

Univerzita Karlova v Praze

Lékařská fakulta v Plzni



autoreferát disertační práce

**Cervikální spondylogenní myelopatie:
Chirurgická strategie a vývoj klinických
projevů**

MUDr. David Štěpánek

Plzeň (2014)

Disertační práce byla vypracována v rámci doktorského studijního programu na Neurochirurgickém oddělení LF UK v Plzni

Uchazeč: **MUDr. David Štěpánek**

Neurochirurgické oddělení FN Plzeň

Školitel: **MUDr. Milan Choc, CSc.**

Neurochirurgické oddělení LF UK v Plzni, FN Plzeň

Oponenti:

prof. MUDr. Petr Suchomel, Ph.D.

Přednosta neurochirurgického oddělení Krajské nemocnice
Liberec, a.s.

MUDr. Svatopluk Ostrý, Ph.D.

Neurochirurgické oddělení nemocnice České Budějovice, a.s.
Neurochirurgická klinika 1. LF UK, ÚVN Praha

MUDr. Jiří Polívka, CSc.

Přednosta Neurologické kliniky LF UK v Plzni, FN Plzeň

Seznam zkratek

AANS - American Association of Neurological Surgeons

ADM - m. abductor digiti minimi

AH - m. abductor hallucis

APB - m. abductor pollicis brevis

ASD – onemocnění přilehlého segmentu / adjacent segment disease

BB - m. biceps brachii

CCT - centrální kondukční čas / central conduction time

CMAP - sumační svalový potenciál

CML - centrální motorická latence

CSM - cervikální spondylogenní myelopatie

EMG– elektromyografie

EP – evokovaný potenciál

IFCN - The International Federation of Clinical Neurophysiology

JOA - Japanese Orthopaedic Association score

KP - kompresivní poměr

MEP – motorický evokovaný potenciál

mJOA - modified Japanese Orthopaedic Association score

PML - periferní motorická latence

SEP – somatosenzorický evokovaný potenciál

TA - m. tibialis anterior

TIRM sekvence – turbo inversion recovery magnitude

Obsah

SOUHRN	6
1 ÚVOD	7
2 CERVIKÁLNÍ SPONDYLOGENNÍ MYELOPATIE – TEORETICKÝ ÚVOD	7
2.1 Míšní dráhy	7
2.2 Patofyziologie chronické míšní léze	8
2.3 Klinické příznaky	10
2.4 Vyšetřovací skórovací škály	10
2.5 Průběh onemocnění	11
2.6 Radiodiagnostika	12
2.7 Elektrofyziologické vyšetřovací metody	14
2.8 Chirurgické řešení CSM	15
3 HYPOTÉZA	18
4 SOUBOR A METODIKA	20
4.1 Předoperační období	20
4.2 Elektrofyziologické vyšetření	21
4.3 Operační strategie	24
4.4 Pooperační období	26

4.5	Hodnocení	26
5	VÝSLEDKY	27
5.1	Objektivní neurologický nález	27
5.2	Vývoj grafických nálezů	28
5.3	Korelace elektrofyziologického a grafického nálezu	30
6	DISKUSE	31
6.1	Vliv stranově odpovídající volby operačního přístupu ve vztahu k funkčnímu postižení na pooperační klinický stav	31
6.2	Vliv operačního přístupu na pooperační klinický stav	33
6.3	Pooperační vývoj klinického stavu	35
6.4	Vliv kompresivního poměru a plochy míchy na pooperační vývoj klinického stavu	36
6.5	Vliv změny míšního signálu na pooperační vývoj klinického stavu	37
7	ZÁVĚR	38
8	LITERATURA	40

Souhrn:

Na podkladě současných teoretických znalostí byl v prospektivní studii u pacientů s cervikální myelopatií sledován vzájemný vztah lokalizace míšní léze (přední nebo zadní dráhy míšni) hodnocené pomocí evokovaných potenciálů (SEP, MEP) a operačního přístupu (přední nebo zadní přístup) a jejich vliv na objektivní pooperační stav pacienta. Dále byl sledován klinický vývoj v závislosti na různých aspektech grafického nálezu. Do studie bylo v letech 2006 až 2010 zařazeno 65 pacientů s klinickými známkami cervikální myelopatie indikovaných k operaci, která byla provedena předním (anterior – a) či zadním (posterior – p) přístupem. Pacienti byli před operací, 12 a 24 měsíců po operaci hodnoceni pomocí Nurickovy škály a mJOA score. Dále byli předoperačně vyšetřeni baterií evokovaných potenciálů (EP) - somatosenzorický evokovaný potenciál (SEP) a motorický evokovaný potenciál (MEP). Na základě EP bylo určeno dominantní míšní postižení A – anterior (maximum změn na MEP), P – posterior (maximum změn na SEP). Celý soubor byl pak na základě členění pomocí EP a operačního přístupu rozdělen do 4 skupin: Aa, Ap, Pa, Pp. Výsledky jednotlivých vyšetření byly porovnávány uvnitř skupin a mezi skupinami. Objektivní pooperační zlepšení mJOA score bylo registrováno u všech čtyř skupin. Statisticky významně zaznamenáno pouze u skupin předních přístupů, ať byla dominantní léze SEP či MEP (Aa: $p = 0,011$, Pa: $p = 0,005$). Celkově bylo zlepšení zaznamenáno u 65% pacientů ve studii, u zbylých 35% zůstal klinický stav stacionární. Studie potvrdila vliv velikosti předoperační plochy míchy a přítomnosti předoperační změny míšního signálu na pooperační klinický vývoj. Statisticky významné zlepšení objektivního nálezu bylo zaznamenáno pouze u skupin předních přístupů bez ohledu na fakt, zda byla dominantní míšní patologie předoperačně dle EP lokalizována ventrálně či dorzálně. Výsledky studie nepotvrzují přínos volby operačního přístupu na základě lokalizace dominantní míšní patologie dle výsledků EP.

1 Úvod

Cervikální spondylogenní myelopatie (dále jen CSM) jako nejčastější míšní netraumatické onemocnění u stárnoucí populace nad 60 let věku začíná postupně nabývat na významu. Svými možnými závažnými následky při nerozpoznané diagnóze může významně zasáhnout nejen do života nemocného jedince, jeho rodiny a nejbližšího okolí, ale také do socioekonomické sféry naší společnosti. Zanedbané, podceněné a výjimečně bohužel i neadekvátně léčené onemocnění může vést k trvalé invalidizaci pacienta. Onemocnění není dosud při ne zcela známé patofyziologii probíhajících změn plně pochopeno. Vzhledem k rozměrům možných dopadů, které mají stránku osobní, společenskou, ekonomickou i lékařskou, je zapotřebí pracovat na lepším pochopení dané problematiky a vylepšit tak možnosti pacientů s onemocněním CSM. V ideálním případě snaha povede k zastavení progresu onemocnění již před rozvojem výpadových klinických příznaků.

2 Cervikální spondylogenní myelopatie – teoretický úvod

2.1 Míšní dráhy

2.1.1 Dráhy zadních provazců

Jsou dominantním morfologickým podkladem pro převod taktilního čítí. Počátek dráhy tvoří neurony ve spinálních gangliích, jejich axony vstupují do míchy v oblasti zadních míšních kořenů. Vlákna pokračují ipsilaterálně do oblasti zadních provazců. Ascendentní vlákna jsou somatotopicky uspořádána (Kahlerovo pravidlo). Axony probíhají vzestupně do prodloužené míchy, kde končí v oblasti nucleus gracilis a cuneatus medialis.

2.1.2 Anterolaterální systém

Představuje další způsob přenosu somatosenzorických drah. Dominantně je zde veden vjem bolesti a tepla, okrajově i taktilního čítí. Tento typ taktilního čítí vyžaduje vyšší prahový stimul. Počátek dráhy představují axony neuronů spinálních ganglií, které vstupují cestou zadních rohů do míchy a končí v šedé hmotě zadních rohů v místě vstupu do míchy. Další, postsynaptický průběh je křížení dráhy přes střední čáru a vzestup v postranních, částečně i předních provazcích míšních.

2.1.3 Motorické dráhy

Míšní motoneurony jsou v předních rozích míšních rozloženy do dvou základních seskupení, a to anteromediální a posterolaterální. První skupina zajišťuje projekci do axiálního svalstva. Descendentní dráhy mají bilaterální projekci do anteromediálního seskupení jader. Mezi systém anteromediální patří tractus reticulospinalis, vestibulospinalis, tectospinalis a corticospinalis anterior, jejichž dráhy probíhají především v předních provazcích míšních. Druhá skupina zajišťuje projekci především do akrálních oblastí končetin, zajišťuje přesnou jemnou a cílenou hybnost. Descendentní dráhy zde mají pouze ipsilaterální projekci. Mezi systém posterolaterální patří tractus rubrospinalis a tractus corticospinalis lateralis. Dráhy probíhají v postranních provazcích míšních (Kralíček 2011).

2.2 Patofyziologie chronické míšní léze

Základním předpokladem rozvoje míšní léze je akcelerace degenerativního onemocnění krční páteře, které je ale přirozeným projevem stárnutí organismu. Mezi základní faktory podílející se na rozvoji spondylogenní míšní léze se řadí vlivy mechanické a cévní. Mechanické vlivy se dělí na statické a dynamické činitele.

2.2.1 Statické činitele

Degenerace segmentu začíná v oblasti nucleus pulposus disku, který vysychá a kolabuje. Výsledným stavem je borcení vnitřní části anulus

fibrosus a vyklenování zevní koncentrické části anulu (Baron and Young 2007). Histologické změny zahrnují rozvláknění disku, jeho trhliny, zužování a osifikaci (Wilkinson 1960). Dále se na zúžení podílí i hypertrofie žlutých vazů a při zmenšující se výšce segmentu i jejich nařasení.

2.2.2 Dynamické činitele

Dynamické změny nasedají obvykle na již vyvinuté statické a vedou k další progresi degenerativního onemocnění a rozvoji míšního postižení. Během anteflexe krční páteře dochází k natahování durálního vaku, ve kterém je zavěšena mícha na vazech (ligg. denticulata). Natažení může být významně větší v přítomnosti osteoproduktivních změn či při vyklenutém disku (discích), kde dochází k napnutí „přes kobytku“. Naopak při extenzi krční páteře může při nařasení žlutých vazů docházet k míšnímu útlaku dorzálně.

2.2.3 Cévní činitele

Přední sloupce a subpiální axony zadních sloupců bývají u CSM relativně ušetřeny. Při progresivní ventrální míšní kompresi ale dochází k alteraci perforujících cév odstupujících z přední spinální tepny (Breig 1978, Gooding, C. B. Wilson, and J. T. Hoff 1972). Histologické změny při CSM zahrnují postižení šedé hmoty a mediální porce bílé hmoty.

2.2.4 Ostatní příčiny

Levine (Levine 1997) dospěl k názoru, že CSM je působena tahovou silou, která se sekundárně přenáší na míchu cestou ligg. denticulata. Ventrální osteoproduktivní změny ale mohou zvyšovat tah za míchu v situaci, kdy dislokují míchu dorzálně, zatímco durální úpony ligg. denticulata a nervové kořeny jsou fixovány a k dislokaci dochází minimálně.

2.3 Klinické příznaky

Klinické příznaky jsou i přes velký rozvoj zobrazovacích metodik a jiných pomocných vyšetření základním kamenem pro tvorbu diagnózy cervikální myelopatie. Pacient obvykle přichází pro sníženou obratnost a zhoršenou jemnou motoriku horních končetin. Vznikají obtíže při psaní, nemocní pozorují rozvoj slabosti rukou. Dalším příznakem bývají obtíže při chůzi. Chůze je nejistá, nemocný udává pocit kolísání, nestability. Obvykle okolí zaznamená styl chůze o široké bazi, eventuálně chůzi trhavou. Méně často si pacienti stěžují na změněnou citlivost, kterou vnímají zvláště na ruce. Ještě méně často udávají obtíže související s vylučováním. Sfinkterové obtíže bývají obvykle charakteru retence, tedy obtížného vylučování.

2.4 Vyšetřovací skórovací škály

K posouzení tíže onemocnění bylo vyvinuto několik skórovacích klasifikací, které umožňují nejen stanovit tíži myelopatie, ale umožňují i sledování jejího vývoje v čase. Mezi nejčastěji využívané patří Nurickova škála (Nurick 1972) obsahující šest stupňů (Obrázek 2-1). Klasifikace je dominantně založena na alteraci chůze (imobilitě).

Nurickova klasifikace	0 = Kořenové příznaky, bez známek postižení míchy 1 = Lehké známky myelopatie, bez obtíží při chůzi 2 = Lehké obtíže při chůzi umožňující plný pracovní úvazek 3 = Obtíže při chůzi znemožňující zaměstnání, chůze bez dopomoci druhé osoby 4 = Chůze s dopomocí 5 = Upoutání na invalidní vozík nebo na lůžko
------------------------------	---

Obrázek 2-1 - Nurickova klasifikační škála

Další často využívanou skórovací škálou je Japanese Orthopaedic Association (JOA) skóre (Clark 1988, Hukuda et al. 1985). Škála je rozložena do čtyř částí a je založena na hodnocení tíže poruchy hybnosti horních končetin, dolních končetin, poruše citlivosti a sfinkterových poruchách. JOA škála byla sestavena pro asijskou populaci, v našich podmínkách je běžně využívána její modifikace (mJOA). Škálu modifikoval Benzel (Edward C Benzel et al. 1991) (Obrázek 2-2).

mJOA klasifikace - modified Japanese Orthopaedic Association	
motorická porucha na HKK	0 = neschopnost pohybu HKK 1 = neschopnost najít se lžičí, ale možný pohyb HKK 2 = neschopnost zapnout košile, ale nají se lžičí 3 = schopen zapnout knoflíky košile se značnými obtížemi 4 = schopen zapnout knoflíky košile s lehkými obtížemi 5 = bez motorické poruchy
motorická porucha na DKK	0 = úplná ztráta motorické a senzitivní funkce DKK 1 = zachované číí, neschopnost pohybu DKK 2 = schopnost pohybu DKK, neschopen chůze 3 = schopen chůze na rovné podlaze s pomocí hole 4 = schopen chůze po schodech s pomocí zábradlí 5 = schopen chůze po schodech bez přidržování zábradlí 6 = mírná porucha stability, schopen plynulé chůze bez opory 7 = bez motorické poruchy
senzitivní porucha na HKK	0 = úplná ztráta číí 1 = těžká porucha číí 2 = lehká porucha číí 3 = bez poruchy číí
sfinkterové poruchy	0 = neschopnost močit volně 1 = značná porucha močení 2 = mírná až střední porucha močení 3 = normální močení

Obrázek 2-2 - modified Japanese Orthopaedic Association (mJOA) score

2.5 Průběh onemocnění

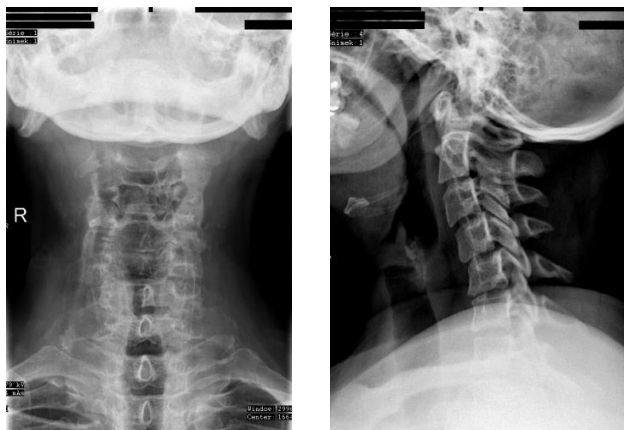
Přirozený průběh onemocnění je nepředvídatelný a literatura o této problematice není rozsáhlá. Dříve uváděná teze postupně progredujícího onemocnění je již překonána. Nurick (Nurick 1972) potvrdil počáteční progresivní fázi deteriorace, která je následována statickou periodou. Tato perioda není konstantní, může trvat měsíce i

léta. Počáteční fáze deteriorace může být pozvolná v průběhu let, nebo náhlá s rychlým nástupem klinických příznaků. U rozvinutých projevů myelopatie je zvýšené riziko traumatického poranění míchy (Firooznia et al. 1985) a to i silou, která by u zdravého jedince míšní poranění nepřivodila.

2.6 Radiodiagnostika

2.6.1 RTG vyšetření

Mezi základní vyšetřovací metody patří prostý nativní RTG snímek. Měl by být vždy prvním grafickým vyšetřením krční páteře. Základní projekce, tj. předozadní a bočnou (Obrázek 2-3), je s výhodou vždy doplnit o dynamické snímky. Bočný snímek dává informaci o postavení krční páteře, dobře lze hodnotit vzniklou osteochondrózu i přemosťující osteofyty, je možné usuzovat na kostěnou stenózu kanálu páteřního.



Obrázek 2-3 - RTG zobrazení krční páteře – základní projekce

Legenda: vlevo předozadní RTG projekce, vpravo bočná RTG projekce.

Jako zlatý standard minulé doby byla využívána perimyelografie (PMG). Zobrazení kanálu páteřního na RTG po intratékálním podání kontrastní látky.

2.6.2 MR zobrazení

Je zlatým standardem pro diagnostiku CSM. Vyšetření je rychlé, neinvazivní, výtečně zobrazuje měkké tkáně páteře. Je jedinečnou metodou pro zobrazení nervových struktur. Přesně detekuje míšní strukturu, rozložení bílé a šedé hmoty, odstupy nervových kořenů. Standardní provedení je jak v sagitálních, tak v axiálních řezech. S výhodou je doplnění jak T1 a T2 vážených řezů, tak TIRM sekvencí, kde je možná nejpřesnější detekce vlastních změn míšní tkáně. Jedním ze základních parametrů, vyjma známek míšní komprese, je sledování změny míšního signálu na T2 (resp. TIRM) vážených sekvencích (Obrázek 2-4).



Obrázek 2-4 - MR zobrazení krční páteře - změna míšního signálu

2.7 Elektrofyziologické vyšetřovací metody – evokované potenciály

Představují techniku, kterou lze využít k objektivizaci funkce vzestupných (dráha zadních provazců) a sestupných drah (kortikospinální trakt) míšních.

Evokované potenciály jsou představovány komponentami, které jsou definovány svojí latencí a amplitudou. Jsou vytvářeny jednotlivými generátory v průběhu dráhy po stimulaci příslušného smíšeného či senzitivního nervu (SEP) či kůry mozkové (MEP).

Jsou funkční metodikou, pomocí které lze objektivně sledovat poruchu funkce míšních drah a její vývoj v čase, proto jsou dnes jednou z významných pomocných diagnostických metod CSM. Dráhu zadních provazců vyšetřujeme pomocí SEP n. medianus a n. tibialis. Kortikospinální trakt vyšetřujeme pomocí MEP ze svalů HK i DK. Kombinované užití obou metod pak může pomoci i v určení topické lokalizace eventuální léze.

SEP n. medianus

Elektricky je stimulován n. medianus na zápěstí. Registrovány jsou jednotlivé zprůměrněné odpovědi v průběhu dráhy – odpověď z Erbova bodu (N9), cervikální míšní komponenta ze zadních rohů míšních (N13), odpověď z primárního somatosenzorického kortexu (N20 a P25). Měříme CCT (central conduction time) – představuje rozdíl latencí N20-N13.

SEP n. tibialis

N. tibialis je stimulován za vnitřním kotníkem a registrovány jsou jednotlivé zprůměrněné odpovědi z oblasti popliteální (N8), lumbosakrální míšní komponenta (N22) a odpověď z primárního

somatosenzorického kortexu (P40/N50). CCT představuje rozdíl latencí P40-N22.

MEPs

Představují metodu k vyšetření integrity rychle vedoucích vláken kortikospinálního traktu.

Transkraniálně je evokována motorická odpověď, která je snímána z příslušného svalu. Motorická odpověď- motorický evokovaný potenciál - je pak registrován z příslušného svalu jako sumační svalový potenciál – CMAP.

Kortikální stimulace je prováděna na skalpu na konvenčních místech, foraminální – spinální stimulace spinálního nervu pak po jeho výstupu z foramen intervertebrale. K dalšímu hodnocení je použit CMAP s největší amplitudou a nejkratší latencí. Latence odpovědi po transkraniální stimulaci představuje centrální motorickou latenci (CML), latence odpovědi po spinální stimulaci poté periferní motorickou latenci (PML). Rozdíl latencí mezi CML a PML představuje centrální kondukční čas (CCT=CML-PML).

2.8 Chirurgické řešení CSM

Indikace k chirurgickému výkonu je stále nejasná. Všeobecně panuje shoda k operačnímu řešení při progredujícím neurologickém deficitu.

Smyslem a principem každé operace je míšni dekomprese při zachování či obnovení stability krční páteře. Operace je chápána jako preventivní výkon, lze však pozorovat i zlepšování následného klinického stavu. Mezi běžné dekompresivní výkony patří skupina předních přístupů, jako jsou diskektomie a somatektomie, a skupina zadních výkonů, mezi které se řadí laminektomie a laminoplastiky.

2.8.1 Ventrální přístupy

Chirurgické přístupy na krční páteř se začaly rozvíjet od 19. století, ventrální přístupy se začaly využívat v první polovině 20. století (Bailey a Badgley 1939, Robinson a Smith 1955, Cloward 1955, Thomas S Whitecloud 1988). Hlavním cílem chirurgického řešení CSM byla stabilizace postiženého segmentu.

Dekomprese s následnou pevnou náhradou disku

Historicky nejrozšířenějším materiálem užívaným k náhradě disku je autologní kostní štěp. Využití štěpu vede k zamýšlené fúzi segmentu, avšak štěp v čase podléhá autolýze, prostor mezi obratlovými těly opět sesedá a vzniká sekundárně kyfotické postavení páteře. Jako prevence kyfotizace a komplikací vyplývajících z implantace nezajištěného štěpu se rozšířilo využití ventrální dlahy (Barsa et al. 2004, Graham 1989).

Vzhledem k možným komplikacím spojeným s odběrem autologního štěpu a vzhledem ke komplikacím spojeným s alogenním štěpem (např. riziko infekce), se stále více rozšiřuje využití pevných implantátů k náhradě disku. Tyto klece jsou založeny na Bagbyho (Bagby 1988) strategii, v níž je mechanicky pevná složka klece perforovaná a do dutiny se vkládá osteoproduktivní hmota, která následně zajišťuje kostěnou fúzi.

Úplná náhrada disku protézou

Totální diskektomie s následnou implantací mobilní náhrady disku byla a je spíše doménou řešení degenerativního onemocnění disku. K vývoji disku vedla snaha zachovat hybnost v segmentu po předním přístupu a dle většiny studií i prevence onemocnění přilehlého segmentu (ASD – adjacent segment disease) (A. S. Hilibrand and Robbins 2004, Kulkarni, V Rajshekhar, and Raghuram 2004). ASD vzniká dle autorů jako přetížení okolních segmentů, které přebírají funkci po segmentu zafixovaném operačně.

2.8.2 Dorzální přístupy

Zadní přístupy byly první metodou operace krční páteře, dominovaly do 50. let 20. století, kdy začal výrazný rozvoj ventrálních přístupů.

Laminektomie

Principem výkonu je totální odstranění dorzální části vertebrálního oblouku, části za kloubními výběžky, tj. laminy. Současná obava z tohoto výkonu pramení do značné části z obavy z možné pooperační kyfotické deformity páteře. Dále je možným důvodem odklonu od tohoto výkonu extenzivnější operační přístup s větší manipulací tkání, šijových svalů.

Laminoplastiky

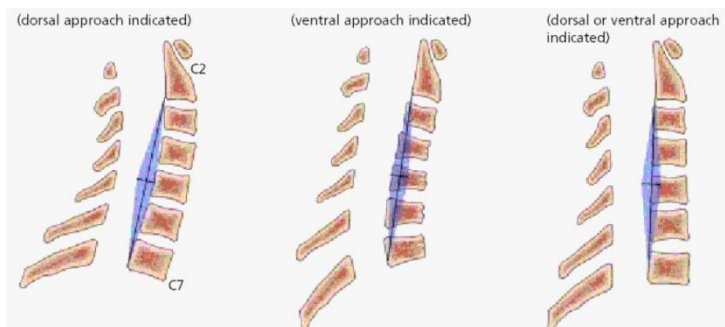
Variantou laminektomie je laminoplastika, hojně využívaná asijskými chirurgy. Principem laminoplastiky je zachování zadního sloupce páteřního při zvětšení prostoru kanálu páteřního. Při tomto výkonu chirurg laminu obratle neodstraňuje, ale částečně odklápí vně z kanálu páteřního, čímž se zvětšuje jeho plocha. Novou pozici zadního segmentu je třeba zajistit fixací vyklopené laminy, například dlahami.

2.8.3 Volba chirurgického přístupu

Dosud nejsou jednoznačně stanovena kritéria pro volbu konkrétního operačního přístupu. Chirurg indikuje a volí operační strategii na podkladě své osobní zkušenosti a zkušenosti pracoviště. Svou volbu pouze koreluje s některými všeobecně přijímanými obecnými doporučeními. V zásadě jediným podkladem pro volbu operační strategie je grafický nález na krční páteři.

Základním prvkem při rozhodování je rozsah stenózy kanálu páteřního. S nárůstem počtu segmentů je tendence indikovat dorzální přístupy. Obvykle uváděným rozmezím jsou tři segmenty (P. D. Kim et al. 2008, Cooper 1997). Dalším napříč literaturou uváděným aspektem volby je předoperační statika krční páteře. U pacientů s efektivní krční kyfózou je dominantně indikován přední přístup (W.

E. McCormick et al. 2003). Naopak u pacientů s efektivní krční lordózou je možný dorzální přístup (Obrázek 2-5).



Obrázek 2-5 - Schéma volby operačního přístupu na podkladě zakřivení krční páteře

Zdroj: převzato z Cervical spondylotic myelopathy: make the difficult diagnosis, then refer for surgery, McCormick (W. E. McCormick et al. 2003).

Dalším kritériem volby je lokalizace patologické léze v kanále páteřním. Dále bývá dorzální přístup indikován u kongenitálně užšího kanálu páteřního či u osifikace zadního podélného vazů.

3 Hypotéza

Na základě uvedených znalostí se dnes po definitivním stanovení diagnózy CSM, a to včetně elektrofyziologického vyšetření, přistupuje k indikaci konzervativní nebo chirurgické terapie. U většiny pacientů konzervativní terapie předchází chirurgické. V klinickém předoperačním stavu lze velmi obtížně definovat dominanci symptomů vycházejících z postižení ventrální či dorzální části míchy. Tuto topickou lokalizaci míšního postižení lze objektivně verifikovat elektrofyziologickým vyšetřením, evokovanými potenciály. Podle elektrofyziologického vyšetření lze definovat

postižení somatosenzorických evokovaných potenciálů (SEP) vycházejících z alterace drah zadních provazců či postižení motorických evokovaných potenciálů (MEP) vycházejících z alterace laterálního kortikospinálního traktu. Dominantní postižení SEP svědčí topicky pro funkční dorzální míšní postižení, analogicky postižení MEP svědčí pro funkční ventrální míšní postižení.

V rámci indikačního procesu chirurg volí vlastní strategii míšní dekomprese. Jako podklad pro volbu operačního přístupu a způsob operace běžně slouží grafický nálezn, na jehož základě je pak stanovena operační strategie. Vliv dominujícího klinického nálezu na způsob operačního řešení a volbu operačního přístupu zůstává minimální.

Nabízí se otázka, zda dorzální míšní dekomprese při dorzálním funkčním míšním postižení a analogicky ventrální dekomprese při ventrálním funkčním míšním postižení by nebyla logickým a optimálním řešením s lepším pooperačním klinickým výsledkem. Lokalizace funkčního postižení míchy je zjišťována cestou elektrofyziologického vyšetření, evokovaných potenciálů.

Studie jako primární cíl zkoumá možné ovlivnění výsledného klinického pooperačního stavu u pacientů s CSM adekvátním operačním přístupem (ventrálním či dorzálním) určeným na základě funkčního vyšetření míchy při zohlednění většího postižení SEPs či většího postižení MEPs.

Studie zkoumá i výsledný klinický stav v závislosti na typu výkonu. Zkoumá rovněž vliv operačního přístupu na subjektivní vnímání pooperačního období pacientem. V neposlední řadě studie zpracovává a hodnotí vliv předoperační tíže míšní komprese hodnocené dle vyšetření magnetickou rezonancí na vývoj klinického stavu pacientů.

4 Soubor a metodika

Do prospektivně hodnocené studie bylo v letech 2006 až 2010 zařazeno 65 pacientů (48 mužů, 17 žen) operovaných pro cervikální spondylogenní myelopatii. Průměrný věk v souboru byl 56 let (± 28), medián věku 56 (směrodatná odchylka 10,8). Všichni pacienti podepsali informovaný souhlas se studií, která byla schválena etickou komisí FN Plzeň.

4.1 Předoperační období

U všech pacientů proběhlo ambulantně předoperační neurologické klinické vyšetření, které prokázalo cervikální míšní postižení. Pacienti se spornými klinickými neurologickými příznaky nebyli indikováni k chirurgickému řešení. Na vyšetřování a hodnocení se podílel ambulantní kolektiv lékařů neurochirurgického oddělení FN Plzeň.

U pacientů byly sledovány *subjektivní* parametry: dotazník Visual Analogue Score (VAS) (Carlsson 1983) a dotazník Neck Disability Index (NDI) (Vernon and Mior 1991), který vznikl modifikací dotazníku Oswestry Disability Index (Fairbank and Pynsent 2000) a hodnotí schopnost vykonávat běžné denní aktivity.

Sledovány byly samozřejmě i *objektivní* parametry hodnotící tíži cervikální myelopatie na podkladě klinického neurologického vyšetření: Nurickova škála (Nurick 1972) a modifikace Japanese Orthopaedic Association score (mJOA) (Edward C Benzel et al. 1991).

U všech pacientů bylo předoperačně doplněno grafické vyšetření krční páteře magnetickou rezonancí, kde byla verifikována míšní komprese. Při sporném nálezů byly doplněny dynamické MR projekce. Na zhotovených MR skenech byly proměřeny parametry míšního útlaku

v etáži největší stenózy kanálu páteřního, zjišťována byla eventuální přítomnost změny míšního signálu v T2w sekvencích.

Pacienti s prokázaným měkkým výhřezem disku způsobující cervikální myelopatii byli ze sestavy vzhledem k rozdílnému patofyziologickému mechanismu onemocnění vyloučeni (Bednařík et al. 2010). Dále byla předoperačně doplněna baterie RTG skenů. Komplex grafického vyšetření byl podkladem při rozhodování o chirurgickém operačním přístupu.

Všichni pacienti byli vyšetřeni evokovanými potenciály (SEP, MEP).

4.2 Elektrofyziologické vyšetření

Před operací byli všichni pacienti pro posouzení funkce vzestupných a sestupných míšních drah vyšetřeni baterií evokovaných potenciálů. Tato baterie zahrnovala somatosenzorický evokovaný potenciál (SEP) smíšeného nervu horní končetiny (n. medianus) a dolní končetiny (n. tibialis) a motorický evokovaný potenciál (MEP) registrovaný ze svalů horní končetiny (m. abductor pollicis brevis) a svalů dolní končetiny (m. tibialis anterior).

Somatosenzorické evokované potenciály (SEPs) n. medianus a n. tibialis

Kritéria pro hodnocení léze SEP n. medianus:

K posuzování léze drah zadních provazců pro HK byla k dalšímu zpracování využita latence vlny N13, vlny N20. Rozdíl latencí mezi vlnou N20 a N13 pak představuje CCT, který byl dále použit jako hlavní parametr pro určení léze drah zadních provazců pro HK. Jako patologické byly označeny takové odpovědi, u kterých došlo k vymizení odpovědi N13 a N20 či prodloužení latence o více než 2SD ve srovnání s normativními daty naší laboratoře.

Kritéria pro hodnocení léze SEP n. tibialis:

K posuzování léze drah zadních provazců pro DK byla k dalšímu zpracování použita latence vlny N22, P40, jejich odečtením pak byl počítán CCT, který byl pak použit jako hlavní parametr pro určení léze drah zadních provazců pro DK. Jako patologické byly označeny takové odpovědi, u kterých došlo k vymizení odpovědi P40 či prodloužení latence o více než 2SD ve srovnání s normativními daty naší laboratoře.

Motorické evokované potenciály (MEPs) m. abductor pollicis brevis (m. APB) a m. tibialis anterior (m. TA)

Kritéria pro hodnocení léze MEPs:

K posuzování léze kortikospinálního traktu pro HK i DK byl použit CMCT. Jako patologické byly označeny odpovědi, u kterých nebyla odpověď při transkraniální stimulaci získána a jestliže došlo k prodloužení latence CMCT o více než 2 SD ve srovnání s normativními daty naší laboratoře.

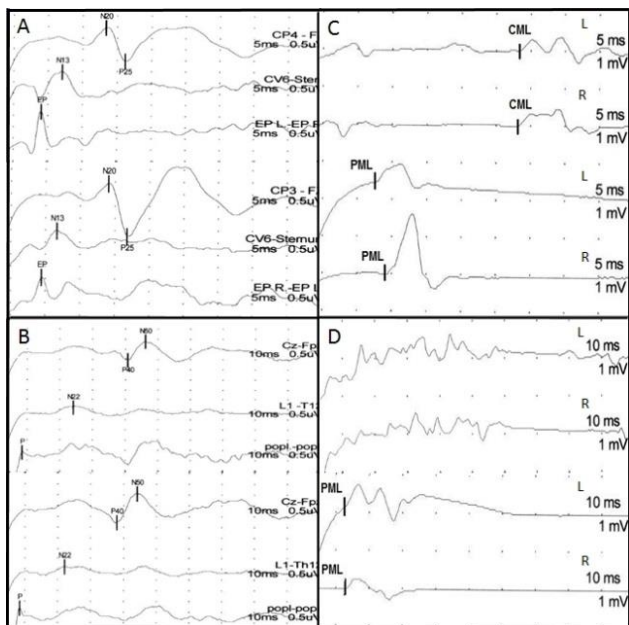
Kritéria pro posouzení vzájemného poměru postižení motorických (MEPs) a somatosenzorických (SEPs) drah míšních

Pacienti byli rozděleni do dvou skupin na základě tíže postižení motorických a somatosenzorických drah míšních.

Do skupiny „A“ byli zařazeni pacienti s větším postižením motorických drah míšních, tzn. pacienti, u kterých největší registrované postižení (hodnocené podle toho, o kolik SD byla naměřená veličina větší ve srovnání s normativními daty laboratoře) bylo naměřeno alespoň pro jednu hodnocenou veličinu MEP (Obrázek 4-1).

Do skupiny „P“ byli zařazeni pacienti s větším postižením somatosenzorických drah míšních, tzn. pacienti, u kterých největší registrované postižení (hodnocené podle toho, o kolik SD byla

naměřená veličina větší ve srovnání s normativními daty naší laboratoře) bylo naměřeno alespoň pro jednu hodnocenou veličinu SEP.



Obrázek 4-1 - Záznam evokovaných potenciálů, dominantní postižení míchy zepředu

Legenda: Větší postižení sestupných drah míšních = větší postižení míchy zepředu (skupina A). Zapojení registračních elektrod vyznačeno ve sloupci vpravo nad každou stopou, citlivost a časová základna označena pod každou stopou.

Vlevo nahoře: A- SEP n. medianus: normální nález, vlevo dole B- SEP n. tibialis: normální nález, vpravo nahoře C- MEP m. abductor pollicis brevis: prodloužená CML, vpravo dole D- MEP m. tibialis anterior: nevybavnost odpovědi při transkraniální stimulaci.

4.3 Operační strategie

Volba chirurgické strategie proběhla zcela standardně dle zavedených zvyklostí pracoviště, dle klinického neurologického nálezu a především dle nálezu získaného z grafické dokumentace. To znamená zcela nezávisle na zhotoveném elektrofyziologickém vyšetření, čímž byl dosažen jistý stupeň randomizace (část pacientů s dominantním postižením MEP byla operována zepředu, část zezadu a naopak část pacientů s dominantním postižením SEP byla operována zepředu, část zezadu).

Ventrální přístupy (Obrázek 4-2)

Ventrální přístupy jsou obvykle indikovány u monosegmentálních patologií. Nejčastěji se jedná o dorzální osteofyty či osteochondrózu s propagací do kanálu páteřního a o protruze disků. Méně často bývá tato indikace ve dvou a ojediněle ve třech etážích.



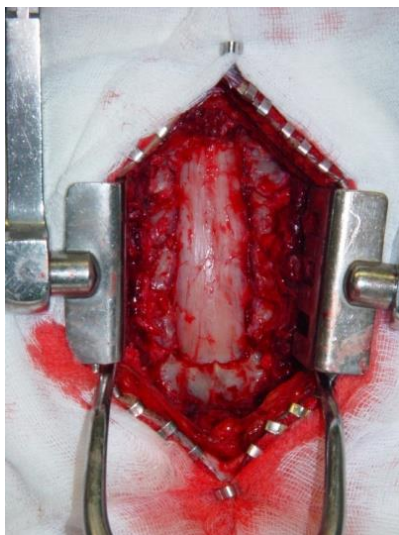
Obrázek 4-2 - Přední operační přístup, založení rozvěrače

Legenda: založení Casparova rozvěrače a distrakčních šroubů před diskektomií - pohled na intaktní přední podélný vaz v místě meziobratlového disku.

Pacienti operovaní předním přístupem byli zařazeni do skupiny „a“.

Dorzální přístupy (Obrázek 4-3)

Dorzální přístupy obvykle v indikacích převažují u rozsáhlejších stenóz. Tyto výkony jsou indikovány u třech a víceetážových postižení s přihlédnutím ke geometrii krční páteře. Geometrie je hodnocena dle nativních RTG snímků (bočná projekce, dynamické projekce). Při kyfotické tendenci osy páteře jsou upřednostněny přístupy ventrální.



Obrázek 4-3 - Zadní operační přístup, laminektomie

Pacienti operovaní zadním přístupem byli zařazeni do skupiny „p“.

Na základě výše uvedeného elektrofyziologického vyšetření a zvoleného operačního přístupu byl celý soubor rozčleněn na 4 podskupiny – Aa, Ap, Pa, Pp (Tabulka 4-1).

Tabulka 4-1- Rozčlenění souboru na podkladě elektrofyziologického vyšetření (ELF) a operačního přístupu

Aa	Dominující ELF postižení ventrálně u pacientů operovaných zředu	n = 20
Ap	Dominující ELF postižení ventrálně u pacientů operovaných zezadu	n = 10
Pa	Dominující ELF postižení dorzálně u pacientů operovaných zředu	n = 23
Pp	Dominující ELF postižení dorzálně u pacientů operovaných zezadu	n = 12

4.4 Pooperační období

Kontroly v rámci studie byly stanoveny v rámci běžných kontrol na intervaly 12 měsíců (kontrola 1 - K1) a 24 měsíců (kontrola 2 - K2). Při všech kontrolách proběhlo klinické neurologické vyšetření jedním z kolektivu ambulantních lékařů. Byly vyplněny dotazníky VAS a NDI skóre, vyhodnoceno mJOA skóre. Dále u všech pacientů byly zhotoveny i RTG skeny. V rozpětí 12 až 24 měsíců rovněž proběhla kontrola magnetickou rezonancí k ověření dostatečné dekomprese kanálu páteřního a vyhodnocení změn měřených morfologických parametrů. V témže časovém rozpětí proběhlo i kontrolní vyšetření evokovanými potenciály.

4.5 Hodnocení

Porovnávány byly výsledky jednotlivých vyšetření (mJOA, NDI, VAS HK, VAS šíje) uvnitř skupin a mezi skupinami. Vzhledem k počtu pacientů v jednotlivých skupinách byly k ověření hypotézy použity neparametrické testy. Na porovnání distribucí jednotlivých veličin byl použit Wilcoxonův test. Položená hypotéza byla ověřena na hladině významnosti 5%.

5 Výsledky – vývoj sledovaných parametrů

5.1 Objektivní neurologický nález

mJOA skóre

Tabulka 5-1 - Vývoj hodnot mJOA skóre

	Aa	Ap	Pp	Pa	celkem
přijetí	14,00	14,00	12,50	12,78	13,27
kontrola (K2)	16,00	15,20	14,67	15,55	15,55
Wilcoxon p	0,011	0,131	0,102	0,005	0,051
změna	2,00	1,20	2,17	2,77	2,28

Po dvouletém sledování lze v souboru souhrnně konstatovat zlepšení objektivního neurologického nálezu. Průměrný nárůst hodnoty parametru činil 2,28 bodu. Nález se z hodnoty 13,27 (středně těžký neurologický deficit) posunul na hodnotu 15,55. Tento stav lze hodnotit již jako lehký neurologický deficit. Statisticky významného zlepšení bylo dosaženo pouze ve skupinách Pa a Aa (Tabulka 5-1).

Při hodnocení objektivního klinického zlepšení z pohledu operačního přístupu (skupiny Pa + Aa versus Ap + Pp) bylo statisticky významné zlepšení u skupin operovaných předním přístupem oproti skupinám operovaným zadním přístupem.

Při hodnocení vývoje mJOA skóre z pohledu jednotlivých pacientů došlo pouze ve dvou případech ke snížení hodnoty parametru při kontrole K1, při kontrole K2 byly registrovány hodnoty již na předoperační úrovni. Celkem docházelo u většiny pacientů v čase ke zvyšování parametru, u menší části souboru byl parametr mJOA skóre

bez vývoje, tzn. klinický pooperační stav nemocného se nezměnil (Tabulka 5-2).

Tabulka 5-2 - Pooperační vývoj klinického stavu po dobu dvou let

	Pa	Aa	Ap	Pp	celkem
stagnace klinického stavu	35	42	29	33	35
zlepšení klinického stavu	65	58	71	67	65

Legenda: Uvedeno procentuální zastoupení.

5.2 Vývoj grafických nálezů

Vliv předoperační hodnoty plochy míchy na pooperační vývoj mJOA skóre

Tabulka 5-3 - Vliv předoperační plochy míchy na pooperační vývoj hodnot mJOA skóre

mJOA	zadní přístup			přední přístup			celkem		
	P	K2	rozdíl	P	K2	rozdíl	P	K2	rozdíl
plocha míchy < 60mm²	11,5	13,5	+2 p=0,157	13,2	14,4	+1,2 p=0,179	12,8	14,2	+1,4 p=0,058
plocha míchy > 60mm²	13,6	14,8	+1,26 p=0,071	13,7	16,1	+2,4 p=0,001	13,7	15,7	+2,05 p=0,002

Legenda: Vývoj průměrných hodnot mJOA skóre v závislosti na předoperační hodnotě velikosti plochy míchy v členění dle zadního a předního operačního přístupu. Sloupec P obsahuje předoperační hodnoty, ve sloupci K2 zachyceny údaje z kontroly po dvou letech, sloupec rozdíl obsahuje rozdíl K2-P.

Literárně je udávána kritická předoperační hodnota plochy míchy 40 mm² (Bednařík et al. 2010), při větší míšní atrofii již nelze očekávat pooperační zlepšení klinického stavu. Ve studii byl registrován pouze jeden pacient s plochou míchy 34 mm² a jeden s plochou 40mm². Pro

možnost porovnání dvou skupin byla stanovena limitní hodnota míšni plochy 60 mm². Menší plocha míchy byla registrována u 22% pacientů v souboru.

Celkově bylo patrné významné zlepšení u skupiny s předoperační míšni plochou větší než 60 mm². U skupiny s plochou pod 60 mm² došlo ke zlepšení klinického stavu, ale zlepšení bylo menší a statisticky nevýznamné. Obdobný trend jako při sumárním hodnocení souboru je patrný u skupiny předních přístupů (Tabulka 5-3).

Vliv předoperační přítomnosti změny míšního signálu na pooperační vývoj mJOA skóre

Tabulka 5-4 - Vliv předoperační přítomnosti změny míšního signálu na MR na pooperační vývoj hodnot mJOA skóre

mJOA		Pa	Aa	Ap	Pp	Celkem
T2w signál +	P	12,78	13,83	13,6	11,33	13,07
	K1	15,11	15,2	14,6	14,67	15
	K2	15,4	15,2	14,75	14	15,07 p(K2-P)= 0,141
T2w signál -	P	15	13,75	15	12	13,33
	K1	16,6	17,5	15	13	15
	K2	16,67	17,33	17	15,2	17 p(K2-P)= 0,005

Legenda: T2w signál + označuje, že byla změna míšního signálu přítomna, T2w signál - označuje, že změna míšního signálu nebyla přítomna. Řádka P obsahuje předoperační hodnoty mJOA, v řádce K1 a K2 jsou zachyceny údaje z kontroly po jednom roce, resp. po dvou letech.

Ve skupině, kde předoperačně nebyla přítomna změna míšního signálu na MR v T2w sekvencích, došlo pooperačně k významnému zlepšení klinického stavu v hodnocení dle škály mJOA. Ve skupině se

změnou míšního signálu došlo k nevýznamnému zlepšení klinického stavu (Tabulka 5-4).

5.3 Korelace elektrofyziologického a grafického nálezu

Tabulka 5-5 - Zastoupení typu grafické míšní komprese v jednotlivých skupinách elektrofyziologického postižení

Dominující ELF postižení	skupina	Dominující ventrální útlak dle MR	Dominující centrální útlak dle MR	Dominující dorzální útlak dle MR
dorzální - SEP	Pa + Pp	37%	49%	14%
ventrální - MEP	Aa + Ap	30%	60%	10%

Na základě předoperační MR byl určen dominující grafický útlak-ventrální a dorzální. Při významném podílu obou těchto patologických nálezů byla skupina hodnocena jako centrální útlak. Soubor byl rozčleněn na skupiny s převládajícím ventrálním, dorzálním a kombinovaným, tj. centrálním, útlakem. Jako centrální útlak byl hodnocen stav komprese míchy, na kterém se v místě maximálního zúžení kanálu páteřního podílela ventrální i dorzální patologie obdobným dílem.

V obou skupinách dle dominující elektrofyziologické alterace bylo rozložení grafického útlaku míchy obdobné. Nejčastěji se jednalo o stenózu centrální, poté o stenózu ventrálním útlakem. Nejméně častým nálezem byla v obou skupinách stenóza dorzálním útlakem (Tabulka 5-5).

Grafický dominující útlak míchy nekoreloval s dominujícím elektrofyziologickým postižením.

6 Diskuse

6.1 Vliv stranově odpovídající volby operačního přístupu ve vztahu k funkčnímu postižení míchy na pooperační klinický stav

Výsledek studie: Studie neprokázala statisticky významné zlepšení objektivního nálezu u pacientů ve skupinách, u kterých adekvátně koreloval operační přístup s dominantním funkčním postižením míchy hodnoceným dle evokovaných potenciálů.

Po rozhodnutí o indikaci chirurgického řešení CSM spočívá chirurgická taktika ve zhodnocení grafického nálezu a dle grafického nálezu je rozhodnuto o chirurgickém výkonu (P. D. Kim et al. 2008; Lu 2007, Mummaneni et al. 2007, Kristof et al. 2009, Wen et al. 2012). Při běžném způsobu indikování není zohledněna tíže funkčního míšního postižení.

Přínos funkčního vyšetření míchy pomocí SEPs a MEPs pro diagnózu CSM byl však opakovanými pracemi potvrzen (Miyoshi and Kimura 1996, Di Lazzaro et al. 1992, De Noordhout et al. 1998, Chistyakov et al. 1995). Bylo prokázáno, že u lehčích forem CSM s klinicky lehkými a nespecifickými symptomy bývají abnormální MEPs (Simó, Szirmai, and Arányi 2004). Pacienti s klinicky jasnými známkami CSM mají patologické jak MEPs, tak SEPs. EP tedy pomáhají v klinické praxi určit tíži míšní komprese a dle některých autorů dokonce předpovídat výsledek chirurgické léčby (Jun Takahashi et al. 2008). V naší studii u pacientů se středně těžkou CSM byly v obou skupinách (A i P), ve shodě s literárními údaji, registrovány změny SEPs i MEPs z horních i dolních končetin. Ve shodné míře byly registrovány patologické SEPs a MEPs z dolních končetin. Rozdíly pak byly v postižení drah pro horní končetiny, kdy u skupiny A bylo

výraznější postižení MEPs a u skupiny P větší postižení SEPs. Literární nálezy i nálezy v hodnoceném souboru lze vysvětlit na základě somatotopického rozložení míšních drah, kdy laterálně uložené dráhy pro dolní končetiny mohou být poškozeny při menším tlaku na míchu, tedy u lehčích forem CSM. Centrálněji uložené dráhy pro HK jsou pak poškozeny při výraznějším útlaku, tedy u těžších forem CSM (Lo 2007). Toto potvrzuje soubor pacientů v naší studii. Ve skupině P by pak větší postižení SEPs pro horní končetiny mohlo nasvědčovat většímu tlaku zezadu a větší postižení MEPs pro horní končetiny u skupiny A většímu tlaku zepředu.

Chirurgické řešení CSM vychází především z mechanické a obvykle pouze statické příčiny útlaku míchy, dynamický nálezn běžně při léčbě zohledňován nebývá. Bylo potvrzeno, že korelace mezi grafickými a elektrofyziologickými známkami CSM se dle jednotlivých studií různí, podle některých autorů dosahují pouze 50% (Nové-Josserand, André-Obadia, and Mauguière 2002). V naší studii, v níž byli k operaci indikováni pacienti se středně těžkou formou myelopatie, byl u všech pacientů registrován jak patologický grafický nálezn, tak i patologické elektrofyziologické vyšetření SEPs i MEPs. Při hodnocení topografie grafického nálezu (tedy je-li větší tlak na míchu zepředu či zezadu) a porovnání s elektrofyziologickým postižením (tedy zda je větší postižení drah anterolaterálního či zadního míšního segmentu) nebyl zjištěn rozdíl mezi oběma skupinami. Ve skupině pacientů A i ve skupině pacientů P byl procentuálně stejně zastoupen tlak na míchu zepředu i zezadu. Největší zastoupení v obou skupinách však měla stenóza centrální, kde nebylo možno rozhodnout o převažujícím předním či zadním útlaku. Zjištěné údaje podporují nekompresivní patofyziologickou příčinu myelopatie (Levine 1997) založenou na přeneseném tahu na míšní obaly a míchu s omezením mikrocirkulace.

Z výše uvedeného vyplývá, že tlak na míchu zepředu či zezadu nerozhoduje o tom, zda bude více poškozena funkce zadních či předních míšních drah. Na podkladě grafického zobrazení nelze tedy jednoznačně rozhodnout o dominantním funkčním postižení míchy.

V dosud publikované literatuře nebyla nalezena práce, která by se týkala vztahu operačního přístupu a lokalizace míšního postižení hodnoceného dle EP na pooperační vývoj pacientů s CSM.

6.2 Vliv operačního přístupu na pooperační klinický stav

Výsledek studie: Studie prokázala statisticky významné zlepšení u skupin pacientů operovaných předním přístupem bez ohledu na dominantní patologii EP.

Tento fakt lze vysvětlit tím, že přední míšní dekomprese, zvláště je-li doplněna fúzí, může vést k výraznějšímu uvolnění míchy než zadní dekomprese, u které je zachován pohyb páteře a nejsou zde tudíž vyloučeny dynamické příčiny stenózy. Přední přístup pak může vést ke klinickému zlepšení nejen v předních míšních segmentech. Toto zlepšení může být na podkladě ovlivnění dalších faktorů podílejících se na míšní patologii. K těmto faktorům patří hlavně míšní krevní průtok. Vzhledem k tomu, že se v naší studii zlepšili i pacienti operovaní zepředu, kteří však měli větší funkční postižení zadních drah, lze usuzovat rovněž na to, že přední dekomprese zlepšuje míšní průtok nejen v a. spinalis anterior, ale i v arteriae spinales posteriores.

Výraznější klinické zlepšení po provedení předních přístupů ve srovnání se zadními publikoval i Hirai (Hirai et al. 2011). Ve shodě s citovaným autorem byly v naší studii prováděny dorzální přístupy bez doplnění fixace a fúze, autor prováděl laminoplastiky. Horší výsledky u dorzálních přístupů lze vysvětlit na podkladě možného přetrvávajícího ventrálního útlaku v součinnosti s možným reziduálním vaskulárním postižením (traumatizace a. spinalis anterior) (Baptiste and Michael G Fehlings 2006, Michael G Fehlings and Skaf 1998, Shedid and Edward C Benzel 2007). Vliv by mohl mít i reziduální útlak zepředu v rámci komplexu dynamických změn krční páteře. Tento fakt potvrzuje další pozorování, v němž Hirai prokázal, že výsledný klinický stav skupiny pacientů

s indikovanými dorzálními přístupy, u níž po operaci nebyl na grafickém kontrolním vyšetření přítomen žádný reziduální útlak míchy zpředu, je totožný se skupinou pacientů operovanou zpředu (Hirai et al. 2012). Jako příčinu diskutuje poruchu cirkulace mozkomíšního moku a cévního zásobení (a. spinalis anterior) při ventrálním útlaku. Dále uvažuje rovněž o vlivu instability a hypermobility v operované oblasti. Ve svém souboru též zvažuje insuficientní dekompresi v rámci laminoplastiky.

Vliv dynamické pooperační stenózy zůstává sporný. Proti dynamické stenóze hovoří vyšší věk pacientů a rozsáhlejší postižení krční páteře spondylogenními změnami. Proti tomuto předpokladu se zdá vliv tenze dentikulátních vazů (Levine 1997) jako reálný. U přetrvávající ventrální expanze dochází k větší tenzi míchy prostřednictvím pnutí fixovaných vazů a míšních kořenů, což může rezultovat i v omezení mikrocirkulace. Tyto změny se mohou odehrávat i při malých rozsazích pohybů, které bývají u starších pacientů.

Dalším možným důvodem výraznějšího zlepšení u ventrálních dekompresí je menší rozsah míšního postižení (mono či bisegmentální dekomprese) oproti obvykle extenzivnějšímu míšnímu útlaku, který dominoval u skupiny dorzálních dekompresí (v uváděném souboru průměrně dekomprimováno 3,4 laminy).

Vzhledem k nejednotnosti strategie volby přístupu u CSM vznikl na návrh AANS (American Association of Neurological Surgeons) projekt s cílem vytvořit tzv. evidence based guidelines k léčbě CSM (Mummaneni et al. 2009). Dosud publikované výsledky potvrzují efektivnost všech typů operačních výkonů, u laminektomií je uváděna možnost následné pozdní deteriorace stavu při kyfotizaci. Rozdíl bývá zaznamenán nejčastěji u perioperačních komplikací. Uvedená data podporují volbu operačního přístupu dle osobní zkušenosti chirurga a pracoviště na podkladě konkrétního grafického nálezu u daného pacienta.

6.3 Pooperační vývoj klinického stavu

Výsledek studie: V průměru došlo k objektivnímu zlepšení ve všech čtyřech skupinách, statisticky významnému pouze u skupin předních přístupů. Při hodnocení souboru jako celku došlo ke zmírnění neurologického deficitu ze středně těžkého (mJOA = 13,27) na lehký (mJOA = 15,55) po dvou letech sledování. Ke zlepšení klinického stavu došlo u 65% pacientů v souboru, u 35% zůstal stav stacionární.

Středně těžké formy CSM jsou v současnosti spíše indikovány k chirurgickému řešení. Muthukumar (Muthukumar 2012) uvádí hodnotu mJOA méně než 12 bodů jako doporučenou hranici pro indikaci operačního řešení. V našem souboru byla předoperační hodnota mJOA 13,27, což je hodnota nevýznamně vyšší. Zmíněný autor u vyšších hodnot mJOA udává individuální přístup k výběru strategie léčby. Tento postup se shoduje s managementem onemocnění na našem pracovišti. Pro chirurgickou léčbu (a tedy i do studie) byli pacienti vybíráni selektivně. Na chirurgické pracoviště se dostávají pacienti již selektovaní při primodiagnostice, obvykle neurologickým pracovištěm. Tito pacienti poté podstoupí další selekci ambulantním týmem neurochirurgů a pouze část je indikována k operačnímu řešení. Při této dvoudobé selekci, která probíhala i v rámci studie, nedošlo ke zhoršení u žádného z pacientů po dobu dvou let. Tyto výsledky se nevyklučují s prací Kadaňky (Kadaňka et al. 2011), který pozoroval zlepšení i zhoršení klinického stavu v obou terapeutických větvích. Autorova studie byla randomizovaná, do chirurgické větve byli zařazeni i pacienti, kteří by na jiném pracovišti možná operováni nebyli.

Podstatným faktorem jsou indikační kritéria, jejichž dodržování může vést k větší efektivitě chirurgického řešení. Publikovány jsou práce prokazující vliv vyššího věku (Naderi et al. 1998, T. Yamazaki et al. 2003), vliv delší celkové doby trvání příznaků CSM (Edwards et al. 2003, T. Yamazaki et al. 2003, Tetreault, Karpova, and MG 2013) a vliv grafického předoperačního nálezu na MR, jako například

přítomná změna míšního signálu v T2w sekvencích (Matsumoto et al. 2000, Suri et al. 2003) či menší rozměr kanálu páteřního (Fukui et al. 1990, T. Shimomura et al. 2007) na horší pooperační vývoj klinického stavu.

V naší studii došlo za dobu dvou let sledování k průměrnému zlepšení mJOA o 2,28 bodu. Změna odpovídá multicentrické AO Spine studii, kde je uvedeno zlepšení o více než 2 body u 75% pacientů (Branko, Michael G Fehlings, and T. S. Yoon 2011). Další práce potvrzuje signifikantní zlepšení klinického stavu po chirurgické terapii CSM po dobu minimálně pěti let (Matz et al. 2009). Zlepšení funkčního nálezu nastává a přetrvává po 6 měsících od operace, zhoršení klinického stavu Furlan udává pouze u 4% pacientů (Furlan et al. 2011).

V naší práci bylo prokázáno objektivní neurologické zlepšení (hodnocené dle mJOA skóre) v každé ze sledovaných skupin. Celkově se jednalo o zlepšení u 65% pacientů. Tyto výsledky jsou srovnatelné s literárními údaji. Hirai (Hirai et al. 2012) uvádí ve své práci pooperační zlepšení JOA skóre až u 62 z 64 pacientů po dobu pěti let.

6.4 Vliv kompresivního poměru a plochy míchy na pooperační vývoj klinického stavu

Výsledek studie: Předoperační mezní hodnota kompresivního poměru míchy 0,4 (skupiny s poměrem menším, resp. větším než 0,4) a mezní plocha míchy 60 mm² (skupiny s plochou menší, resp. větší než 60 mm²) nebyly rozhodující pro ovlivnění objektivního pooperačního vývoje.

Literárně je udávána limitní hodnota plochy míchy na transverzálním řezu 40 mm² (Bednařík et al. 2010). U předoperačně menší plochy nelze předpokládat uspokojivý efekt operace. V našem souboru nebylo možno tuto hypotézu ověřit. Zastoupení pacientů s takto malou plochou míchy bylo minimální, což odpovídá předoperační

charakteristice souboru, velmi těžké stupně CSM byly zastoupeny sporadicky. Proto byla referenční mez v souboru nastavena na 60 mm². Pooperačně došlo k významnému zlepšení objektivního nálezu u pacientů s plochou větší než referenční mez, v druhé skupině bylo zlepšení stavu nevýznamné. Lze tedy předpokládat správnost uvedené referenční meze plochy míchy na úrovni 40 mm². V práci zmíněné výše Wiggings rovněž uvádí význam změny plochy míchy, resp. souvislost pooperačního nárůstu plochy nad 40 mm² s pooperačním zlepšením klinického stavu.

6.5 Vliv změny míšního signálu na pooperační vývoj klinického stavu

Výsledek studie: Klinické zlepšení pooperačního stavu hodnoceno škálou mJOA bylo významné u skupiny, kde předoperačně nebyla zjištěna na MR změna míšního signálu. U skupiny s předoperační změnou signálu bylo zlepšení klinického stavu nevýznamné.

Přítomnost změny míšního signálu u CSM je relativně častá, literárně kolísá v rozsahu od 41% do 97%. Přítomnost změny je pro stanovení pooperační prognózy kontroverzní (Vedantam and Vedantam Rajshekhar 2013). V našem souboru byla změna registrována uprostřed uvedeného rozpětí, tj. u 65% pacientů. Změna charakteru míšní tkáně jako součásti CNS svědčí na MR teoreticky pro ireverzibilitu stavu. Hyperintenzita signálu, převážně centrálně lokalizovaná, postihuje graficky středovou část míchy, tj. šedou hmotu míšni. Oblast probíhajících míšních drah bývá relativně na MR ušetřena, což vede k předpokladu možné reparační funkce bílé hmoty, zvláště pak v její zevní části. Dekomprese zevně uložených oblastí, kde probíhají dominantně dráhy z oblasti dolních končetin, poté potencionálně vede ke zlepšení chůze. Ovlivnění pooperačního průběhu rozsahem a charakterem změny signálu bylo opakovaně publikováno, data sumarizoval Vedantam (Vedantam and Vedantam Rajshekhar 2013). Prognosticky negativní faktor byl zjištěn u většího rozsahu a větší intenzity míšni hyperintenzity (L. Wang and Y. Zhang

2010). Zhang kvantifikoval a rozčlenil předoperační změny signálu dle intenzity na tři skupiny (Y.-Z. Zhang et al. 2010). V pooperačním období mezi jednotlivými skupinami shledal významný rozdíl ve zlepšování klinického stavu, nejmenšího zlepšení dosáhli pacienti s neintenzivnější změnou míšního signálu. Z uvedeného vyplývá, že v obecné rovině změna míšního signálu nebrání možnému zlepšení klinického stavu, a to jak po chirurgické terapii, tak i po konzervativní terapii (Oshima et al. 2012). V našem souboru ve shodě s literaturou došlo k významnému zlepšení u skupiny, u které předoperačně nebyla změna signálu prokázána.

7 Závěr

Studie nepotvrdila přínos volby operačního přístupu na podkladě dominujícího funkčního míšního postižení, které bylo určeno na základě vyšetření evokovanými potenciály. Studie prokázala statisticky významné zlepšení objektivního nálezu pouze u skupin předních operačních přístupů bez ohledu na fakt, zda byla dominantní míšní patologie předoperačně dle EP lokalizována ventrálně či dorzálně. Nezdá se tudíž opodstatněné indikovat přední přístup při dominantní lézi MEPs a zadní přístup při dominantní lézi SEPs.

Jistá část pacientů s onemocněním CSM profituje z chirurgické terapie, dochází ke zlepšení jejich pooperačního klinického stavu. V rámci studie došlo ke zlepšení objektivního klinického nálezu u 65% pacientů, u žádného po dobu sledování, tj. po dobu dvou let, nedošlo k progresi onemocnění. Vývoj objektivního klinického nálezu byl obdobný ve všech sledovaných skupinách (Pa, Aa, Ap, Pp).

Nedořešenou otázkou nadále zůstávají přesná kritéria pro indikování chirurgického výkonu a určení konkrétních pacientů, kteří mohou z chirurgické terapie profitovat.

Při korelování subjektivních parametrů pooperačního sledování (NDI, VAS) na zvolený operační přístup nebyl zaznamenán významný rozdíl. Stran subjektivního hodnocení jsou přední a zadní přístupy v rámci dvouletého sledování ekvivalentní.

Studie nepotvrdila vliv předoperačního kompresivního poměru míchy (s limitní hranicí 0,4) na pooperační vývoj klinického stavu. Došlo ke srovnatelnému zlepšení objektivního neurologického nálezu jak ve skupině s kompresivním poměrem menším, tak větším než 0,4.

Studie nepřímou potvrdila vliv velikosti předoperační plochy míchy (na transverzálních MR řezech v místě maximální komprese) na pooperační vývoj klinického stavu. U skupiny s míšní plochou předoperačně větší než 60 mm² došlo k významnému pooperačnímu zlepšení stavu, u plochy menší než 60 mm² bylo zlepšení nevýznamné.

Předoperační plocha kanálu páteřního velikosti 100 mm², resp. 120 mm² není limitující pro pooperační vývoj klinického stavu.

Předoperační změna míšního signálu v T2w sekvencích je prognosticky nepříznivým faktorem. U skupiny pacientů s předoperačně verifikovanou změnou míšního signálu bylo pooperační zlepšení klinického stavu nevýznamné, oproti skupině bez změny signálu, kde bylo pooperační zlepšení významné.

8 Litertura

- Bagby, GW. 1988. "Arthrodesis by the distraction-copression using stainless steel implants." *Orthopedics* 11(9):931–934.
- Baptiste, Darryl C, and Michael G Fehlings. 2006. "Pathophysiology of cervical myelopathy." *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 6(6 Suppl):190S–197S. Retrieved August 14, 2012
- Baron, Eli M, and William F Young. 2007. "Cervical spondylotic myelopathy: a brief review of its pathophysiology, clinical course, and diagnosis." *Neurosurgery* 60(1 Suppl 1):S35–41. Retrieved November 6, 2012
- Bednařík, J et al. 1999. "The value of somatosensory- and motor-evoked potentials in predicting and monitoring the effect of therapy in spondylotic cervical myelopathy. Prospective randomized study." *Spine* 24(15):1593–8. Retrieved
- Bednařík, Josef, Zdeněk Ambler, and Evžen Růžička. 2010. *Klinická neurologie: část speciální II. První*. edited by Stanislav Juhaňák. Praha: Triton.
- Bednařík, Josef, and Zdeněk Kadaňka. 2000. *Vertebrogenní neurologické syndromy*. Levou zadn. Praha: Triton.
- Benzel, Edward C, J Lancon, L Kesterson, and T Hadden. 1991. "Cervical laminectomy and dentate ligament section for cervical spondylotic myelopathy." *Journal of Spinal Disorders* 4(3):286–295.
- Bohlman, Henry H. 1977. "Cervical Spondylosis with Moderate to Severe Myelopathy: A Report of Seventeen Cases Treated by Robinson Anterior Cervical Discectomy and Fusion." *Spine* 2(2):151.
- Breig, Alf, I Turnbull, and O Hassler. 1966. "Effects of mechanical stresses on the spinal cord in cervical spondylosis. A study on fresh cadaver material." *J Neurosurg* 25(1):45–56.
- Chistyakov, A V, J F Soustiel, H Hafner, and M Feinsod. 1995. "Motor and somatosensory conduction in cervical myelopathy and radiculopathy." *Spine* 20(19):2135–2140.
- Cloward, RB. 1958. "The anterior approach for removal of ruptured cervical disks." *J Neurosurg.* 15(6):602–617.

- Cooper, Paul R. 1997. "Cervical Spondylotic Myelopathy." *Contemporary Neurosurgery* 19(25):1–7.
- Crucchi, G et al. 2008. "Recommendations for the clinical use of somatosensory-evoked potentials." *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology* 119(8):1705–19. Retrieved November 2, 2012
- Edwards, Charles C, K Daniel Riew, Paul A Anderson, Alan S Hilibrand, and Alexander F Vaccaro. 2003. "Cervical myelopathy. current diagnostic and treatment strategies." *The spine journal official journal of the North American Spine Society* 3(1):68–81.
- Emery, S E. 2001. "Cervical spondylotic myelopathy: diagnosis and treatment." *The Journal Of The American Academy Of Orthopaedic Surgeons* 9(6):376–388.
- Epstein, J A. 1988. "The surgical management of cervical spinal stenosis, spondylosis, and myelodisplasia by means of the posterior approach." *Spine* 13(7):864–869.
- Fairbank, J C, and P B Pynsent. 2000. "The Oswestry Disability Index." *Spine* 25(22):2940–2952; discussion 2952.
- Fehlings, Michael G, Kopjar Branko, et al. 2012. "Anterior Versus Posterior Surgical Approaches to Treat Cervical Spondylotic Myelopathy: Outcomes of the Prospective Multicenter AOSpine North America CSM Study in 278 Patients." *The Spine Journal* 12(9):1S–21S.
- Fehlings, Michael G, Justin S Smith, et al. 2012. "Perioperative and delayed complications associated with the surgical treatment of cervical spondylotic myelopathy based on 302 patients from the AOSpine North America Cervical Spondylotic Myelopathy Study." *Journal of neurosurgery. Spine* 16(5):425–32.
- Fukui, Koji, Osamu Kataoka, Tomoya Sho, and Masatoshi Sumi. 1990. "Pathomechanism, Pathogenesis, and Results of Treatment in Cervical Spondylotic Myelopathy Caused by Dynamic Canal Stenosis." *Spine* 15(11):1148–1152.
- Graham, JJ. 1989. "Complications of cervical spine surgery. A five-year report on a survey of the membership of the cervical spine research society by the morbidity and mortality committee." *Spine* 14:1046–1050.
- Groppa, S et al. 2012. "A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: report of an IFCN committee." *Clinical neurophysiology : official*

Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology
123(5):858–82.

Hilibrand, Alan S, and Matthew Robbins. 2004. “Adjacent segment degeneration and adjacent segment disease: the consequences of spinal fusion?” *Spine Journal* 4(Suppl6):190S–194S.

Hirai, Takashi et al. 2011. “Middle-term results of a prospective comparative study of anterior decompression with fusion and posterior decompression with laminoplasty for the treatment of cervical spondylotic myelopathy.” *Spine* 36(23):1940–7.

Hirai, Takashi et al. 2012. “Presence of anterior compression of the spinal cord after laminoplasty inhibits upper extremity motor recovery in patients with cervical spondylotic myelopathy.” *Spine* 37(5):377–84.

Irwin, Zareth N et al. 2005. “Variation in surgical decision making for degenerative spinal disorders. Part II: cervical spine.” *Spine* 30(19):2214–9.

Kadanka, Z et al. 2000. “Conservative treatment versus surgery in spondylotic cervical myelopathy: a prospective randomised study.” *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 9(6):538–44.

Kadanka, Z et al. 2005a. “Predictive factors for mild forms of spondylotic cervical myelopathy treated conservatively or surgically.” *European journal of neurology the official journal of the European Federation of Neurological Societies* 12(1):16–24.

Kadanka, Z et al. 2005b. “Predictive factors for spondylotic cervical myelopathy treated conservatively or surgically.” *European journal of neurology the official journal of the European Federation of Neurological Societies* 12(1):55–63.

Kadaňka, Zdeněk, Josef Bednařík, Oldřich Novotný, Igor Urbánek, and Ladislav Dušek. 2011. “Cervical spondylotic myelopathy: conservative versus surgical treatment after 10 years.” *European spine journal official publication of the European Spine Society the European Spinal Deformity Society and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 20(9):1533–1538.

Kataoka, Osamu, and A Kurihara. 1977. “The role of dynamic canal stenosis in cervical spondylotic myelopathy.” *J West Pacific Orthop Assoc* 14:1–22.

Kristof, Rudolf Andreas et al. 2009. “Comparison of ventral corpectomy and plate-screw-instrumented fusion with dorsal laminectomy and rod-screw-

- instrumented fusion for treatment of at least two vertebral-level spondylotic cervical myelopathy.” *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 18(12):1951–6.
- Di Lazzaro, V, D Restuccia, C Colosimo, and P Tonali. 1992. “The contribution of magnetic stimulation of the motor cortex to the diagnosis of cervical spondylotic myelopathy. Correlation of central motor conduction to distal and proximal upper limb muscles with clinical and MRI findings.” *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology - Electromyography and Motor Control*. 85(5):311–320.
- Lee, Jung Hwan, Sang Ho Lee, and I Suk Seo. 2011. “The characteristics of gait disturbance and its relationship with posterior tibial somatosensory evoked potentials in patients with cervical myelopathy.” *Spine* 36(8):E524–30.
- Levine, D N. 1997. “Pathogenesis of cervical spondylotic myelopathy.” *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 62(4):334–340.
- Liu, Yang, Min Qi, et al. 2012. “Comparative analysis of complications of different reconstructive techniques following anterior decompression for multilevel cervical spondylotic myelopathy.” *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 21(12):2428–35.
- Liu, Yang, Yang Hou, et al. 2012. “Comparison of 3 reconstructive techniques in the surgical management of multilevel cervical spondylotic myelopathy.” *Spine* 37(23):E1450–8. Retrieved February 24, 2013
- Lo, Y L. 2007. “The role of electrophysiology in the diagnosis and management of cervical spondylotic myelopathy.” *Ann Acad Med Singapore*. 36(11):886–93.
- Lyu, R K et al. 2004. “The use of evoked potentials for clinical correlation and surgical outcome in cervical spondylotic myelopathy with intramedullary high signal intensity on MRI.” *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry* 75(2):256–61.
- Manzano, Glen R, Gizelda Casella, Michael Y Wang, Steven Vanni, and Allan D Levi. 2011. “A prospective, randomized trial comparing expansile cervical laminoplasty and cervical laminectomy and fusion for multilevel cervical myelopathy.” *Neurosurgery* 70(2):264–77.
- Matsumoto, M et al. 2000. “Increased signal intensity of the spinal cord on magnetic resonance images in cervical compressive myelopathy. Does it predict the outcome of conservative treatment?” *Spine* 25(6):677–682.

- Miyoshi, T, and J Kimura. 1996. "Short-latency somatosensory evoked potentials in patients with cervical compressive lesions: Morphological versus functional examination." *Electromyography and Clinical Neurophysiology* 36(6):323–332.
- Mummaneni, Praveen V et al. 2009. "Cervical surgical techniques for the treatment of cervical spondylotic myelopathy." Pp. 130–141 in *Journal Of Neurosurgery Spine*, vol. 11.
- Mummaneni, Praveen V, Regis W Haid, and Gerald E Rodts. 2007. "Combined ventral and dorsal surgery for myelopathy and myeloradiculopathy." *Neurosurgery* 60(1 Suppl 1):S82–9.
- Muthukumar, N. 2012. "Surgical management of cervical spondylotic myelopathy." *Neurol India* 60(2):201–9.
- Naderi, S, S Ozgen, M N Pamir, M M Ozek, and C Erzen. 1998. "Cervical spondylotic myelopathy: surgical results and factors affecting prognosis." *Neurosurgery* 43(1):43–49; discussion 49–50.
- De Noordhout, A M, S Myressiotis, V Delvaux, J D Born, and P J Delwaide. 1998. "Motor and somatosensory evoked potentials in cervical spondylotic myelopathy." *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 108(1):24–31.
- Nové-Josserand, A, N André-Obadia, and F Mauguière. 2002. "Cervical spondylotic myelopathy: motor and somatosensory evoked potentials, clinical and radiological correlation." *Revue Neurologique* 158(12 Pt 1):1191–1197.
- Nurick, S. 1972. "The natural history and the results of surgical treatment of the spinal cord disorder associated with cervical spondylosis." *Brain* 95(1):101–108.
- Oshima, Yasushi et al. 2012. "Natural course and prognostic factors in patients with mild cervical spondylotic myelopathy with increased signal intensity on T2-weighted magnetic resonance imaging." *Spine* 37(22):1909–13.
- Sampath, P, M Bendebba, J D Davis, and T B Ducker. 2000. "Outcome of patients treated for cervical myelopathy. A prospective, multicenter study with independent clinical review." *Spine* 25(6):670–6.
- Savolainen, S, J Rnne, and J Hernesniemi. 1998. "A prospective randomised study of anterior single level cervical operations with long-term follow-up: Surgical fusion is unnecessary." *Neurosurgery* 43(1):51–55.

- Shimomura, Takatoshi et al. 2007. "Prognostic factors for deterioration of patients with cervical spondylotic myelopathy after nonsurgical treatment." *Spine* 32(22):2474–9.
- Simó, M, I Szirmai, and Z Arányi. 2004. "Superior sensitivity of motor over somatosensory evoked potentials in the diagnosis of cervical spondylotic myelopathy." *Eur J Neurol*. 11(9):621–626.
- Sodeyama, T, S Goto, M Mochizuki, J Takahashi, and H Moriya. 1999. "Effect of decompression enlargement laminoplasty for posterior shifting of the spinal cord." *Spine* 24(15):1527–1531; discussion 1531–1532.
- Vedantam, Aditya, and Vedantam Rajshekhar. 2013. "Does the type of T2-weighted hyperintensity influence surgical outcome in patients with cervical spondylotic myelopathy? A review." *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 22(1):96–106.
- Vernon, H, and S Mior. 1991. "The Neck Disability Index: a study of reliability and validity." *J Manipulative Physiol Ther*. 14(7):409–415.
- Wang, LF, and YZ Zhang. 2010. "Using the T2-weighted magnetic resonance imaging signal intensity ratio and clinical manifestations to assess the prognosis of patients with cervical ossification of the posterior longitudinal ligament." *J Neurosurg Spine*. 13(3):319–23.
- Wilkinson, M. 1960. "The morbid anatomy of cervical spondyloses and myelopathy." *Brain* 1960:589–616.
- Yalamanchili, Praveen K, Michael J Vives, and Saad B Chaudhary. 2012. "Cervical spondylotic myelopathy: factors in choosing the surgical approach." *Advances in orthopedics* 2012:783762.
- Yamazaki, Tomosato et al. 2003. "Cervical spondylotic myelopathy: surgical results and factors affecting outcome with special reference to age differences." *Neurosurgery* 52(3):787; author reply 787–788.
- Yue, W M, S B Tan, M H Tan, D C Koh, and C T Tan. 2001. "The Torg--Pavlov ratio in cervical spondylotic myelopathy: a comparative study between patients with cervical spondylotic myelopathy and a nonspondylotic, nonmyelopathic population." *Spine* 26(16):1760–1764.
- Zhang, Ying-Ze et al. 2010. "Magnetic resonance T2 image signal intensity ratio and clinical manifestation predict prognosis after surgical intervention for cervical spondylotic myelopathy." *Spine* 35(10):E396–9.

