

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta

Zobrazovací metody při vyšetřování skoliotických deformit dětské páteře

Bakalářská práce

Autor práce: Ilona Hladíková
Studijní program: Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor: Radiologický asistent

Vedoucí práce: prof. MUDr. Stanislav Tůma, CSc.

15. 8. 2013

Abstrakt

Dlouhodobý vliv statické zátěže a nedostatek pohybové aktivity vede u dětí ke vzniku vadného držení těla, což je v dnešní době čím dál tím častější jev. Ortopedické deformity vzniklé v dětském věku se zpravidla projeví pozdními následky v dospělosti. Je prospěšné a důležité tyto deformity včas rozpoznat a podchytit, aby se co nejvíce zabránilo progresi onemocnění. V tom má radiologie nezastupitelnou roli.

V bakalářské práci s názvem „Zobrazovací metody při vyšetřování skoliotických deformit dětské páteře“ přibližuji problematiku poškození dětských páteří, převážně dětských skolióz, a jejich vyšetřování pomocí zobrazovacích metod.

V úvodu mé práce jsem připomněla anatomii a fyziologii páteře. Poté jsem popsala dělení a typy skolióz.

Rychlý rozvoj zobrazovacích metod a vznik nových v posledních desetiletích přinesl změny také do zobrazování páteří. Popsala jsem princip jednotlivých metod, jež se při vyšetření páteře uplatňují.

Velký pokrok pro celou radiologii a změny v pracovních postupech radiologických asistentů přinesla digitalizace. Proto se o ní ve své práci zmiňuji a porovnávám ji s konvenční analogovou radiologií.

Vyšetřování dětí má svá specifika a dětské radiologii jsem věnovala samostatnou kapitolu.

V kapitole radiační ochrana jsem popsala základní principy ochrany před škodlivým ionizujícím zářením, zmínila jsem platnou legislativu, základní jednotky a veličiny v radiační ochraně.

Cílem mé práce je přiblížit vyšetření dětských skoliotických páteří, porovnat četnost jednotlivých vyšetřovacích metod vedoucích k diagnostice.

Jako druhý cíl jsem si stanovila porovnat radiační zátěž při vyšetření dětské páteře na analogovém přístroji oproti vyšetření na přístroji digitálním.

U prvního cíle je vycházeno z hypotézy, že i v dnešní době navzdory rozvoji

nových vyšetřovacích metod, jakými jsou CT, MR, UZ, zůstává skiagrafické vyšetření dětské páteře tím prioritním.

U cíle druhého jsem vycházela z hypotézy, že díky digitalizaci se radiační zátěž pacienta při vyšetření snížila.

Kvantitativní výzkum jsem prováděla ve FN Motol. Počty vyšetřených dětských páteří ukázaly, že naprostá většina dětí s deformitami páteře byla vyšetřena skiagraficky. Hypotéza číslo jedna se tímto potvrdila.

Pro splnění druhého cíle jsem vyselektovala skupinu 30-ti dětí s diagnózou idiopatická skolióza, kterým byl v roce 2008 na přístroji Chiralux 2 (6a) proveden analogový snímek páteře.

Stejným způsobem jsem vybrala skupinu 30-ti dětí vyšetřených v první polovině roku 2013 na stejném pracovišti digitální radiografií na přístroji Siemens Ysio 2 Fluorospot Compact. To bylo možné, jelikož v průběhu roku 2009 proběhla na dětském radiodiagnostickém oddělení FN Motol přímá digitalizace.

Parametry použité při vyšetřeních jsem zprůměrovala a dále matematicky zpracovala. Hypotéza číslo dvě byla též splněna, jelikož výpočty ukázaly, že při vyšetření páteře digitální radiografií je radiační zátěž dítěte o 31,3 % nižší.

Do mé práce jsem ještě navíc zahrnula výpočet dávky záření, kterou obdrží mléčná žláza při skiagrafickém vyšetření páteře v AP i PA projekci. Ukázalo se, že hodnoty jsou výrazně rozdílné. Toto zjištění má z hlediska radiační ochrany poměrně velký význam, jelikož ICRP ve svém doporučení zvýšila hodnoty tkáňového váhového faktoru u mléčné žlázy.

Vyšetřování dětí zobrazovacími metodami s použitím ionizující záření představuje pro dítě radiační zátěž. Radiologický asistent může svou kvalifikovanou prací a zkušenostmi přispět k tomu, aby tato zátěž byla co možná nejnižší.

Klíčová slova: zobrazovací metody, dětská páteř, skolióza, radiační zátěž

Abstract

Long-term effects of static load and lack of physical activity in children leads to the formation of poor posture, which is nowadays more and more often. Orthopedic deformity arising in childhood is usually reflected the after-effects in adulthood. It is useful and important these deformities early recognition and capture in order to prevent the progression of many diseases. In that radiology has an irreplaceable role.

The work entitled „ Imaging the investigation scoliosis spinal child deformity“ approaching the issue of damage to children’s spine scoliosis mainly children, and their investigation by imaging methods.

At the beginning of my work, I reminded the anatomy and physiology of the spine. Then I described the division and types of scoliosis.

The rapid development of imaging techniques and new in the last few decades have brought about changes in imaging the spine. I described the principle of the methods that are applied in the examination of the spine.

Great progress for the entire radiology and changes in working practices radiology assistants brought digitization. Therefore, for the mention in my work and I compare it with conventional analog radiology.

Investigation of children have their own characteristics and pediatric radiology I devoted a separate chapter.

In chapter radiation protection, I described the basic principles of protection against harmful ionizing radiation, I mentioned the valid legislation, the basic units and quantities in radiation protection.

The aim of my thesis is to test children’s scoliosis spine, to compare the frequency of examination methods of diagnosis.

As the second goal I set to compare the radiation exposure in children’s spine examination on an analog meter compared to tests on digital devices.

The first objective is building on the hypothesis that even today, despite the development of new diagnostic methods such as CT, MR, ultrasound, radiographic

examination remains the priority children's spine.

The second objective I hypothesized that due to the digitization of the radiation dose to the patient during the examination decreased.

Quantitative research was conducted at University Hospital Motol. Number of examined children's backbone has shown that the vast majority of children with deformities of the spine radiography was investigated. Hypothesis number one is hereby confirmed.

To meet the second objective, I selected group of 30 children diagnosed with idiopathic scoliosis, which in 2008 was on the unit Chiralux 2 (6a) conducted an analog image of the spine.

In the same way, I chose a group of 30 children examined in the first half of 2013 on the same site digital radiography unit at Siemens Ysio 2 Fluorospot Compact. This was possible because in 2009 there was a baby Radiodiagnostics FN Motol direct digitization.

The parameters used in tests I averaged a further mathematically processed. Hypothesis number two was also fulfilled, since calculations have shown that the examination of the spine digital radiography, radiation to the child about 31,3% lower. In my work I have in addition included the calculation of radiation doses received by the mammary gland during radiographic examination of the spine in the AP and PA projection. It turned out that the values are significantly different. This finding is in terms of radiation protection relatively important, since the ICRP in its recommendation to increase the value of tissue weighting factor for the mammary gland.

Investigation of children imaging using ionizing radiation is the radiation dose to the child. Radiology assistant by its qualified work experience and contribute to this burden is as low as possible.

Keywords: imaging methods, children's spine, scoliosis, radiant exposure.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci „Zobrazovací metody při vyšetřování skoliotických deformit dětské páteře“ jsem vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním svého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu své kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. 8. 2013

Ráda bych poděkovala prof. MUDr. Stanislavu Tůmovi, CSc., vedoucímu mé bakalářské práce, za laskavou pomoc při jejím vypracování.

OBSAH:

Úvod.....	11
1 SOUČASNÝ STAV.....	12
1.1 PÁTEŘ.....	12
1.1.1 Obecná anatomie páteře.....	12
1.1.2 Růst a vývoj páteře.....	13
1.1.3 Pohyblivost páteře.....	13
1.1.4 Stabilita páteře.....	13
1.1.5 Zakřivení páteře.....	14
1.1.6 Dětská páteř.....	14
1.2 SKOLIÓZA.....	16
1.2.1 Dělení skolióz.....	16
1.3 ZOBRAZOVACÍ METODY PRO VYŠETŘENÍ PÁTEŘE.....	18
1.3.1 Skiografie.....	18
1.3.2 Výpočetní tomografie.....	18
1.3.3 Ultrasonografie.....	19
1.3.4 Magnetická rezonance.....	19
1.3.5 Nukleární medicína.....	20
1.4 DIGITALIZACE.....	21
1.4.1 Nepřímá digitalizace (CR).....	21
1.4.2 Přímá digitalizace (DR).....	21
1.4.3 Porovnání s klasickou skiografií.....	22
1.5 DĚTSKÁ RADIOLOGIE.....	23
1.6 RADIAČNÍ OCHRANA.....	24
1.6.1 Platná legislativa.....	24
1.6.2 Principy radiační ochrany.....	25
1.6.3 Lékařské ozáření.....	26
1.6.4 Ochrana před ionizujícím zářením.....	26
1.6.5 Základní jednotky a veličiny.....	27
2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY.....	30
2.1 Cíle práce.....	30
2.2 Hypotézy.....	30
3 ZKOUMANÝ SOUBOR A METODIKA.....	31
3.1 Metodika počtu a provedení vyšetření.....	31
3.2 Metodika výpočtu vstupní povrchové kermy.....	32
4 VÝSLEDKY.....	36
4.1 Četnosti vyšetření dětské páteře jednotlivými zobrazovacími metodami.....	36
4.2 Porovnání radiační zátěže při analogovém a digitálním vyšetření dětské páteře.....	37
4.3 Porovnání dávek záření při vyšetření páteře, směrodatná odchylka.....	40
5 DISKUZE.....	43
6 ZÁVĚR.....	50
7 LITERATURA.....	51
8 PŘÍLOHA.....	53

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ALARA	as low as reasonably achievable
AP	anterior-posterior (předozadní projekce)
CP	centrální paprsek
CR	Computed Radiography -nepřímá digitalizace
CT	výpočetní tomografie (computed tomography)
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DNA	deoxyribonukleová kyselina
DR	direct radiography – přímá digitalizace
E	efektivní dávka
EU	Evropská unie
FN	fakultní nemocnice
Gy	Gray
H	dávkový ekvivalent
HU	Hounsfieldova jednotka
IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
ICRP	Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu
IZ	ionizující záření
K	kerma
KL	kontrastní látka
kV	kilovolt
mAs	miliampér sekunda
MR	magnetická rezonance
NM	nukleární medicína
PA	posterior-anterior (zadopřední projekce)
PACS	picture archiving and communication system
RO	radiační ochrana
RTG	rentgen

SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRO	Státní úřad radiační ochrany
Sv	Sievert
UZ	ultrazvuk
VRT	volume rendering technique
WT	tkáňový váhový faktor
ZDS	zkoušky dlouhodobé stálosti

Úvod

Radiologie je obor, který se od objevu X- paprsků panem Wilhelmem Conradem Röntgenem na podzim roku 1895 pořád vyvíjí. Hlavně v posledních desetiletích se rozvinuly a vznikly nové zobrazovací metody. Radiologie je obor velmi rozsáhlý a zahrnuje jak vyšetření pacienta pomocí rentgenového záření, tak i metody, které pracují na jiném principu a záření k vytvoření obrazu nepotřebují.

V poslední době vlivem životního stylu neustále narůstá výskyt deformit páteře a to nejen u dospělých jedinců, ale bohužel i u dětí. Obtíže pohybového aparátu jsou u dětí častou příčinou dlouhodobého sledování lékařem. V období růstu kostí, pokud není podloženo dostatečným rozvojem svalstva, se vytváří rizikový faktor pro vznik poruch držení těla, které následně v dospělosti přináší problémy i v kardiopulmonálním a trávicím systému.

Zobrazovací metody představují nejvýznamnější způsob vyšetření skoliotických deformit páteře. Ty využívají pro lidský organismus škodlivé ionizující záření. Děti s vadami páteře jsou snímkovány opakovaně od zjištění deformity během celého období růstu až do stabilizace progresu křivky a proto je jejich radiační zátěž značná. Vzhledem k důrazu kladenému na ochranu před ionizujícím zářením je nezbytně nutné vyšetření provádět s maximálními požadavky na radiační hygienu. Žádné diagnostické ozáření pacienta není ospravedlnitelné bez klinické indikace a každé vyšetření musí mít pro pacienta zřejmý užitek a být přínosem. Vyšetření musí provádět osoba vyškolená a zkušená v radiologických technikách a radiační ochraně. Nezbytnou podmínkou je to při vyšetřování dětí, které vyžadují speciální přístup lékařů a laborantů.

1 SOUČASNÝ STAV

1.1 PÁTEŘ

Páteř, columna vertebralis, tvoří osu vzpřímeného těla, na kterou se připevňuje pletenec horních a dolních končetin a začínají na ní svaly trupu. Spolu s kostrou hrudníku a lebku tvoří axiální skelet, který je sakroiliakálními klouby spojen s pánví. Tvoří nosnou a opornou osu těla, chrání míchu a umožňuje pohyb.

1.1.1 Obecná anatomie páteře

Páteř člověka tvoří 7 obratlů krčních (vertebrae cervicales), 12 hrudních (vertebrae thoracicae), 5 bederních (vertebrae lumbales), 4-5 obratlů křížových splývajících v kost křížovou (os sacrum) a kost kostrční (os coccygis).

Sloupce obratlů utvářejí kostěný *páteřní kanál*, ve kterém leží mícha.

Obratel se skládá z těla, jež je nosnou částí, a ze kterého vybíhá *oblouk s výběžky*. Obratlové výběžky jsou 2 příčné, 1 trnový a 4 kloubní. Vzájemně spojují obratle a tvoří plochy pro upevnění svalů. Těla obratlů jsou vzájemně propojena chrupavčitými meziobratlovými destičkami. Další spojení obratlů tvoří ligamenta páteře. Třetím druhem spojení jsou meziobratlové klouby.

Meziobratlových destiček je celkem dvacet tři. Jsou umístěny mezi jednotlivými obratli a svou horní a dolní plochou jsou přirostlé k obratlovým tělům. Celková výška všech destiček představuje pětinu až čtvrtinu celé délky páteře. Každá z destiček je tvořena cirkulárním vazivovým prstencem, který obkružuje rosolovité jádro uložené centrálně uvnitř destičky.

Ligamenta páteře zahrnují dlouhé a krátké vazy. Dlouhé vazy podélně poutají prakticky celou páteř. Krátké vazy spojují příčné výběžky obratlů, dále trnové výběžky a obratlové oblouky spojují nažloutlá ligamenta.

Jednotlivé úseky páteře mají rozdílnou funkci a od toho se odvíjí také rozdílnost

anatomické stavby jednotlivých obratlových těl a též i rozdílnost v rozsahu pohybu.

Obr. 1 Páteř člověka

1.1.2 Růst a vývoj páteře

V obratlech existují již nitroděložně tři osifikační jádra. Ty ovlivňují primární osifikaci. Osifikační centra ve věku tří až šesti let splývají. Na výrazném růstu páteře v prvních letech života se podílí chrupavčitá tkáň, nacházející se v okolí jader. Růst páteře do délky vrcholí v době puberty a krátce po ní. Poté již zůstává jen tenká chrupavčitá lišta jako krycí ploténka.

1.1.3 Pohyblivost páteře

Pohyblivost páteře je dána součty pohybů mezi jednotlivými obratli. Pohyby mezi obratli jsou umožněny stlačováním meziobratlových plotének a usměrňovány meziobratlovými klouby. Pohyblivost páteře je limitována tvarem a sklonem kloubních plošek faset, výškou a elasticitou plotének a funkcí svalů a vazů.

Základní pohyby, *předklon* (anteflexe), *záklon* (retroflexe), *úklon* (lateroflexe) a *rotace* (torze), vykonává páteř izolovaně nebo ve vzájemné kombinaci.

1.1.4 Stabilita páteře

Je schopnost fixovat klidovou konfiguraci páteře, která je daná tvarem obratlů i zakřivením páteře jako celku a udržet toto základní postavení i při fyziologickém rozsahu pohybu a ve všech polohách těla.

Pokud jde o udržení postavení páteře v klidu, mluvíme o *stabilitě klidové*. Jde-li o fixaci změn při pohybu, mluvíme o *stabilitě dynamické*.

U nestabilní páteře dochází při normální zátěži k deformaci skeletu, páteřního kanálu a postupně k deformaci celé páteřní křivky. Skolióza je jednou z příčin instability.

1.1.5 Zakřivení páteře

Páteř je charakteristicky zakřivená. Na jejím tvaru se nepodílejí jen samotné obratle, ale současně i ostatní složky pohybového systému a nervová soustava.

Fyziologicky je páteř zakřivena v sagitální rovině a mírně i v rovině frontální. Pro zakřivení je typické střídání lordóz a kyfóz. *Lordóza*, krční a bederní, je obloukovitě, konvexní vyklenutí dopředu. *Kyfóza*, hrudní a křížová, je oblouk vyklenutý konvexně dozadu. Díky zakřivení se zvyšuje pružnost i pevnost páteře. Páteř je 16x silnější, než kdyby obratle tvořily přímou linii.

Patologické zakřivení páteře závisí na mnoha faktorech. Nejčastěji na asymetrii délky dolních končetin, asymetrii pánve, vrozených vadách obratlů, na onemocnění kosterního svalstva, ochabnutí zádového svalstva. Příčinou může být odstávající lopatka, asymetrie hrudníku při vyklenutí žeber.

Vybočení do strany ve frontální rovině, kdy by celá páteř měla být v ose, se nazývá *skolióza*. Vybočení doprava je dextroskolióza, doleva sinistroskolióza.

Ve směru předozadním se změny zakřivení páteře projeví změnou tvaru zad jako *záda kulatá*, krční lordóza je přeměněna na kyfózu, *záda plochá*, C a Th kyfóza jsou málo výrazné, páteř je pravděpodobně vlivem ochablého svalstva jako přímka, nebo *záda prohnutá*, lordózy a kyfóza jsou výrazné.

1.1.6 Dětská páteř

Páteř novorozence je zakřivena v jedné plynulé kyfóze s jen nepatrnými náznaky lordóz a je poddajná všemi směry. První zakřivení, které se vytváří, je krční lordóza. Děje se tak, když dítě začne vzpřimovat hlavičku a aktivně zapojuje šíjové svaly. Jakmile si začne dítě sedat, vstávat a chodit, vytváří se lordóza bederní, přičemž se zapojují hluboké zádové svaly. Hrudní kyfóza je kompenzací obou lordóz. Zpočátku jsou zakřivení páteře nestálá, fixují se až po šestém roce. Bederní lordóza se upevňuje až v pubertě. Zakřivení páteře během růstu je individuální. Vyvíjí se v závislosti na rozvoji zádového svalstva a na pohybových aktivitách dítěte.

Růst do délky je v prvních letech výrazný. U novorozence bývá páteř (bez kostí křížové) asi 20 cm dlouhá, dva roky na to již cca 45 cm. V dospělosti je dlouhá 60-75 cm. Do deseti let je růst rovnoměrný ve všech úsecích páteře. K výraznému urychlení růstu páteře, dochází v pubertě. Mluvíme o tzv. růstovém spurtu. U dívek se objevuje přibližně v 11 letech, u chlapců kolem 14. roku věku. Dítě vyroste až o 13 cm za rok. Tělo se během puberty celkově vytáhne o 23 až 28 cm u dívek a o 26 až 28 cm u chlapců.

Podstatou růstu je prodlužování a sílení kostí. Prodlužování kostí mají na svědomí chrupavčité růstové štěrby. Ty se postupně uzavírají. Ukončení růstu u dívek nastává přibližně v 15-ti až 16-ti letech, v 17-ti až 18-ti letech u chlapců.

Stádium kosterního zrání se určuje podle osifikace chrupavčitých apofýz. Pro přesné hodnocení růstu je nejdůležitější snímek ruky.

V období růstu kostí, pokud není podloženo dostatečným rozvojem svalstva, se vytváří rizikový faktor pro vznik poruch držení těla.

1.2 SKOLIÓZA

Skolióza se definuje jako trojdimenzionální deformita páteře s postižením frontální, sagitální i axiální roviny. Patří k nejčastějším deformitám páteře dětí i dospělých. Fyziologicky má téměř každý člověk mírnou skoliózu ve výši Th3-5, většinou doprava. Fyziologická skolióza je zřejmě kompenzační zakřivení páteře na zkříženou asymetrii končetin (delší levá dolní a pravá horní končetina), vyvolávající šikmý sklon pánve. Neprokázalo se, že důvodem by mohla být převaha pravoruké populace, asymetrická váha orgánů podél páteře (těžká játra vpravo) nebo různá mohutnost svalstva pravé a levé strany těla.

Naprostá většina skoliotických deformit páteře vzniká v dětství. Po celou dobu kosterního růstu je dítě ohroženo, ať už vznikem nebo progresí skoliózy. Malé křivky jsou zjišťovány stejně často u chlapců jako u dívek, ale k progresi dochází mnohem častěji u dívek. Bohužel se u žádné zjištěné křivky páteře nedá dopředu rozeznat, bude-li se zhoršovat.

1.2.1 Dělení skolióz

Klasifikace skolióz je možná z několika pohledů.

A. Podle příčiny dělíme skoliózy na **strukturální** a **nestrukturální** (získané).

Strukturální skolióza vykazuje deformitu ve všech třech rovinách. Podle příčiny vzniku jsou tři typy: idiopatická, kongenitální, neuromuskulární.

Idiopatická, je nejčastější typ skoliózy. Příčina jejího vzniku není známá. Předpokládá se, že u 90 % pacientů jsou to genetické dispozice. Dívky jsou postiženy 8x častěji než chlapci.

Kongenitální anomálie, jako je srůst obratlů, klínovitý obratel, poloobratel nebo skluz obratle (spondylolistéza) bývají příčinou vzniku skoliózy.

Neuromuskulární skoliózy mohou být neuropatické (spastici) nebo myopatické.

Nestrukturální skoliózy, někdy též nazývané funkční, jsou takové skoliózy, které nejsou fixované a lze je aktivně nebo pasivně při vyšetření vyrovnat nebo vymizí po odeznění vyvolávající příčiny. Tou může být nestejná délka dolních končetin, výhřez ploténky, akutní zánět, akutní trauma. Některé funkční typy se označují někdy jako *skoliotické držení páteře* (např. u šikmé pánve). Funkční skolióza se při delším trvání může fixovat a přejít ve strukturální.

B. Podle vyváženosti je skolióza ***kompensovaná*** nebo ***dekompensovaná***. Hodnotí se podle olovnice spuštěné ze záhlaví od krční páteře. Směřuje-li olovnice do integrálně rýhy je skolióza kompenzovaná. Jde-li mimo, hovoříme o skolióze dekompenzované. U té je větší riziko progresu.

C. Podle počtu křivek je rozdělení skolióz na ***jednoobloukové*** (tzv. C křivky) a ***víceobloukové***. Nejčastějším typem víceobloukové je skolióza esovitá. U té je v téměř 90 - ti % případů tvar křivky v oblasti hrudní páteře doprava a v oblasti bederní páteře doleva.

D. Podle věku dítěte dělíme skoliózu na ***infantilní*** (do 3 let), ***juvenilní*** (3-10 let) a ***adolescentní*** (10 let nebo začátek puberty až dospělost). Infantilní skolióza se ve většině případů spontánně upraví. Juvenilní obvykle progreduje.

1.3 ZOBRAZOVACÍ METODY PRO VYŠETŘENÍ PÁTEŘE

1.3.1 Skiografie

Princip skiografického vyšetření spočívá v průchodu svazku rentgenového záření vzniklého v rentgence vyšetřovanou oblastí těla pacienta pod jedním úhlem a dopadem záření na kazetu s filmem. Záření se v závislosti na složení vyšetřovaných tkání absorbuje, záření prošlé umožní na filmu, který obsahuje halogenidy stříbra, vznik latentního obrazu, který se vyvoláním a ustálením zviditelní.

Tkáně s vysokou hustotou, jako jsou kosti, pohlcují velkou část rtg. záření a na snímku se zobrazí bíle (mluvíme o zastínění). Naopak místa s nízkou hustotou, jako jsou měkké tkáně, mají nižší absorpci a proto vysoké zčernání (mluvíme o projasnění).

V diagnostickém algoritmu u většiny onemocnění páteře mají být rtg snímky vždy prvním krokem. Nativní rentgenové vyšetření páteře z funkčního pohledu dává informace o celých úsecích páteře, o jejich postavení i o vzájemných vztazích mezi jednotlivými úseky páteře. Snímky provádíme obvykle ve dvou na sebe kolmých projekcích, nejčastěji v *předozadní (AP)* a *bočné*. To umožní diferencovat uložení struktur v prostoru. Snímky páteře se zhotovují převážně vleže, jen bočná projekce krční páteře vsedě nebo ve stoje. Snímky páteře ve stoje provádíme, pokud chceme posuzovat změny páteřní křivky a vadné postavení páteře.

Indikacemi k zobrazení páteře jsou vývojové vady, úrazy páteře a míchy, záněty, nádory a degenerativní onemocnění.

Snímkovací postupy si volíme podle klinické diagnózy

1.3.2 Výpočetní tomografie

Výpočetní tomografie (Computed tomography) je zobrazovací metoda založená na digitálním zpracování dat získaných po průchodu rentgenového záření vyšetřovaným objektem v mnoha průmětech vyšetřovanou vrstvou. Základní princip je, podobně jako

u konvenčního snímkování, založen na zeslabování svazku rentgenového záření při průchodu vyšetřovanou tkání. Kolem těla pacienta rotuje systém tvořený rentgenkou a souborem detektorů záření na opačné straně.

Svazek záření vycházející z rentgenky je vycloněn do tvaru vějíře, jeho šířka určuje šířku zobrazované vrstvy. Záření po průchodu pacientem dopadá na detektory. Jejich úkolem je zachytit fotony X-záření a přeměnit je na elektrické signály pro další elektronické zpracování. Ze změřených dat v projekcích počítač rekonstruuje obraz vyšetřovaných vrstev. Míra zeslabení záření v jednotlivých místech vyšetřovaného objektu je definována jako denzita v tzv. Hounsfieldových jednotkách (HU). Na obrazech CT skenů jsou denzity reprezentovány stupni šedi. Postprocessing se provádí automaticky ve třech rovinách, případně VRT.

Zobrazení pomocí CT je vhodná metoda k diagnostice onemocnění skeletu. Poskytuje vysoce kvalitní diagnostickou informaci, bohužel za cenu vyšší radiační zátěže pacienta.

Pro vyšetření skoliotické páteře se kvůli vysoké radiační zátěži a nemožnosti posoudit celkové držení páteře moc nevyužívá.

1.3.3 Ultrasonografie

Tato zobrazovací metoda nepracuje s ionizujícím zářením. Je založena na vyhodnocování odrazu ultrazvukových vln od tkání s různou akustickou impedancí. Využívá se jen při vyšetření páteřního kanálu novorozenců.

1.3.4 Magnetická rezonance

Magnetická rezonance je moderní vyšetřovací modalita, která nevyužívá IZ. Vyšetření pomocí MR je založeno na vlastnostech tkání obsahující vodíkové ionty, které vystaveny působení silného homogenního magnetického pole za určitých podmínek vysílají různé signály. Ty jsou detekovány, měřeny a pomocí tzv. matematické Fourierovy transformace a vysoce výkonného počítače transformovány na obrazy.

Pacient je vložen do velmi silného magnetického pole a je vyslán krátký radiofrekvenční pulz. Po jeho skončení se snímá signál, který vytvářejí jádra atomů v pacientově těle. Signál se měří a používá k rekonstrukci obrazu.

MR je zatím jedinou zobrazovací metodou, která neinvazivním způsobem dokáže zobrazit současně páteř, páteřní kanál, míchu a její obaly v celém rozsahu. Nové přístroje se spojenými (array) cívkami umožňují vyšetřit páteř až v délce 50 cm najednou.

Při vyšetřování krční a horní hrudní páteře se vzhledem k možným pulzačním artefaktům z velkých cév a srdce využívá presaturace, která artefakty výrazně potlačí.

Pomocí MR diagnostikujeme patologii v kostní dřeni obratlů a v páteřním kanálu, záněty a nádory míchy. Pro vyšetřování skolióz ji však standardně nepoužíváme.

1.3.5 Nukleární medicína

Nukleární medicína je obor, který využívá otevřené radioaktivní zářiče. Po aplikaci radiofarmaka pacientovi se pomocí scintilační kamery detekuje jeho distribuce v organismu.

Vyšetření skeletu páteře se obvykle provádí jako součást planární celotělové scintigrafie skeletu a má vysokou senzitivitu v detekci kostních lézí, jako jsou degenerativní změny, záněty, nádory, metastázy.

K vyšetření skoliotických deformit páteře se metody NM nevyužívají.

1.4 DIGITALIZACE

V posledních letech zaznamenáváme v konvenčním rentgenovém zobrazování velmi rychlý přechod od filmového zobrazování k zobrazování pomocí digitálních systémů. Při digitalizaci se mění elektromagnetické záření na elektrický proud, který je následně převeden na binární systém. U digitálních systémů, na rozdíl od analogových, je oddělena detekce záření a následné zobrazení. Digitální obraz se vytváří v jednotlivých obrazových elementech, v nichž každý má v sobě danou souřadnici a stupeň šedi. Postprocessingem (dodatečné zpracování) je možné kvalitu obrazu upravit.

Existují dvě základní metody digitalizace rentgenového obrazu - *digitalizace přímá* a *digitalizace nepřímá*.

1.4.1 Nepřímá digitalizace (CR)

Místo na film se snímkuje na speciální paměťové fólie v kazetách. Fólie obsahují europium vázané ve sloučeninách s chlorem, jódem nebo brómem. Dopadlé záření excituje elektrony v krystalické struktuře fólie a vznikne zde latentní obraz. Po expozici nevydá fólie energii dodanou zářením ihned, ale podrží si ji a uvolní až ve skeneru, kde je pomocí laserového paprsku emitována na světlo. To je konvertováno na elektrický náboj a v AD převodníku převedeno na viditelný obraz. Snímek je sejmut, digitalizován a převeden do počítače.

1.4.2 Přímá digitalizace (DR)

Přímá digitalizace je zatím nejefektivnější metodou digitálního zobrazení. Rentgenové záření prošlé pacientem při ní nedopadá na film, ale na soustavu detektorů, které ho převádějí na elektrický signál a dále do počítače. Používají se flat panely polovodičového typu s čipem, Flat panel je moderní detektor, který se skládá z velkého množství pixelů seskupených do obrazové matice. Intenzita

elektrického signálu z každého pixelu odpovídá počtu fotonů, které dopadají na daný pixel, jeho intenzitě. Podle toho, jak se záření převádí na elektrický signál, rozlišujeme dva typy flat panelů. Pro přímou (polovodičovou) a nepřímou (scintilační) konverzi.

Systém s **nepřímou konverzí** je založený na amorfním křemíku. Využívá převodu rentgenového záření na viditelné světlo pomocí scintilační vrstvy. Viditelné světlo je detekováno maticí fotodiod nebo fototranzistorů.

Systém s **přímou konverzí** je založen na amorfním selenu a využívá vzniku náboje zářením bez pomocného scintilátoru ve fotovodivé selenové vrstvě, jeho převedením na elektrické impulzy, které se počítačově zpracovávají.

1.4.3 Porovnání s klasickou skiagrafií

Při analogovém zobrazení dopadá záření na film a vzniklý obraz již nelze upravovat.

U digitální radiografie je možné dodatečně pomocí postprocessingu snímek upravovat a zvýšit jeho kvalitu. To umožní snížit počet chybných expozic a počet opakovaných snímků.

Digitální radiografie umožní, že výsledek vyšetření je prakticky ihned k dispozici a pomocí PACSu může být rozeslán po síti lékařům v rámci nemocnice i mezi nemocnicemi. Systém PACS umožňuje ukládání, archivaci a přenos digitálních obrazových dat, umožňuje srovnat starší a novou dokumentaci, vypálit obrazy na CD, provést rekonstrukce do 3D obrazu.

U digitálního zpracování odpadá chemický proces, nepoužívají se rentgenové filmy, chemikálie.

Nevýhodou digitální radiologie je horší rozlišovací schopnost snímku než při zpracování analogovém a vysoké pořizovací náklady.

1.5 DĚTSKÁ RADIOLOGIE

Vyšetřování dětí pomocí zobrazovacích metod má svá specifika. Vyšetřovací postupy jsou převážně u kojenců a malých dětí jiné než u dospělých, ale projekce a technika se výrazněji neliší. Komplikací je obtížnější nebo žádná spolupráce a domluva s dětmi. Stejně tak je složitější nastavení dětského pacienta do správné vyšetřovací polohy. Je nutno brát v úvahu nejenom menší velikost dětského těla, ale i rychlejší dýchání dítěte, neschopnost zadržet dech na příkaz a např. zvýšenou střevní plynatost.

Malé děti je nutno fixovat. Používá se speciální fixační zařízení, aby nedocházelo k ozařování osob, jež dítě při vyšetření drží. Pokud se vyšetření bez přidržování dítěte rodičem, popř. zdravotní sestrou, neobejde, musí doprovod podepsat informovaný souhlas s nelékařským ozářením a při samotném vyšetření být chráněný olověnou zástěrou. Radiologický asistent dítě přidržovat nesmí.

Dětský rostoucí organismus je na záření 10x citlivější než dospělý jedinec[22]. Je velkou snahou a trendem zobrazovat děti pomocí metod nevyužívajících k získání diagnózy ionizující záření, pomocí UZ nebo MR.

Před vyšetřením pomocí ionizující záření je vždy nutné indikaci k vyšetření zvážit. Přínos musí převažovat nad riziky (princip ALARA). Je nutné maximálně snížit dávku, ne však za cenu ztráty kvalitního snímku a snížené diagnostické výpovědi. Vyšetření se musí provést rychle a přesně, aby se snímky nemusely opakovat a zvyšovat tak radiační zátěž dítěte. Je nutno maximálně clonit primární svazek a vykrývat gonády. Kontrastní látky se u dětí do 15 let používají po zralé úvaze a pouze neionické. Ty mají nižší výskyt nežádoucích účinků. Rodiče, nebo zákonný zástupce, musí před vyšetřením podepsat informovaný souhlas. Někdy se u invazivních výkonů, ale i CT a MR nevyhneme použití analgosedace nebo celkové anestezii.

Dětská radiologie vyžaduje speciální znalosti a přístup lékařů i radiologických asistentů.

1.6 RADIAČNÍ OCHRANA

Radiační ochrana představuje systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření osob a životního prostředí. Cílem radiační ochrany je zcela vyloučit deterministické účinky záření a snížit pravděpodobnost stochastických účinků.

Rentgenové záření je druh ionizující záření, které má negativní účinky na člověka a živé organismy. Rozeznáváme dva základní typy biologických účinků záření, *stochastické a deterministické*. Obr. 2 - *Vznik stochastických a deterministických účinků*

Deterministické účinky vznikají, až když dávka záření překročí určitý práh. Ten je u různých tkání různý. S rostoucí dávkou v nadprahové oblasti stoupá procento poškozených jedinců a stoupá i závažnost onemocnění.

Stochastické účinky jsou *bezprahové*. Každé zvýšení dávky je spojeno s úměrným zvýšením pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků. S dávkou se zvyšuje frekvence jejich výskytu, dávky se sčítají. Pravděpodobnost stochastických účinků hodnotíme efektivní dávkou.

1.6.1 Platná legislativa

Současná koncepce radiační ochrany ve světě a v Evropě vychází z doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany (ICRP) z roku 1991 (ICRP 60) a 2007 (ICRP 103). Dále se opírá o standardy vydané Mezinárodní atomovou agenturou (IAEA) ve Vídni a o legislativu Evropské unie (Directive No. 96/29/Euratom). České normy musí být s normami EU harmonizovány. Podle uvedených dokumentů byla vytvořena legislativa, která stanovuje zákonné normy a požadavky související s ochranou před ionizujícím zářením. Dvě nejdůležitější položky jsou:

- **Zákon č. 18/1997 Sb., novela č. 13/2002 Sb.** o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření („Atomový zákon“)
- **Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb.** o radiační

ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.

Hlavní institucí odpovídající v naší zemi za jadernou bezpečnost, radiační ochranu a havarijní připravenost je *Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB)* v Praze. Jeho odbornou a výzkumnou základnou je *Státní ústav radiační ochrany (SÚRO)*.

1.6.2 Principy radiační ochrany

K dosažení cílů radiační ochrany je nutno dodržovat a uplatňovat principy radiační ochrany. Ty byly stanoveny ICRP a legislativou ČR. Jsou to: princip zdůvodnění, optimalizace, limitování a princip zajištění bezpečnosti zdrojů.

Princip zdůvodnění vyžaduje, že veškerá činnost vedoucí k ozáření musí být odůvodněna přínosem, který vyváží rizika, která při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout. Podmínkou ozáření lékařského musí být důvodné očekávání, že přínos z vyšetření bude pro pacienta větší než nežádoucí účinky IZ.

Princip optimalizace je často označován jako princip **ALARA** („as low as reasonably achievable“), což lze volně přeložit jako „tak nízké jak je rozumně dosažitelné“. Princip říká, že každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, je povinen dodržovat takovou úroveň radiační ochrany, aby riziko ohrožení života a zdraví osob bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout.

Princip limitování znamená, že každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, musí omezovat ozáření fyzických osob tak, aby nebyly překročeny limity ozáření stanovené legislativou. Tento princip neplatí pro lékařské ozáření. Limity ozáření jsou závaznými kvantitativními ukazateli pro celkové ozáření z radiačních činností, jejichž překročení není ve stanovených případech přípustné. Limity se dělí na:

- **limity obecné.** (*vztahují se na celkové ozáření z radiačních činností, nevztahují na profesní, lékařské a havarijní ozáření*)

- **limity pro radiační pracovníky.** (limity pro profesní ozáření)

- **limity pro učně a studenty.** (od 16 do 18 let věku)

Limitovaná veličina	Obecný limit	Limit pro radiační pracovníky	Limit pro učně a studenty
Součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků E z vnitřního ozáření	1 mSv/rok	100 mSv/5 let 50 mSv/rok	6 mSv/rok
Ekvivalentní dávka v oční čočce	15 mSv/rok	150 mSv/rok	50 mSv/rok
Průměr.ekvivalentní dávka v 1cm ² kůže	50 mSv/rok	500 mSv/rok	150 mSv

Tab. 1 Limity ozáření obecné, pro radiační pracovníky, pro učně a studenty

Princip zajištění bezpečnosti zdrojů vyžaduje, aby zdroje ionizujícího záření byly řádně zajištěny tak, aby nad nimi nemohlo dojít za předvídatelných podmínek ke ztrátě kontroly.

1.6.3 Lékařské ozáření

Je termín pro ozáření lidí, kteří jsou vyšetřováni nebo léčeni pomocí ionizujícího záření. Usměrnování lékařské expozice se řídí principem odůvodnění a principem optimalizace. Vyšetření smí být provedeno jen na základě lékařské indikace a provést ho smí jen osoba mající povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření.

Na lékařské ozáření se nevztahují limity.

1.6.4 Ochrana před ionizujícím zářením

Musí zahrnovat jak ochranu zdravotnických pracovníků, tak ochranu vyšetřovaných osob. Při ochraně personálu před rozptýleným zářením se využívají tři základní principy:

- **ochrana časem.** Osobní dávka je přímo úměrná času strávenému v blízkosti zdroje záření. Čas pobytu by měl být co nejkratší.

Dávka = dávkový příkon · doba pobytu.

$$D = D' \cdot t$$

- **ochrana vzdáleností.** Dávka klesá se čtvercem vzdálenosti. Dodržuje se vždy co možná největší odstup od zdroje IZ.

- **ochrana stíněním.** Mezi zdroj záření a pracovníka se umístí vrstva vhodného materiálu, která zeslabí svazek záření a tím i dávku. Lékaři a radiologičtí asistenti používají osobní ochranné pomůcky, zástěry, límce, rukavice, brýle s olovnatým sklem. Vyšetřující nesmí být ozářen přímým svazkem rtg. záření.

Radiační zátěž pacienta a kvalita obrazu je v radiodiagnostice závislá na mnoha technických a organizačních faktorech. Jsou to:

- optimální nastavení expozičních parametrů (kV, mAs)
- filtrace primárního svazku záření
- vymezení svazku záření, velikost ozářeného pole
- vzdálenost ohnisko rentgenky a kůže
- sekundární clona
- zesilovací fólie
- stínění částí těla
- fixační pomůcky

1.6.5 Základní jednotky a veličiny

Absorbovaná dávka D

Je energie záření absorbovaná v jednotce hmotnosti ozářené látky v určitém bodě. Představuje poměr střední energie předané IZ elementu látky (jeho hmotnosti). Na jejím základě se posuzuje biologický účinek záření (biologický účinek záření závisí nejen na absorbované dávce, ale také na druhu záření).

Jednotkou je Gy (Grey), J.kg⁻¹.

Kerma* *K

Kerma je veličina příbuzná absorbované dávce. Je definovaná jako součet počátečních kinetických energií všech nabitých částic uvolněných nenabitými ionizujícími částicemi v určitém objemu látky. Kerma charakterizuje energii sdělenou nepřímo IZ při první srážce nabitým částicím.

Jednotkou je Gy (Grey)

Efektivní dávka* *E

Je definována jako součet součinů ekvivalentních dávek v jednotlivých orgánech a tkáních a příslušných tkáňových váhových faktorů.

Jednotkou je Sv (Sievert).

Ekvivalentní dávka* *H_T

Je definována jako součin radiačního váhového faktoru a střední absorbované dávky v orgánu nebo tkáni pro ionizující záření typu R.

Jednotkou je Sv (Sievert).

Dávkový ekvivalent* *H

Je součinem absorbované dávky v bodě tkáně nebo vzduchu a bezrozměrného jakostního činitele Q, který vyjadřuje rozdílnou biologickou účinnost různých druhů záření.

Tkáňové váhové faktory. W_T

Tkáňové váhové faktory vyjadřují rozdílnou relativní senzitivitu orgánů a tkání ke vzniku stochastických účinků záření, jež vyjadřují rozdílnou radiosenzitivitu orgánů a tkání z hlediska pravděpodobnosti vzniku stochastických účinků.

Radiační váhové faktory W_R

Vyjadřují relativní biologickou účinnost jednotlivých typů záření vzhledem k fotonovému záření.

Efektivní ani ekvivalentní dávka není měřitelná. Měřitelnou veličinou je absorbovaná dávka.

absorbovaná dávka D



střední absorbovaná dávka DTR



ekvivalentní dávka HT



efektivní dávka E

←----- radiační váhový faktor W_R

←----- tkáňové váhové faktory W_T

Schéma následnosti postupů při stanovení efektivní dávky počínaje absorbovanou

2 CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY

2.1 CÍLE PRÁCE

1. Objasnit vyšetření skoliotických deformit dětské páteře pomocí jednotlivých zobrazovacích metod. Zjistit počty provedených vyšetření jednotlivými metodami za určité časové období.
2. Porovnat radiační zátěž skiagrafického vyšetření dětské páteře na analogovém a digitálním přístroji.

2.2 HYPOTÉZY

1. I s rozvojem moderních vyšetřovacích metod zůstává pro vyšetření skoliotických deformit dětské páteře nejdůležitější a prioritní vyšetření skiagrafické.
2. Radiologické vyšetření na digitalizovaném přístroji snižuje radiační zátěž pacienta oproti vyšetření na starším analogovém přístroji.

3 ZKOUMANÝ SOUBOR A METODIKA

3.1 Metodika počtu a provedení vyšetření

Sledovaný soubor vychází z počtu vyšetření skoliotických páteří u dětí provedených na Klinice zobrazovacích metod Fakultní nemocnice v Motole v letech 2008 až 2012. V průběhu roku 2009 na dětském radiodiagnostickém oddělení FN Motol probíhala přímá digitalizace, proto jsem data z tohoto roku do porovnání nezahrnula. Počty dětí vyšetřených jednotlivou zobrazovací modalitou jsem získala pomocí archivu a PACSu Kliniky zobrazovacích metod. Údaje ukazují počty vyšetření, nikoli počty pacientů.

Skiagrafická vyšetření byla provedena u pacientů stojících u vertigrafu s připevněnou kontrastní olovnicí. Přirozený, fyziologický postoj, který odpovídal individuálnímu držení těla, nesměl být korigován. Snímek se prováděl v předozadní AP projekci ve fyziologickém postoji (v mírném roznožení asi 20-ti cm), aby se vyloučilo nechtěné vychýlení pánve do strany. Ohnisková vzdálenost činila 150 cm. Centrální paprsek směřoval na střed kazety s filmem, na processus xiphoideus. Snímky celé páteře, se zachycením postavení hlavy, pánve i kyčlí, byly zhotoveny ve stoje s horizontálním paprskem na speciální tzv. dlouhý formát filmu 90 cm x 30 cm, aby byl zachycen celý úsek páteře jednou expozicí. Do primárního svazku se vkládal hliníkový filtr, aby odfiltroval záření v oblasti krční páteře. Pole se vymezilo primárním svazkem. Horní okraj svazku zasahoval první krční obratel C1, kaudálně musel být zachycen LS přechod a lopaty kostí pánevních. Skiagrafická vyšetření byla prováděna na filmy FOMA se strmostí 400. Děti po operaci nebo na vozíku byly snímkovány vleže, popř. vsedě. Předozadní AP snímek býval doplněn bočním. *(Foto 2 a 3)* Pokud dítě nosilo dle pokynu ortopeda v obuvi podpatěnku pro korekci délky končetin, prováděl se snímek i s touto podpatěnkou. Děti nosící korzet se snímkovaly s ním i bez něho podle rozhodnutí ortopeda. Kontrolní pooperační snímky se prováděly s časovým odstupem tří, šesti, dvanácti měsíců po operaci.

Na digitalizovaném pracovišti se snímek dětské skoliotické páteře prováděl z ohniskové vzdálenosti tří metrů. Před vertigraf se nastavil speciální plastový stojan (Ortho), který slouží k nastavení dětského pacienta. Je nezbytný pro zaujmutí správné polohy. Jeho součástí jsou madla pro přidržení, kompresní pás nebo stupínek. Po nastavení pacienta, nastavení horního a dolního okraje ozařovaného pole se provedla akvizice. Postprocessing umožnil sečíst data, snímky upravit a napojit na sebe.

Při skiagrafickém vyšetření se vždy chránily gonády vykrýváním olověnou gumou.

(Foto 1)

3.2 Metodika výpočtu vstupní povrchové kermy

Radiační zátěž z rentgenového vyšetření celé páteře jednou expozicí v AP projekci provedeného systémem film – fólie jsem porovnála s radiační zátěží vyšetření provedeného digitální radiografií u náhodně vybraných dětí.

Porovnála jsem hodnoty 30-ti dětí snímkaných analogově a 30-ti dětí snímkaných digitálně. Každá skupina představovala 15 dívek a 15 chlapců ve věku od 10-ti do 14-ti let.

Data vyšetřených dětí analogovou metodou pocházejí z roku 2008. Děti byly snímkovány na přístroji Chiralux 2 (6a).

Data dětí vyšetřených pomocí digitální radiografie pocházejí z první poloviny roku 2013. Vyšetření byla prováděna na přístroji Siemens Ysio 2 Fluorospot Compact.

Postup výpočtu:

Chiralux 2: Hodnoty z protokolu 5.11 ZDS (zkoušky dlouhodobé stability) mi posloužily k sestavení grafu č.2. (*Regresní křivka proložená díky hodnotám ze ZDS*). Proložila jsem ho regresní křivkou pomocí metody nejmenších čtverců a získala rovnici, která mi umožnila interpolovat kermu K pro konkrétní napětí, které nebylo při 5.11 ZDS měřeno. Kvadratickou rovnicí ($0,13 \cdot U^2 + 2,33 \cdot U - 209,27$) jsem spočetla kermu v 80 cm a získala tak *hodnoty ve 3. sloupci tabulky č.6. (str.38)*

Ve 4. sloupci tabulky č.6 jsou vypočtené hodnoty vstupní povrchové kermy.

Při výpočtu jsem zohlednila použité mAs a vzdálenost pacienta FSD.

Hodnotu kermy ze 3. sloupce jsem vynásobila při vyšetření použitými mAs daného vyšetření. Důležité bylo vydělit danou hodnotu hodnotou 10, protože u měření ZDS bylo použito 10 mAs. Kvůli přepočtu z uGy na mGy jsem vydělila tisícem a vynásobila korekčním koeficientem pro ohniskovou vzdálenost = 0,36 (r^2m/r^2p).

Siemens Ysio 2 FC:

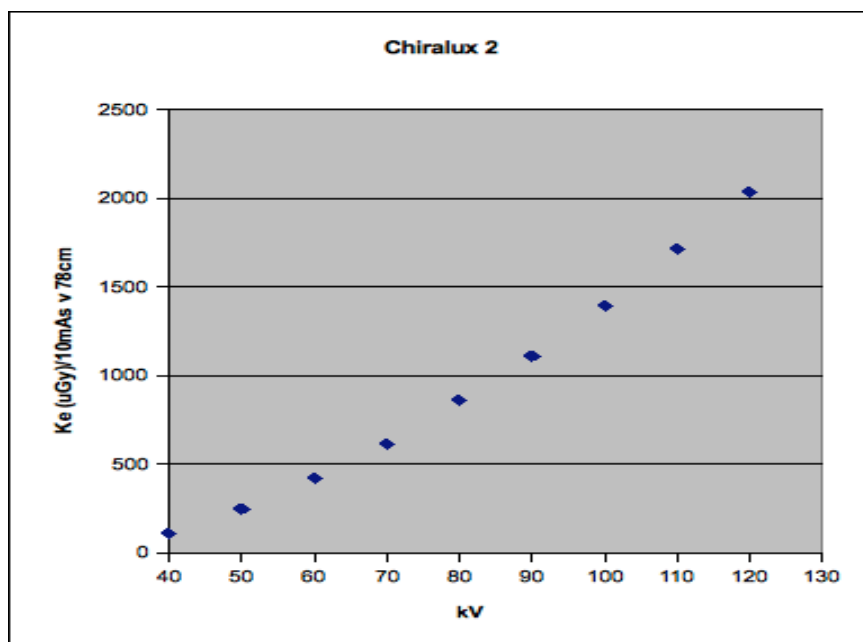
Obdobným způsobem jsem získala hodnoty vstupní povrchové kermy, *tabulka č.7. (str.39)* Aplikovala jsem rovnici regresní křivky, kterou jsem proložila graf měření (*graf č.3*) ze ZDS. Kvadratickou rovnicí jsem spočetla kermu v 90 cm a vynásobila koeficientem 0,103.

Přístroj Chiralux 2 (6A)

$$y = 0,1368x^2 + 2,3351x - 209,27$$

Protokol ZDS 5.11

kV	Ke
40	110,2
50	246
60	418
70	616
80	859
90	1110
100	1394
110	1716
120	2033



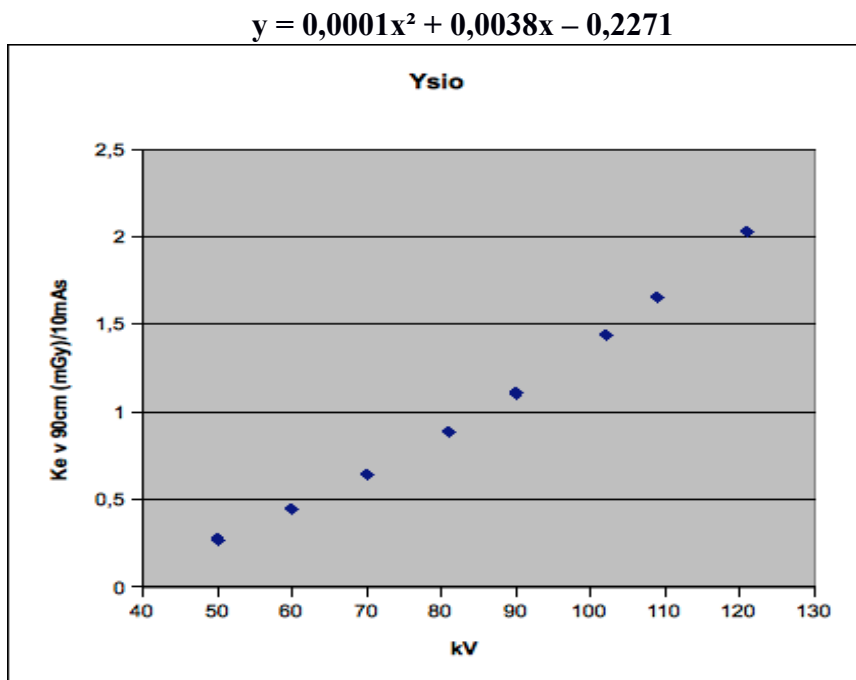
Graf 2 Regresní křivka proložená díky hodnotám ze ZDS

Tab. 2 Hodnoty vstupní povrchové kermy pro určité napětí dle ZDS

Přístroj Siemens Ysio 2 Fluoroskot Compact

Protokol ZDS 5.11

kV	Ke
50	0,271
60	0,443
70	0,641
81	0,888
90	1,106
102	1,435
109	1,65
121	2,026



Graf 3 Regresní křivka proložená díky hodnotám ze ZDS

Tab. 3 Hodnoty vstupní povrchové kermy pro určité napětí dle ZDS

Odhad vstupní povrchové K

$$K_p = K_m \cdot \frac{Q_P}{Q_M} \cdot \frac{r^2_m}{r^2_p}$$

K_p = vstup povrch. K ve vzduchu v místě vstupu svazku do pacienta

K_m = K změřená při ZDS pro použité napětí

Q_M = proudové množství ZDS

Q_P = použité mAs

r_m = vzdálenost ohniska

r_p = ohnisko - pacient

$\frac{r^2_m}{r^2_p}$ = koeficient

4 VÝSLEDKY

4.1 Četnosti vyšetření dětské páteře jednotlivými zobrazovacími metodami

Počty vyšetřených dětských páteří ukazují, že téměř všechna vyšetření dětských deformit páteře byla provedena pomocí konvenční radiologie. Z počtu 5 948 vyšetření bylo 5771 vyšetření skiagrafických.

Ve FN Motol bylo v roce **2008** vyšetřeno pomocí *skiografie*: 1362 páteří
CT: 11 páteří
MR: 43 páteří
UZ: 0 páteří

Ve FN Motol bylo v roce **2010** vyšetřeno pomocí *skiografie*: 1677 páteří
CT: 9 páteří
MR: 34 páteří
UZ: 0 páteří

Ve FN Motol bylo v roce **2011** vyšetřeno pomocí *skiografie*: 1181 páteří
CT: 12 páteří
MR: 32 páteří
UZ: 0 páteří

Ve FN Motol bylo v roce **2012** vyšetřeno pomocí *skiografie*: 1551 páteří
CT: 17 páteří
MR: 16 páteří
UZ: 3 páteří

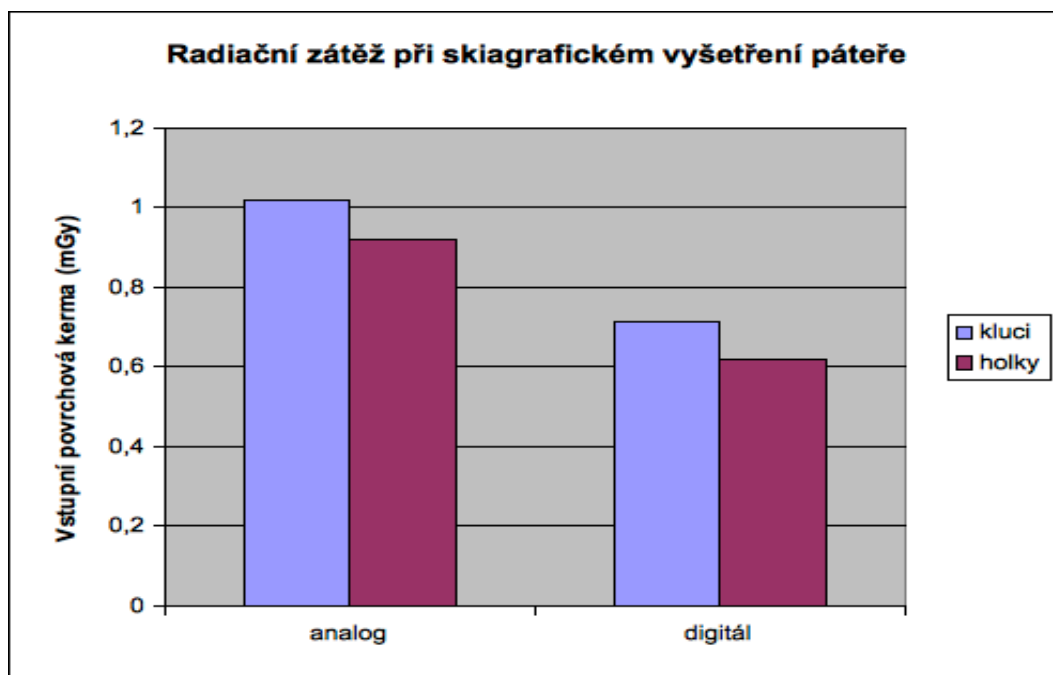
rok	Skiografie	CT	MR	UZ
2008	1362	11	43	-
2010	1677	9	34	-
2011	1181	12	32	-
2012	1551	17	16	3

Tab. 4 Počty vyšetřených páteří v jednotlivých kalendářních letech

Zahrnuty byly vyšetření dětské páteře s danou diagnózou dětská idiopatická skolióza, dětská juvenilní skolióza, vrozené vývojové vady páteře nebo vrozené svalově-kosterní deformity páteře a hrudníku.

4.2 Porovnání radiační zátěže při analogovém a digitálním vyšetření

Radiační zátěž dítěte při skiografickém vyšetření páteře digitálními radiografiemi je oproti metodě analogové o 31,3 % nižší.



Graf 4 Vstupní povrchová kerma při analogovém a digitálním zobrazení v mGy.

Průměrná hodnota vstupní povrchové kermy při analogovém vyšetření dětské páteře je **0,970 mGy**.

Pro chlapce je **1,02 mGy**, pro dívky **0,92 mGy**.

Průměrná hodnota vstupní povrchové kermy při digitálním vyšetření dětské páteře je **0,666 mGy**.

Pro chlapce je **0,712 mGy**, pro dívky **0,619 mGy**.

	Analogové zobrazení	Digitální zobrazení
Chlapci	1,02	0,712
Dívky	0,92	0,619
Průměr	0,970	0,666

Tab. 5 Porovnání radiační zátěže dítěte při analogovém a digitálním vyšetření páteře

V následující tabulce jsou vypočtené hodnoty vstupní povrchové kermy pro každé vyšetřené dítě v AP projekci na analogovém přístroji **CHIRALUX 2 (6A)**. Postup výpočtu je uveden v metodice.

V 1. a 2. sloupci jsou vstupní expoziční parametry (kV/mAs).

Ve 3. sloupci jsou hodnoty Ke při 10 mAs.

Ve 4. sloupci jsou vypočtené hodnoty vstupní povrchové kermy.

Průměrná hodnota expozice při analogovém vyšetření chlapce je **75,33 kV/37,47 mAs**.

Průměrná hodnota expozice při analogovém vyšetření dívky je **74,47 kV/34,67 mAs**.

Chlapci

Dívky

kV	mAs	Ke/10mAs v 80cm (uGy)	Ke ve FSD (mGy)	kV	mAs	Ke/10mAs v 80cm (uGy)	Ke ve FSD (mGy)
73	32	690	0,795	73	32	690	0,795
73	32	690	0,795	76	42	758	1,147
80	56	853	1,720	73	24	690	0,596
76	42	758	1,147	70	24	625	0,540
73	24	690	0,596	73	32	690	0,795
73	32	690	0,795	76	42	758	1,147
73	42	690	1,044	80	56	853	1,720
76	42	758	1,147	76	32	758	0,874
73	24	690	0,596	73	32	690	0,795
83	56	927	1,869	73	24	690	0,596
76	32	758	0,874	76	42	758	1,147
73	32	690	0,795	76	32	758	0,874
76	42	758	1,147	73	32	690	0,795
76	42	758	1,147	76	32	758	0,874
76	32	758	0,874	73	42	690	1,044
75,33	37,47	744,10	1,02	74,47	34,67	723,94	0,92

Tab. 6 Vstupní povrchová kerma v mGy získaná z expozičních parametrů vyšetření páteře náhodně vybraných 30-ti dětí stejného věku na analogovém rtg. přístroji.

V následující tabulce jsou vypočtené hodnoty vstupní povrchové kermy pro každé vyšetřené dítě v AP projekci digitálně na přístroji **SIEMENS YSIO 2 FC**.

V 1. , 2. a 3. sloupci jsou vstupní expoziční parametry (kV/mAs a mGym²).

Ve 4. sloupci jsou hodnoty Ke při 10mAs.

V 5. sloupci jsou vypočtené hodnoty vstupní povrchové kermy.

Průměrná hodnota expozice při digitálním vyšetření chlapce je **69,89 kV/130,61 mAs**.

Průměrná hodnota expozice při digitálním vyšetření dívky je **69,65 kV/114,99 mAs**.

Chlapci

Dívky

kV	mAs	mGym ²	Ke/10mAs v 90cm (uGy)	Ke ve FSD (mGy)	kV	mAs	mGym ²	Ke/10mAs v 90cm (uGy)	Ke ve FSD (mGy)
69,8	62,1	15,41	0,525	0,336	69,6	88,8	24,64	0,522	0,477
69,8	70,3	26,94	0,525	0,380	69,8	81,9	35,83	0,525	0,443
69,6	119,4	28,2	0,522	0,642	69,6	119	61,34	0,522	0,640
69,6	380,4	161,93	0,522	2,004	69,8	73,7	22,15	0,525	0,399
69,6	102,9	28,89	0,522	0,553	69,6	229,8	76,95	0,522	1,235
69,8	113,3	32,26	0,525	0,613	69,6	117,7	29,85	0,522	0,633
69,6	157,8	63,89	0,522	0,848	69,6	104,8	31,96	0,522	0,563
69,8	69,3	23	0,525	0,375	69,6	137,5	51,28	0,522	0,739
72,7	241,3	102,93	0,578	1,436	69,8	80,9	16,96	0,525	0,438
69,8	71,2	25,62	0,525	0,385	69,6	149,5	54,81	0,522	0,803
69,6	129,2	44,89	0,522	0,694	69,6	86,4	19,64	0,522	0,464
69,6	129,1	45,02	0,522	0,694	69,6	118,2	31,01	0,522	0,635
69,8	76,8	17,94	0,525	0,416	69,8	82,4	50,42	0,525	0,446
69,6	139,4	48,4	0,522	0,749	69,6	115,1	59,76	0,522	0,619
69,6	96,7	28,78	0,522	0,520	69,6	139,1	45,12	0,522	0,748
69,89	130,61	46,27	0,53	0,712	69,65	114,99	40,78	0,52	0,619

Tab. 7 Vstupní povrchová kerma v mGy získaná z expozičních parametrů vyšetření páteře náhodně vybraných 30-ti dětí stejného věku na digitálním rtg. přístroji.

4.3 Porovnání dávek záření při vyšetření páteře, směrodatná odchylka

Při analogovém vyšetření dětské páteře u chlapce je průměrná hodnota vstupní povrchové kermy **1,02 mGy ± 0,366**.

Při analogovém vyšetření dětské páteře u dívky je průměrná hodnota vstupní povrchové kermy **0,92 mGy ± 0,297**.

Při digitálním vyšetření dětské páteře u chlapce je průměrná hodnota vstupní povrchové kermy **0,712 mGy ± 0,460**.

Při digitálním vyšetření dětské páteře u dívky je průměrná hodnota vstupní povrchové kermy **0,619 mGy ± 0,213**.

Uvedené směrodatné odchylky ukazují, že u chlapců pro analogový přístroj Chiralux a pro dívky u obou přístrojů je směrodatná odchylka přibližně stejná. Největší rozdíl je u chlapců u digitálního Siemens přístroje.

V následující tabulce jsou porovnány 2 skupiny dávek záření. Je vypočtený rozptyl a směrodatná odchylka u vyšetření chlapecké skoliotické páteře na analogovém přístroji Chiralux 2 (6A) a digitálním přístroji Siemens Ysio 2 FC. Žlutě jsou podbarveny hodnoty, které měly největší odchylku od průměru.

Chlapci						
Expozice	CHIRALUX 2 (6A)			SIEMENS YSIO 2 FC		
	Ke ve FSD (mGy)	$X_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{x})^2$	Ke ve FSD (mGy)	$X_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	0,795	-0,227	0,0518	0,336	-0,376	0,1416
2	0,795	-0,227	0,0518	0,380	-0,332	0,1102
3	1,720	0,697	0,4860	0,642	-0,071	0,0050
4	1,147	0,124	0,0154	2,044	1,332	1,7745
5	0,596	-0,426	0,1817	0,553	-0,159	0,0254
6	0,795	-0,227	0,0518	0,613	-0,099	0,0099
7	1,044	0,021	0,0004	0,848	0,136	0,0184
8	1,147	0,124	0,0154	0,375	-0,337	0,1138
9	0,596	-0,426	0,1817	1,436	0,723	0,5233
10	1,869	0,846	0,7160	0,385	-0,327	0,1070
11	0,874	-0,149	0,0222	0,694	-0,018	0,0003
12	0,795	-0,227	0,0518	0,694	-0,019	0,0003
13	1,147	0,124	0,0154	0,416	-0,297	0,0881
14	1,147	0,124	0,0154	0,749	0,037	0,0014
15	0,874	-0,149	0,0222	0,520	-0,193	0,0371
Průměr:	1,023			0,712		
Rozptyl:	0,134			0,211		
Směr.odchylka	0,366			0,460		

Tab. 8 Průměr, rozptyl a směrodatná odchylka u snímkaných chlapeckých páteří analogovým a digitální přístrojem.

V tabulce jsou porovnány 2 skupiny dávek záření. Je vypočtený rozptyl a směrodatná odchylka u vyšetření dívčí skoliotické páteře na analogovém přístroji Chiralux 2 (6A) a digitálním přístroji Siemens Ysio 2 FC. Žlutě jsou podbarveny hodnoty, které měly největší odchylku od průměru.

Dívky						
Expozice	CHIRALUX 2 (6A)			SIEMENS YSIO 2 FC		
	Ke ve FSD (mGy)	$X_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{x})^2$	Ke ve FSD (mGy)	$X_i - \bar{X}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	0,795	-0,121	0,0146	0,477	-0,142	0,0200
2	1,147	0,231	0,0533	0,443	-0,176	0,0308
3	0,596	-0,319	0,1021	0,640	0,021	0,0004
4	0,540	-0,376	0,1415	0,399	-0,220	0,0484
5	0,795	-0,121	0,0146	1,235	0,616	0,3798
6	1,147	0,231	0,0533	0,633	0,014	0,0002
7	1,720	0,804	0,6464	0,563	-0,056	0,0031
8	0,874	-0,042	0,0018	0,739	0,120	0,0145
9	0,795	-0,121	0,0146	0,438	-0,181	0,0328
10	0,596	-0,319	0,1021	0,803	0,185	0,0341
11	1,147	0,231	0,0533	0,464	-0,154	0,0238
12	0,874	-0,042	0,0018	0,635	0,016	0,0003
13	0,795	-0,121	0,0146	0,446	-0,173	0,0299
14	0,874	-0,042	0,0018	0,619	0,000	0,0000
15	1,044	0,128	0,0163	0,748	0,129	0,0166
Průměr:	0,916			0,619		
Rozptyl:	0,088			0,045		
Směr.odchylka	0,297			0,213		

Tab. 9 Průměr, rozptyl a směrodatná odchylka u snímkaných dívčích páteří analogovým a digitální přístrojem.

Vzorečky použité pro výpočet:

Výpočet průměru

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Výpočet rozptylu

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2.$$

Výpočet směrodatné odchylky

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}.$$

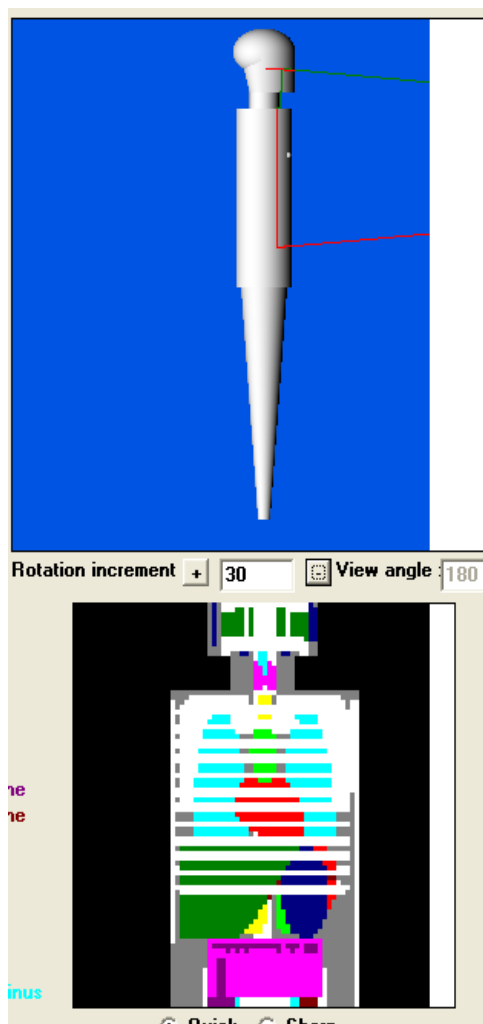
Ačkoliv to nebylo cílem mé práce, provedla jsem simulaci rtg vyšetření dětské páteře a pomocí programu PCXMC (PC Exam) odhad dávky záření při AP a PA projekci.

Skoliotická páteř se snímkuje převážně mladým dívkám, které mají ve vývinu prsní žlázu. Podle doporučení ICRP byly navrženy u prsní žlázy nové hodnoty radiační újmny a tkáňových váhových faktorů. WT byl zvýšen z 0,05 na 0,12.

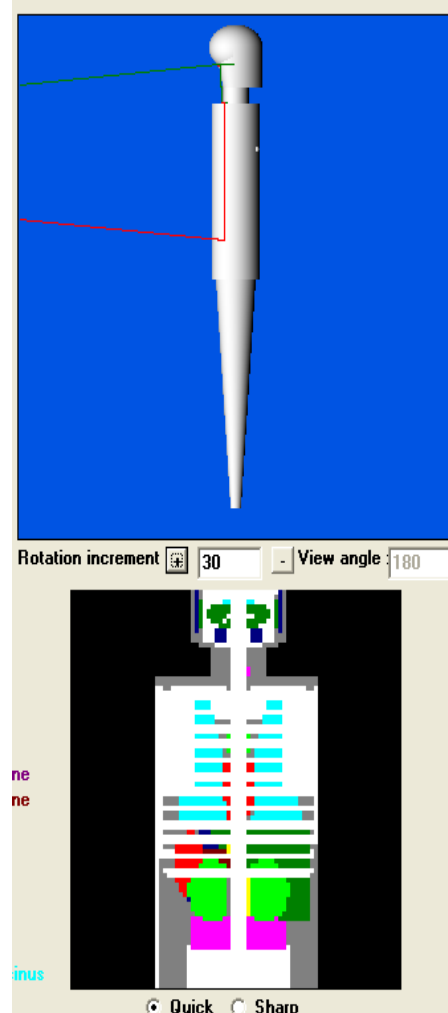
Výsledek: **Dávka záření na prsní žlázu v AP projekci je 0,91 mGy.**
Dávka záření na prsní žlázu v PA projekci je 0,21 mGy.

Rozdíl je více jak čtyřnásobný, konkrétně 4,33.

Simulace vyšetření v AP projekci



Simulace vyšetření v PA projekci



5 DISKUZE

Včasná diagnostika deformit páteře je zásadní pro zabránění progresi křivek a jejich stabilizaci do doby ukončení růstového období.

Zakřivení páteře dítěte jako první zpravidla zpozoruje rodič nebo pediatr při preventivní prohlídce. Často bývá skolióza zachycena náhodně na snímku plic.

Prvotním diagnostickým postupem je klinické vyšetření pacienta. Zjišťuje se osobní i rodinná anamnéza, celkový zdravotní stav dítěte, stupeň pohlavního vývoje. Informace o případné první menstruaci u dívek je důležitá, neboť k nejvýraznější progresi deformity páteře dochází v období těsně před jejím nástupem.

Při vlastním klinickém vyšetření sleduje ortoped pohledem (auskultace) viditelné zakřivení páteře, asymetrii těla, zachování či porušení symetrie boků, délku dolních končetin, svalový korzet. Porovnává výšku obou ramen (jejich asymetrie svědčí pro dekompenzaci křivky). Páteř hodnotí zezadu a z boku. Při vzpřímeném postavení dítěte posuzuje pomocí spuštěné olovnice stupeň skoliózy a dekompenzace trupu. Olovnici spustí z vrcholu trnu C7 a hodnotí její odchýlení od gluteální rýhy. V předklonu hodnotí objevená zakřivení páteře, sleduje případnou asymetrii paravertebrálních svalů a rotaci obratlů. Vyšetřením v předklonu také zjišťuje velikost žeberní prominence. Zkoumáním a palpací zjišťuje směr křivky. Posuzuje schopnost aktivního i pasivního úklonu na obě strany. Někdy bývá součástí klinického vyšetření i speciální vyšetření neurologické.

Způsoby vyšetření skoliotické páteře

A. Skiagrafické vyšetření

U skoliotické páteře, nebo podezření na ni, se u vertigrafu s připevněnou kontrastní olovnicí provádí snímek celé páteře, se zachycením postavení hlavy, pánve i kyčlí. Snímkuje se ve stoje horizontální paprskem na speciální formát filmu 90x30 cm,

na tzv. dlouhý formát, aby byl zachycen celý úsek páteře jednou expozicí. Snímek se provádí v předozadní AP projekci ve fyziologickém postoji. Děti po operaci nebo na vozíku se snímají vleže, popř. vsedě. Předozadní AP snímek bývá doplněn bočním. (Foto 2 a 3)

Jako *předoperační vyšetření* se provádí úklonové snímky ve stoje v AP projekci bez rotace pánve, trupu a hlavy centrované na vrcholy křivek nebo tahové snímky v AP projekci. Úklony se provádí na obě strany. Úklonové a tahové snímky vypovídají o flexibilitě deformity a významně napomáhají předoperačnímu plánování. Dále se provádí snímek vleže v tahu. Pacient leží na břiše, drží se vzpaženými rukama za okraj vyšetřovacího stolu a lékař tahem za dolní končetiny provádí maximální možnou korekci. Ukáže se, jaká bude výtěžnost operace.

Kontrolní pooperační snímky se provádí s časovým odstupem tří, šesti, dvanácti měsíců po operaci. Lékař na nich hodnotí, jak rychle dochází ke srůstu kostních štěpů s páteří a zda nedochází ke ztrátě korekce.

Při skiagrafickém vyšetření je bezpodmínečně nutné chránit gonády, vykrývat je olověnou gumou. (Foto 1). Primární svazek se musí vyclonit na co možná nejužší pole. Je ale nutné brát v úvahu křivku skoliózy a do stran clonit tak, aby byla zachycena celá páteřní křivka.

Hodnocení snímku

Lékař, radiolog, na rtg snímku hodnotí velikost křivek skoliózy, stádium kosterního zrání páteře, rotaci těl obratlů (popř. také tvar obratlových těl, nerovnosti krycích destiček, šíři meziobratlových plotének, kostní strukturu těl). Je nezbytné sledovat obě roviny páteře, frontální i sagitální. Existuje několik metod měření stupně skoliózy. V Čechách je v praxi nejpoužívanější stanovení velikosti křivky ve stupních ***podle Cobbova úhlu***. Je to jednoduchá a relativně přesná metoda.[15]. Spočívá v tom, že se na AP snímku měří vždy úhel, který mezi sebou svírají nejvíce vychýlené obratle na začátku a na konci každé křivky, směrem ke konkavitě křivky. Přímkou při horním a

dolním okraji těchto obratlových těl v rovinách krycích plotének pak svírají úhel. Dále se tíže křivky může hodnotit podle Fergusona. Na bočních snímcích se sagitální rovina měří metodou dle Duvala-Beaupéra. Metodou podle Nashe a Moe se měří rotace vrcholových těl obratlů.

Díky určení skeletárního stáří ze snímku se dozvíme, zda je již ukončen kosterní růst a zda se dá očekávat progresse onemocnění. Kostní zralost se určuje hodnocením *Risserova znamení*. Hodnotí se osifikace chrupavčitých apofýz hřebenů lopat kyčelních. Kompletní srůst apofýzy s hřebenem kosti kyčelní znamená ukončení růstu (proužky na vrcholu lopat, jakmile na rtg snímku splynou, růst je ukončen). Tento příznak není však naprosto spolehlivý, přesnější je rtg snímek levého zápěstí.

B. Ultrazvukové vyšetření

U nejmenších dětí (novorozenci, kojenci) můžeme pomocí ultrasonografie zobrazit páteřní kanál. Nejlépe se zobrazí v sagitální a transverzální rovině. Při vyšetření dítě leží na břiše. Lze zobrazit i část krční páteře, to dítěti podložíme hrudník a hlavičku držíme v mírném předklonu. Pro vyšetření skoliózy se ultrazvuk nepoužívá.

C. Vyšetření pomocí CT

CT vyšetření dětské páteře se provádí při diagnóze kombinovaných poruch s postižením páteřního kanálu či nervových struktur a u těžkých skolióz jako předoperační a kontrolní pooperační vyšetření. Na CT nemáme možnost posoudit celkové držení páteře a radiační zátěž z vyšetření je značná.

V poslední době se metoda spirálního CT jeví jako nejpřesnější metoda měření rotace obratlových těl.

D. Vyšetření pomocí MR

MR páteře se provádí u většiny vrozených onemocnění páteře i při vyšetření kombinovaných poruch s postižením páteřního kanálu či nervových struktur.

Při vyšetření vrozených skolióz je potřeba dovyšetřit také poměry v páteřním kanálu.

V naší populaci se rodí 4 – 6% novorozenců s vrozenou vývojovou vadou nebo s genetickým podkladem pro tuto vadu. [13]

Novorozenci a neklidné děti se vyšetřují v analgosedaci nebo v celkové anestezii. Obecně děti lépe snášejí vyšetření otevřenými magnety (open typ). Páteř se vyšetřuje na přístrojích 1,5T, u menších dětí lze delší úsek páteře zachytit jednou cívkou. U větších nutno použít systém cívek phase-array.

Pro vyšetření dětské skoliózy se MR standardně nepoužívá. Indikací je většinou před a pooperační vyšetření. Výhodou proti CT předoperačnímu vyšetření je nulová radiační zátěž.

Léčba dětských skolióz:

Cílem léčby je zabránit progresi onemocnění a předejít komplikacím.

Léčba skoliózy do 20° se provádí vhodným rehabilitačním cvičením a úpravou denního režimu.

Léčba skoliózy do 40° se řeší korzetem, ortézou. Korzet se nosí až do ukončení růstu, kdy se uzavrou růstové štěrbin.

Skolióza nad 55° se řeší chirurgicky.

Pražská fakultní nemocnice Motol byla jednou z prvních v republice, kde se v roce 1984 pod vedením docenta Petra Korbeláře začaly dětské skoliózy operovat. V počátcích se používalo instrumentárium „*Harrington*“ (HRI), pojmenované podle průkopníka. Korekci při něm udržovala jedna titanová dlouhá tyč upevněná k páteři pomocí háčků zakleslých za obratlové oblouky nahoře i dole a šroubů do pediklů. Tato metoda však neřešila rotaci obratlů. Od roku 2001 se v Motole používá moderní instrumentárium „*Evolution*“ jež řeší korekci křivek a rotaci obratlů. Po obou stranách páteře se fixují 2 modelovatelné tyče z titanu v kombinaci se šrouby a háčky. Natahováním se páteř prodlužuje a natahuje se i mícha. Metoda „tzv. rostoucích tyčí“ má vysokou účinnost napravení zakřivení a nezatěžuje dítě každý půlrok operací s celkovou narkózou.

Kontrolní snímky se provádí s časovým odstupem 3, 6, 12 měsíců po operaci a lékař na nich hodnotí, jak rychle dochází ke srůstu kostních štěpů s páteří a zda nedochází ke ztrátě korekce.

Zobrazovací metody představují nejvýznamnější způsob vyšetření skoliotických deformit páteře. Jak počty provedených vyšetření pomocí jednotlivých zobrazovacích metod ukázaly, diagnóza skolióza se stanovuje na základě rentgenového vyšetření celé páteře v předozadní a bočné projekci. Počty vyšetření deformit dětské páteře pomocí skiografie, CT, MR a UZ jsem získala ve fakultní nemocnici za čtyři uplynulé roky. Výsledkem je, že téměř všechna vyšetření byla provedena skiograficky. Z celkového počtu 5 948 jich 5 771 bylo rentgenovým vyšetřením páteře.

Rentgenový snímek páteře ve fyziologickém postavení je pro určení diagnózy zásadní, na něm měříme tíži skoliotických křivek. Jsou různé metody, ale v Čechách je nejrozšířenější a nejpoužívanější měření Cobbova úhlu na předozadním snímku celé páteře. Díky dnešní moderní technice a možnosti postprocessingu se již úhly nemusí na hotový rentgenový snímek ručně, pomocí pravítka a úhloměru, zakreslovat.

Počet 49-ti dětí vyšetřených za čtyři roky pomocí výpočetní tomografie ukázal, že zobrazení pomocí CT není pro skoliózy standardní metodou. Provádí se jako před a pooperační vyšetření u těžkých typů skolióz a další indikací jsou diagnózy kombinovaných poruch s postižením páteřního kanálu či nervových struktur. Na CT nemáme možnost posoudit celkové držení páteře a radiační zátěž z vyšetření je značná.

Počet dětí vyšetřených za čtyři roky na MR byl 125. Indikací je obdobně jako u CT předoperační, pooperační vyšetření a kombinované poruchy. Počet dětí je násobně vyšší převážně díky nulové radiační zátěži.

Pomocí sonografie byly za čtyři roky vyšetřeny 3 děti. Tato nezatěžující metoda bohužel nenašla při vyšetřování skolióz uplatnění.

U zjištěných deformit dětské páteře se obvykle rentgenový snímek provádí každý půlrok až do ukončení kostního zrání dítěte a stabilizace progresu křivky. U operované

páteře se kontrolních snímků provádí větší množství, většinou s časovým odstupem tří, šesti, dvanácti měsíců po operaci. Musíme mít na paměti, že dávky se sčítají a dítě je významně zatíženo radiačním zářením.

V pediatrii nejsou zavedeny referenční hodnoty ozáření pro konvenční rtg vyšetření. Pro konvenční radiologické postupy se doporučuje používat směrnicích úrovní uvedených v evropských směrnících EUR 16261 EN. (European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics, July 1996). Diagnostický přínos vyšetření musí vždy převyšovat radiační riziko (ALARA). I když je riziko použití vyšetřovacích postupů pomocí ionizujícího záření malé, nesmí být podceňováno. Pro rostoucí organismus dítěte, který je opakovaně zatěžován rtg. snímkováním na dlouhý formát, tento rizikový faktor představuje nebezpečí pravděpodobnosti vzniku nádorových onemocnění štítné žlázy, prsu a leukémie.

Velký význam pro snížení radiační zátěže měla digitalizace. Výsledky měření, které jsem v mé bakalářské práci provedla, ukázaly, že se při rentgenovém vyšetření dětské skoliotické páteře sníží radiační zátěž dítěte díky digitální radiografii o 31,3 % oproti metodě analogové. Digitalizace přispěla ke snížení zátěže dítěte. Díky postprocessingu je možné snímek upravovat, zvýšit jeho kvalitu, snížit počet chybných expozic a opakovaných snímků.

Podobným zkoumáním radiační zátěže při vyšetření skeletu se zabývali i kolegové z ostravského pracoviště (Směšný, Chmelová 2010). Radiační zátěž při vyšetření páteře dětí na přístroji podobných kvalit (Chiralux1) se pohybovaly mezi 0,15 mSv a 1,1 mSv. [21]

V kapitole výsledky jsem uvedla výpočet odhadu dávky záření na mléčnou žlázu při vyšetření páteře v předozadní a zadopřední projekci. Nebylo to cílem mé práce, ale nápad vznikl v průběhu získávání dat. Skoliotická páteř se standardně snímkuje v AP projekci. Snímkuje se malým a mladým dívkám, kterým se začíná vyvíjet mléčná žláza. Ta se často při vyšetření dostává kvůli křivce a nemožnosti vyclonit do primárního

svazku záření. Podle doporučení ICRP 103 byly navrženy nové hodnoty radiační újmy a tkáňových váhových faktorů pro mléčnou žlázu, W_T byl zvýšen z 0,05 na 0,12. Radiační zátěž je tak pro mléčnou žlázu značná. Výsledky výpočtu odhadu dávky pro AP i PA projekci jsou překvapivě poměrně rozdílné. Dávka záření na prsní žlázu v AP projekci je 0,907625 mGy, dávka záření na prsní žlázu v PA projekci by byla 0,208637 mGy. Rozdíl je značný. Vzhledem k tomu, že i ortoped při klinickém vyšetření dítěte posuzuje skoliotickou křivku zadopředně, by možná stálo za úvahu, zda nezačít skoliotickou páteř dítěte ve stoje na dlouhý formát snímkovat PA.

Je velkou snahou a trendem nahrazovat metody používající ionizující záření a nalézt nový, neinvazivní způsob vyšetření. Novou, do budoucna perspektivní metodou, která eliminuje radiační zátěž a umožňuje spolehlivě měřit skoliotické křivky na podkladě verifikace pozice trnových výběžků, se jeví elektromagnetická metoda. Bohužel, její velkou nevýhodou je finanční náročnost.

6 ZÁVĚR

V mé bakalářské práci jsem se zabývala problematikou deformit dětské páteře, jejich vyšetřováním pomocí jednotlivých zobrazovacích metod, jejichž princip jsem popsala. Skolióza, závažná deformita páteře, vzniká a největší progresi má v dětství. Je nutné ji co nejdříve podchytit, mít pod kontrolou, aby v dospělosti nezpůsobovala závažné klinické potíže. Zásadní význam pro diagnostiku má rentgenové vyšetření páteře ve stoje na dlouhý formát v předozadní a bočné projekci.

V úvodu teoretické části jsem připomněla anatomii a fyziologii páteře. Popsala jsem typy skolióz. Přiblížila jsem specifika dětské radiologie. Také jsem zmínila důležitost dodržování zásad radiační hygieny při vyšetřeních používajících pro člověka škodlivé ionizující záření.

Cílem mé práce bylo přiblížit vyšetření dětské skoliotické páteře pomocí jednotlivých zobrazovacích metod, porovnat četnost jednotlivých vyšetření a potvrdit hypotézu, že i s rozvojem nových moderních zobrazovacích metod zůstáváv současnosti prioritní konvenční skiagrafické vyšetření. Hypotézu se ze získaných dat podařilo potvrdit.

Vypočítáním vstupní povrchové kermy při skiagrafickém vyšetření dětské skoliotické páteře analogovým a digitálním způsobem a jejich vzájemným porovnáním, jsem došla k závěru, že radiační zátěž při vyšetření digitálním je o 31,3 % nižší než při analogovém. Tím se potvrdila i druhá hypotéza. Směrodatné odchylky pro analogový přístroj Chiralux byly u chlapců i dívek přibližně stejné. Pro digitální přístroj Siemens Ysio byly pro dívky přibližně stejné, u chlapců byl největší rozdíl.

V závěru mé práce jsem zmínila nový poznatek, že mléčná žláza je k ionizujícímu záření mnohem citlivější než se předpokládalo, a proto jsem nastínila možnost snímkovat dětskou skoliotickou páteř ve stoje PA projekcí.

Z hlediska radiační ochrany je u dětí nezbytně nutné zvážit každou indikaci k vyšetření ionizujícím zářením. Snahou je dětský organismus citlivý na záření nezatěžovat a do budoucna hledat nové neinvazivní metody.

7 LITERATURA

- [1] Blaha,Josef; Hýbnerová,Vlasta. *Prognostika idiopatické skoliózy*. Acta Medica (Hradec Králové).Suplementum, 2005, svazek 48, č.1. ISSN 1211-247X
- [2] Čihák,Radomír. *Anatomie I*. Praha: Avicenum. 1987
- [3] Dylevský,Ivan. *Základy anatomie*. Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-886-7
- [4] Hušák,Václav a kolektiv. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2009
- [5] Chudáček,Zdeněk. *Radiodiagnostika*. Banská Bystrica: BB s.r.o., 1993
- [6] Klener,V., Mikušová,M., Vojtíšek,O. *Ochrana pacientů a zdravotnického personálu při radiodiagnostických vyšetřeních*. Olomouc: MZ ČSR, 1987. sv.212
- [7] Klener,V., Thomas,J., Tomášek,L. *Publikace ICRP 103. Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007*. český překlad Praha: SÚJB, 2009
- [8] Krbec,M., Repko,M., Skotáková,J. *Měření rotace vrcholových obratlů skoliotických deformit páteře CT metodou*. Česká radiologie, 2008. ročník 62. č.1. ISSN 1210-7883
- [9] Matzner,Jan. *Radiační ochrana*. Studijní texty. Vlastní náklad, 2008
- [10] Mourek,Jindřich. *Fyziologie-učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2005. ISBN 978-80-247-1190-4
- [11] Nekula,Josef; Chmelová,Jana. *Výbrané kapitoly z konvenční radiologie*. Ostrava: ZSF OU, 2005. ISBN 80-7368-057-2
- [12] Nekula, Josef a spolupracovníci. *Zobrazovací metody páteře a páteřního kanálu* Hradec Králové, 2005. ISBN 80-86225-71-2
- [13] Novotná,Hana; Kohlíková,Eva. *Děti s diagnózou skolióza*. Praha, 2000. 27-042-2000
- [14] *Pohybové ústrojí*. Pokroky ve výzkumu, diagnostice a terapii. Ročník 10, 2003, Suppl., ISSN 1212-4575

- [15] *Pohybové ústrojí*. Pokroky ve výzkumu, diagnostice a terapii. Ročník 11, 2004, ISSN 1212-4575
- [16] Repko, Martin. *Diagnostika a terapie skolióz*. Medicína pro praxi. Olomouc:2012. ročník 9, č.2. ISSN 1214-8687
- [17] Repko, M., Krbec, M. a kolektiv. *Zobrazovací metody při vyšetření skoliotických deformit páteře*. Česká radiologie, 2007. ročník 61. č.1. ISSN 1210-7883
- [18] Rychlíková, Eva. *Funkční rentgenová analýza páteře s klinickou aplikací*. Příručka pro praxi. Praha: Triton, 2012. ISBN 978-80-7387-532-9
- [19] Seidl, Z., Burgetová, A., Hoffmannová, E., Mašek, M., Vaněčková, M., Viták, T. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2012. ISBN 978-80-247-4108-6
- [20] Singer, Jan; Heřmanská Jindřiška. *Principy radiační ochrany*. ČB: ZSF JU, 2004. ISBN 80-7040-708-5
- [21] Směšný, M., Chmelová, J. *Skiagrafické postupy u traumatických změn skeletu v dětském věku z hlediska radiační zátěže*. Profese on-line 3,1:1-13. ISSN 1803-4330
- [22] Ullmann, Vojtěch. *Jaderná a radiační fyzika*. Ostrava: FZS OU, 2009
- [23] Vomáčka, J., Nekula, J., Kozák, J. *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2012. ISBN 978-80-244-3126-0

8 PŘÍLOHA

Obrázek páteře

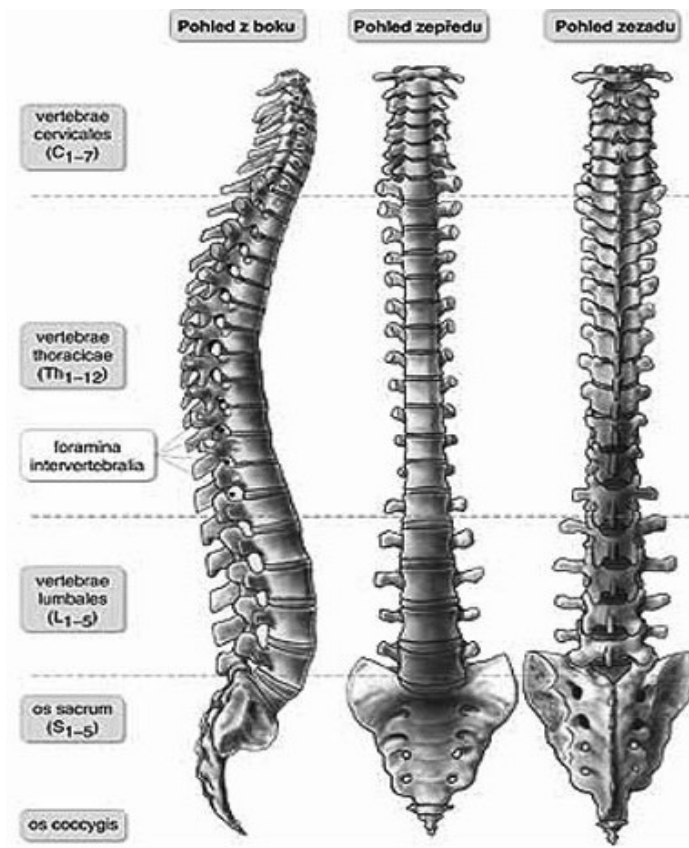
Obrázek vznik stochastických a deterministických účinků

Foto pomůcek pro vykrytí gonád pro chlapce a dívky

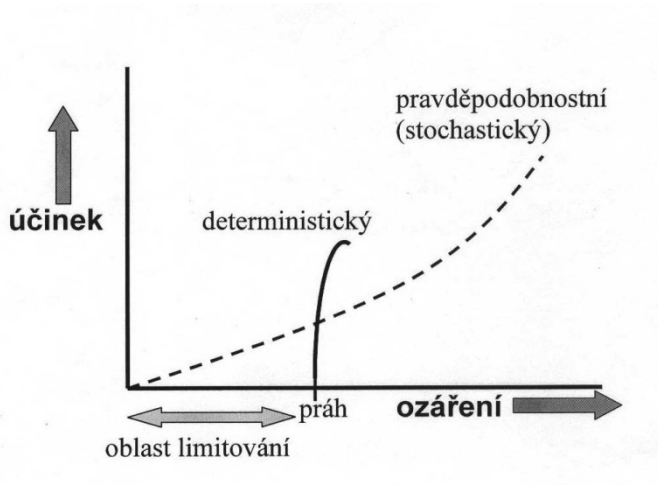
Fota předozadní a bočné projekce dětské páteře

Fota skoliotické páteře v AP projekci před a po operaci

Obrázek měření Cobbova úhlu na AP snímku



Obr. 1 Páteř člověka



Obr. 2 Vznik stochastických a deterministických účinků



Foto 1 Pomůcky pro vykrytí gonád pro chlapce a dívky

Vyšetření dětské skoliotické páteře ve stoje v AP a bočné projekci.



Foto 2 - AP projekce



Foto 3 - bočná projekce

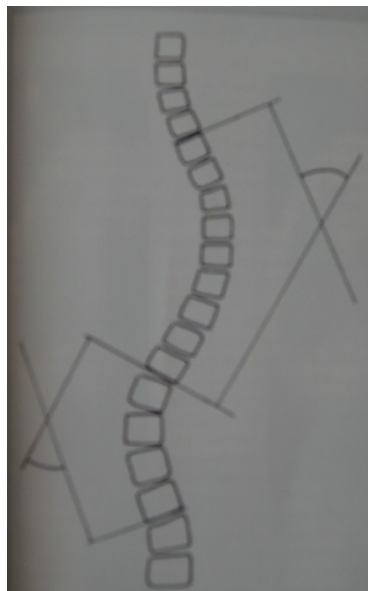
Rtg AP snímky skoliotické páteře.



Foto 4 Páteř před operací [16]



Foto 5 Páteř po operaci [16]



Obr. 3 Měření Cobbova úhlu na AP snímku [17]