

Timing operací páteře při akutním poškození míchy a jeho vliv na vývoj neurologického nálezu

Timing of Surgical Intervention in Acute Spinal Cord Injury and Post-Operative Neurological Recovery

R. LUKÁŠ¹, P. BARSA², J. PAZOUR¹, J. ŠRÁM¹

¹ Traumatologicko-ortopedické centrum se spinální jednotkou, Krajská nemocnice Liberec, a.s.

² Neurochirurgické oddělení, Neurocentrum, Krajská nemocnice Liberec, a.s.

ABSTRACT

PURPOSE OF THE STUDY

The effect of an early surgical intervention in the traumatised spine on resolution of neurological deficit still remains a topic of professional discussions. The aim of this retrospective study was to find a correlation between the length of an injury-to-surgery interval and the development of a post-operative neurological deficit, and thus to answer the question of whether early surgical decompression and stabilization gives better chance of neurological recovery.

MATERIAL AND METHODS

Medical records of consecutive surgical patients admitted between 2007 and 2010 with traumatic spinal cord injury were reviewed and the injury-to-surgery interval and post-operative development of neurological deficit at a minimum follow-up of 6 months was evaluated. The initial neurological finding and the finding at 6 months of follow-up were classified on the Frankel scale and the outcome was assessed as improved or unimproved. The patients were allocated to four subgroups according to the time that elapsed between injury and surgery, i.e., time up to 24 h, 24-72 h, 72 h -1 week, and longer than 1 week. The percentage of improved patients was calculated in each subgroup and the results were statistically evaluated using the Kruskal-Wallis test at a significance level of 0.1.

RESULTS

Out of the total number of 32 evaluated patients, 28 had at least partial neurological recovery. In the subgroup treated within first 24 h, improvement was found in 93 % of the patients, in the 24-72 h subgroup it was 80%, in the 72 h-1 week subgroup it was 60% and surgery later than a week after injury resulted in improvement in 42% of the patients. Based on statistical evaluation, the time between injury and surgery appeared to be a significant prognostic factor. When a paired comparison of subgroups was made, the only significant difference was found between the subgroup treated within 24 hours of injury and that operated on later than a week after injury. The other paired comparisons failed to show a significant difference due to a small number of patients; however, a tendency to better functional results was observed in all earlier-treated subgroups.

DISCUSSION

The authors are aware of few limitations of the study. Its retrospective character, a relatively small number of patients and a single institution setup may limit the interpretation. Despite this fact, the message is clear. Similar studies carried out prospectively at several institutions may, however, provide results with a higher validity.

CONCLUSIONS

Patients with traumatic spinal cord injury who undergo early decompression and stabilisation have a higher chance of at least partial neurological recovery.

Key words: spinal cord injury, surgical treatment, timing, neurological deficit, prognosis.

ÚVOD

Úloha časné chirurgické dekomprese a stabilizace při akutním poškození míchy zůstává nadále kontroverzní. Laboratorní modely, prezentace jednotlivých případů a menší klinické studie naznačují, že časná dekomprese a stabilizace může přispět ke zlepšení neurologického nálezu (4, 7, 8, 13, 14, 16). V 80. letech minulého století byly ovšem publikovány i studie, které pozitivní efekt časné operace neprokázaly a dokonce se vyskytly publikace, které udávají v této souvislosti zhoršení (21).

Magnetická rezonance (MR) se stala důležitým zdrojem poznatků o poškození páteře a míchy. Akutně provedené vyšetření poskytuje obraz o charakteru poškození míchy, tvaru a rozsahu její komprese, což napomáhá stanovit vhodnou léčebnou strategii (25).

Na základě celkového pokroku v léčbě akutní míšní léze někteří autoři již před více lety obhajovali názor, že urgentní dekomprese míchy a stabilizace páteře vycházející z kvalitního zobrazovacího vyšetření může přinést zlepšení neurologického výsledku (9, 27). Teprve v poslední době disponujeme určitým počtem prospektivních studií, které řeší roli neodkladné dekomprese míchy a stabilizaci páteře u pacientů s akutní míšní lézí (6, 12, 23).

MATERIÁL A METODIKA

Pro potřeby studie retrospektivně hodnotící vliv času ošetření míšního poranění na klinický výstup jsme použili veškeré pacienty, kteří byli v období let 2007–2010 odoperováni spinálním týmem Krajské nemocnice Liberec z indikace traumatického poškození a kteří se dožili alespoň půlroční pooperační kontroly. Ze záznamů ambulantních vyšetření a z materiálů spinální jednotky byly odečteny vstupní a výstupní hodnoty neurologického nálezu hodnocené podle Frankelovy funkční škály. Časový odstup mezi vznikem míšního poranění jsme odečítali opět z klinických záznamů, kdy vznik poranění byl zaznamenán v předávacím protokolu z transportu nebo v překladačové zprávě z jiného oddělení a čas operace představoval čas uvedený v operačním protokolu (čas dokončení operace).

Pro potřeby statistických analýz byly provedeny následující formální úpravy:

1. Časovou osu mezi vznikem míšního poranění a operační intervencí jsme rozdělili na intervaly do 24 hodin (t1), 24–72 hodin (t2), 72 hodin–1 týden (t3) a operace později než 1 týden po úrazu (t4). Pacienti odoperováni v příslušném časovém odstupu od vzniku poranění byli do těchto skupin zařazeni.

2. Výsledný efekt léčby určil rozdíl mezi výstupní a vstupní hodnotou Frankelovy škály. Jednotlivým kategoriím Frankelovy škály A–E jsme přidělili vzestupné numerické hodnoty 1–5 s tím, že pokud výsledek výše uvedeného rozdílu představovalo kladné číslo (hodnoty 1, 2, 3, 4), výsledkem bylo faktické zlepšení předoperačního deficitu, všechny jiné, nekladné, výsledky znamenaly nezlepšený neurologický nálezu. Přehled významu jednotlivých kódů uvádí tabulka 1.

Tab. 1. Přehled kódů použitých při analýze souboru

Kódování času od úrazu do operace		Kódování Frankelovy škály	
čas	znak	Frankel	znak
0–24 hodin	t1	A	1
24–72 hodin	t2	B	2
72 hodin–1 týden	t3	C	3
více než týden	t4	D	4
		E	5

Kódování neurologického výsledku dle Frankelovy škály	
rozdíl Frankel výstup – Frankel vstup	výsledný stav
1, 2, 3, 4	1 (došlo ke zlepšení)
0	0 (stav zůstal nezměněn)

Soubor byl statisticky analyzován s cílem ověřit, zda čas, který uplynul od vzniku míšního poškození do operace, má vliv na zlepšení neurologického stavu pacienta. Vzhledem k tomu, že data nepocházejí z normálního rozdělení, použili jsme k celkové analýze neparametrický Kruskal-Wallisův test a rozdíly mezi jednotlivými časovými podskupinami byly hodnoceny párovým testem (Scheffého metoda). S ohledem na celkovou velikost analyzovaného souboru provedeno vše na hladině významnosti 10 % ($\alpha=0,1$).

VÝSLEDKY

Přehled zpracovaných výsledků uvádí tabulka 2 a numerické výstupy jednotlivých časových intervalů, které podstoupily statistické zpracování, popisuje tabulka 3, z níž vyplývá, že ve 24 případech došlo ke zlepšení stavu a v 8 případech se stav nezměnil. Současně je patrný pokles poměrného zastoupení neurologicky se zlepšivších pacientů s přibývajícím časem mezi úrazem a chirurgickou intervencí.

Po uvedeném formálním zpracování dat byla provedena analýza rozptylu pro hladinu významnosti $\alpha=0,1$. Výsledek uvádí tabulka 4. Statistické zhodnocení vlivu času do ošetření na výsledné neurologické zlepšení přibližuje tabulka 5 a výsledky párového porovnání dvojic jednotlivých časových podskupin t1–t4 vykresluje tabulka 6.

Výsledky Kruskal-Wallisova testu ukazují, že faktor časového intervalu mezi úrazem a operací je významným činitelem rozhodujícím o zlepšení neurologického výsledku. Jeho význam se podařilo prokázat na hladině statistické významnosti $\alpha=0,1$ a tvrzení tak lze opřít o 90% pravděpodobnost. Porovnání jednotlivých úrovní časového odstupu ukazuje na statisticky významný rozdíl mezi podskupinami t1 (operace provedené do 24 hod od úrazu) a t4 (operace provedené s odstupem více než 1 týdnem). I v případě statistického srovnání ostatních podskupin jsme mohli konstatovat vyšší incidenci neurologického zlepšení v případě dříve odoperované skupiny. Rozdíly při daných velikostech vzorků však nedosáhly potřebného stupně statistické významnosti.

DISKUSE

Pozitivní účinek časného chirurgického ošetření se v našem souboru statisticky významně projevuje na hla-

Tab. 2. Časový odstup od vzniku míšního poranění do operace a neurologické výsledky všech ošetřených pacientů

Pacient č.	Původní data				Přepis do kódu				
	úroveň léze	čas od úrazu do operace	Frankel vstup	Frankel výstup	čas od úrazu do operace	Frankel vstup	Frankel výstup	rozíl Frankel výstup – Frankel vstup	stav zlepšen/nezlepšen (1/0)
1	C5	24 hod	C	E	3	3	5	2	1
2	C4	4 dny	C	E	5	3	5	2	1
3	C5	8 hod	D	E	3	4	5	1	1
4	L1	4,5 hod	D	E	3	4	5	1	1
5	T12	6 hod	A	E	3	1	5	4	1
6	T4	3. den	A	A	4	1	1	0	0
7	T12	5 hod	B	D	3	2	4	2	1
8	T12	5 hod	D	E	3	4	5	1	1
9	T6	30 hod	D	E	4	4	5	1	1
10	C5	36 hod	C	D	4	3	4	1	1
11	T12	3 hod	B	C	3	2	3	1	1
12	C5	4 dnech	D	E	5	4	5	1	1
13	T11	3 hod	A	A	3	1	1	0	0
14	C6	14 dnů	D	E	6	4	5	1	1
15	T12	3 dnech	A	A	5	1	1	0	0
16	C5	6 hod	B	D	3	2	4	2	1
17	C7	6 hod	C	D	3	3	4	1	1
18	T11	6 hod	B	C	3	2	3	1	1
19	C5	3 měsíce	C	D	6	3	4	1	1
20	C5	2 dny	D	E	4	4	5	1	1
21	C5	9 dnů	D	E	6	4	5	1	1
22	C3	12 dnů	D	D	6	4	4	0	0
23	C3	27 dnů	D	D	6	4	4	0	0
24	C6	4 dny	C	E	5	3	5	2	1
25	C6	1 den	D	E	3	4	5	1	1
26	C7	24 dny	A	A	6	1	1	0	0
27	C5	3 dny	D	D	4	4	5	1	1
28	C4	16 hodin	A	C	3	1	3	2	1
29	C5	3 hodiny	C	D	3	3	4	1	1
30	C5	5 dnů	D	D	5	4	4	0	0
31	C4	24 hodin	C	D	3	3	4	1	1
32	T1	50 dnů	D	D	6	4	4	0	0

Tab. 3. Neurologické výstupy jednotlivých podskupin

Časová podskupina	Počet pozorování	Zlepšení	Nezlepšení	Podíl zlepšení/celkem pozorování
t1	15	14	1	0,93
t2	5	4	1	0,8
t3	5	3	2	0,6
t4	7	3	4	0,42
celkem	32	24	8	0,75

Tab. 4. Analýza rozptylu hodnot pro statistické zpracování

Počet úrovní časového faktoru: 4			
slopec	počet hodnot	efekty faktorů	průměr úrovně
t1	15	0,24	0,93
t2	5	0,11	0,80
t3	5	-0,09	0,60
t4	7	-0,26	0,43

Tab. 5. Zhodnocení vlivu časového faktoru na neurologický výstup všech pacientů

Závěr	Teoretický	Vypočítaný	Pravděpodobnost
Významný	2,291	2,944	0,0502

Tab. 6. Párové porovnání jednotlivých dvojic časových úrovní

Srovnávaná dvojice	Rozdíl	Významnost	Pravděpodobnost
t1 – t2	0,133	nevýznamný	0,939
t1 – t3	0,333	nevýznamný	0,485
t1 – t4	0,505	významný	0,085
t2 – t3	0,200	nevýznamný	0,895
t2 – t4	0,371	nevýznamný	0,500
t3 – t4	0,171	nevýznamný	0,914

dině významnosti $\alpha=0,1$ a to při porovnání podskupiny ošetřené do 24 hodin a později než do prvního týdne od vzniku míšního poranění. Při srovnání zbývajících podskupin pacientů bylo možné konstatovat tendenci k dosažení lepšího neurologického výstupu při časnější intervenci, avšak velikost srovnávaných vzorků neumožnila, aby-
chom tyto rozdíly mohli označit jako statisticky významné. Dalším omezením výpovědní hodnoty studie, které si jsou autoři vědomi, je její retrospektivní charakter. Takovýto design s sebou může přinést riziko chyby při indikaci akutní či oddálené chirurgické intervence. Do rozhodování o časnosti chirurgického zákroku se tak mohou promítnout faktory, které s ohledem k prognóze míšního poranění může indikující lékař považovat za prognosticky významné a odlišnost ve výsledcích v podskupinách nemusí být dílem samotného načasování ošetření. Autoři studie si obdobné intervence ze své strany nejsou vědomi, přesto výše uvedená výtka patří k obecným kritickým momentům retrospektivních studií.

Korektní interpretace našich výsledků umožňuje považovat časnou dekompresi a stabilizaci za léčebný postup první volby.

Primární mechanický inzult vyvolávající poškození míchy jen zřídka vede k jejímu úplnému mechanickému přerušení. I přesto bývá vymizení míšních funkcí úplné. Podstatná část tohoto jevu je vysvětlována sekundárním míšním traumatem. Včasná dekomprese nervové tkáně je přisuzována schopnost omezit rozvoj a intenzitu tohoto druhotného poškození následujícího po

traumatu. Význam sekundárního traumatu poprvé zdůraznil Allen v roce 1911 (2). Zjistil, že myelotomie a drenáž traumatické hematomyelie provedené po experimentálním míšním poranění u psů přináší větší rozsah zlepšení nervových funkcí. Pozdější výzkumníci věnovali pozornost ischemii míchy, uvolnění katecholaminů, tvorby a účinku volných radikálů a cytokinů v rámci studia patofyziologie druhotného traumatu (27, 29). Ačkoli se zdá, že studie provedené na zvířatech potvrzují, že intenzita a trvání komprese míchy jsou do značné míry určující pro výsledný stupeň poškození, neexistuje dosud v této věci jistota. Někteří autoři prokazují, že poškození míchy je reverzibilní, pokud je stlačení odstraněno v rámci minut až hodin po svém vzniku (7, 12, 15, 21, 22). Jiným se přesvědčivý vliv trvání komprese na neurologický výsledek prokázat nepodařilo a za určující spíše považují stupeň komprese (26). Vznikly rovněž studie, které tlak na míchu a jeho trvání považují za dva nejpodstatnější faktory, které determinují neurologický výsledek (7) a určují potřebu následné, mnohdy zdlouhavé rehabilitační léčby či náročné rekonstrukce (6).

Neodkladná dekomprese míchy v humánní medicíně spojená s následným výrazným neurologickým zlepšením původně kompletní léze bývá prezentována formou případových studií nebo analýz malých souborů (4). Potřebu randomizované studie zabývající se načasováním a efektivností chirurgického výkonu jsou zmíněny například v závěrech National Acute Spinal Cord Injury Study 2 (NASCIS-2) (9).

Publikace, které za „časný“ chirurgický výkon považují operaci provedenou v době 48 hodin až 2 týdny po vzniku léze, uvádějí, že nedošlo k neurologickému zlepšení a v některých případech došlo ke zhoršení (17, 29). Některé starší práce se stavějí k možnosti chirurgického léčení vysloveně rezervovaně (8, 19, 30). Později publikované studie ale ukazují, že operační výkon provedený do 24 hodin od vzniku poškození přináší signifikantně lepší výsledky (5, 20, 23). Jednou z časných zpráv je publikace Aebiho a kolegů zveřejněná již v roce 1986 (1). Autoři uvádějí, že pacienti, kteří podstoupili dekompresi do 6 hodin po traumatu, měli signifikantně větší neurologické zlepšení bez ohledu na to, zda šlo o dekompresi trakcí nebo chirurgickým výkonem. Z Aebiho a dalších publikací je možné usuzovat na to, že ovlivnění sekundárního traumatu chirurgickým výkonem je možné jen ve velmi krátké době po traumatu primárním (23). Práce Rabinowitze experimentálně ukazuje, že časná dekomprese (rovněž do 6 hodin) má evidentně lepší neurologické výsledky než dekomprese pozdější, a to bez ohledu na podání kortikosteroidů (24). Při analýze novějších literárních pramenů se jeví jako velmi pravděpodobné, že rozhodující pro úpravu neurologických funkcí jsou hodiny a nikoli dny po vzniku léze (3, 10, 11). Charles Tator soudí, že největší šanci dává interval 2 hodin (osobní komunikace – Spine Week, Ženeva, Švýcarsko, 27. května 2008).

Práce Furlana a kolegů ukazuje na základě analýzy literárních pramenů, že již je k dispozici kvalitní evidence, která časnou operaci při míšním poranění pod-

poruje. Jejich závěr se dokonce stal podkladem pro to, aby panel expertů doporučili uvážit operační výkon u všech pacientů s akutním míšním traumatem v době od 8 do 24 hodin (12).

Práce Kwona a kolegů poukazuje na přínos měření intrathekálního tlaku (ITP) během dekompresního výkonu. Jejich prospektivní studie dokládá, že účinné odstranění tlaku na durální vak je provázeno zvýšením ITP v oblasti pod traumatem (15). Autoři tak upozorňují na potřebu důslednosti při dekompresním úkonu.

Pro adekvátní léčbu je důležité urgentní vyšetření magnetickou rezonancí (MRI) v řádu hodin po nástupu neurologického deficitu (25). Tato zobrazovací technologie je nyní nezastupitelná při detekci traumatické herniace disku, epidurálního hematomu a léze vazivového aparátu.

Navzdory dřívějším zprávám popisujícím odložená MRI vyšetření při SCI, MRI diagnóza intraparenchymatózního krvácení v míše nevylučuje možnost výrazného neurologického zlepšení, ačkoli takový náález bývá považován za negativní prognostické znamení (25).

Naše výsledky podporují názor, že časné provedení dekomprese míchy a stabilizace páteře přináší vyšší šanci ke zlepšení neurologického nálezu. Podle našeho názoru tento poznatek dobře vystihuje charakter studovaného procesu a odpovídá zkušenosti, že časná operace pozitivní efekt přináší. Nepochybně je nutné zvažovat celkový zdravotní stav pacienta a strategii způsobit jeho nejzávažnějším parametrům (28).

Neurologická vyšetření pacientů v této studii obsahují popis kvality motorických i senzitivních funkcí veškerých segmentů včetně sakrálních. Pro schematické vyjádření těchto nálezu byla používána Frankelova škála proto, že při vstupních vyšetřeních je obtížné striktně vyhovět poměrně velmi náročným požadavkům, které pro korektní vyšetření postulují systém ASIA (18).

ZÁVĚR

Analýzou našeho souboru bylo prokázáno na hladině významnosti $\alpha=0,1$, že časněji provedená dekomprese míchy a stabilizace páteře znamená pro pacienta vyšší šanci zlepšení neurologického deficitu. Při párovém porovnání jsme popsali statisticky významně lepší výsledky u pacientů odoperovaných do 24 hodin od akutního míšního poranění ve srovnání se skupinou pacientů odoperovaných déle než po týdnu. I při srovnání ostatních párů sledovaných podskupin pacientů s poúrazovým neurodeficitem byla zřetelná tendence k lepším neurologickým výstupům u pacientů operovaných dříve, avšak tento rozdíl nebylo možné vzhledem k velikosti skupin označit jako statisticky signifikantní.

Autoři děkují ing. Vladimíru Bajzíkovi z Technické univerzity v Liberci za statistické zpracování výsledků.

Literatura

1. AEBI, M., MOHLER, J., ZACH, G. A., MORSCHER, E.: Indication, surgical technique, and results of 100 surgically-treated fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Clin. Orthop. Relat. Res.*, 203: 244–257, 1986.
2. ALLEN, A. R.: Surgery of experimental lesion of spinal cord equivalent to crush injury of fracture dislocation of spinal column: a preliminary report. *JAMA*, 57: 878–880, 1911.
3. BALL, J. R., SEKHON, L. H.: Timing of decompression and fixation after spinal cord injury. When is surgery optimal? *Crit. Care Resusc.*, 8: 56–63, 2006.
4. BRUNETTE, D. D., ROCKSWOLD, G. L.: Neurologic recovery following rapid spinal realignment for complete cervical spinal cord injury. *J. Trauma*, 27:445–447, 1987.
5. CENGİZ, S. L., KALKAN, E., BAYIR, A., ILIK, K., BASEFER, A.: Timing of thoracolumbar spine stabilization in trauma patients: impact on neurological outcome and clinical course. A real prospective (rct) randomized controlled study. *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, 128: 959–966, 2008.
6. ČIŽMÁŘ, I., EHLE, E., CALABOVÁ, N., VINTER, R., PALČÁK, J.: Restoration of upper-limb function in patients with cervical spinal cord lesion. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 77: 494–500, 2010.
7. DOLAN, E. J., TATOR, C., ENDRENYI, L.: The value of decompression for acute experimental spinal cord compression injury. *J. Neurosurg.*, 53: 749–755, 1980.
8. DUCKER, T. B., BELLEGARRIGUE, R., SALCMAN, M., WALLECK, C.: Timing of operative care in cervical spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*, 9: 525–531, 1984.
9. DUH, M. S., SHEPARD, M. J., WILBERGER, J. E., BRACKEN, M. B.: The effectiveness of surgery on the treatment of acute spinal cord injury and its relation to pharmacological treatment. *Neurosurgery*, 35: 240–248, 1994.
10. FEHLINGS, M. G., PERRIN, R. G.: The timing of surgical intervention in the treatment of spinal cord injury: a systematic review of recent clinical evidence. *Spine (Phila Pa 1976)*, 31(11 Suppl): S28–S35, 2006.
11. FEHLINGS, M. G., TATOR, C.: An evidence-based review of decompressive surgery in acute spinal cord injury: rationale, indications, and timing based on experimental and clinical studies. *J. Neurosurg.*, 91(1 Suppl):1–11, 1999.
12. FURLAN, J. C., NOONAN, V., CADOTTE, D. W., FEHLINGS, M. G.: Timing of decompressive surgery of spinal cord after traumatic spinal cord injury: An evidence-based examination of pre-clinical and clinical studies. *J. Neurotrauma*, Mar 4. [Epub ahead of print], 2010.
13. GUHA, A., TATOR, C., ENDRENYI, L., PIPER, I.: Decompression of the spinal cord improves recovery after acute experimental spinal cord compression injury. *Paraplegia*, 25: 324–339, 1987.
14. KOBRINE, A. I., EVANS, D. E., RIZZOLI, H.: Correlation of spinal cord blood flow and function in experimental compression. *Surg. Neurol.*, 10: 54–59, 1978.
15. KWON, B. K., CURT, A., BELANGER, L. M., BERNARDO, A., CHAN, D., MARKEY, J. A., GORELIK, S., SLOBOGAN, G. P., UMEDALY, H., GIFFIN, M., NIKOLAKIS, M. A., STREET, J., BOYD, M. C., PAQUETTE, S., FISHER, C. G., DVORAK, M. F.: Intrathecal pressure monitoring and cerebrospinal fluid drainage in acute spinal cord injury: a prospective randomized trial. *J. Neurosurg. Spine*, 10: 181–193, 2009.
16. LONJON, N., KOUYOUMDJIAN, P., PRIETO, M., BAUCHET, L., HATON, H., GAVIRIA, M., PRIVAT, A., PERRIN, F. E.: Early functional outcomes and histological analysis after spinal cord compression injury in rats. *J. Neurosurg. Spine*, 12: 106–113, 2010.
17. MARSHALL, L. F., KNOWLTON, S., GARFIN, S., KLAUBER, M. R., EISENBERG, H. M., KOPANIKY, D., MINER, M. E., TABBADOR, K., CLIFTON, G. L.: Deterioration following spinal cord injury. A multicenter study. *J. Neurosurg.*, 66: 400–404, 1987.
18. MAYNARD, F. M., BRACKEN, M. B., CREASEY, G., DITUNO, J. F., DONOVAN, W. H., DUCKER, T. B., GARBER, S. L., MARINO, R. J., STOVER, S. L., TATOR, C., WATERS, R. L., WILBERGER, J. E., YOUNG, W.: International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. *American Spinal Injury Association. Spinal Cord*, 35: 266–274, 1997.
19. MAYNARD, F. M., REYNOLDS, G. G., FOUNTAIN, S., WILMOT, C., HAMILTON, R.: Neurological prognosis after traumatic quadriplegia. Three-year experience of California Regional Spinal Cord Injury Care System. *J. Neurosurg.*, 50: 611–616, 1979.
20. MOUCHATY, H., CONTI P., CONTI, R., AITO, S., D'ANDREA M., MARINELLI, C., DI LORENZO, N.: Assessment of three year experience of a strategy for patient selection and timing of operation in the management of acute thoracic and lumbar spine fractures: a prospective study. *Acta Neurochir. (Wien)*, 148: 1181–1187, 2006.
21. NG, W. P., FEHLINGS, M. G., CUDDY, B., DICKMAN, C., FAZL, M., GREEN, B., HITCHON, P., NORTHROP, B., SONNTAG, V., WAGNER, F., TATOR, C.: Surgical treatment for acute spinal cord injury study pilot study #2: evaluation of protocol for decompressive surgery within 8 hours of injury. *Neurosurg. Focus*, 6: e3, 1999.
22. OUYANG, H., GALLE, B., LI, J., NAUMAN, E., SHI, R.: Critical roles of decompression in functional recovery of ex vivo spinal cord white matter. *J. Neurosurg. Spine*, 10: 161–170, 2009.
23. PAPADOPOULOS, S. M., SELDEN, N. R., QUINT, D. J., PATEL, N., GILLESPIE, B., GRUBE, S.: Immediate spinal cord decompression for cervical spinal cord injury: feasibility and outcome. *J. Trauma*, 52: 323–332, 2002.
24. RABINOWITZ, R. S., ECK, J. C., HARPER, C. M. Jr., LARSON, D. R., JIMENEZ, M. A., PARISI, J. E., FRIEDMAN, J. A., YASZEMSKI, M. J., CURRIER, B. L.: Urgent surgical decompression compared to methylprednisolone for the treatment of acute spinal cord injury: a randomized prospective study in beagle dogs. *Spine (Phila Pa 1976)*, 33: 2260–2268, 2008.
25. SELDEN, N. R., QUINT, D. J., PATEL, N., D'ARCY, H. S., PAPADOPOULOS, S. M.: Emergency magnetic resonance imaging of cervical spinal cord injuries: clinical correlation and prognosis. *Neurosurgery*, 44: 785–792, 1999.
26. SWARTZ, K. R., SCHEFF, N. N., ROBERTS, K. N., FEE, D. B.: Exacerbation of spinal cord injury due to static compression occurring early after onset. *J. Neurosurg. Spine*, 11: 570–574, 2009.
27. TATOR, C.: Biology of neurological recovery and functional restoration after spinal cord injury. *Neurosurgery*, 42: 696–707, 1998.
28. ŠTULÍK, J., KLÉZL, Z., ŠEBESTA, P., KRYL, J., VYSKOČIL, T.: Occipitocervical fixation: long-term follow-up in fifty-seven patients. *Acta Chir. orthop. Traum. čech.*, 76: 479–486, 2009.
29. TATOR, C., FEHLINGS, M. G.: Review of the secondary injury theory of acute spinal cord trauma with emphasis on vascular mechanisms. *J. Neurosurg.*, 75:15–26, 1991.
30. VACCARO, A. R., DAUGHERTY, R. J., SHEEHAN, T. P., DANTE, S. J., COTLER, J. M., BALDERSTON, R. A., HERBISON, G. J., NORTHROP, B. E.: Neurologic outcome of early versus late surgery for cervical spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*, 22: 2609–2613, 1997.

Korespondující autor:

MUDr Richard Lukáš, Ph.D.,
Traumatologicko-ortopedické centrum
se spinální jednotkou, KNL a. s.
Husova 10
460 63 Liberec
E-mail: richard.lukas@nemlib.cz