

Akutna netravmatska tetraplegija zaradi hernije cervikalne medvretenčne ploščice: Pomen urgentne mikrodisektomije – Prikaz primera.

Sudden nontraumatic tetraplegia associated with cervical disc herniation: Importance of emergent microdiscectomy – Case report.

Andrej Porčnik, Borut Prestor

*Klinični oddelek
za Nevrokirurgijo,
Univerzitetni Klinični
center Ljubljana*

Korespondenca/ Correspondence:

Andrej Porčnik,
e: andrej.porcnik@kclj.si

Ključne besede:

netravmatska
tetraplegija; hernija
medvretenčne ploščice;
mikrodisektomija

Key words:

nontraumatic tetraplegia;
intervertebral
disc herniation;
microdiscectomy

Citirajte kot/Cite as:

Zdrav Vestn 2014;
83: 638–43

Prispelo: 12. sept. 2013,
Sprejeto: 26. maj 2014

Izvleček

Izhodišče: Hernija vratne medvretenčne ploščice je izjemno redek vzrok nenadne netravmatske para- ali tetraplegije in zahteva urgentno obravnavo. Prikazujemo redek primer nenadne netravmatske tetraplegije, nastale zaradi hernije vratne medvretenčne ploščice brez predhodno obstoječe stenoze spinalnega kanala ali mielopatije. Namen prispevka je osvetliti mehanizem nastanka nevrološke okvare in poudariti pomen hitre kirurške dekompresije.

Prikaz primera: 37-letni moški je bil obravnavan v urgentni nevrološki ambulanti zaradi nenadno nastalega in hitro napredujočega poslabšanja mišične moči v zgornjih in spodnjih udih. Poškodbe vratne hrbtenice ni navajal. Klinična slika je ustrezala sindromu prizadetosti sprednje spinalne arterije – med obravnavo se je razvila tetraplegija od ravni C6 navzdol. Magnetno resonančno slikanje (MRI) vratne hrbtenice je pokazalo veliko hernijo medvretenčne ploščice v višini C5-C6, ki je močno utesnjevala hrbtenjačo. Narejena je bila urgentna mikrodisektomija medvretenčne ploščice C5-C6. Po operaciji se je nevrološko stanje hitro in popolnoma popravilo. Stanje je ostalo dobro ves čas šestletnega sledenja bolnika.

Zaključek: V diferencialni diagnozi nenadne netravmatske para- ali tetraplegije moramo vedno imeti v mislih tudi hernijo vratne medvretenčne ploščice. K nastanku akutne tetraplegije lahko pomembno prispeva pritisk hernije medvretenčne ploščice na sprednjo spinalno arterijo,

ki povzroči ishemijo sprednjega dela hrbtenjače. Ključna je takojšnja potrditev kliničnega suma z MRI vratne hrbtenice in nato čim hitrejša kirurška dekompresija z mikrodisektomijo.

Abstract

Background: Cervical disc herniation is a rare cause of nontraumatic para- or tetraplegia and as such represents a true emergency. We present a case of acute nontraumatic tetraplegia secondary to cervical disc herniation with no associated previous spinal stenosis or previous signs of myelopathy. The aim of this case report is to discuss the pathophysiology of acute tetraplegia and to highlight the need for urgent surgical decompression.

Case report: A 37-year old man presented with a sudden onset of muscle weakness in the arms and legs that quickly progressed. He had no history of head and neck trauma. The clinical picture was consistent with the anterior spinal cord syndrome – he finally developed acute C6 tetraplegia. Magnetic resonance imaging revealed a large cervical disc herniation of the C5-C6 cervical disc. The cervical spine was compressed dorsally. Microdiscectomy C5-C6 was performed. His neurological condition improved within few days after the operation. During the six-year postoperative follow-up period he remained symptom free.

Conclusions: Cervical disc herniation should be considered in the differential diagnosis of acute nontraumatic para- or tetraplegia. Cervical her-

niation can cause diminished blood supply to the anterior spinal artery and anterior spinal cord ischaemia. Immediate magnetic resonance

imaging and early decompressive surgery is recommended to avoid irreversible neurological deficit.

Uvod

Netravmatska cervikalna okvara hrbtenjače ali akutna mielopatija, ki lahko vodi v razvoj tetraplegije, je najpogosteje posledica vnetnih sprememb,¹ okužb,² tumorjev,^{3,4} in motenj prekrvitve.⁵ Hernija vratne medvretenčne ploščice kot vzrok akutne netravmatske mielopatije je v literaturi redko opisana.⁶⁻¹⁶ V večini opisanih primerov je herniacija povzročila paraplegijo, okvara pa je večinoma nastala ob že prej obstoječi stenozi spinalnega kanala vratne hrbtenice. Akutna netravmatska tetraplegija zaradi hernije vratne medvretenčne ploščice brez prej obstoječe stenoze spinalnega kanala je bila opisana samo enkrat.¹⁴ V prispevku predstavljamo primer nenadne tetraplegije pri mladem bolniku, katere vzrok je bila hernija medvretenčne ploščice na ravni C5-C6, in sicer brez zunanje poškodbe vratu ali jasne predhodne stenoze vratnega spinalnega kanala. Razpravljamo o mehanizmu nastanka akutne netravmatske tetraplegije in poudarjamo pomen hitre klinične in radiološke diagnostike ter urgentne mikrodiskotomije, ki je v našem primeru vodila do popolnega okrevanja.

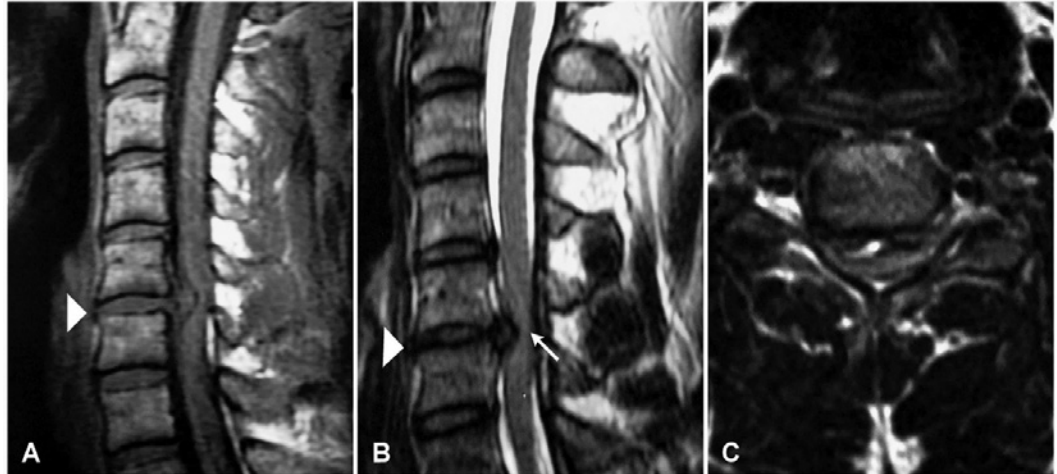
Prikaz primera

37-letni do takrat zdrav desnični moški je bil obravnavan v urgentni nevrološki ambulanti zaradi poslabšanja mišične moči v rokah in nogah. Pet tednov pred pregledom je po sunkovitem pogledu navzgor začutil pekočo bolečino v vratu s sevanjem v vse štiri ude. Težave so po nekaj minutah izzvenele. Tri tedne pred pregledom je začutil diskretno mravljinčenje v rokah, posebno v dlaneh, ki ga je pripisoval delu za računalnikom ter manjši telesni dejavnosti. Teden dni pred pregledom ga je pričelo rahlo mravljinčiti tudi v nogah. Dva dni pred pregledom je opazil nekoliko slabšo mišično moč v zgornjih in spodnjih udih, na dan pregleda pa izrazito pešanje moči v nogah, pojavila se

je tudi bolečina v vratu. Pol ure pred pregledom je še lahko samostojno hodil, kasneje pa le s pomočjo druge osebe. Vodo je zadnjič odvajal zjutraj, kasneje pa ne več, kar je povezoval z dejstvom, da čez dan ni ničesar spil. Do sedaj ni imel nevroloških motenj v smislu radikulopatij ali mielopatije. Poškodbe vratne hrbtenice ali glave ni doživel. V zadnjem obdobju ni prebolel infekcijskih bolezni. V družini ni bilo posebnih nevroloških ali psihiatričnih bolezni.

Ob pregledu je bil pri zavesti, popolnoma orientiran, brez motenj govora, razumevanja ali mišljenja. V področju možganskih živcev ni bilo izpadov. V zgornjih udih je bila groba mišična moč v proksimalnih mišičnih skupinah normalna, v komolcih nekoliko zmanjšana, v distalnih mišicah pa močno zmanjšana (ekstenzija dlani in prstov je bila bolj okvarjena kot fleksija). Miotatični refleksi so bili živahni. V spodnjih udih so bili oslavljeni vsi gibi v kolčnem in kolenskem sklepu (v slednjem bolj oslabljen fleksija kot ekstenzija). Spodnje ude je zmožel samostojno dvigniti do 75 stopinj. Miotatični refleksi so bili živahni, plantarna odziva sta bila nema. Mišični tonus je bil blago spastično povišan. Povrhnji trebušni refleksi so bili normalno izzivni. Po udih je navajal občasno mravljinčenje. Sensorika je bila ohranjena za vse kvalitete. Samostojna hoja ni bila možna. Po urinskem katetru je priteklo 800 ml zaostalega urina. Dogovorili smo se za magnetnoresonančno slikanje (MRI), vratne hrbtenice. Bolnikovo stanje se je hitro slabšalo – pred preiskavo, ki je bila izvedena tri ure po pregledu, je spodnja uda le še komaj dvignil od podlage. MRI vratne hrbtenice je pokazala veliko centralno hernijo medvretenčne ploščice v višini C5-C6 (Slika 1). Hrbtenjača je bila stisnjena za polovico prečnega preseka, v njej pa je bila vidna do 10 mm velika sprememba v segmentu C5-C6, ki bi lahko predstavljala oteklino ali ishemijo hrbtenjače. Jasne mielomalacije

Slika 1: MRI vratne hrbtenice je v sagitalni ravnini pokazala dorzalno hernijo medvretenčne ploščice na višini C5-C6 (glava puščice) v T2 (A) in T1 relaksacijskem času (B). Na mestu spremembe je v hrbtenjači viden povišan signal (puščica) v T2 relaksacijskem času (B). V transverzalni ravnini je vidna kompresija hrbtenjače na višini C5-C6 za več kot polovico njene debeline (C).



ni bilo. Na ravni C4-C5 je bilo vidno manjše izbočenje medvretenčne ploščice. Degenerativne ali kongenitalne stenoze spinalnega kanala ni bilo. Po opravljeni MRI vratne hrbtenice sta postala spodnja uda plegična. Na zgornjih udih so ostali gibi v ramenih simetrično močni, v komolcih je bila prisotna šibka fleksija, ekstenzija je bila odsotna. Distalno od komolcev je bila gibljivost odsotna. Mravljinčenje po rokah in nogah se je okrepilo. Globoka sensorika, občutek za vibracijo, položaj sklepov ter razlikovanje dveh točk so bili ohranjeni, slabše pa je začel zaznavati bolečino. Analni in bulbokavernozni refleksi sta bila odsotna. Šest ur po začetnem pregledu je bil bolnik prepeljan v operacijsko dvorano.

Operiran je bil v splošni anesteziji. Pristopili smo anterolateralno na desni strani vratu. Pod mikroskopom smo odstranili medvretenčno ploščico C5-C6 ter njen herniiran del pulpoznega jedra. Nato smo z mikroščipalko odstranili majhne sprednje osteofite ter prekinili longitudinalni ligament. Duralna vreča je bila s sprednje strani močno stisnjena. Z odstranitvijo hernije medvretenčne ploščice smo sprednji del spinalnega kanala popolnoma sprostili. Sprednji likvorski prostor in hrbtenjača sta zavzela normalno obliko.

Šest ur po operaciji je bolnik prikazal dobro aktivno gibljivost v vseh sklepih zgornjih in spodnjih udov. Groba mišična moč je bila še zmanjšana na spodnjih in zgornjih udih, bolj prizadeta je bila ekstenzija. Povrnili se je občutek za bolečino, tako da je bila sensorika popolna. Mravljinčenje v udih je

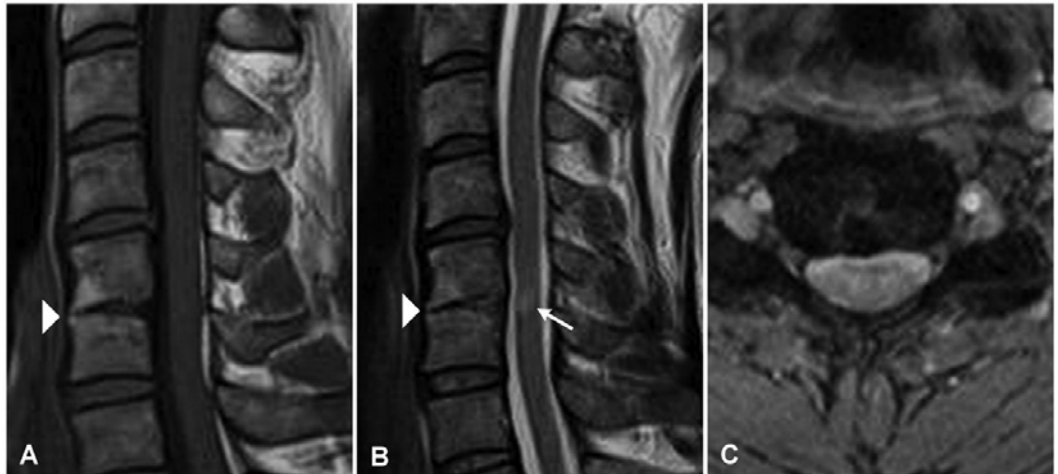
bilo še prisotno. Drugi dan po operaciji je že lahko hodil s pomočjo. V naslednjih dneh se je groba mišična moč v udih hitro popravljala, hoja je postala popolnoma samostojna in stabilna. Tretji dan po operaciji smo odstranili urinski kateter. Vodo in blato je normalno odvajal. Sedem dni po operaciji se je motorika popolnoma popravila, mravljinčenje je izginilo. Bolnika smo odpustili domov, rehabilitacijo za pridobivanje mišične moči je nadaljeval v zdravilišču. MRI vratne hrbtenice dve leti po operaciji je pokazal sproščen spinalni kanal brez recidiva hernije medvretenčne ploščice (Slika 2). Na ravni C5-C6 je bila v T2 relaksacijskem času vidna hiperintenzivna sprememba v hrbtenjači (Slika 2). Ob zadnji kontroli šest let po operaciji je bil brez bolečin v vratu, mišična moč je bila normalna, fini gibi rok so bili dobri, hoja je bila normalna, motenj sensorike ni imel, pri odvajanju blata in vode ni imel težav.

Razpravljanje

V primeru je opisana slika reverzibilne tetraplegije zaradi hernije medvretenčne ploščice na višini C5-C6 s kompletno okvaro motoričnih dejavnosti in delno okvaro sensorike od višine C6 navzdol. Klinična slika je ustrezala sindromu prizadetosti sprednje spinalne arterije.¹⁷

Sprožilni dejavnik je bila v našem primeru nenadna ekstenzija vratu ob pogledu navzgor, medtem ko so bili opisovani tudi hiperfleksija vratu,¹¹ razgibanje vratu med telovadbo,⁷ intubacija,¹³ porod¹⁵ in kiha-

Slika 2: MRI vratne hrbtenice dve leti po operaciji (A, B, C) na višini C5-C6 (glava puščice) ni pokazala utesnitve hrbtenjače. V T2 relaksacijskem času (B) je na mestu spremembe v hrbtenjači ostal povišan signal (puščica).



nje.¹⁴ Med ekstenzijo ali fleksijo vratu se pritisk znotraj medvretenčne ploščice drastično poviša.¹⁸ To lahko vodi do nastanka razpoke v fibroznem obroču medvretenčne ploščice, skozi katero se lahko izboči pulpozno jedro medvretenčne ploščice, ki mehansko pritiska na hrbtenjačo. Ob prej obstoječi kongenitalni ali degenerativni stenozni spinalnega kanala lahko pričakujemo hujšo nevrolško okvaro.⁶ Večja je tudi možnost pojava paraplegije ali tetraplegije. V doslej opisanih primerih akutne netravnatske mielopatije je imela večina bolnikov ali kongenitalno ožji spinalni kanal,^{7,9-13,15,16} ali degenerativne spremembe vratne hrbtenice,^{7,9,11,12,15,16} ki so ustvarile degenerativno stenozo spinalnega kanala. Ob prisotnosti stenozne vratne spinalnega kanala se bolečine v vratu ali napredujoče parestezije v udih praviloma pojavljajo že pred nastopom akutnega poslabšanja. Sadanand in sod. so edini opisali primer akutne netravnatske tetraplegije ob odsotnosti prej obstoječe stenozne vratnega spinalnega kanala, nevrolško stanje bolnika pa se po operaciji ni popravilo.¹⁴ V našem primeru je sicer bilo pridruženo še manjše izbočenje medvretenčne ploščice na ravni C4-C5, vendar je bilo majhno in kot takšno ni povzročalo stenozne spinalnega kanala. Akutno mielopatijo so najpogosteje opisovali v povezavi z višino C6-C7. V našem primeru je do akutne mielopatije prišlo na ravni C5-C6. Zaradi višje lege in močne utesnitve hrbtenjače se je razvila tetraplegija od ravni C6 navzdol.

Lokalna pekoča bolečina v vratu je pogosto prvi simptom, ki mu sledi več mesecev

ali let trajajoč postopen pojav progresivnih nevrolških izpadov v spodnjih in zgornjih udih.^{7,10} V našem primeru pa je nevrolška okvara napredovala v nekaj urah, podoben primer so tudi opisali Liu s sod.¹⁶ Nastanka okvare, ki povzroči takšno klinično sliko, ne moremo pojasniti zgolj z mehničnim pritiskom na hrbtenjačo. Obstajati mora še drug mehanizem, ki povzroči sekundarno okvaro, ta pa klinično sliko akutne simptomatike. Sekundarna okvara bi lahko nastala ob pritisku hernije medvretenčne ploščice na sprednjo spinalno arterijo, kar bi pripeljalo do nezadostne prekrvitve hrbtenjače. To vodi do motenj mikroobtoka, nezmožnosti avtoregulacije in glutamatne ekscitotoksičnosti.^{19,20} Ob prej obstoječi stenozni vratnega spinalnega kanala je ta proces še verjetnejši. Sama ishemija v povirju sprednje spinalne arterije pa ne more pojasniti sočasne prizadetosti zadnjih stebričkov hrbtenjače, kar so opisali Sadanand s sod. V njihovem primeru je prišlo do izgube vseh senzoričnih komponent, vključno s propriorepcijo.¹⁴ Kot mehanizem nastanka mielopatije ter netravnatske tetraplegije so predlagali nenaden in močan neposredni mehnični pritisk na hrbtenjačo, ki povzroči prekinitev nevronov. V našem primeru je bila nenadna ustavitev krvnega pretoka po sprednji spinalni arteriji na mestu kompresije z ishemijo sprednjega dela hrbtenjače najverjetnejši razlog za nastanek akutne mielopatije. V prid temu dejstvu govori to, da je bila funkcija zadnjih stebričkov, ki jih omenjena arterija ne prehranjuje, še ohranjena.

V primeru edema ali ishemije je na MR viden povečan signal v T2 relaksacijskem času na mestu spremembe ali v njeni bližini.^{7,11,12,15,21} Takšno spremembo smo na mestu utesnitve videli tudi v našem primeru. Patohistološki pregled takšnih sprememb pri eksperimentalnih živalih je pokazal znake ishemičnih in reperfuzijskih okvar, kot sta demielinizacija ali edem hrbtenjače.^{11,12,22} Da bi preprečili trajno nevrolško okvaro, je potrebna takojšnja kirurška dekompresija. Kljub popolnemu nevrolškemu okrevanju našega bolnika je bil dve leti po operaciji na MRI še viden hiperintenzivni signal v hrbtenjači v T2 relaksacijskem času (Slika 2). To so ob sorazmerno dobrem okrevanju bolnika opazili tudi Uyema s sod.⁷ Prisotnost hiperintenzivnega signala v vratni hrbtenjači na pooperativnih slikah MRI verjetno torej ne vpliva na nevrolško okrevanje. Poleg tega je bil v našem primeru odsoten hipointenziven signal na T1 sekvencah, ki bi kazal na eventualni propad nevronov oziroma mielomalacijo.²³ Razširitev hiperintenzivnega T2 signala pa naj bi bila povezana s poslabšanjem nevrolške slike.^{11,23}

Dekompresija z mikrodisektomijo je bila v našem primeru posebej pomembna, saj smo s tem pristopom lahko sprostil sprednjo spinalno arterijo. Pri večini opisanih bolnikov je prišlo vsaj do delnega izboljšanja nevrolških motenj,^{6-13,15,16} nekateri pa izboljšanja niso opazili.¹⁴ V našem primeru se je nevrolško stanje popolnoma popravilo v nekaj dneh. Napoved izida nenadnih netravnatskih paraplegij in tetraplegij naj bi bila različna in odvisna od značilnosti posameznih bolnikov, obsega okvare hrbtenjače, intenzivnosti nevrolških okvar, hitrosti kirurške dekompresije in pooperativne rehabilitacije.²⁴ V našem primeru lahko dober izid pripišemo več dejavnikom. Šlo je za mladega bolnika brez pridruženih bolezni. Kljub velikemu nevrolškemu izpadu je bila okvara hrbtenjače nepopolna. Vzrok okvare je bila najverjetneje sorazmerno kratek čas trajajoča ishemija zaradi zapore sprednje spinalne arterije in ne mehanska poškodba hrbtenjače, kot v primeru, ki so ga opisali Sandanand s sod.¹⁴ Zadnji in po našem mnenju ključen razlog za dober izid zdravljenja pa je bila hitra kirurška dekompresija, nare-

jena že šest ur po sprejemu. Hitro povrnitev nevrolških funkcij gre pripisati reperfuziji ishemične hrbtenjače po odstranitvi hernije medvretenčne ploščice, ki je zapirala sprednjo spinalno arterijo, in sicer še preden je prišlo do nepovratnega odmrtja živčnih celic. Kljub prav tako hitri dekompresiji pa Sandanand s sod. niso dosegli nikakršnega nevrolškega izboljšanja, kar dodatno potrjuje njihovo hipotezo o zgolj hudi mehanski, ne pa ishemični poškodbi.¹⁴ Pri kasnejši dekompresiji, ko je paraplegija trajala že približno 24 ur, pa so Ueyama s sod. opisali dolgotrajno in nepopolno nevrolško okrevanje.⁷ Pri večini doslej opisanih primerih so imeli bolniki bodisi prej obstoječe degenerativne ali kongenitalne utesnitve vratnega spinalnega kanala bodisi so opazili nevrolško simptomatiko (bolečine v vratu, parestezije v spodnjih udih, motnje odvajanja ipd.) že dlje pred nastankom napredujoče mišične oslabelosti.⁶⁻¹⁶ Tudi naš bolnik je imel blažje opozorilne pozitivne senzorične motnje že nekaj tednov pred nastopom akutne tetraplegije. Opozorilni simptomi nas lahko vodijo do pravočasne postavitve klinične in morfološke diagnoze ter primerne kirurškega zdravljenja pred nastankom nepopravljive škode. Popolna poškodba hrbtenjače s tetraplegijo pa lahko nastane tudi nenadno brez predhodnih opozoril. Tudi pravočasna kirurška obravnava ne vodi vedno do ugodnega izida.¹¹⁻¹⁴

Zaključek

Predstavljen je izjemno redek primer akutne tetraplegije zaradi hernije cervikalne medvretenčne ploščice v višini C5-C6, do katere je prišlo brez zunanje poškodbe in brez prej obstoječe stenoze vratnega spinalnega kanala. K nastanku akutne tetraplegije lahko pomembno prispeva pritisk hernije vratne medvretenčne ploščice na sprednjo spinalno arterijo, ki povzroči ishemijo sprednjega dela hrbtenjače. Diagnoza temelji na natančnem nevrolškem statusu ter pravočasni slikovni diagnostiki z MRI. Čim prejšnja kirurška dekompresija vratne hrbtenjače je ključna za preprečitev ireverzibilne nevrolške okvare.

Literatura

- al Deeb SM, Yaqub BA, Bruyn GW, Biary NM. Acute transverse myelitis. A localized form of postinfectious encephalomyelitis. *Brain* 1997; 120: 1115–22.
- Slagel SA, Skiendzielewski JJ, McMurry FG. Osteomyelitis of the cervical spine: reversible quadriplegia resulting from Philadelphia collar placement. *Ann Emerg Med* 1985; 14: 912–5.
- Fourney DR, Tong KA, Macaulay RJ, Griebel RW. Spinal angioliopoma. *Can J Neurol Sci* 2001; 28: 82–8.
- Ravnik J, Bunc G, Voršič M, Kramberger S, Potrč S, Koželj M, et al. Malignant dumb-bell tumors of the thoracolumbar spine with giant extraspinal extension: report of three cases. *Zdrav Vest* 2008; 77: 609–14.
- Pigman EC, Shepherd SM. Cervical anterior spinal artery syndrome associated with cardiopulmonary arrest. *Am J Emerg Med* 1991; 9: 452–4.
- Lourie H, Shende MC, Stewart DH Jr. The syndrome of central cervical soft disk herniation. *JAMA* 1973; 226: 302–5.
- Ueyama T, Tamaki N, Kondoh T, Miyamoto H, Akiyama H, Nagashima T. Non-traumatic acute paraplegia associated with cervical disk herniation: a case report. *Surg Neurol* 1999; 52: 204–6.
- Kawaguchi Y, Miyasaka A, Sugaya K. Acute paraplegia due to cervical disk herniation: a case report. *Rinsho Seikei Geka* 1991; 26: 1395–8.
- Warabi S, Sano S, Torihama Y, Hirose T, Kimura M. Progressive myelopathy caused by multiple cervical disc herniation: a report of two cases. *Seikei Geka* 1995; 46: 741–4.
- Young IA, Burns SP, Little JW. Sudden onset of cervical spondylotic myelopathy during sleep: a case report. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 427–429.
- Suzuki T, Abe E, Murai H, Kobayashi T. Nontraumatic acute complete paraplegia resulting from cervical disk herniation: a case report. *Spine* 2003; 28: 125–8.
- Goh HK, Li YH. Non-traumatic acute paraplegia caused by cervical disk herniation in a patient with sleep apnoea. *Singapore Med J* 2004; 45: 235–8.
- Chen SH, Hui YL, Yu CM, Niu CC, Lui PW. Paraplegia by acute cervical disk protrusion after lumbar spine surgery. *Chang Gung Med J* 2005; 28: 254–7.
- Sadanand V, Kelly M, Varughese G, Pournery DR. Sudden Quadriplegia after acute cervical disc herniation. *Can J Neurol Sci* 2005; 32: 356–8.
- Tsai HH, Li TY, Chang ST. Nontraumatic acute myelopathy associated with cervical disk herniation during labor. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2006; 19: 97–100.
- Liu C, Huang Y, Cai HX, Fan SW. Nontraumatic acute paraplegia associated with cervical disc herniation. *J Spinal Cord Med* 2010; 33: 420–4.
- Schneider RC, Thompson JM, Bebin J. The syndrome of acute central cervical spinal cord injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1958; 21: 216–27.
- Pospipiech J, Stolke D, Wilkie HJ, Claes LE. Intradiscal pressure recordings in the cervical spine. *Neurosurgery* 1999; 44: 379–84.
- Sekhon LH, Fehlings MG. Epidemiology, demographics, and pathophysiology of acute spinal cord injury. *Spine* 2001; 26: 2–12.
- Kwon BK, Tetzlaff W, Grauer JN, Beiner J, Vaccaro AR. Pathophysiology and pharmacology treatment of acute spinal cord injury. *Spine J* 2004; 4: 451–64.
- Koritnik B, Knific J, Zidar J. Functional magnetic resonance imaging of brain motor areas in hereditary spastic paraparesis patients. *Zdrav Vestn* 2010; 73: 39–42.
- Wisselink W, Money SR, Crockett DE, Nguyen JH, Becker MO, Farr GH, et al. Ischemia-reperfusion injury of the spinal cord: protective effect of the hydroxyl radical scavenger dimethylthiourea. *J Vasc Surg* 1994; 20: 449–91.
- Mastronardi L, Elsawaf A, Roperto R, Bozzao A, Caroli M, Ferrante M, et al. Prognostic relevance of the postoperative evolution of intramedullary spinal cord changes in signal intensity on magnetic resonance imaging after anterior decompression for cervical spondylotic myelopathy. *Neurosurg Spine* 2007; 7: 615–22.
- Wuermser LA, Ho CH, Chiodo AE, Priebe MM, Kirshblum SC, Scelza WM. Spinal cord injury medicine. 2. Acute care management of traumatic and nontraumatic injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; 88: 55–61.