: Vpliv kota med sedalom in naslonjalom na električno aktivnost hrbtne miškulature pri stolu z nastavljivim naslonjalom (levo: ledveno področje, desno: prsno področje; (Andersson)¹²

imeli težave s hrbtom, manj telesno aktivni. Avtorji so še zapisali, da opazovanci niso imeli težav s hrbtom, ko so bili testirani v stoječem položaju.¹⁷

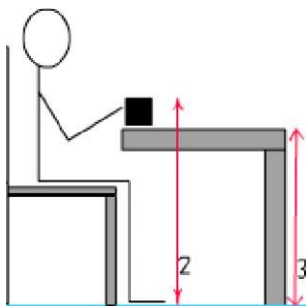
V strokovnih revijah lahko najdemo veliko raziskav na temo bolečin v križu, med njimi je tudi raziskava Challagana in Dunka.¹⁸ Avtorja zapišeta, da je dolgotrajno sedenje pogosto opredeljeno kot vzrok za bolečine v križu, vendar ta teza ni preverjena. Razlog, zakaj naj bi bila bolečina v hrbtu povezana s sedenjem, je v tem, da je ledveni del hrbtenice ukrivljen. Ligamenti in mišice pa so najpogostejši vzroki bolečine v križu. Avtorja sta opredelila fenomen FR (flexion-relaxation) in ga izpostavila kot potencialen vzrok za nastajajočo bolečino. Fenomen FR nastane, ko pride do dolgotrajnejšega obremenjevanja pasivnih struktur. Zadevo sta razložila na primeru sedenja in postavila hipotezo. Obremenjevanje mišic, ki so npr. v sedečem položaju zelo malo aktivne, povzročata bolečino. Majhna aktivnost mišic v smislu zmanjšane krčenja in raztezanja (do 2 %, ki je opredeljeno kot maksimalno prostovoljno krčenje) lahko prepreči transport kisika v mišice, kar je lahko vir bolečine in poškodbe, povezane z dolgotrajnim stanjem zakrčenosti. Challagan in Dunk članek zaključita z razpravo o potencialnem nastanku bolečine. Bolečina naj bi se pojavila zato, ker prsni del mišice erector spinae prečka ledveni del hrbtenice in sproži navor v sklepu L4/

L5. Odziv erektorja spine v prsnem delu je torej odvisen od položaja in kotov v ledvenem delu hrbtenice, ko človek zavzame položaj sedenja. Ukrivljeno sedenje («slumped sitting») bo verjetno povečalo navor v ledvenem delu hrbtenice, saj se center gravitacije zgornjega dela telesa premesti v sklep L4/L5. Ker se aktivnost ledvenih mišic ne poveča in ker se zmanjša aktivnost mišic v prsnem delu, je verjetno, da bodo pasivna tkiva (ligamenti, lumbodorsalna fascija) prevzela obremenitveni navor. Če so ligamenti obremenjeni in če morajo nositi breme dlje časa, kar je lahko vzrok za mravljinčenje v ledvenem delu hrbtenice, lahko to stimulira bolečinske receptorje in povzroči bolečino v križu, povezano s sedenjem.¹⁸

4 oblikovanje sedečega delovnega mesta

Če gledamo s fiziološkega stališča, ima sedenje nasprotno prednost pred stanjem, ker je pri sedenju obremenitev manjša. Povsem razumljivo je, da morajo biti dimenzije delovnega mesta in vseh predmetov na njem take, da lahko človek s svojimi telesnimi merami normalno, torej brez nenaravnih, prisiljenih, skrčenih, iztegnjenih in drugih nenormalnih telesnih drž, biva in dela na delovnem mestu. Če želimo to doseči, moramo delovno mesto dimenzionirati po človekovih telesnih merah. Pri sedenju razlikujemo naprej nagnjeno držo (pri pisanju, fini montaži),

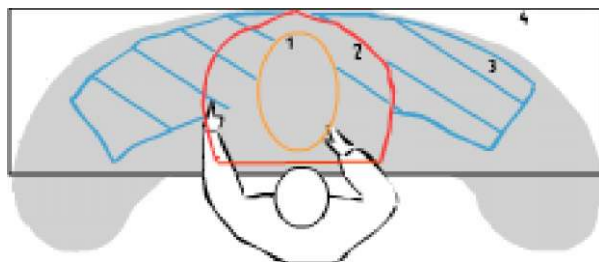
Razvoj in znanost



Slika 15: Oblikovanje delovnega mesta z določanjem višine sedeža (1), delovne višine (2), višine delovne površine (3); povzeto po Polajnar, Verhovnik¹⁹

vzravnano držo in nazaj nagnjeno držo (poslušanje predavanj, delo v kontroli).¹⁹ Za zadrževanje lumbalne lordoze in posledično zmanjšane napetosti dorsalnih erektorjev oziroma pritiska v medvretenčnih ploščicah obstajata dva principa: lumbalna podpora in rotacija medenice naprej s povečanjem kota med stegni in trupom oziroma naprej nagnjenim sedežem. Kateri rešitvi bomo dali prednost, je odvisno od delovne naloge.²⁰ Kjer koli se da, omogočimo individualno prilagoditev dimenzij delovnega mesta telesnim meram človeka, ki dela na tem delovnem mestu. Kjer to ni mogoče, moramo dimenzije delovnega mesta izbrati po telesnih merah največjih ljudi, npr. pri dimenzioniranju prostora za noge pod mizo, oziroma najmanjših ljudi, npr. določitev prijemalnega prostora. Nepravilne dimenzije delovnega mesta pri sedeči drži povzročajo statične obremenitve predvsem vratnih in hrbtih mišic, kar pripelje do hitre utrujenosti mišic.²¹ Pri oblikovanju delovnega mesta posebej določimo primerno višino sedeža, delovno višino, višino delovne površine in prijemalni prostor. Delovna višina je tista, na kateri morajo biti delovni predmeti, ki jih je treba opazovati ali obdelovati. V sedečem položaju se meri od sedežne površine. Delovne višine ne moremo enačiti z višino mize, kajti v danem primeru moramo upoštevati, kako visoki so delovni predmeti ali priprave, na katerih se dela, in je zato višina mize ustrezno nižja ali sedežna višina višja. Pri ugotavljanju delovne višine ima pomembno vlogo način dela.¹⁹ Delovno področje rok (prijemalni prostor) določa tisti del ravnine, ki ga človek doseže z rokami. Pri enotnem oblikovanju delovnega področja le-tega dimenzioniramo glede na najmanjšega človeka, ki bi delal na obravnavanem delovnem mestu. Vseh con prijemalnega prostora ne moremo enako dobro doseči.²¹ Za oblikovanje delovnega mesta je pomemben presek delovnega področja z vodoravno površino na delovni višini. To je tisti del ravnine, ki ga človek doseže z iztegnjeno oziroma skrčeno roko. V tako omejen prostor moramo locirati vse predmete, ki jih mora človek pri svojem delu doseči.²² Pri oblikovanju delovnega mesta za sedeče delo zasluži stol posebno skrb. Delovni stol mora biti ustrezno dimenzioniran in oblikovan. Večina sodobnih ugotovitev temelji na spoznanjih o dinamičnem sedenju.

Zahteve pri oblikovanju tovrstnega stola temeljijo na medsebojno interaktivnem reševanju nožišča, sistema za namestitvev sedala, naslonjala za hrbet in glavo in naslona za roke.⁸ Stol mora biti dovolj stabilen, kar dosežemo s pravilno obliko nog oziroma podstavka. Imeti mora možnost za dovolj preprosto in hitro spreminjanje višine sedeža in naslona za hrbet. Sedišče mora biti spredaj zaobljeno, da ne pritiska na stegno, globina sedala pa dve tretjini stegna. Koristno je, če je sedišče elastično, zlasti kadar je potrebno pogosto vstajanje s stola in sedanje nazaj. Nekateri avtorji predlagajo, naj bo sedišče nagnjeno nekoliko naprej, zlasti pri tistih delih, pri katerih človek lahko roke (komolce) nasloni na delovno mizo.²¹ Na takem stolu telo zavzame položaj za maksimalno razbremenitev hrbtenice. Ugodno za hrbtenico je, da pogosto menjamo položaj med sedenjem, pomemben pa je tudi počitek, in sicer tako, da sedimo pod velikim kotom med sedalom in naslonjalom. To omogočimo z nagibom zadnje površine sedala oziroma pri vpogibu spodnjih udov v kolkah za manj kot 70 stopinj. Pomembna je tudi razbremenitev medvretenčnih ploščic z zravanjem in podporo trupa z naslonjalom, prav tako tudi zmanjšanje stalne statične obremenitve medvretenčnih ploščic in hrbtne miškulature z upoštevanjem koncepta sinhronomehanike, torej dinamičnega sedeža, ko sedež dovoljuje pogosto menjavanje med naprej nagnjeno, vzravnano in nazaj nagnjeno držo. Zmanjšanje pritiska na kožo stegna, zadnjice in hrbta dosežemo z ustreznim oblazinjenjem in izoblikovanjem sedala in naslonjala ter nastavljanjem višine sedeža. Pritisku na žilje in živce se izognemo z oblikovanjem okroglega sprednjega dela sedala. Dobro funkcionalnost sedeža zagotovimo z enostavno ročico za nastavljanje višine in dinamike sedeža. Primerno trenje med kolesci stola in podlago ter navpična os vrtenja stola omogočata stabilnost stola.⁸ Številni strokovnjaki med dolgotrajnimi obremenitvami medvretenčnih ploščic priporočajo razbremenitev, bodisi s stoječim položajem ali z zravnanim sedenjem s podprtimi rokami. Vendar je dolgotrajen stoječ položaj in tudi aktivno sedenje brez naslonjala prehud zalogaj za sicer vztrajne hrbtne mišice. V te namene se razvijajo



Slika 16: Delovno področje rok - prijemalni prostor - cona 1: središčne delovnega mesta; cona 2: razširjeno središče delovnega mesta; cona 3: področje, ki ga doseže le ena roka; cona 4: razširjeno področje enoročnega dosega (povzeto po Polajnar, Verhovnik)²²

stoli, ki nudijo zadnji položaj sedenja z delno razbremenitvijo hrbta z nastavljenim naslonjalom. Razvijajo se tudi stoli z različnimi oblikami sedalnih ploskev in naslonjal, na primer stol z deljenim naslonjalom, ki ne ustvarja pritiska na zadnje odrastke vretenc, stol z vzmetenim ali nihajočim sedalom. Stol z naprej nagnjenim sedalom in naslonom za kolena spodbuja vzdrževanje ledvene lordoze. Za t. i. aktivno sedenje se uporablja žoga za sedenje, pri kateri je pomembno stalno vzdrževanje ravnotežja, pri čemer so mišice hrbta aktivne in se na ta način krepijo.¹² Tako imenovano aktivno sedenje, ki teoretično temelji na lastnostih oziroma prednostih sedenja na žogi, omogoča telesu ne samo večjo svobodo prostega gibanja, ki je v skladu z mentalno aktivnostjo, temveč tudi neprestano aktivnost največ ledvenih hrbtih mišic, kar ugodno vpliva na cel organizem. Aktivno sedenje nudi številne nove možnosti, ki pa še niso povsem raziskane.⁸

5 Razprava

Dolgotrajno sedeče delo je povezano predvsem z bolečino v vratnem in ledvenem delu hrbtenice. V našem prispevku smo se usmerili predvsem na bolečino v ledvenem delu hrbtenice. Podatki IVZ1,^{2, 3 4} kažejo, da so bolezni mišično-kostnega sistema in vezivnega tkiva v letih 2004-2007 predstavljale najvišji odstotek bolniškega dopusta med vsemi boleznimi, klasificiranimi po MKB-10, določen del tudi na račun dolgotrajnega sedečega dela. Vendar pa je poznavanje povezave med delovnim mestom in zdravstvenimi težavami zaposlenih velikokrat zanemarjeno. Prevalenca bolezni gibal narašča s starostjo zaradi staranja prebivalstva. Pomemben dejavnik tveganja za nastanek bolezni gibal je tudi življenjski slog. Obstaja povezava med indeksom telesne mase in bolečinami v spodnjem delu hrbta. Ljudje z manjšo telesno maso imajo manj bolečin v hrbtu kot tisti z večjo telesno maso. Dolgo časa je veljalo mnenje, da je položaj telesa pri sedenju za hrbtenico bolj obremenjujoč kot tisti pri stanju. V članku smo argumentirali, zakaj ni tako. Vzravnano sedenje (ohranjanje lordoze ledvenega dela med sedenjem), ki smo se ga učili v šoli ali doma, naj bi bilo tisto »pravo« sedenje, ki človeka obvaruje pred bolečino v križu. Avtorji glede tega niso enotni.

Meritve pritiskov v medvretenčnih ploščicah so pokazale, da je pritisk na medvretenčne ploščice pričakovano najmanjši v ležečem položaju. Pokončna sedeča drža močno poveča pritisk. Pri naprej upognjeni sedenji drži se pritisk na diske močno poveča. Pojavilo se je tudi več rezultatov raziskav, ki so govorile o tem, da je gibanje sedala med sedenjem zaželeno. Takšno gibanje povečuje prehranjevanje diskov, zmanjšuje obremenitev hrbtenice in jo zato podaljšuje (če je oseba prej stala). Nekatera podjetja so omenjen koncept vpeljala tudi v svoje izdelke (npr. BMW). Navedli smo, da so nekateri raziskovalci izhajali iz dejstva, da je lordoza v ledvenem delu pozitivna, zato so ugotavljali, kako jo lahko ob različnih modelih stolov in nagibih ohranijo. Ohranjanje lordoze pri sedenju na stolu, pri katerem se prilagaja samo nagib sedeža, je težavno (lordoza se zmanjšuje z nagibom naslonjala, povečuje pa z debelino naslonjala v ledvenem delu in z višino sedala). Stoli, pri katerih se nagib sedala prilagaja nagibu naslonjala, pa lažje omogočajo sedečemu ohranjanje lordoze. Položaj hrbtenice ni nujno odločilen za nastanek bolečine v križu. Bolečina se razvije v tkivih, ki so prepletena z receptorji in ne v vretencih. Tako je dolgotrajna obremenitev pasivnih struktur (ligamentov, lumbodorzalne fleksije) tista, ki potencialno povzroča bolečino v križu. Sedenje z ukrivljenim oziroma upognjenim hrbtom z izravnavo ledveno lordozo (»slumped sitting«) obremeni medvretenčne ploščice in razbremeni majhne sklepe hrbtenice in hrbtne mišice. V tem primeru morajo delo mišic prevzeti posteriorni ligamenti. Za »zdrav« hrbet je taka obremenitev sicer povsem dopustna. Pri ljudeh, ki imajo okvaro medvretenčnih ploščic, pa je bolj zaželeno pokončno sedenje z zravnanim hrbtom s konkavno oblikovano ledveno hrbtenico, ki obremeni predvsem hrbtne mišice in majhne hrbtenične sklepe, ob tem pa razbremeni medvretenčne ploščice. Zelo pomembna je tudi telesna aktivnost in izvajanje počasnih gibov, ki pospešujejo pretok kisika v mišice in prehranjevanje diskov, kar zmanjšuje tveganje za nastanek bolečin v križu. Cilj ergonomskega oblikovanja je ureditev delovnega okolja, ki z zmanjševanjem psihofizičnih obremenitev zaposlenih, med katere sodi tudi sedenje na delovnem mestu, izboljša kako-

vost dela in delovnega okolja zaposlenih in ne nazadnje prispeva tudi k ekonomski učinkovitosti. Kot smo že omenili, je kakovost sedenja med zelo pomembnimi dejavniki za uspešnost pri delu. Razvoj se usmerja v odkrivanje novih, alternativnih načinov sedenja, ki naj bi na hrbtenico delovali čim manj statično.

Pri urejanju sedečega delovnega mesta na splošno veljajo naslednja pravila:

Med delom je treba večkrat v eni uri zamenjati položaj sedenja. Kontinuirano sedenje, čeprav v optimalnih ergonomskih pogojih, ni optimalno. Delovni položaj je treba spreminjati. Priporočljivo je, da se po vsakih 15 minutah sedenja za 2 minuti sprehodimo.²⁰ Menjava drže terja tudi menjavo aktivnosti mišic, da se odpočijejo in nato ponovno delujejo. Za zmanjšanje pojavnosti bolečin kot posledice sedečega dela pa je potrebno veliko gibanja in vaje za krepitev tako hrbtne kot tudi trebušne muskulature.

Priporočljiv je vrtljiv sedež z možnostjo aktivne drže (brez uporabe naslonjala) in pasivne drže (uporaba naslonjala) oziroma sedež s spreminjanjem naklona sedala in naslonjala obenem. Občasno sedenje na sprednji tretjini sedalne površine z zmanjšanim kotom med stegni in trupom zmanjša pritisk na področje trebuha in aktivira hrbtno muskulaturo. Opravljanje različnih dejavnosti znotraj organiziranega dela znatno zmanjšuje pogostost poškodb hrbta. Pri oblikovanju delovnega mesta je treba upoštevati ergonomski vidik (prijemalni prostor, doseg).

Včasih je zelo težko ugotoviti, da je vzrok težav zaposlenega neurejeno delovno okolje. Z ergonomskimi ukrepi, ki zahtevajo posebno znanje z izkušnjami strokovnjakov s tega področja (specialistov medicine dela), lahko za izboljšanje zdravja in delovnega okolja zaposlenih storimo zelo veliko.

Optimalno oblikovanje delovnega mesta pa ni zadosten ukrep za obvladovanje bolečin v hrbtenici, ki jih lahko poleg dela povzročajo tudi drugi dejavniki, kot so ostali fizični dejavniki (npr. telesna neaktivnost, prevelika telesna teža, dvigovanje bremen), psihični dejavniki (npr. odnos s sodelavci) in širše socialno okolje (npr. družinsko okolje).

viri

1. Evidenca začasne odsotnosti z dela zaradi bolezni, poškodb, nege in drugih vzrokov IVZ RS, 2007.
2. Evidenca začasne odsotnosti z dela zaradi bolezni, poškodb,

nege in drugih vzrokov IVZ RS, 2006.

3. Evidenca začasne odsotnosti z dela zaradi bolezni, poškodb, nege in drugih vzrokov IVZ RS, 2005.

4. Evidenca začasne odsotnosti z dela zaradi bolezni, poškodb, nege in drugih vzrokov IVZ RS, 2004.

5. Eidelson Stewart G., M. D.: Degenerative disc disease. [URL:<http://spineuniverse.com/displayarticle.php/article302.html>]

6. Rohlmann Antonius, Arntz Ulrike, Graichen Friedmar, Bergmann Georg: Loads on an internal spinal fixation device during sitting. *Journal of Biomechanics*, 34, 2001, str. 989-993.

7. A First Look At What's Been Missing in Full Spine Analysis of Spinal Biomechanics.

[http://www.advbiostructuralcorr.com/articles/analysis_primer/analysis04.htm]

8. Grbac, I. Domljan, D. Namještaj i zdrav život; *Sigurnost* 49 (3) 263-279 (2007); Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.d., Zagreb.

9. Čajevec, R. in sod.; *Medicina dela, prometa in športa, Priročnik, Celje* 2002; 62-64.

10. Rothmann, R. H., M. D., Ph. D.; Simeone, F. A., M. D.; *The spine; volume 1, Third Edition, Chapter 23, Lumbar spine disease*, 681-683.

11. Reischl, U., Weinsheimer, W.: Spine dynamics as a measure of risk for work-induced back pain; *Sigurnost* 47, (2) 105-109 (2005), Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti d.d., Zagreb.

12. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit, und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit, Richtig sitzen!, Gesundheitsschaden vermeiden durch Sitzgestaltung und Sitzhaltung, po študiji prof. dr. Helmuta Krügeja, dr. med., Muenchen 1995: 9-24.

13. Leivseth, G., Drerup, B.: Spinal shrinkage during work in a sitting posture compared to work in a standing posture. *Clinical Biomechanics*, vol. 12, no. 7/8, 1997, str. 409-418.

14. Deursen, van D. L., Goossens, R. H. M., Evers, J. J. M., Helm van der, F. C. T., Duursen, L. L. J. M.: Length of the spine while sitting on a new concept for an office chair. *Applied Ergonomics*, 31, 2000, str. 95-98.

15. Deursen, van D. L., Lengsfeld, M., Snijders, C. J., Evers, J. J. M., Goossens, R. H. M.: Mechanical effects of continuous passive motion on lumbar spine in seating. *Journal of Biomechanics*, 33, 2000, str. 695-699.

16. Lengsfeld, M., Frank, A. Deursen, van D. L., Griss, P.: Lumbar spine curvature during office chair sitting. *Medical Engineering & Physics* 22, 2000, str. 665-669.

17. O'Sullivan, B. Peter, Mitchell, Tim, Bulich, Paul, Waller, Rob, Holte, Johan: The relationship between posture and back muscle endurance in industrial workers with flexion-related low back pain. *Manual Therapy*, 8, 2005, str. 1-8.

18. Callaghan, P. Jack, Dunk, M. Nadine: Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spinae muscles during short duration slumped sitting. *Clinical Biomechanics* 17, 2002, str. 353-360.

19. Polajnar, A., Verhovnik, V.: Oblikovanje dela in delovnih mest za delo v praksi; 1999, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru, 5-8.

20. Sušnik, J.: *Ergonomska fiziologija, Didakta*, 1992; 235-243.

21. Mikeln, P.: *Ergologija 1, Splošne in ergonomske osnove urejanja dela, Fakulteta za organizacijske vede, Založba Moderna organizacija*, 34-46.

22. Polajnar, A., Verhovnik, V.: *Oblikovanje dela in delovnih mest, 2000, Fakulteta za strojništvo, Univerza v Mariboru*, 36-52.