

původní práce

Cínová filtrace – jak ovlivní radiační zátěž nízkodávkové výpočetní tomografie sakroiliakálních kloubů?

Tin filtration – how it influences the radiation exposure received by patient in low-dose computed tomography of sacroiliac joints?

Eva Korčáková^{1,2}, Jana Štěpánková³, Jan Pernický¹, Petr Balta^{1,2}, David Suchý⁴, Vlastimil Novotný⁵, Kristýna Bajcurová^{1,2}, Hynek Mírka^{1,2}

¹Klinika zobrazovacích metod, LF UK a FN, Plzeň

²Biomedicínské centrum LF UK, Plzeň

³Oddělení lékařské fyziky FN, Plzeň

⁴Oddělení klinické farmakologie LF UK a FN, Plzeň

⁵Revmatologie Mariánské Lázně s.r.o

Hlavní stanovisko práce

Cílem práce bylo zjistit rozdíl radiační zátěže nízkodávkové výpočetní tomografie (LDCT) sakroiliakálních kloubů (SIK) s použitím cínové filtrace a bez ní. Efektivní dávka při použití cínové filtrace klesá přibližně o 80 % a všechna vyšetření měla dobrou diagnostickou kvalitu k detekci kostních změn na SIK. Lze předpokládat, že LDCT s takto nízkou dávkou získá významnější roli v diagnostickém algoritmu axiální spondyloartritidy, protože CT nebylo doposud z této indikace příliš využíváno právě pro svou vysokou radiační zátěž.

SOUHRN

Korčáková E, Štěpánková J, Pernický J, Balta P, Suchý D, Novotný V, Bajcurová K, Mírka H. Cínová filtrace – jak ovlivní radiační zátěž nízkodávkové výpočetní tomografie sakroiliakálních kloubů?

Cíl: Cílem naší práce bylo zjistit, jak sníží cínová filtrace efektivní dávku záření a zda ovlivní kvalitu zobrazení u nízkodávkové výpočetní tomografie (LDCT) sakroiliakálních kloubů (SIK). Hodnocení bylo provedeno u souboru osob s podezřením na ankylozující spondylitidu. Pro srovnání byla vypočtena i efektivní dávka konvenčního RTG snímku.

Metodika: Pacienty vyšetřené LDCT SIK na našem pracovišti v letech 2019–2020 jsme rozdělili na dvě skupiny. První skupina byla vyšetřena nízkodávkovým protokolem bez použití cínové filtrace a druhá skupina stejným nízkodávkovým protokolem jen s přidáním

Major statement

The objective of our work was to determine the difference in radiation exposure received by patient by low-dose computed tomography (LDCT) on sacroiliac joints (SIJ) with and without tin filtration. The effective dose with tin filtration is reduced by approximately 80% and all examinations had good diagnostic quality to detect bone changes in SIJ. It can be presumed that LDCT with such a low dose will play a more significant role in the diagnostic algorithm of axial spondyloarthritis, because CT has not been used a lot in this indication due its high radiation dose.

SUMMARY

Korčáková E, Štěpánková J, Pernický J, Balta P, Suchý D, Novotný V, Bajcurová K, Mírka H. Tin filtration – how it influences the radiation exposure received by patient in low-dose computed tomography of sacroiliac joints?

Objectives: The objective of our study was to determine whether tin filtration reduces the radiation exposure received by patients and whether it affects the quality of imaging in low-dose computed tomography (LDCT) of sacroiliac joints (SIJ). The evaluation was performed on a group of patients with suspected ankylosing spondylitis. For comparison, the effective dose of a conventional X-ray was calculated.

Method: Patients examined by LDCT SIJ at our workplace in 2019–2020 were divided into two groups. The first group underwent a low-dose protocol without the use of tin

Přijato: 31. 1. 2021

Korespondenční adresa:

MUDr. Eva Korčáková, Ph.D.
Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN
Alej Svobody 80, 306 40 Plzeň
e-mail: korcakovae@fnplzen.cz

Konflikt zájmů: žádný.

cínové filtrace. V případě, že pacient měl v klinickém systému dostupný RTG snímek, byl proveden výpočet jeho efektivní dávky. Výpočet dávek byl proveden radiologickým fyzikem za použití programů ImpactDose 2.3, patient model – real patient data (CT Imaging GmbH, Německo) a PCXMC 2.0 (X-ray, STUK Finsko). Kvalita obrazové dokumentace byla hodnocena nezávisle dvěma radiology.

Výsledky: Medián efektivní dávky byl ve skupině vyšetřené s cínovou filtrací 0,1 mSv (0,05–0,18 mSv), ve skupině bez filtrace 0,5 mSv (0,3–0,9 mSv). Medián efektivní dávky RTG snímků byl v našem souboru 0,25 mSv (0,06–1,16 mSv). V obou skupinách mělo 90 % vyšetření výbornou kvalitu.

Závěr: Výsledky prokázaly, že radiační zátěž nemocného při použití cínové filtrace klesá ve srovnání s nízkodávkovým protokolem o 80 %. Ve srovnání s RTG je v našem souboru dávka při použití LDCT s cínovou filtrací nižší o 50 %. Z toho vyplývá, že LDCT s cínovou filtrací lze využívat v diagnostice ankylozující spondylitidy místo RTG snímku či v případě nejasného nálezu nebo nemožnosti provést MR vyšetření.

Klíčová slova: radiace, dávka, nízkodávková výpočetní tomografie, cínová filtrace, ankylozující spondylitida.

filtration and the second group underwent the same low-dose protocol with tin filtration. When a patient had an X-ray available in the clinical system, its effective dose was calculated. The dose evaluation was performed by a medical physicist using ImpactDose 2.3, patient model – real patient data (CT Imaging GmbH, Germany) and PCXMC 2.0 (X-ray, STUK Finland) programs. The quality of the image documentation was evaluated independently by two radiologists.

Results: In our cohort, the median effective dose for LDCT with tin filtration was 0.1 mSv (0.05–0.18 mSv), for LDCT without tin filtration was 0.5 mSv (0.3–0.9 mSv) and for X-ray was 0.25 mSv (0.06–1.16 mSv). In both LDCT groups 90% of image documentation was of an excellent quality.

Conclusion: Our results showed that the tin filtration decreases the radiation dose in comparison with the low-dose protocol by 80%. Compared to X-rays, the dose in our LDCT group with tin filtration was 50% lower. It follows that LDCT with tin filtration can be used in the diagnosis of ankylosing spondylitis instead of X-rays or in case of unclear findings or inability to perform MRI examination.

Key words: radiation, dose, low-dose computed tomography, tin filtration, ankylosing spondylitis.

ÚVOD

Moderní diagnostika axiálních spondyloartritid (axSpA) činí v běžné klinické praxi stále velké problémy. Je založena na třech pilířích, a to na klinickém vyšetření, laboratorních výsledcích a především zobrazovacích technikách. Zobrazovací metody hrají v diagnostice axiálních spondyloartritid (axSpA) významnou roli. Protože SI skloubení je postiženo u většiny pacientů, je jeho vyšetření základem diagnostiky a součástí klasifikačních kritérií. Na základě používané klasifikace ASAS (Assessment of SpondyloArthritis International Society) je pozitivní nález na zobrazovacích metodách jedním ze dvou hlavních sledovaných kritérií. Druhým je HLA B27 pozitivita (1, 2). Název axiální spondyloartritida zahrnuje dle nálezu na zobrazovacích metodách jak nemocné s již prokazatelnými strukturálními změnami sakroiliakálního skloubení (SIK) či páteře (radiografické stadium AxSpA, označované též ankylozující spondylitida – AS), tak i nemocné bez strukturálního poškození. V případě absence strukturálních změn na skeletu

hovoříme o neradiografické formě axiální spondyloartritidy (nr-axSpA). U části těchto nemocných nemusí v čase dojít k rozvoji strukturálních změn, tedy část pacientů zůstává bez strukturálního poškození (3).

V období nr-axSpA je vhodnou zobrazovací metodou magnetická rezonance (MR). Ta jako jediná dokáže odhalit kostní edém a zánětlivé změny v měkkých tkáních, které jsou známkou aktivity nemoci. Rentgenové metody mají v této fázi nemoci negativní nález. MR je rovněž schopna detekovat kostní změny, ale přesnost jejich hodnocení je v případě drobných kostních změn ve srovnání s výpočetní tomografií (CT) nižší (4). AS se vyvine u části pacientů s nr-axSpA. V období radiografického stadia je v současnosti metodou první volby konvenční rentgenový snímek (RTG) (3). Studie prokázaly, že kostní změny průkazné na RTG se však objevují až s poměrně velkou časovou prodlevou od počátku klinických příznaků nemoci a tím dochází k opoždění diagnózy o několik let (5). CT je schopno detekovat i drobné kostní změny, například drobné eroze a kostní můstky, a má

vyšší senzitivitu i specifitu než RTG i MR (6–8). Tyto drobné kostní změny se objevují v období přechodu nr-axSpA a AS, tedy v době, kdy je ještě možné pomocí účinné léčby ovlivnit progresi kostních změn a tím i potenciální invalidizaci nemocného. CT doposud nebylo v diagnostice AS běžně používáno pro velkou radiační zátěž. K jeho častějšímu zařazování do diagnostického algoritmu axSpA dochází až v poslední době na základě rozvoje nízkodávkových skenovacích technik (7, 9).

Existuje řada možností jak snížit dávku záření potřebnou na zhotovení kvalitního CT vyšetření. Snížení napětí a proudu na rentgence snižuje radiační dávku, avšak může dojít ke zvýšení obrazového šumu. Pro optimalizaci dávky a zároveň zachování kvality obrazové dokumentace jsou používány systémy automatické modulace dávky, které na základě nastavených parametrů modulují proud na rentgence v závislosti na objemu a absorpci vyšetřované oblasti a tím dokážou účinně redukovat dávku (10, 11). Iterativní rekonstrukce pomáhají redukovat šum v obraze, čímž se zlepšuje jeho kvalita, a tím nepřímo umožňují redukovat dávku.

Poměrně novou metodou je tvarování energetického spektra záření pomocí filtrů. V naší studii jsme použili cínový filtr, který se přidává ke standardnímu hliníkovému bow tie (motýlkovitému) filtru mezi rentgenku a tělo pacienta. Po průchodu rentgenového paprsku cínovým filtrem dojde k filtraci nízkooenergetických fotonů a modulaci vysílaného spektra záření (12, 13).

Tab. 1. Charakteristika souboru

Table 1. Cohort characteristics

	LD CT s cínem	LDCT bez cínu
věk (let)	44,1 (19–72)	48,5 (38–68)
BMI (kg/m ²)	27,4 (20,9–44,3)	29,9 (19,1–43,4)
hmotnost (kg)	79 (57–120)	88 (54–135)
výška (cm)	168 (153–197)	172 (153–190)
HLA B27 pozitivita	18 (46 %)	10 (50 %)
pozitivní reakce na NSA	17 (43 %)	13 (65 %)
zvýšení CRP (> 5 mg/L)	19 (49 %)	10 (50 %)
nález svědčí pro AS	15 (38 %)	8 (40 %)

BMI – index tělesné hmotnosti, HLA B27 – lidský leukocytový antigen s vysokou incidencí u pacientů s revmatickými onemocněními, CRP – C-reaktivní protein, NSA – nesteroidní antirevmatika

Uveden median hodnot.
BMI – body mass index, HLA B27 – human leukocyte antigen with high incidence in patients with rheumatic diseases, CRP – C-reactive protein, NSA – nonsteroid anti-rheumatic drugs
The median value is given.

Nízkoenergetické fotony nemají výrazný vliv na tvorbu obrazu a jsou zdrojem sekundárního záření (14, 15). Zvyšují také radiační zátěž z vyšetření. Změna charakteru energetického spektra záření tedy zvyšuje kvalitu zobrazení tím, že snižuje šum a kontrast, a současně snižuje radiační zátěž pacienta. Použití cínové filtrace je vhodné pro vyšetření struktur s vysokým kontrastem bez aplikace jodové kontrastní látky, například kostí, plic, k detekci močových kamenů, vyšetření paranazálních dutin (15–17). Cínová filtrace se používá samostatně, nebo v kombinaci s filtrací zlatem k separaci spekter u vyšetření s duální energií (18) (graf 1).

V literatuře existují práce, které popisují použití nízkodávkového CT (low-dose CT – LDCT) u osob trpících axSpA (19). Využití LDCT s modifikací spektra záření cínovou filtrací zatím není časté a nedohledali jsme publikaci z žádného

jiného pracoviště, které by se touto technikou zabývalo u revmatologických pacientů.

METODIKA

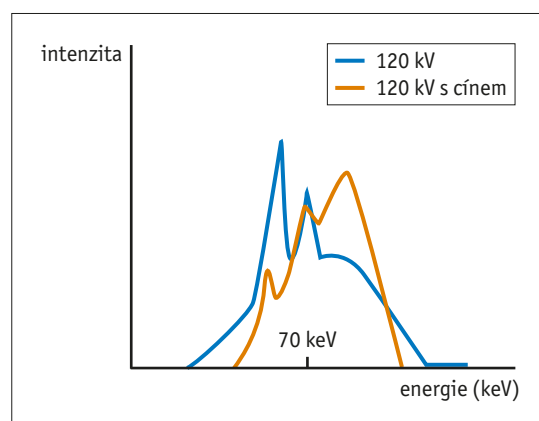
Soubor

Do naší retrospektivní studie jsme zařadili 60 pacientů vyšetřených v roce 2020 na našem pracovišti z indikace revmatologa s podezřením na postižení SIK při AS. Všichni byli vyšetřeni v rozsahu SIK nízkodávkovým protokolem. První skupina 20 osob byla vyšetřena bez použití cínové filtrace, druhá skupina 40 osob byla vyšetřena s použitím cínové filtrace. Charakteristiku obou skupin přináší tabulka 1. Pro potřebu srovnání jsme vyhodnotili i efektivní dávky RTG vyšetření SIK 22 pacientů, jejichž snímek SIK byl dostupný v nemocničním informačním systému.

Všichni pacienti byli seznámeni s rizikem radiační zátěže a svůj souhlas s vyšetřením vyjádřili podpisem informovaného souhlasu s CT. Studie byla schválena etickou komisí naší nemocnice.

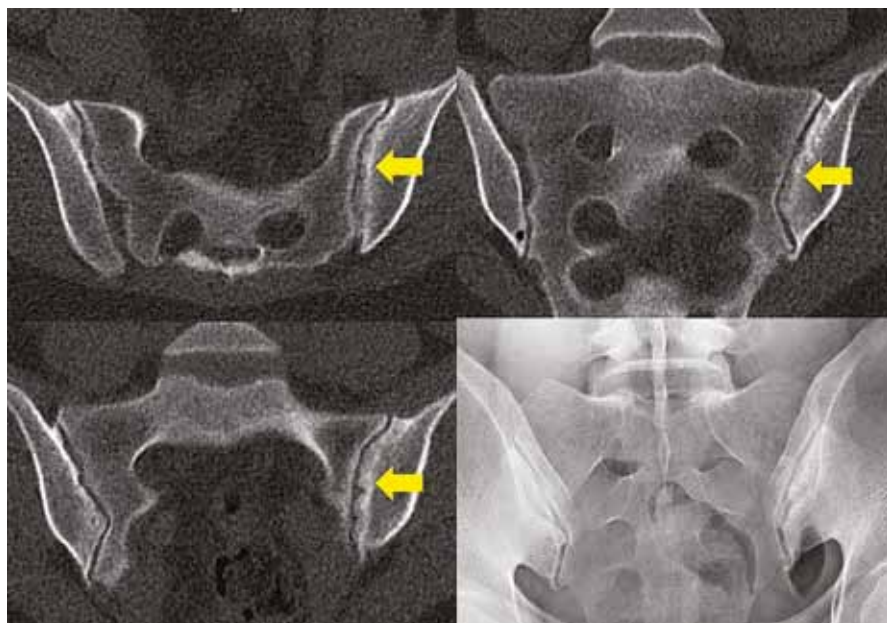
Vyšetření

Všechna vyšetření byla provedena na dvouzdrojovém výpočetním tomografu Somatom Definition Drive (Siemens, Erlangen, Německo) nízkodávkovým protokolem s využitím automatické modulace dávky Care Dose4D (Siemens, Erlangen, Německo). Základní nastavení bylo shodné pro obě skupiny: napětí na rentgence 100 kV, referenční hodnota proudu 95 mAs, šíře řezu



Graf 1. Graf znázorňuje změnu tvaru spektrální křivky při použití cínové filtrace. Je vidět, že cínová filtrace filtruje nízkooenergetické fotony a zvyšuje podíl fotonů vyšších energií (modifikováno dle https://www.siemens-healthineers.com/en-us/computed-tomography/technologies-and-innovations/tin-filter)

Graph 1. The graph shows how usage of tin filtration changes the shape of spectral curve. It can be seen that tin filtration filters low-energy photons and increases the proportion of higher-energy photons (modified by: https://www.siemens-healthineers.com/en-us/computed-tomography/technologies-and-innovations/tin-filter)



- 1 LDCT s cínovou filtrací.** Žena, 39 let, BMI 23,5, efektivní dávka LDCT 0,09 mSv, efektivní dávka RTG 0,43 mSv. Pacientka splňuje kritéria klinické větve ASAS klasifikace. CRP lehce zvýšené, zánětlivá bolest zad, dobrá reakce na nesteroidní antirevmatika, HLA B27 pozitivita. Rodinná anamnéza je pozitivní. Změny jsou patrné především na levém SI kloubu. Šipky označují oblast plošné eroze, kloubní štěrbina je nepravidelná, lokálně rozšířená. Je patrná tvorba nitrokloubního kostního můstku. Na RTG snímku nejsou uvedené změny patrné.

LDCT with tin filtration. Woman, 39 years old, BMI 23.5, effective dose from LDCT 0.09 mSv, effective dose from X-ray 0.43 mSv. Patient met the criteria for clinical branch of ASAS classification. CRP was slightly increased. Inflammatory back pain, the response to the nonsteroid antirheumatic drugs (NSAIDs), and HLA B27 positivity was present. The changes are seen especially on the left SI joint. Arrows indicate the area of surface erosion, the articular space is irregular, locally widespread. The formation of an intra-articular bone bridge is evident. These changes are not visible on the X-ray.



- 2 LDCT bez cínové filtrace.** Muž, 38 let, BMI 21,4, efektivní dávka 0,36 mSv, efektivní dávka RTG 0,25 mSv. Zánětlivá bolest zad, CRP nízké, dobrá reakce na nesteroidní antirevmatika, HLA B27 negativní. Rodinná anamnéza je negativní. Pozitivní nález vlevo. Lokální rozšíření přední části kloubní štěrbiny vlevo. Eroze s porušením kontury kortikalis a s lehkou sklerózou v okolí a v přední části levého SI kloubu (označeno šipkou). Na RTG snímku změny nejsou patrné.

LDCT without tin filtration. Man, 38 years old, BMI 21.4, effective dose 0.36 mSv, effective dose from X-ray 0.25 mSv. CRP was low. Inflammatory back pain, the response to NSAIDs and HLA B27 negativity was present. Positive finding on the left side. Local enlargement in the ventral part of joint space. Erosions with cortical contour disruption and mild sclerosis around (marked with an arrow). These changes are not visible on the X-ray.

0,6 mm, pitch 1,2. U jedné skupiny byl použit cínový filtr, u druhé bylo vyšetření provedeno bez něj. Rekonstruované obrazy byly zhotoveny v kernelu Br59 (obr. 1, 2).

RTG vyšetření byla provedena dle zvyklostí provádějícího pracoviště, ve většině případů bylo RTG vyšetření provedeno mimo naše zdravotnické zařízení. Jednalo se v sedmi případech o jeden snímek pánve a v 15 případech o dvě šikmé projekce cílené na SI klouby.

HODNOCENÍ

Výpočet dávky

Radiologická fyzika stanovila odhady efektivní dávky pro CT vyšetření pomocí výpočetního softwaru ImpactDose 2.3, patient model – real patient data (CT Imaging GmbH, Německo) a pro skiaografické výkony pomocí softwaru PCXMC 2.0 (X-ray, STUK Finsko). Odhad byl stanoven pro každý skiografický snímek pomocí parametrů: BMI pacienta (výška, hmotnost), typ projekce, velikost radiačního pole ($\text{cm} \times \text{cm}$), aplikované napětí (kV), použitá filtrace a přístrojem identifikovaná plošná kerma (Dose-Area Product) ($\text{mGy} \cdot \text{cm}^2$). V případě odhadu efektivní dávky z CT vyšetření byly k výpočtu zadány parametry: kV, skenovací mód, ref. mAs, čas rotace, pitch faktor, tloušťka řezu, skenerem pro každého pacienta indikované CTDI_{vol} (32 cm) a DLP ($\text{mGy} \cdot \text{cm}$). Z indikovaného CTDI_{vol} a DLP byla vypočtena délka skenu. Pro každého pacienta byly zadány originální hodnoty LAT a AP rozměrů (cm) odečtené z příčného řezu vyšetřované oblasti pacienta. Byla tedy vypočtena efektivní dávka (mSv) pro CT i RTG vyšetření, což umožňuje korelaci těchto metod a zároveň srovnání s dalšími radiačními riziky, jako je například riziko z dávky z kosmického záření či radiace z přírodního pozadí. Efektivní dávka udává uniformní celotělovou dávku. Pro porovnání CT vyšetření navzájem (LDCT bez a s cínovým filtrem) jsme zaznamenali parametry, které charakterizují radiační dávku CT vyšetření. Byly to: dávkový index (CTDI_{vol} 32), který udává radiační dávkový výstup měřený na fantomu o průměru 32 cm (mGy) (20), související DLP, který přepočítává CTDI_{vol} na délku skenu a odhad velikosti specifické dávky (SSDE), který přepočítává CTDI_{vol} na efektivní

Tab. 2. Hodnocení obrazové dokumentace

Table 2. Rules for evaluation of images

Kvalita		Ostrost		Artefakty
dobrá	1	kosti jsou ostře ohraničené	1	nejdou
dostatečná	2	kosti jsou dobře patrné, neostré	2	malé
nedostatečná	3	okraje kosti jsou neostré	3	velké, omezující

celkové hodnocení = součet dvou hodnotitelů

Počet bodů	Hodnocení
6–7	výborná kvalita obrazové dokumentace
8–9	dobrá kvalita obrazové dokumentace
10–11	uspokojivá kvalita, lze hodnotit
12–18	špatná kvalita, nelze použít

průměr těla pacienta a lépe charakterizuje dávku pro konkrétního pacienta (11, 21).

Hodnocení kvality zobrazení

Dva radiologové (s více než pětiletou praxí v CT diagnostice) provedli hodnocení obrazové dokumentace se zaměřením na její kvalitu, ostrost kontur kostí a přítomnost artefaktů. K hodnocení byla použita třístupňová škála, kterou jsme převzali z publikace amerických autorů a modifikovali jsme ji pro potřebu naší studie (16). Bodové ohodnocení obou uživatelů bylo sečteno (tab. 2). Nezávisle byl proveden popis nálezu, který byl zhotoven s přihlédnutím ke klinickým informacím.

VÝSLEDKY

Dávka

Medián efektivní dávky byl ve skupině vyšetřené s cínovou filtrací 0,1 mSv (0,05–0,18 mSv), ve skupině bez filtrace 0,5 mSv (0,3–0,9 mSv). Medián

CTDI_{vol32} byl ve skupině s filtrací 0,6 mGy (0,3–1,7 mGy), bez filtrace 3,5 mGy (1,3–7,7 mGy). Délka vyšetřované oblasti byla v obou skupinách shodná, medián 10,6 cm. Ostatní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3. Medián efektivní dávky RTG snímků byl v našem souboru 0,25 mSv (0,06–1,16 mSv).

Kvalita dokumentace

Ve skupině vyšetřené bez filtru byla v jednom případě hodnocena obrazová dokumentace jako uspokojivá, jednou jako dobré kvality, ostatní výborné kvality. Ve skupině vyšetřené s cínovou filtrací byla obrazová dokumentace jednoho pacienta hodnocena jako uspokojivá, tři jako dobré kvality, zbytek vyšetření měl výbornou kvalitu obrazové dokumentace.

V obou skupinách byla dosažena výborná kvalita obrazové dokumentace v 90 % případů.

DISKUSE

Studie v souladu s výsledky dříve publikovaných studií prokazuje efekt

použití cínové filtrace na redukci dávky. Dávky potřebné na vyšetření SI kloubů byly v našem souboru s použitím cínové filtrace nižší o 80 % než dávky nízkodávkového vyšetření bez filtrace. Ve srovnání s RTG vyšetřením byla dávka nižší o polovinu, což mohlo být částečně ovlivněno tím, že ve většině případů měli pacienti provedeny dvě projekce cílené na SIK.

V souboru lze pozorovat závislost dávky na tělesné konstituci, tedy na BMI a také na výšce, soubor však není dostatečně velký, aby bylo možné provést přesnější statistický rozbor. Tato závislost se zdá být nápadnější v souboru vyšetřené bez filtrace. To lze vysvětlit větším pohlcováním nízkenergetických spekter záření v objemnějším těle u vyšetření bez filtrace, zatímco s cínovým filtrem jsou tato nízkenergetická spektra odstraněna před vstupem do těla vyšetřovaného a procházejí jen spektra s vyšší energií, která se podílejí na tvorbě obrazu. V obou skupinách vyšetřovaných s filtrací i bez ní byla v 90 % případů výborná kvalita vyšetření.

Ve světové literatuře je zatím publikováno minimum prací zabývajících se využitím LDCT s cínovou filtrací k hodnocení skeletu. Němečtí autoři publikovali v roce 2018 práci využívající spektrální tvarování energetického spektra pomocí cínového filtru u celotělového LDCT skeletu u pacientů s myelomem. Tato práce, která byla provedena na podobném výpočetním tomografu a s podobným nastavením protokolu, jako užíváme v naší práci, prokázala redukci radiační dávky s použitím cínové filtrace o 74 %. Studie se zabývala i hodnocením kvality zobrazení a prokázala, že použití cínové filtrace zvyšuje ostrost zobrazení kostí a tím i schopnost jejich hodnocení (13). Při studiu odborné literatury jsme nenašli práci z žádného jiného pracoviště, která by se věnovala redukci radiační zátěže s použitím cínové filtrace u vyšetření SIK osob trpících axSpA (22).

LDCT je metodou, která je zatím málo využívána v diagnostice AS, přestože lze vyjádření profesora Lamberta, jednoho z expertů na diagnostiku revmatických onemocnění z univerzity v Atlantě, předneseného na schůzi SPARTAN 2019 je LDCT nedostatečně využívanou technikou, která může být vynikající metodou k řešení nejednoznačných nálezů na RTG či MR (23). Toto tvrzení podporuje i práce čínských autorů, která srovnávala senzitivitu a specifitu

Tab. 3. Výsledky obou skupin

Table 3. Results from both groups

	LDCT s cínem	LDCT bez cínu
efektivní dávka (mSv)	0,1 (0,05–0,18)	0,5 (0,3–0,9)
CTDI _{vol32} (mGy)	0,6 (0,3–1,7)	3,5 (1,3–7,7)
DLP (mGy*cm)	9,4 (4,6–35,3)	48,58 (20,1–122,9)
SSDE (mGy)	0,76 (0,53–1,62)	4,14 (2,18–7,49)
efektivní průměr těla (cm)	28,9 (24,4–37,9)	31,2 (21,8–40,8)
délka skenu (cm)	10,6 (7,4–16,5)	10,6 (6,8–13,9)

CTDI_{vol32} – CT dávkový index, DLP – dávka-délka produkt, SSDE – odhad velikosti specifické dávky
Uveden medián hodnot.

CTDI_{vol32} – CT dose index, DLP – dose-length product, SSDE – size-specific dose estimates
The median value is given.

LDCT, MR a RTG u různých skupin pacientů a prokázala přínos LDCT v diagnostice kostních změn u axSpA. Autoři prokázali, že LDCT má vyšší senzitivitu k detekci kostních změn než RTG a obě metody mají stejně vysokou specifitu. MR má vyšší senzitivitu k detekci nr-axSpA než LDCT vzhledem ke schopnosti zobrazit edém kostní dřevě. Avšak má poměrně nízkou specifitu. U AS má LDCT vyšší senzitivitu i specifitu než MR. CT vyšetření v této práci byla prováděna na stroji jiného výrobce bez použití cínové filtrace, dávku potřebnou pro vyšetření SI kloubů uvádějí autoři 1,2 mSv, což je 10krát vyšší dávka než v našem souboru s použitím cínového filtru (7). Práce z kanadského pracoviště zjišťovala dávku potřebnou na vyšetření SI kloubů LDCT výpočtem z nativního LDCT břicha. Vyšetření byla prováděna bez cínové filtrace s jiným nastavením expozičních parametrů. Medián radiační dávky v této studii byl 0,42 mSv (0,14–0,83 mSv) (24). Dávky LDCT SIK byly publikovány i ve studii německých autorů, která LDCT využívala jako referenční hodnotu pro posouzení přesnosti hodnocení

kostních změn pomocí MR a RTG. V této práci byl použit podobný CT přístroj i vyšetřovací protokol jako v naší práci, jen bez cínové filtrace. Průměrná radiační expozice byla 0,51 mSv pro LDCT je srovnatelná s našimi výsledky ve skupině bez použití cínového filtru. Dávku pro RTG uvádějí 0,52 mSv, což je 2krát vyšší než v našem souboru. Zároveň tato práce prokázala, že na RTG nebyly zobrazeny drobné kostní změny v 50 % případů a na 2/3 kloubů. V případě MR byly výsledky podobné LDCT (8).

V posledních letech se objevují práce zabývající se hodnocením kostních změn na páteři u pacientů s axSpA s použitím LDCT. Dánští autoři využívají LDCT k hodnocení progresu změn na páteři v rámci studie SIAS, vytvořili skórovací systém CTSS (CT syndesmophyte score). V další práci v rámci této studie srovnávali schopnost LDCT a RTG prokázat progresi kostních změn na páteři a detekovat vznik nových syndesmofytů. LDCT detekovalo lépe progresi onemocnění než RTG. Kromě lepšího zobrazení drobných kostních změn to je podle autorů ovlivněno i tím, že kostní změny

u AS se vyvíjejí především v hrudní páteři, která není na RTG snímku dobře přehledná z důvodu sumace se strukturami hrudníku. Autoři udávají efektivní dávku na vyšetření celé páteře kolem 4 mSv, využíván byl nízkodávkový protokol bez cínové filtrace (19, 25, 26).

V současné době je zatím jen omezený počet CT přístrojů vybaven cínovou filtrací, což se zdá být aktuálně limitací plošného rozšíření tohoto vyšetření. Limitací naší studie je relativně malý počet provedených vyšetření, který neumožňuje hlubší statistický rozbor souboru.

ZÁVĚR

LDCT s cínovou filtrací má velmi nízkou radiační zátěž, která je srovnatelná s dávkou jednoho RTG snímku. Tato metoda přináší výrazně přesnější a detailnější informaci o kostních změnách typických pro postižení při AS než RTG snímek. Jedná se o slibnou diagnostickou metodou pro hodnocení počátečních stadií ankylozující spondylitidy. ●

LITERATURA

- Lambert RG, Bakker PA, van der Heijde D, Weber U, Rudwaleit M, Hermann KGA, Sieper J, Baraliakos X, Bennett A, Braun J, Burgos-Vargas R, Dougados M, Pedersen SJ, Jurik AG, Maksymowych WP, Marzo-Ortega H, Ostergaard M, Poddubnyy D, Reijnders M, van den Bosch F, van der Horst-Bruinsma I, Landewé R. Defining active sacroiliitis on MRI for classification of axial spondyloarthritis: update by the ASAS MRI working group. *Ann Rheum Dis* 2016; 0: 1–6.
- Slobodin G, Hussein H, Rosner I, Eshed I. Sacroiliitis – early diagnosis is key. *Journal of inflammation research* 2018; 11: 339–344.
- Bubová K. Zobrazovací metody při diagnostice a hodnocení progresu axiálních spondyloartritid. *Farmakoter Revue* 2019; 4(3): 317–321.
- Geijer M, Gotthlin GG, Gotthlin JH. The clinical utility of computed tomography compared to conventional radiography in diagnosing sacroiliitis. A retrospective study on 910 patients and literature review. *J Rheumatol* 2007; 34: 1561–1565.
- Pavelka K. Early diagnosis of ankylosing spondylitis. *Vnitř. Lék.* 2006; 52(7–8): 726–729.
- Devauchelle-Pensec V, D'Agostino MA, Marion J, Lapier M, Jousse-Joulin S, Colin D, Chary-Vackenaere I, Loeuille ChM, Aegerter P, Guis S, Gaudin P, Breban M, Saraux A. Computed tomography scanning facilitates the diagnosis of sacroiliitis in patients with suspected spondylarthritis. *Arthritis & rheumatism* 2012; 64: 1412–1427.
- Ye L, Liu Y, Xiao Q, Dong L, Wen C, Zhang Z, Jin M, Brown MA, Chen D. MRI compared with low-dose CT scanning in the diagnosis of axial spondyloarthritis. *Clin Rheumat* 2020; 39: 1295–1303.
- Diekhoff T, Hermann KG, Greese J, Schwenke C, Poddubnyy D, Hamm B, Sieper J. Comparison of MRI with radiography for detecting structural lesions of the sacroiliac joint using CT as standard of reference: results from the SIMACT study. *Ann Rheum Dis* 2017; 76: 1502–1508.
- Weber U, Baraliakos X. Imaging in axial spondyloarthritis: Changing concepts and thresholds. *Best Practice & research clinical rheumatology* 2018; 32: 342–356.
- <https://www.mayo.edu/research/documents/care-dose-4d-ct-automatic-exposure-control-system/DOC-20086815>
- Mayo-Smith WW, Hara AK, Mahesh M, Sahani DV, Pavlicek W. How I do it: Managing radiation dose in CT. *Radiology* 2014; 273: 657–672.
- <https://www.siemens-healthineers.com/en-us/computed-tomography/technologies-and-innovations/tin-filter>
- Suntharalingam S, Mikat Ch, Wetter A, Guberina N, Salem A, Heil P, Forsting M, Nassenstein K. Whole-body ultra-low dose CT using spectral shaping for detection of osteolytic lesion in multiple myeloma. *Eur Radiol* 2018; 28: 2273–2280.
- Ferda J, Baxa J, Mírka H, Vendiš T. Poznámky k současným cestám vývoje zobrazovacích technik ve výpočetní tomografii. *Ces Radiol* 2018; 72(4): 219–227.
- Haubenreisser H, Meyer M, Sudarski S, Allmendinger T, Schoenberg SO, Henzler T. Unenhanced third-generation dual-source chest CT using a tin filter for spectral shaping at 100 kVp. *European journal of radiology* 2015; 84: 1608–1613.
- Mozaffary A, Trabzonlu TA, Kim D, Yaghmai V. Comparison of tin filter-based spectral shaping CT and low-dose protocol for detection of urinary calculi. *AJR* 2019; 212: 808–814 (studie podobná naší).

17. **Greffier J, Pereira F, Hamard A, Addala T, Beregi JP, Frandon J.** Effect of tin filter-based spectral shaping CT on image quality and radiation dose for routine use on ultralow-dose CT protocols: A phantom study. *Diagnostic and interventional imaging* 2020; 101: 373–381.
18. **Primak AN, Giraldo JCR, Eusemann CHD, Schmidt B, Kantor B, Fletcher JG, McCollough CH.** Dual-source Dual-energy CT with additional tin filtration: Dose and image quality evaluation in phantoms and in vivo. *AJR* 2010; 195: 1164–1174.
19. **de Bruin F, de Koning A, van den Berg R, Baraliakos X, Braun J, Ramiro S, van Gaalen F, Riejenierse M, van der Heijde D.** Development of the CT syndesmophyte Score (CTSS) in patients with ankylosing spondylitis: data from the SIAS cohort. *Ann Rheum Dis* 218; 77: 371–377.
20. **Súkupová L.** Co představuje parametr CTDIvol uváděný CT skenery a je tento parametr skutečně vhodný pro stanovení dávek pacientům? *Ces Radiol* 2015; 69: 194–200.
21. **Brink JA, Morin RL.** Size-specific dose estimation for CT: How should it be used and what does it mean? *Radiology* 2012; 265: 666–668.
22. **Korcakova E, Stepankova J, Suchy D, Hosek P, Bajcurova K, Pernicky J, Mirka H.** Is ultra low-dose CT with tin filtration useful for examination of SI joints? Can it replace X-ray in diagnostics of sacroiliitis? *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Republic* 2021; 165 (Ahead of print). Dostupné na: <https://biomed.papers.upol.cz/corproof.php?tartkey=bio-000000-2614>
23. <https://www.mdedge.com/rheumatology/article/201532/ankylosing-spondylitis/low-dose-ct-has-place-spondyloarthritis-imaging?sso=true&print=1>
24. **Chahal BS, Kwan AL, Dillon SS, Olubaniyi BO, Jhiandri GS, Neilson MM, Lambert RG.** Radiation exposure to the sacroiliac joint from low-dose CT compared with radiography. *AJR* 2018; 211: 1–5.
25. **de Koning A, de Bruin F, van den Berg R, et al.** Low-dose CT detects more progression of bone formation in comparison to conventional radiography in patients with ankylosing spondylitis: results from the SIAS cohort. *Annals of the Rheumatic Diseases* 2018; 77: 293–299.
26. **Maksymowych W, Lambert R.** Low-dose CT for spondyloarthritis – a brilliant new chapter? *Nat Rev Rheumatol* 2018; 14: 130–131. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2018.4>