

ZOBRAZOVACÍ METODY PŘI VYŠETŘENÍ SKOLIOTICKÝCH DEFORMIT PÁTEŘE

IMAGING METHODS IN ASSESSMENT OF THE SCOLIOTIC SPINE DEFORMITIES

přehledový článek

Martin Repko¹
Martin Krbec¹
Andrea Šprláková-Puková²
Richard Chaloupka¹
Jiří Neubauer²

¹Ortopedická klinika FN,
Brno–Bohunice

²Radiologická klinika FN,
Brno–Bohunice

Přijato: 20. 10. 2006

Korespondenční adresa:

MUDr. Martin Repko, Ph.D.
Ortopedická klinika FN
Jihlavská 20, 625 00 Brno
e-mail: repko@seznam.cz

SOUHRN

Repko M, Krbec M, Šprláková-Puková A, Chaloupka R, Neubauer J. Zobrazovací metody při vyšetření skoliotických deformit páteře

Skolióza představuje trojdimenzionální deformitu páteře s postižením frontální, sagitální i axiální roviny. Včasná diagnostika těchto skoliotických deformit páteře je zásadní pro zabránění progresu křivek a jejich stabilizaci do doby ukončení růstového období. Zobrazovací metody představují nejvýznamnější způsob vyšetření skoliotických deformit páteře. Zhotovujeme RTG snímky v předozadní a boční projekci na dlouhý formát doplněné o úklonové snímky centrované na vrcholy křivek. Tíže skoliotických křivek ve frontální rovině stanovujeme měřením Cobbova úhlu na předozadních RTG snímcích. Sagitální rovnováhu měříme na dlouhých boční RTG snímcích metodou dle Duvala–Beaupéra se stanovením T9 tiltu a sagitálního tiltu. Rotaci vrcholových obratlů měříme na RTG snímcích metodou dle Nashe a Moe či dle Perdriolleho. Moderní metodou je stanovení rotace na podkladě spirálního CT vyšetření. Při vyšetření vrozených skolióz je potřeba dovyšetřit také poměry v páteřním kanálu, k čemuž nejčastěji užíváme magnetickou rezonanci. Perspektivním vyšetřením eliminující radiační zátěž a umožňující měřit tíži skoliotických křivek se jeví elektromagnetická metoda.

Klíčová slova: skolióza, trojdimenzionální vyšetření, zobrazovací metody.

SUMMARY

Repko M, Krbec M, Šprláková-Puková A, Chaloupka R, Neubauer J. Imaging methods in assessment of the scoliotic spine deformities

Scoliosis represents three-dimensional spinal deformity with involvement in frontal, sagittal, and axial planes. Early diagnosis of these deformities is essential in order to protect spine from development of scoliotic deformity and to stabilize it till the end of the growing period. Imaging methods became the most important examination of the scoliosis. Radiograms in antero-posterior and lateral views with or without inclination are focused to the central point of the spine curves. Grading of scoliosis is based on Cobb's angle measurement on antero-posterior view, the sagittal balance on lateral views according to Duval-Beaupère with T9 and sagittal tilt measurement. Apical vertebral rotation is measured according to Nash and Moe or according to Perdriolle. Recently, spiral CT is also utilized. The anatomy of spinal canal is assessed most frequently using magnetic resonance imaging. New, radiation protective approach to scoliosis assessment might be electromagnetic method.

Key words: scoliosis, three-dimensional analysis, imaging methods.

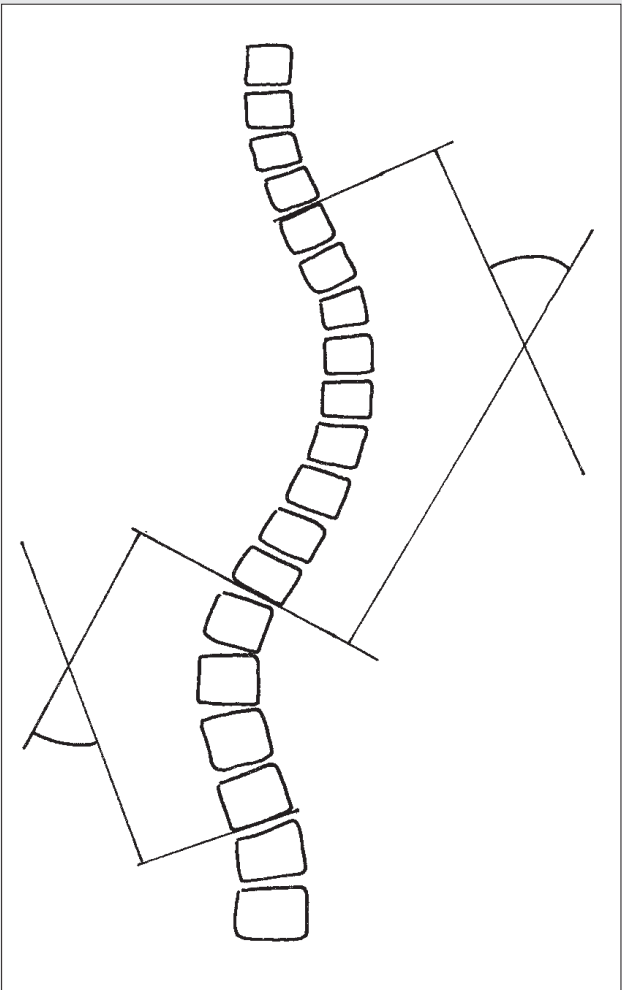
ÚVOD

Skolióza představuje trojdimenzionální deformitu páteře s postižením frontální, sagitální i axiální roviny. Tato deformita se většinou vyvíjí v růstovém období a dochází ke stranovému zakřivení páteře, porušení sagitální rovnováhy, jakož i rotaci vrcholových obratlů skoliotických křivek. Progredující deformity páteře u dětí v období před ukončením růstu ovlivňují nejen samotný pohybový aparát, ale také kardiopulmonální a trávicí systémy nejen u dětí, ale i následně v dospělosti. Včasná diagnostika těchto skoliotických deformit páteře je zásadní pro zabránění progresu křivek a jejich stabilizaci do doby ukončení růstového období. Prvotním diagnostickým postupem je klinické vyšetření pacienta, které ale může vést k přehlédnutí skoliotické deformity. Diagnóza skoliózy se proto u dětí a dospělých stanovuje na podkladě rentgenového (RTG) vyšetření celé páteře a změření Cobbova úhlu. Zobrazovací metody představují nejvýznamnější způsob vyšetření skoliotických deformit páteře. Tyto metody hrají zásadní roli při terapeutické rozvaze, sledování postupu

konzervativní léčby, jakož i indikaci k operační terapii. Na podkladě těchto vyšetření stanovujeme typ a rozsah operační terapie i frekvenci pooperační sledování (1).

ZOBRAZOVACÍ VYŠETŘOVACÍ METODY

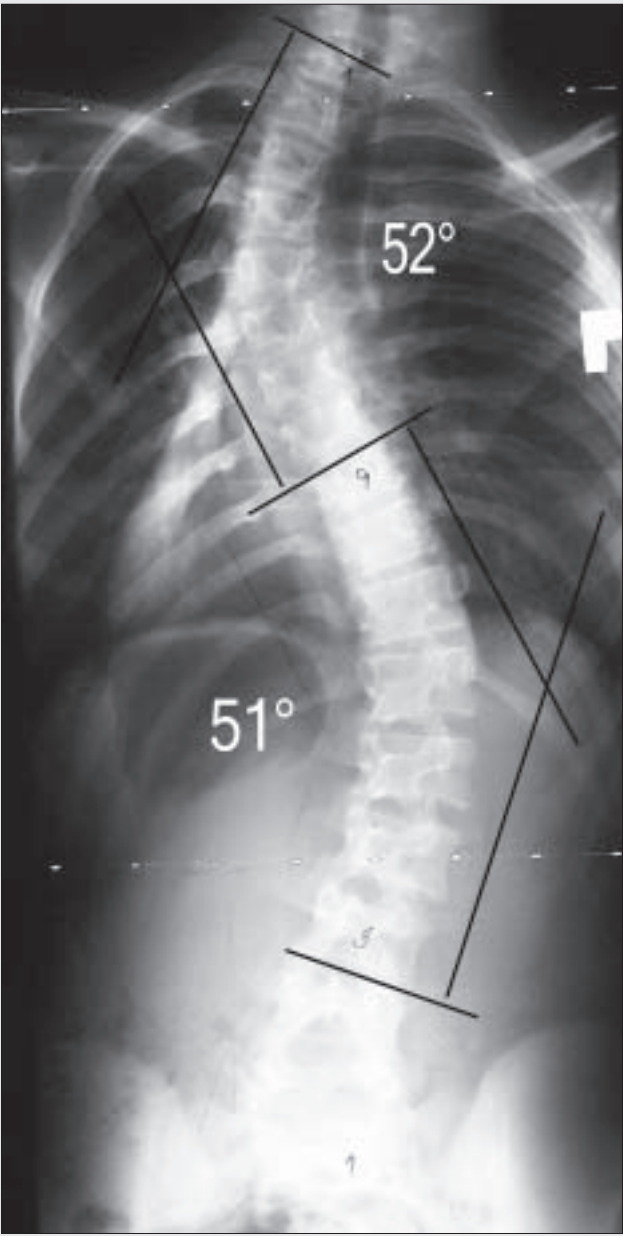
Základ vyšetřovacích metod skoliotických deformit páteře představují RTG zobrazovací metody. Nejvýznamnější jsou RTG dlouhé formáty celé páteře se zachycením postavení hlavy i pánve a kyčlí na filmy o rozměrech 30 × 90 cm. Tyto RTG zhotovujeme v předozadní a boční projekci. Ideální přehled o postavení a statické celé páteře nám poskytují RTG zhotovené ve stoji. U pacientů s neuromuskulárním deficitem však často není možné vyšetřit pacienta ve stoji, a tak volíme pozici vsedě či vleže. Pozice vleže však méně vypovídá o celkové statické páteře a zvláště u paralytických křivek je celková výpověď o tíži křivky zkreslená. Stejně tak je lépe zhotovit snímek vsedě u pacientů, kteří by se ve stoji museli spolehnout na podpůrné prostředky, jako jsou berle



▲ Obr. 1 A

► Obr. 1 B

Obr. 1A, B. Měření Cobbova úhlu na předozadním RTG snímku dlouhého formátu
Fig. 1A, B. Measurement of the Cobb's angle on antero-posterior whole-spine X-ray



a podobné pomůcky, které by opět mohly zkreslit celkovou tíži deformity.

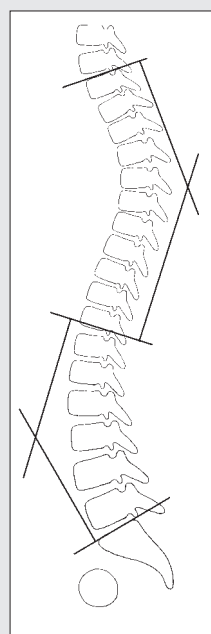
Standardně tyto základní snímky doplňujeme o úklonové snímky na stranu jednotlivých křivek a centrováných k vrcholům daných křivek. Tyto snímky se zhotovují aktivní flexí pacienta, nebo lépe s pasivním tlakem na vrchol křivky a pomocným tahem za trup. U paralytických křivek, či těžkých křivek, se tyto snímky doplňují o tahový snímek v předozadní projekci. Tah je realizován Glisonskou kličkou za bradu a týl v jednom směru a v opačném směru zkříženými pásovými popruhy s tahem za pánev o celkovém tahu 200 N. Úklonové a tahové snímky vypovídají o flexibilitě deformity a významně napomáhají předoperačnímu plánování. Tahové snímky jsou výhodnější nežli úklony díky snížení rigidity a spasticity. U vícečetných křivek pomáhají tahové a úklonové snímky určit hlavní křivku a bývají návodem k rozhodnutí o ošetření pouze hlavní křivky, či zahrnutí dalších křivek do plánované instrumentace a fúze.

Na všech RTG snímcích měříme tíži křivek a sagitální parametry. Tíže křivek, měřená ve frontální rovině, se určuje stanovením **Cobbova úhlu** na předozadních RTG snímcích, který je doplňkovým úhlem ke kolmicím vzneseným z odlehklých krycích ploch koncových obratlů křivky (obr. 1a, b).

Koncové obratle jsou obratle na horním a dolním okraji dané křivky, které jsou nejvíce ukloněny od vertikály.

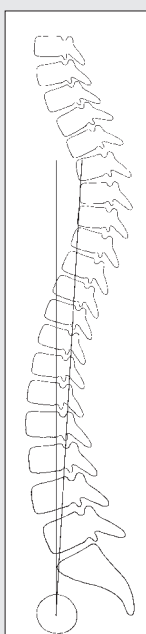
Sagitální parametr měříme obdobným způsobem na bočních RTG snímcích (2). Kladné hodnoty určují míru kyfózy a negativní hodnoty míru lordózy (obr. 2a, b) (3). Sagitální rovnováhu stanovujeme na dlouhých boční RTG snímcích zachycujících kyčelní klouby (4). Tato rovnováha je významná pro udržení rovnovážného postavení celého těla (5). Významné pro rovnováhu je uložení gravitačního centra, které se nachází těsně před předním okrajem obratle T9 a vertikála spuštěná z tohoto místa jde lehce dorzálně od středu hlavic femorů. Sagitální rovnováhu měříme metodou dle Duvala-Beaupérea (6) stanovením T9 tiltu a sagitální tiltu. **T9 tilt** je dán úhlem mezi spojnici středu hlavice femoru se středem obratlového těla T9 a vertikály (obr. 3a, b). Pozitivní hodnoty vyjadřují míru dekompenzace trupu do záklonu. Negativní hodnoty pak míru dekompenzace trupu do předklonu. Druhým měřeným parametrem je **Sagitální tilt**, který je dán úhlem mezi spojnici předního okraje sakra s předním okrajem obratlového těla T3 (obr. 4a, b).

Při hyperkyfóze hrudní páteře používáme **hyperextenční test** v lehu na břicho, při kterém se pacient snaží o maximální extenzi hrudní páteře. Schopnost korekce hyperkyfózy



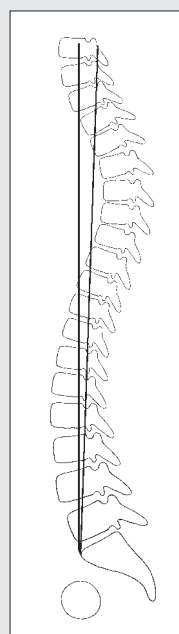
▲ Obr. 2 A

Obr. 2 B ►



▲ Obr. 3 A

Obr. 3 B ►



▲ Obr. 4 A

Obr. 4 B ►



Obr. 2A, B. **Měření Cobbova úhlu na bočním RTG snímku dlouhého formátu**

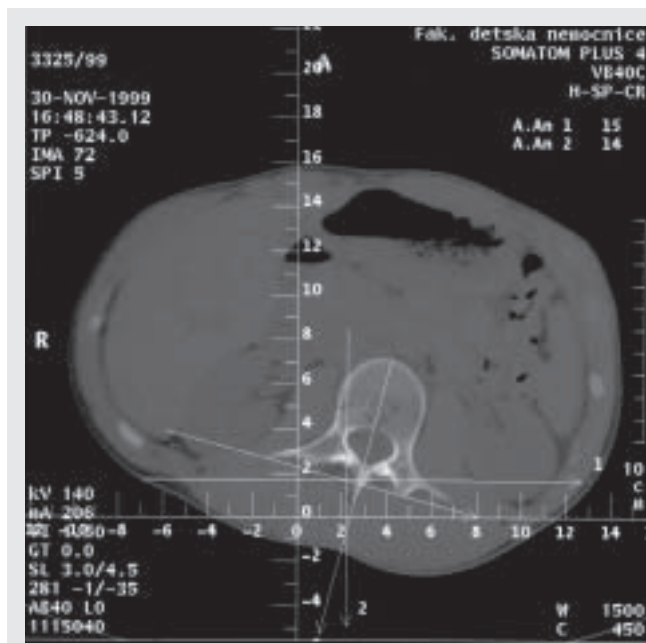
Fig. 2A, B. **Measurement of the Cobb's angle on lateral whole-spine X-ray**

Obr. 3A, B. **Měření T9 tiltu na RTG dlouhého formátu**

Fig. 3A, B. **Measurement of T9 tilt on whole-spine X-ray**

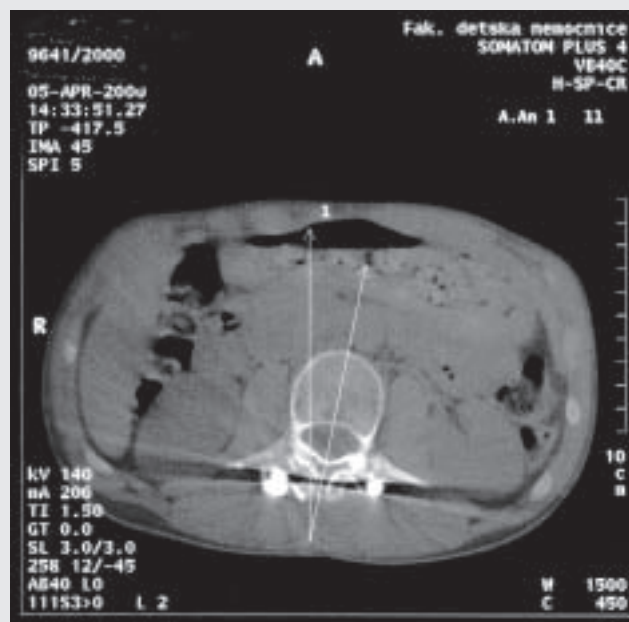
Obr. 4A, B. **Měření Sagitálního tiltu na bočním RTG dlouhého formátu**

Fig. 4A, B. **Measurement of sagittal tilt on lateral whole-spine X-ray**



▲ Obr. 5 A

Obr. 5A,B. Měření rotace apikálního obratle pomocí CT vyšetření před operací (a) ve srovnání s pooperačním výsledkem (b)



▲ Obr. 5 B

Fig. 5A, B. Measurement of apical vertebral rotation using CT before (a) and after (b) correction surgery

hrudní páteře můžeme také vyšetřit pomocí vloženého hyperextenčního klínu pod vrchol kyfózy pacienta ležícího na zádech.

Stav deformity páteře, ale i jejího fyziologického zakřivení je často třeba doplnit o RTG dokumentaci speciální projekce. Mezi nejznámější patří 2 projekce: Fergussonova a Stagnarova. **Fergussonova projekce** přesně zachycuje lumbosakrální přechod (LS) páteře při šikmé centraci RTG lampy v úhlu 30–35° vůči horizontále. **Stagnarova projekce** vyrovnává rotační a kyfotickou složku u kyfoskoliotických deformit páteře. Při této projekci je kazeta paralelně s průběhem dorzální části žebér konvexity skoliotické křivky.

Zachycení pánve na předozadních RTG snímcích je významné pro posouzení obliquity pánve a současně i pro stanovení kostní zralosti skeletu. Tuto kostní zralost odečítáme z oblasti iliakálních krist metodou podle **Rissera**. Při tomto vyšetření si všímáme přítomnosti iliakální apofýzy a jejího vztahu k samotné lopatě kosti kyčelní. Tato apofýza se objevuje s počátkem nástupu kostní zralosti a s jejím dokončením s lopatou kosti kyčelní postupně splývá. Takto si můžeme rozdělit 6 základních stadií. R 0 znamená nepřítomnost této apofýzy na RTG snímku. Postupné objevování se srpku apofýzy a její rozšiřování od zadní části lopaty kosti kyčelní dopředu vyjadřuje postupný nástup kostní zralosti. Ve stadiu R 5, kdy splývá apofýza s lopatou kosti kyčelní, je kostní růst prakticky ukončen a můžeme počítat s výrazným snížením či ukončením progresu deformity páteře. Toto však plně neplatí pro neuromuskulární deformity páteře, které často progredují i po skončení tohoto kostního růstu. Jinou metodou stanovení kostní zralosti je RTG levého zápěstí a srovnání s atlasem kostní zralosti dle **Greulich–Pyelové**. Současně na RTG snímcích vylučujeme přítomnost kongenitálních změn.

Z dalších měření je významné sledování a stanovení míry rotace obratlových těl. Metodou podle **Nashe a Moea**, při které sledujeme posun stínu pediklu zevního okraje obratle

až na protilehlou stranu obratlového těla, stanovujeme rotaci na RTG snímcích v úrovni vrcholového obratle. Takto lze rozdělit míru rotace na 4 stupně. Další metodou měření rotace na RTG snímcích je metoda podle **Perdriolleho**, která je založená na sledování úhlu torze, měřeného speciálním torziometrem. Oba typy měření rotace na RTG snímcích jsou však velmi nepřesné a nelze je vztáhnout k funkčnímu stavu páteře, čímž se stávají pouze popisnými sděleními. Navíc stín vnitřního instrumentaria po operacích páteře většinou nedovoluje toto měření realizovat pooperačně. Nejpresnější a nejvyužitelnější metodou měření rotace obratlových těl se v současné době jeví metoda spirálního **CT vyšetření**. Metodika měření obratlové rotace podle CT snímků byla vypracována Aaro a Dahlbornem v 80. letech 20. století. Toto měření je realizováno v úrovni vrcholových obratlů každé jednotlivé skoliotické křivky (obr. 5a, b). Rotaci obratlového těla měříme vůči podložce, nebo měření vztahujeme k rovině os sacrum. Ve vlastní prospektivní studii jsme zkoumali oba typy měření a dospěli jsme k závěru, že plně dostačující je měření vůči podložce.

Míra rotace apikálního obratlového těla je přímo úměrná strukturalitě křivky. Proto nám toto vyšetření napomáhá u vícečetných křivek stanovit křivku hlavní a vedlejší. Určení křivek umožňuje předoperační rozvahu nutnosti ošetření jednotlivých deformit.

Z dalších zobrazovacích metod je významné zmínit vyšetření magnetickou rezonancí (MRI), která nás informuje o poměrech v páteřním kanálu a případných útlacích v této oblasti (7). Tato metoda postupně vytlačuje klasickou kontrastní perimyelografii (KPMG). V současné době je podstatně výtěžnější vyšetření myelografickou HASTE sekvencí. Tato vyšetření jsou indikována především u pacientů s kongenitálními změnami páteře či u pacientů s vážnou neurologickou symptomatologií, plynoucí z míšního postižení. Důležité informace též MRI vyšetření poskytuje u meningo-myelokely a dalších rozštěpových onemocnění páteře, u kte-

rych je toto vyšetření pravidelnou součástí předoperačního vyšetření.

DISKUZE

RTG dokumentace je nejvýznamnější zobrazovací metodou, která dokumentuje celý postup léčby (8). V předoperačním období nás informuje o dynamice deformity páteře, respektive o její progresi a nutnosti dalšího terapeutického postupu. V pooperačním průběhu vypovídá o stabilitě instrumentace a nepřímo i o kvalitě kostěné fúze. Z důvodů komplexního sledování deformity je nezbytné sledovat obě roviny páteře – frontální i sagitální (9). Z tohoto důvodu vždy zhotovujeme předozadní snímek páteře, který pravidelně doplňujeme o boční snímky páteře. Většinou RTG vyšetření u konzervativně léčených deformit páteře opakujeme každého půl roku, a to od doby záchytu deformity až po dokončení kostního růstu. Neuromuskulární deformity páteře svým charakterem progredují často i po dokončení kostního růstu, a proto se tato doba sledování u těchto deformit často prodlužuje. Pokud je pacient léčen pomocí ortézy, pak nás RTG snímky informují o míře její účinnosti.

Základním problémem vyšetření skolióz je výrazná a opakující se radiační zátěž rostoucího dětského organismu, což představuje závažný rizikový faktor. Míra a frekvence použití těchto RTG vyšetření je přímo úměrná tíži deformity páteře. Rostoucí pacienti se skoliózou, u kterých je progresse této deformity, bývají rentgenologicky vyšetřováni 2–3× ročně po dobu 3–5 let.

Progrese skoliotické křivky je sledována až do období stabilizace progresse křivky. U operačně řešených skoliotických křivek je množství a frekvence RTG snímků ještě daleko větší. To vše vede k významnému zatížení radiačním zářením. Expozice radiačnímu záření se navíc děje v období kritického růstového období tkání, a proto je riziko radiace daleko větší. V tomto období dochází k vývoji hrudních orgánů, štítné žlázy a dalších tkání, které jsou náchylné k nádorovému zvrhnutí vlivem radiace (10). Proto není překvapivé, že incidence nádorů prsu, štítné žlázy či leukémie je výrazně zvýšena ve skupině pacientů opakovaně vyšetřovaných zhotovením dlouhých RTG snímků (11, 12).

Snahou všech světových center zabývajících se touto problematikou je nalezení optimálního způsobu neinvazivní a co možná nejpresnější diagnostiky deformit páteře v dětském věku. Sami jsme se v minulosti podíleli na tomto výzkumu sledováním CT měření rotace vrcholového obratle skoliotické křivky a jeho změn v souvislosti s operačním

řešením skolióz (13). Avšak většina těchto metod poměrně značnou měrou zatěžuje rostoucí organismus. Snahy o snížení radiační zátěže a současně kvalitního vyšetření deformity páteře vedly v minulosti k úpravám RTG snímkovacích technik a využití topografie. Přesto stále zůstává velmi značná radiační zátěž a riziko vzniku nádorového onemocnění. Jiné cesty vedly k výzkumu využití magnetické rezonance (14) nebo termografie (15, 16) ke stanovení tíže křivky, ale obojí bez většího praktického využití a s poměrně značnou nespolehlivostí výsledků. Při porovnání přesnosti, rychlosti a neinvazivnosti vychází z tohoto srovnání nejlépe elektromagnetická metoda měření.

Metoda elektromagnetického měření deformit páteře byla vyvíjena posledních 10 let především v USA, kde byl vyvinut přístroj Ortelius800, fungující na podkladě neinvazivního, radiačně nezatěžujícího způsobu měření elektromagnetického signálu s trojdimenzionálním zobrazením. Tento nový přístroj zaznamenává pozici trnových výběžků za pomoci nízko intenzivního elektromagnetického pole. Princip vyšetření spočívá v palpaci trnových výběžků pomocí senzoru se zdrojem elektromagnetického pole nasazeného na prst. Získávaná data jsou zaznamenávána na obrazovce přístroje. Za pomoci krátkého palpačního vyšetření dokáže Ortelius800 poskytnout grafické znázornění páteře, výpočet a zobrazení Cobbova úhlu tíže deformity, stejně jako zachycení rozdílné délky končetin a trupové nerovnováhy. Tyto přístroje také disponují schopností měření posturální rovnováhy zaznamenáním specifických anatomických orientačních bodů s vytvořením trojdimenzionálních grafických výstupů ve všech měřitelných rovinách (předozadní, boční a apikální) s kvantifikací výsledků a vytvořením obrazů obrysů páteře. Metoda elektromagnetického měření skoliotické křivky se jeví prokazatelně jako v současné době nejvýhodnější z hlediska spolehlivosti a snížené invazivity vyšetření. Nevýhodou je finanční náročnost pořízení tohoto přístroje.

ZÁVĚR

Zobrazovací metody při vyšetření skoliotických deformit páteře plní nezastupitelnou roli při sledování výsledků konzervativní a operační léčby těchto deformit. RTG, CT a MRI vyšetření umožňují stanovení přesného léčebného plánu a kontroly jeho naplnění. Vzhledem ke značné radiační zátěži při vysoké frekvenci nutných vyšetření bude pravděpodobně vývoj směřovat k méně invazivním metodám, například na podkladě měření elektromagnetického pole, které umožní bezpečnější vyšetření především dětských pacientů.

LITERATURA

1. Vlach O. Léčení deformit páteře Avicenum: Praha 1986.
2. Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR, Betz RR, Labelle H. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine* 2004; 29(15): 1642–1647.
3. Propst-Proctor SL, Bleck EE. Radiographic determination of lordosis and kyphosis in normal and scoliotic children. *J Pediatr Orthop* 1983; 3: 344–346.
4. Sink EL, Newton PO, Mubarak SJ, Wenger DR. Maintenance of sagittal plane alignment after surgical correction of spinal deformity in patients with cerebral palsy *Spine* 2003; 28(13): 1396–1403.
5. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am* 2005; 8(2): 260–267.
6. Duval-Beaupère G, Marty C, Barthel F. Sagittal profile of the spine prominent part of the Elvis. *Stud Health Technol Inform* 2002; 88: 47–64.
7. Mechl M, Prokeš V, Nebeský T, Neubauer J. Výhody a omezení vyšetření páteře a páteřního kanálu pomocí magnetické rezonance. *Neurologie pro praxi* 2002; 1: 25–27.

8. **D'Andrea LP, Betz RR, Lenke LG, et al.** Do radiographic parameters correlate with clinical outcomes in adolescent idiopathic scoliosis? *Spine* 2000; 25: 1795–1802.
9. **De Jonge T, Dubousset JF, Illes T.** Sagittal plane correction in idiopathic scoliosis. *Spine* 2002; 27(7): 754–760.
10. **Levy AR, Goldberg MS, Mayo NE, Hanely JA, Poitras B.** Reducing the lifetime risk of cancer from spinal radiographs among people with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine* 1996; 21: 1540–1548.
11. **Doody M, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG, Luckyanov N, Land CE.** Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the US. Scoliotic Cohort Study. *Spine* 2000; 25: 2052–2063.
12. **Rao PS, Gregg EC.** A revised estimate of the risk of cancerogenesis from x-ray to scoliosis patients. *Invest Radiol* 1984; 19: 58–60.
13. **Krbec M, Vlach O, Repko M, Skotáková J.** Measurement and comparison of the derotation degree of the apical vertebra in idiopathic scoliosis before and after the anterior or posterior surgery using CT-scans. *European Spine Journal*. Berlin Heidelberg: Springer 2001; 10 (Suppl 1): S10.
14. **Schmitz A, Jaeger UE, Koenig R, Kandyba J, Wagner UA, Giesecke J, Schmitt O.** A new MRI technique for imaging scoliosis in the sagittal plane. *EuropSpine J* 2001; 114–117.
15. **Cooke ED, Carter LM, Pilcher, MF.** Identifying scoliosis in the adolescent with thermography: a preliminar study. *Clin Orthop Relat Res* 1980: 172–176.
16. **Paersall DJ, Reid JG, Hedden DM.** Comparison of three noninvasive methods for measuring scoliosis. *Phys Ther* 1992; 72(9): 648–657.