



SÚJB STÁTNÍ ÚŘAD
PRO JADERNOU
BEZPEČNOST

HODNOCENÍ LÉKAŘSKÉHO OZÁŘENÍ



PŘEDMLUVA

Publikace „Hodnocení lékařského ozáření“ je určena odborné i laické veřejnosti a klade si za cíl poskytnout ucelený přehled o celkovém rozsahu používání zdrojů ionizujícího záření v medicíně. Radiodiagnostika a radioterapie jsou v podstatě jedinými oblastmi, kdy je člověk vystavován záměrně ionizujícímu záření. Je všeobecně přijímáno, že v současné době je využití zdrojů záření v medicíně nezastupitelné a má zásadní význam pro kvalitní a úspěšnou léčbu. Použití ionizujícího záření pro tyto účely tedy považujeme obecně za zdůvodněné. Zdůvodnění má však v oblasti lékařského ozáření (LO) více rovin – je nutno zdůvodnit jak danou metodu využívající zdroje záření, tak její aplikaci pro konkrétního pacienta. Neméně důležitá je pak při lékařském ozáření optimalizace. Veškeré požadavky na bezpečné používání zdrojů záření při lékařském ozáření jsou uvedeny v příslušné legislativě – ať už v gesci Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) nebo Ministerstva zdravotnictví ČR.

SÚJB věnuje v rámci své kompetence oblasti LO prioritní pozornost a to nejen zajištěním pravidelné kontrolní činnosti, ale taky podporou výzkumných projektů zaměřených na důležité aspekty LO z hlediska radiační ochrany a vydáváním odborných doporučení pro jednotlivé oblasti. Prováděny jsou také analýzy za účelem stanovení priorit a efektivního využití personálních kapacit a finančních zdrojů. Jednou z nich je i tato analýza dat poskytovaných v souladu s atomovým zákonem SÚJB zdravotními pojišťovnami o všech evidovaných výkonech s využitím zdrojů záření. Tato analýza je poprvé provedena v tomto rozsahu a nad souborem všech dat, která má nyní SÚJB od zdravotních pojišťoven k dispozici. Její hodnota spočívá zejména v tom, že pokrývá časový úsek deseti let a lze tak validně hodnotit časové trendy jak pro strukturu prováděných vyšetření, tak pro věkovou distribuci vyšetřovaných osob s rozlišením pohlaví. Zde prezentovaná část hodnocení je detailně zaměřena na oblast radiodiagnostiky, další podrobné analýzy jsou prováděny pro oblast nukleární medicíny a radioterapie. Předpokládáme, že publikování výsledků těchto analýz bude periodické a data budou pravidelně aktualizována. Publikaci lze nalézt v elektronické podobě na www.sujb.cz

Děkuji tímto všem, kteří se na vytvoření publikace podíleli – kolegům z SÚJB i SÚRO, v.v.i., spolupracujícím zástupcům zdravotních pojišťoven a firmě United Design, s.r.o. za statistické zpracování dat a finální grafickou úpravu publikace.

V Praze dne 5. 3. 2021

Ing. Karla **Petrová**
ředitelka sekce radiační ochrany

STÁTNÍ ÚŘAD
PRO JADERNOU
BEZPEČNOST

ÚVOD



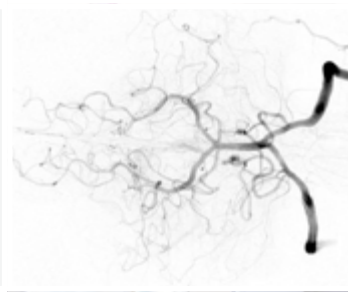

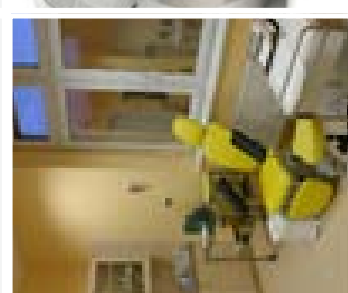
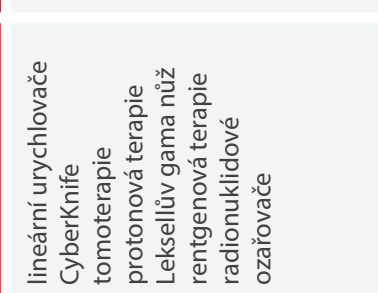
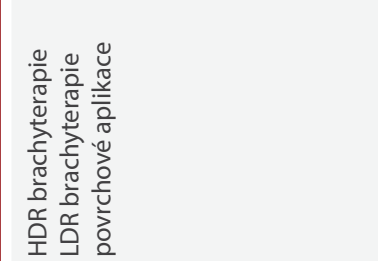
Lékařským ozářením rozumíme vystavení osob ionizujícímu záření v rámci jejich lékařského vyšetření nebo léčby. Současná legislativa (zákon č. 263/2016 Sb., Atomový zákon) zahrnuje do lékařského ozáření také ozáření osob, které poskytují pomoc fyzické osobě podstupující lékařské ozáření, dále ozáření osob, které se dobrovolně účastní lékařského ověřování nezavedené metody spojené s lékařským ozářením a ozáření v rámci pracovnílékařských služeb a preventivní zdravotní péče. Tato zpráva se zabývá pouze vystavením pacientů ozáření v rámci vyšetření nebo léčby.

Lékařské ozáření je nejvýznamnějším zdrojem ozáření obyvatelstva z umělých zdrojů ionizujícího záření. Je jediným případem, kdy je člověk vystaven ionizujícímu záření záměrně a to zdůvodněně za účelem získání diagnostické informace, provedení intervenčního výkonu nebo léčby. Touto problematikou se původně zabýval lékařský obor **radiologie**.

Do oboru radiologie byly postupem doby začleněny i další diagnostické metody, které však nevyužívají ionizujícího záření. Jde např. o sonografii (využití ultrazvuku) nebo magnetickou rezonanci (využití silného elektromagnetického pole).

Zhruba od poloviny minulého století začalo docházet k pozvolnému rozdělování oboru na specializace, a to na radiodiagnostiku (zobrazovací a intervenční metody), využívající rentgenové zobrazení a na radioterapii, resp. radiační onkologii (nádorová, ale i nenádorová léčba) prováděnou pomocí terapeutických rentgenů, urychlovačů částic nebo uzavřených radionuklidových zdrojů. Obor, který využívá otevřené radionuklidové zdroje k určení diagnózy nebo k léčbě, se nazývá nukleární medicína.

ROZDĚLENÍ LÉKAŘSKÝCH VÝKONŮ SOUVISEJÍCÍCH S LÉKAŘSKÝM OZÁŘENÍM

NEIONIZUJÍCÍ	IONIZUJÍCÍ			
RADIOLOGIE	RADIOTERAPIE			
DIAGNOSTIKA	DIAGNOSTIKA	INTERVENCE	DIAGNOSTIKA	TERAPIE
ultrazvuk (sonografie) magnetická rezonance - MRI	CT vyšetření skiografie skiaskopie zubní radiodiagnostika kostní denzitometrie	angiografie intervenční radiologie intervenční kardiologie	SPECT PET	léčba radiofarmaky např.: ^{89}Sr , ^{153}Sm , ^{90}Y , ^{131}I
				
	DIAGNOSTIKA	TELETERAPIE	BRACHYTERAPIE	
		lineární urychlovače CyberKnife tomoterapie protonová terapie Leksellův gama nůž rentgenová terapie radionuklidové ozařovače	HDR brachyterapie LDR brachyterapie povrchové aplikace	 

VÝVOJ HODNOCENÍ LÉKAŘSKÉHO OZÁŘENÍ

Účinky ionizujícího záření při lékařském ozáření se neodlišují od účinků jiného způsobu ozáření člověka. Vždy jsou závislé na druhu záření, na velikosti dávky a na charakteru orgánů a tkání v ozářené části těla. Jakékoli lékařské ozáření musí být pro pacienta přínosné při zvážení nenulového rizika poškození ozařovaných tkání. Přístup k hodnocení rizika při lékařském ozáření má proto specifický charakter.

V souladu s novými doporučeními v radiační ochraně jsou v mnoha zemích vytvářeny a rozvíjeny nástroje pro ucelené hodnocení lékařských expozičních. Pro účely posouzení lékařského ozáření UNSCEAR (United Nations Scientific Committee, on the Effects of Atomic Radiation pod OSN - Vědecký výbor OSN pro zkoumání účinků ionizujícího záření) celosvětově sumarizuje data o lékařském ozáření a provádí jejich statistické hodnocení.

Začátky hodnocení radiační zátěže populace z lékařského ozáření v tehdejší Československu spadají již do šedesátých let minulého století. Vzhledem k možnostem dané doby byla šetření prováděna jen na vybraných lékařských pracovištích formou přímé spolupráce a dotazníkových akcí. Vyhodnocení dat a jejich interpretace prováděly tehdejší Krajské hygienické stanice, výzkumní pracovníci oddělení nukleární medicíny a pracovníci Centra hygieny záření v rámci Institutu Hygieny a Epidemiologie. Tyto aktivity pak intenzivněji pokračovaly v devadesátých letech minulého století, již rámci v České republice. Na detailnější hodnocení navázala snaha o vytvoření komplexního systému národních záznamů týkajících se počtu provedených vyšetření/výkonů při lékařském ozáření, pohlaví, věku pacientů a aplikovaných dávek.

Dalším milníkem byl rok 1995, kdy Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) zahájil spolupráci se Všeobecnou zdravotní pojišťovnou (VZP pokrývá přibližně 60% pojištěnců). Na základě údajů poskytnutých pojišťovnou byla vytvořena centrální databáze lékařských expozičních (CDLE). Zpracované údaje umožnily stanovit rozdělení vyšetřovaných pacientů podle pohlaví a věku pro jednotlivé typy vyšetření, resp. výkony prováděné v radiodiagnostice, nukleární medicíně a v radiační onkologii.

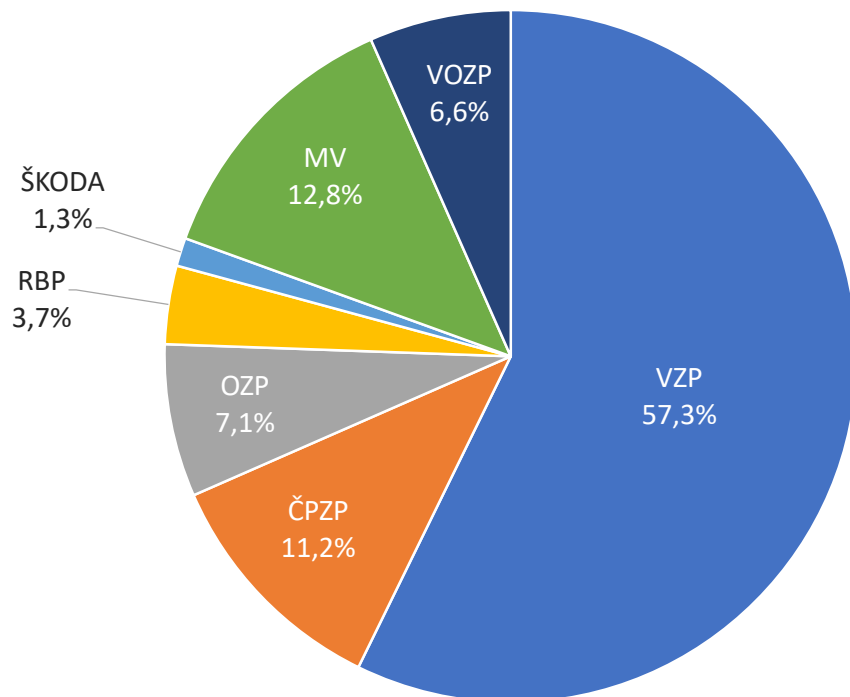
Zátěž pacientů z lékařského ozáření byla v dalším desetiletí rovněž řešena v rámci projektů Technologické agentury České republiky (TAČR) zaměřených na sledování dávek z radiodiagnostiky, intervenční radiologie, intervenční kardiologie, nukleární medicíny a radioterapie a na detailnější zpracování získaných dat. Některá data byla ověřována přímo ve vybraných zdravotnických zařízeních, byla srovnávána též s údaji, které vede Ústav zdravotnických informací a statistiky Ministerstva zdravotnictví (ÚZIS) s cílem získat co nejpřesnější a nejhodnotnější poklady pro odhad zátěže populace z lékařského ozáření.

V současné době se rozšiřuje možnost sběru dat díky novému atomovému zákonu (zákon č. 263/2016 Sb.), kdy sledování dávek z lékařského ozáření je prováděno na základě údajů o zdravotních službách, při nichž bylo použito ionizující záření, a které byly poskytovatelem zdravotní služby vykázány a zdravotní pojišťovnou uhrazeny. Tyto údaje jsou povinny všechny zdravotní pojišťovny na vyžádání poskytovat SÚJB. Jednotný formát, v jakém jsou data zdravotními pojišťovnami předávána SÚJB, je specifikován ve vyhlášce o radiační ochraně (vyhláška č. 422/2016 Sb.).

SÚJB má k dispozici anonymizovaná data o provedeném lékařském ozáření za období 2009–2019, přičemž data od r. 2016 pocházejí již od všech pojišťoven (v letech 2009–2015 byla data extrapolována na procentuální zastoupení pacientů pojištěných u VZP). Získaná data jsou doplněna publikovanými údaji ÚZIS, výstupy dílčího úkolu TAČR (řešitel Státní ústav radiační ochrany, v. v. i. – SÚRO) a informacemi z vlastního šetření SÚJB na pracovištích intervenční kardiologie, intervenční radiologie, nukleární medicíny a radioterapie.

Následující graf informuje o podílu počtu výkonů souvisejících s lékařským ozářením vykazovaných jednotlivými pojišťovnami v r. 2019, přičemž v období 2009–2019 se toto zastoupení statisticky významně nelišilo.

PODÍL POJIŠŤOVEN NA VYŠETŘENÍCH 2019



- VZP Všeobecná zdravotní pojišťovna ČR (111)
- MV Zdravotní pojišťovna ministerstva vnitra ČR (211)
- ČPZP Česká průmyslová zdravotní pojišťovna (205)
- OZP Oborová zdravotní pojišťovna zaměstnanců bank, pojišťoven a stavebnictví (207)
- VoZP Vojenská zdravotní pojišťovna ČR (201)
- RBP Revírní bratrská pokladna (213)
- ŠKODA Zaměstnanecká pojišťovna ŠKODA (209)

CO NÁM SOUČASNÁ DATA O LÉKAŘSKÉM OZÁŘENÍ UMOŽŇUJÍ HODNOTIT?

Zpracovávaná data umožňují stanovení absolutního počtu vyšetření, frekvence výkonů pro jednotlivé věkové kategorie specificky pro obě pohlaví, sledování změn v přístrojovém a personálním vybavení, v typech vyšetření a konečně přiřazení dávky k jednotlivým vyšetřením a stanovení typických aplikovaných dávek při léčbě. Analyzované údaje se v neposlední řadě využívají pro odhad dávky populace z lékařského ozáření a pro její srovnání s jinými typy expozice obyvatelstva (z přírodních a umělých zdrojů ionizujícího záření).

JAK KVANTIFIKOVAT RIZIKO ÚČINKŮ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ?

Pro určení míry rizika účinků tzv. malých dávek ionizujícího záření, které jsou aplikovány při diagnostických a při většině intervenčních výkonů lékařského ozáření (nikoliv při léčebné aplikaci záření v radioterapii a terapeutických výkonech nukleární medicíny) a pro vzájemné porovnání účinků různých způsobů ozáření, využívá radiační ochrana dvě důležité veličiny: ekvivalentní dávku a efektivní dávku s jednotkou sievert (Sv). Jejich definice je založena na absorbované dávce v určité tkáni nebo orgánu v jednotce gray (Gy), násobené radiačními a tkáňovými váhovými faktory, které vyjadřují radiobiologickou účinnost daného druhu záření, resp. relativní radiosenzitivitu ozařované tkáně v lidském těle spojenou se stochastickými účinky. Ty se mohou projevit zvýšenou pravděpodobností indukce rakoviny. Pravděpodobnost tohoto projevu je závislá na míře ozáření daného orgánu a u malých dávek je obecně velmi nízká. Tyto faktory byly stanoveny pomocí radiobiologických a epidemiologických studií. Podrobnější informace jsou např. v bulletinech [RENTGEN 9/2001](#) září 2001 „Riziko, nebo přínos pro pacienta?“, [RENTGEN 9/2009](#): září 2009 „Přínos nadále převažuje“ a [RENTGEN 6/2016](#): červen 2016 „Otázka malých dávek při lékařském ozáření“.

KOLEKTIVNÍ DÁVKA

Veličinu efektivní dávky lze v radiologii použít pro porovnávání míry ozáření z různých diagnostických vyšetření pro referenční pacienty či populace pacientů podobné věkem a stejné pohlavím.

Věková distribuce pacientů se ale významně mění od jednoho typu lékařského výkonu k druhému v závislosti na rozložení věku pacientů vyšetřovaných právě pro dané zdravotní postižení. Z tohoto důvodu se hodnocení radiační zátěže z lékařského ozáření nejlépe provádí přímo, a to tak, že se použijí příslušné hodnoty rizika pro jednotlivé tkáně vystavené expozici a respektuje se distribuce věku a pohlaví pacientů podstupujících lékařský výkon. Stanovení efektivní dávky z lékařského ozáření pacientů a její interpretace jsou problematické, protože v podstatě u všech typů lékařského ozáření obdrží tkáně a orgány jenom částečnou nebo velmi nerovnoměrnou expozici. Rovněž věkové zastoupení vyšetřovaných nebo léčených osob je velmi odlišné od běžné populace.

Proto se v lékařském ozáření nedoporučuje provádět výpočty kolektivních dávek a aplikovat koeficienty rizika za účelem odhadu počtů vzniku rakovin a úmrtí. Koeficienty rizika byly odvozeny z epidemiologických studií, které se zabývaly např. hodnocením radiační zátěže u přeživších jaderných útoků na Japonsko na konci druhé světové války.

Pokud nejsou dostatečně přesně známy koeficienty rizika pro radiační újmu v rozpětí všech dávek, které ke kolektivní dávce přispívají, což je případ dávek z lékařského ozáření, mohou být takto získané hodnoty silně zavádějící. Spolehlivé údaje o zvýšení počtu nádorů ve vyšetřované skupině by poskytla pouze cílená epidemiologická studie. Žádná věrohodná epidemiologická studie tohoto typu však dosud nebyla – pro extrémní náročnost takového úkolu – realizována. Pokud se kolektivní dávka z různých zdrojů ionizujícího záření a aplikací s nimi stanovuje, slouží zejména k porovnání míry ozáření a případnému rozhodování o stanovení priorit a přerozdělování finančních zdrojů ve společnosti.

V radioterapii je na rozdíl od diagnostiky přímo žádoucí aplikovat předepsanou dávku do cílového nádorového objemu. Proto v případě terapeutických dávek nelze individuální ani kolektivní dávky srovnávat s dávkami z jiných zdrojů záření. Dávka na jednotlivce populace je velmi těžko interpretovatelná, neboť se jedná o průměrování velmi vysokých dávek aplikovaných relativně malému počtu lidí z celé populace. V současné době se za smysluplné považuje uvádět pouze počet pacientů a dávku v cílovém orgánu. V případě radioterapie má uvádění efektivní dávky velmi omezený význam. Dříve se spíše hodnotila dávka na pohlavní orgány, nyní se při těchto použitích efektivní dávky v radioterapii hodnotí efektivní dávka ve vztahu ke všem ostatním orgánům vyjma cílového nádorového objemu, kde je žádoucí navodit smrt buněk.

POPULAČNÍ DÁVKA Z LÉKAŘSKÉHO OZÁŘENÍ

Populační dávkou se pro účely hodnocení ozáření populace z lékařského ozáření rozumí celková kolektivní dávka populace v důsledku vyšetření a výkonů provedených v rentgenové diagnostice, intervenční radiologii a v rámci diagnostických výkonů nukleární medicíny. Přitom se nečiní rozdíl mezi dospělou a dětskou populací. Dávka aplikovaná v radioterapii, včetně terapeutického využití nukleární medicíny, se do tohoto odhadu nezahrnuje.

HODNOCENÍ MÍRY OZÁŘENÍ PACIENTA

Pacienty, kteří podstupují radiodiagnostická vyšetření, však obvykle zajímá jejich individuální dávka. Pro odhad rizika a přínosu z diagnostického a intervenčního lékařského ozáření se používá srovnávání konkrétních měřitelných veličin pro danou modalitu s tzv. diagnostickými referenčními úrovněmi se zvážením odlišnosti stavby pacientova těla od referenčního pacienta, pro něž byly diagnostické referenční úrovně stanoveny. Toto porovnání slouží k individuálnímu zhodnocení, zda ozáření daného pacienta bylo standardní. V případě potřeby stanovení míry ozáření plodu u těhotné pacientky radiologický fyzik z konkrétních parametrů provedeného výkonu vypočítá pomocí speciálních programů přímo dávku na plod/dělohu. V případě, že pacient trvá na absolutním zhodnocení rizika, které pro něj z daného vyšetření plyne, lze použít standardní úrovně efektivních dávek pro dané vyšetření a případně následující tabulku.

Hodnocení rizika při ozáření malými dávkami

Velikost efektivní dávky	Riziko
nižší než 0,1 mSv	zanedbatelné
0,1 mSv - 1 mSv	minimální
1 mSv - 10 mSv	velmi nízké
10 mSv - 100 mSv	nízké

Dávky z radiologických vyšetření leží v oblasti tzv. „přijatelného“ rizika, v níž se pohybuje většina lidských činností. Např. CT vyšetření, která patří k rentgenovým vyšetřením s největší dávkou, jsou zařazena do kategorie ozáření s velmi nízkým nebo nízkým rizikem. Více informací je uvedeno v [RENTGEN bulletinu 9/2009 - září 2009](#) v článku „Ionizující záření a míra rizika“.

Problematikou malých dávek se zabývají publikace [UNSCEAR 2010, Summary of low dose radiation effects on health](#) a [USCEAR 2012, ANNEX A Attributing health effects to ionizing radiation exposure and inferring risks](#), populárně pak [RENTGEN bulletin 6/2016 červen 2016 „Otázka malých dávek při lékařském ozáření“](#).

JAK JE REGULOVÁNO LÉKAŘSKÉ OZÁŘENÍ?

Lékařské expozice nepodléhají limitům dávek z ozáření, neboť ty by mohly způsobit omezení lékařské péče. Regulace lékařského ozáření se provádí pomocí dvou základních principů radiační ochrany, a to potřebného zdůvodnění a optimalizace.

ZDŮVODNĚNÍ

Princip zdůvodnění znamená, že vyšetření, resp. léčba ionizujícím zářením musí být správně indikována lékařem, aby přínos z daného vyšetření pro ozařovaného pacienta v podobě diagnostické informace, resp. léčby byl větší než „nízké riziko“ zvýšené pravděpodobnosti indukce rakoviny. Nositelem přínosu i rizika spojeného s ozářením je vždy konkrétní pacient. Pokud je indikace k radiologickému vyšetření nebo léčbě zdůvodněná a dané ozáření je optimalizováno, je přínos tohoto ozáření pro pacienta nezpochybnitelný. Pro posouzení správnosti indikace daného vyšetření mohou lékaři používat indikační kritéria, která by měla popisovat konkrétní zdůvodněná vyšetření při konkrétních symptomech. V ČR je v současnosti k dispozici dokument „Indikační kritéria pro zobrazovací metody“ z roku 2003 vydaný ve věstníku Ministerstva zdravotnictví ČR č. 11/2003. Tento dokument je ovšem zastaralý, protože za posledních 20 let došlo v zobrazovacích metodách v medicíně k velmi dynamickému rozvoji. Dílčí aktualizovaná indikační kritéria pro skiagrafická vyšetření dospělých vytvořená Radiologickou společností nedávno publikovalo Ministerstvo zdravotnictví (MZ) v Národních radiologických standardech pro skiagrafická vyšetření dospělých vydaných ve věstníku MZ ČR č. 3/2019.

I když je velmi obtížné stanovit míru rizika spojeného s dávkami pacientů při radiologických vyšetřeních, je nezbytné mít stále na zřeteli, že ve vztahu k radiobiologickým účinkům se obecně nepovažuje žádná dávka záření za „zcela bezpečnou“ a že riziko od všech dávek, které v průběhu života obdržíme, se v podstatě kumuluje. V případech, kdy se jedná o nezdůvodněnou indikaci k radiodiagnostickým vyšetřením, a to zejména

u dětí a mladých lidí, je jakékoliv zvyšování rizika zbytečné, protože není vyváženo žádným přínosem. Proto je potřeba nezdůvodněná (tj. i nezdůvodněně opakovaná) vyšetření odmítat.

OPTIMALIZACE LÉKAŘSKÉHO OZÁŘENÍ

Při optimalizaci lékařského ozáření musí být v první řadě zajištěny všechny technické a organizační podmínky pro bezpečné používání zdroje ionizujícího záření.

Atomový zákon (zákon č. 263/2016 Sb.) a vyhláška o radiační ochraně (vyhláška č. 422/2016 Sb.) stanovují požadavky na technické parametry přístrojů a vybavení pracoviště pro radiodiagnostiku a radioterapii. Zmíněné požadavky jsou ověřovány při tzv. přejímací zkoušce po instalaci zařízení na pracovišti a dále pravidelně v rámci zkoušek dlouhodobé stability a zkoušek provozní stálosti, které jsou prováděny příslušnými profesionály. SÚJB jako státní dozor vykonává kontrolu provádění těchto zkoušek, sleduje a posuzuje metodickou správnost jejich provádění a dohlíží na přijímání příslušných nápravných opatření v případě neshody či překročení tolerancí.

Pro účely optimalizace lékařského ozáření při zdravotních výkonech v radiodiagnostice a intervenční radiologii a při diagnostických zdravotních výkonech v nukleární medicíně se používají diagnostické referenční úrovně (DRÚ - jsou vodítkem pro posouzení toho, zda v rutinních podmínkách není úroveň patientské dávky z určitého zobrazovacího výkonu nebo aplikované aktivity v nukleární medicíně pro tento výkon nezvykle vysoká nebo nízká). Ve vyhlášce o radiační ochraně (vyhláška č. 422/2016 Sb.) jsou stanoveny národní diagnostické úrovně (NDRÚ) a na každém pracovišti pak musí být stanoveny místní diagnostické referenční úrovně (MDRÚ) pro každý běžně prováděný typ lékařského ozáření v radiodiagnostice, intervenční radiologii a nukleární medicíně. Hodnoty MDRÚ na konkrétním pracovišti odpovídají průměrné dávce spojené s daným výkonem u standardního pacienta. Soustavné odchylování od MDRÚ v běžné klinické praxi musí být prošetřeno, zaznamenáno a ukáže-li šetření, že odchylování není zdůvodněné, musí být neprodleně přijato nápravné opatření k optimalizaci dávek.

V radioterapii a při léčebných aplikacích v nukleární medicíně optimalizace spočívá v plánování ozařování tak, aby byla do cílového objemu doručena potřebná dávka pro destrukci rakovinových buněk a zároveň bylo omezeno ozáření zdravých tkání tak, jak je nejlépe dosažitelné.

Optimalizaci a stanovování a používání diagnostických referenčních úrovní na pracovištích vede klinický radiologický fyzik. Dohled nad respektováním pravidel radiační ochrany na pracovišti zajišťují dohlížející osoby a osoby s přímým dohledem nad radiační ochranou, které složily na SÚJB zkoušku pro tuto činnost. Jsou podřízeni ředitelům nemocnic a odpovídají za bezpečný provoz pracovišť se zdroji ionizujícího záření. Nezávisle na celý proces dohlíží inspektoři SÚJB v rámci své kontrolní činnosti na pracovištích.

INFORMOVANOST PACIENTA

Je důležité, aby byl pacient dostatečně informován o přínosu i rizicích prováděného lékařského ozáření. Klíčovou roli zde hraje indikující lékař, který pacienta na lékařské ozáření odesílá, a aplikující odborník, který lékařské ozáření provádí. V případě výkonů s vyšší dávkou je žádoucí, aby se na zpracování informace pro pacienta podílel celý tým odborníků, který se procesu účastní, tj. indikující lékař, radiologický asistent, radiolog, lékař specialista, radiologický fyzik.

V případě dětského pacienta je nezbytné informovat rodiče. Informována v příslušném rozsahu musí být i osoba, která se dobrovolně účastní lékařského ozáření jako doprovod pacienta, který mu pomáhá.

SÚJB působí na osvětu potenciálních pacientů či rodičů, ale i lékařů prostřednictvím různých medií, která jsou dostupná veřejnosti. Na www.sujb.cz/radiacni-ochrana lze najít témata jako: **Základní informace k zásadám radiační ochrany / Stručný přehled biologických účinků záření, Lékařské ozáření**. Zároveň zde najdete letáky, které SÚJB připravil ve spolupráci se SÚRO a distribuoval do čekáren či vyšetřoven zdravotnických zařízení:

- Informace pro pacienta podstupujícího rentgenové vyšetření
- Informace pro lékaře indikujícího radiologické výkony
- Informační plakát pro lékařské ozáření během těhotenství
- Desatero pro snížení dávek v intervenční kardiologii
- Desatero radiační ochrany pacientů při skiaskopii
- Desatero radiační ochrany personálu při skiaskopii
- Pomáhající osoby při vyšetření v nukleární medicíně
- Pomáhající a přidržující osoby při vyšetření v radiodiagnostice

SÚJB aktivně komunikuje s veřejností prostřednictvím www.sujb.cz/styk-s-verejnosti, kde lze najít záložky „Konference“ a „Často se ptáte“. Prostřednictvím „Konference“ je možno klást otázky na různá témata, vč. lékařského ozáření. Otázky jsou zobrazovány zhruba jedenkrát za týden. Ikona „Často se ptáte“ pak třídí jednotlivé dotazy a odpovědi do témat.

SÚJB se prostřednictvím této komunikace snaží předcházet dezinformacím, které vznikají šířením zkreslených či nedostatečně odborných informací různými médii. Některé souvislosti a důvody, proč a jak jsou postupy radiační ochrany aplikovány, není úplně snadné jednoduše vysvětlit a někdy ve snaze o zjednodušení dochází ke zkreslení až k hrubé dezinformaci, a tím ke zbytečné demonizaci účinků ionizujícího záření.

Dalším zdrojem informací o problematice lékařského ozáření je již zmíněný RENTGEN bulletin, který SÚJB připravuje ve spolupráci se SÚRO a v jehož jednotlivých vydáních lze najít řadu praktických informací právě z oblasti využívání ionizujícího záření v medicíně. RENTGEN bulletiny přinášejí následující témata:

- SÚRO, Rentgen Bulletin září 2001: Riziko, nebo přínos pro pacienta?
- SÚRO, Rentgen Bulletin červen 2002: Od kontroly až po registr
- SÚRO, Rentgen Bulletin červen 2005: Máme evropskou úroveň (mamo screening)
- SÚRO, Rentgen Bulletin srpen 2006: Rizika únosná avšak nezanedbatelná
- SÚRO, Rentgen Bulletin prosinec 2007: Radiační ochrana novorozenců
- SÚRO, Rentgen Bulletin září 2009: Přínos nadále převažuje
- SÚRO, Rentgen Bulletin červen 2012: Profesní ozáření radiačních pracovníků ve zdravotnictví
- SÚRO, Rentgen Bulletin červen 2016: Otázka malých dávek při lékařském ozáření

JAKÉ JSOU KONTROLNÍ SYSTÉMY PRO LÉKAŘSKÉ OZÁŘENÍ?

Významný je požadavek na zpracování standardních postupů pro lékařské ozáření a jejich kontrola klinickým auditem. Každé pracoviště musí mít vypracované místní radiologické standardy (MRS) pro každé vyšetření nebo léčbu a konkrétní přístroj používaný pro lékařské ozáření (zákon č. 373/2011 Sb.). MRS popisuje všechny aspekty daného vyšetření nebo léčby - tj. potvrzení indikace k ozáření, požadavky na personál, na přístrojové vybavení a zobrazovací proces, postup a expoziční parametry lékařského ozáření, vyhodnocení výsledků ozáření; tzn. celý proces od přijetí pacienta k vyšetření po konečnou diagnózu nebo od přijetí k léčbě až do propuštění. Vodítkem pro zpracování MRS jsou národní radiologické standardy, které vydává Ministerstvo zdravotnictví ve svých věstnících a které jsou dostupné na těchto [webových stránkách](#).

Na pracovištích musí být jednou ročně prováděn interní klinický audit, při kterém je sledována primárně shoda MRS s praxí pracoviště. Případné odchylky jsou buď zdůvodňovány, nebo řešeny v rámci nápravných opatření. Jedenkrát za 5 let musí být proveden nezávislý externí klinický audit společností, která má oprávnění MZ. Externí klinický audit se netýká zubní radiodiagnostiky a kostní denzitometrie.

SÚJB v rámci své kontrolní činnosti dozoruje jednotlivá zdravotnická zařízení a průběžně směřuje celý proces lékařského ozáření k optimalizovanému stavu tak, aby dávky na pacienta byly tak nízké, jak je rozumně dosažitelné. SÚJB má kromě požadavků na radiační ochranu plynoucí z atomového zákona (zákon č. 263/2016 Sb.) kompetenci kontrolovat provádění klinických auditů a dodržování ostatních požadavků na lékařské ozáření stanovených v zákoně o specifických zdravotních službách (zákon č. 373/2011 Sb.).

MEZINÁRODNÍ SPOLUPRÁCE

Prostřednictvím on-line platformy odesílá SÚJB vybraná data do UNSCEAR za účelem sumarizace dat poskytnutých jednotlivými zeměmi a posuzování velikosti lékařského ozáření a trendů za určité časové období v mezinárodním měřítku. Data byla rovněž využita k reportování do projektů DOSE DATAMED 1 a 2.

Hlavním cílem globálního průzkumu UNSCEAR je posoudit celosvětovou praxi vyplývající z diagnostického a terapeutického využití ionizujícího záření v medicíně. Cílem je analýza frekvence lékařských radiologických výkonů, velikost ozáření v důsledku lékařské expozice, stanovení časových trendů včetně odhadu globální kolektivní dávky z diagnostických postupů. Taková hodnocení vyžadují informace o frekvenci a dávkách pro všechny hlavní typy lékařských vyšetření/postupů/výkonů z jednotlivých zemí. Získané informace umožňují hodnocení regionálních rozdílů v užívání zdrojů ionizujícího záření v lékařství a porovnání s jinými oblastmi, kde jsou zdroje ionizujícího záření využívány. Na jejich základě lze provádět odhady předpokládané zdravotní újmy z lékařské expozice a srovnat ji s újmou vyplývající pro lidstvo z expozice jiným škodlivým látkám - přírodním i umělým. Výsledky studií jsou využívány i k mapování používané techniky, zjišťování důvodů pro regionální rozdíly ve velikosti ozáření při stejných vyšetřeních, návrhu způsobů snižování velikosti ozáření pacientů a hodnocení jejich efektivity, zkoumání věkové a pohlavní distribuce pacientů při různých typech vyšetření. Výsledky

analýz mohou být také využity vládami a inspekčními orgány v ochraně před zářeními jako kvantitativní vstupy zejména optimalizačních analýz.

Studie jsou prováděny již od konce padesátých let minulého století.

Již v roce 1957 při přípravě UNSCEAR zprávy (Report of the UNSCEAR on the Effects of Atomic Radiation 1958) bylo zdůrazněno, ... „že lékařské ozařování jakékoli formy by mělo být omezeno na ta, která mají vypovídající hodnotu a význam při vyšetřování nebo léčbě a zároveň, aby ozáření populace bylo minimalizováno bez narušení efektivního lékařského využití záření.“ Byla podpořena snaha získávat další informace o lékařských expozicích, protože představují významnou část celkového záření populace.

V UNSCEAR zprávách z let 1972, 1977, 1982, 1988, 1993, 2000, 2008 se data o lékařském ozáření začala systematicky analyzovat. Z počátku byla k dispozici jen dílčí data z několika zemí. Např. v UNSCEAR zprávě z roku 1972 je uvedeno, že v roce 1966 detailní data poskytlo jen 12 zemí, tehdejší Československo bylo jednou z nich. V dalších letech se zapojovalo stále více zemí, a tak bylo možné provádět přesnější odhady týkající se trendů v lékařském ozáření. V sedmdesátých letech minulého století se roční počet diagnostických rentgenových vyšetření v průmyslových zemích pohyboval mezi 300 a 900 vyšetřeními na rok na tisíc obyvatel, v rozvojových zemích to bylo jen kolem 100 až 200. Ještě v roce 1988 bylo k dispozici jen málo informací o lékařském ozáření dvou třetin světové populace, zejména o situaci v rozvojových zemích. Prudký nárůst diagnostických lékařských vyšetření probíhal na přelomu tisíciletí, kdy celkový počet diagnostických rentgenových vyšetření vzrostl z 2,4 miliardy (za období 1991-1996) na 3,6 miliard (za období 1997-2007).

Údaje v UNSCEAR zprávách jsou seskupeny podle úrovně zdravotní péče v dané zemi do 4 skupin (I – IV, I je nejvyšší). V zatím poslední UNSCEAR zprávě z roku 2008 se udává, že rentgenová diagnostická vyšetření byla více než 65krát častější v zemích úrovně I (které tvoří 24 procent světové populace) než v zemích úrovně III a IV (ty dohromady tvoří 27 procent světové populace). Velká nerovnováha v poskytování zdravotní péče se odráží v dostupnosti rentgenových přístrojů a lékařů. Obdobná zjištění byla také v oblasti nukleární medicíny a radioterapie. Roční efektivní dávka na jednoho obyvatele planety z lékařského ozáření v první dekádě dvacátého prvního století byla 0,62 mSv, převážně v důsledku diagnostických rentgenových vyšetření. Příspěvek z diagnostických vyšetření nukleární medicíny byl jen 5%. Radioterapie se do těchto výpočtů nezapočítává.

Projekt financovaný z EU nazvaný DOSE DATAMED 1 (2004-2007) byl zaměřen na vývoj metod pro následné hodnocení dávek pacientů aplikovaných při radiodiagnostických vyšetřeních (rentgenová vyšetření a vyšetření v nukleární medicíně), včetně pokynů k vydávání doporučení pro aplikaci vhodných dávek a pro použití vhodných dozimetrických metod. Práce byla zveřejněna na internetových stránkách Evropské komise v r. 2008 jako Zpráva o radiační ochraně č. 154 (RP 154). Publikace obsahuje výsledky z deseti evropských zemí s národními zkušenostmi při hodnocení distribuce dávek z lékařských radiodiagnostických vyšetření a identifikuje trendy kolektivních dávek v těchto deseti zúčastněných zemích.

Cílem projektu DOSE DATAMED 2 (2011-2013) bylo shromáždit v Evropské unii dostupné údaje o aplikovaných dávkách pacientům při radiodiagnostických vyšetřeních a realizovat implementaci RP 154. Pro dosažení výše uvedeného cíle se projekt zaměřil na poskytování poradenství a shromažďování zpětných vazeb při uplatňování pokynů RP 154, poskytování odhadu dávek pacientů v členských státech EU a dávek pacientů v EU jako celku, vytvoření databáze informací o dávkách, která umožní nepřetržité shromažďování a sledování dávek v evropské populaci. Jako doplňkový cíl byly shromážděny diagnostické referenční úrovně (DRÚ) pro „top 20“ standardních vyšetření v radiodiagnostice a „top 7“ v nukleární medicíně. Evropská komise vydala v r. 2014 publikaci s výsledky tohoto projektu, která je přístupná na internetu jako Zpráva o radiační ochraně č. 180 (RP 180), [část 1](#) a [část 2](#).

NĚKTERÉ ZAJÍMAVÉ ZDROJE INFORMACÍ

Mnoho zajímavých informací o lékařském ozáření a jeho hodnocení je prezentováno na pravidelných konferencích, jako jsou například česko-slovenské Dny radiační ochrany, které se pořádají každoročně od roku 1994, nebo na konferencích Mezinárodní asociace radiační ochrany (IRPA - International Radiation Protection Association). Zajímavými příspěvky byly např.:

Úloha a současné možnosti SÚJB při hodnocení a usměrňování expozice pacientů z lékařského ozáření, XXXII. Dny radiační ochrany 2010

Statistické hodnocení lékařského ozáření: XXXVIII. Dny radiační ochrany 2016

Statistické hodnocení lékařského ozáření: XXXIX. Dny radiační ochrany 2017

Medical Exposure Increase versus General Health Care Improvement: IRPA 13 Conference

UNSCEAR zprávy:

UNSCEAR 1972, Ionizing Radiation Levels and Effects, Vol I: Annex B: Doses from Medical Irradiation

UNSCEAR 1977, Sources and Effects of Ionizing Radiation: Annex F

UNSCEAR 1982, Ionizing Radiation: Sources and Biological Effects, Annex G

UNSCEAR 1988, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Annex C

UNSCEAR 1993, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Annex C

UNSCEAR 2000, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol.I.: Annex D

UNSCEAR 2008, Sources and Effects of Ionizing Radiation, Annex A

EU publikace

Radiation Protection N°154 (RP 154): European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures, Luxembourg, 2008.

Radiation Protection N°180 (RP 180), Part 1 and Part 2. Medical Radiation Exposure of the European Population, Luxembourg, 2014.

Ostatní publikace

UNEP 2016, Ionizující záření, účinky a zdroje

ICRP 103, 2007

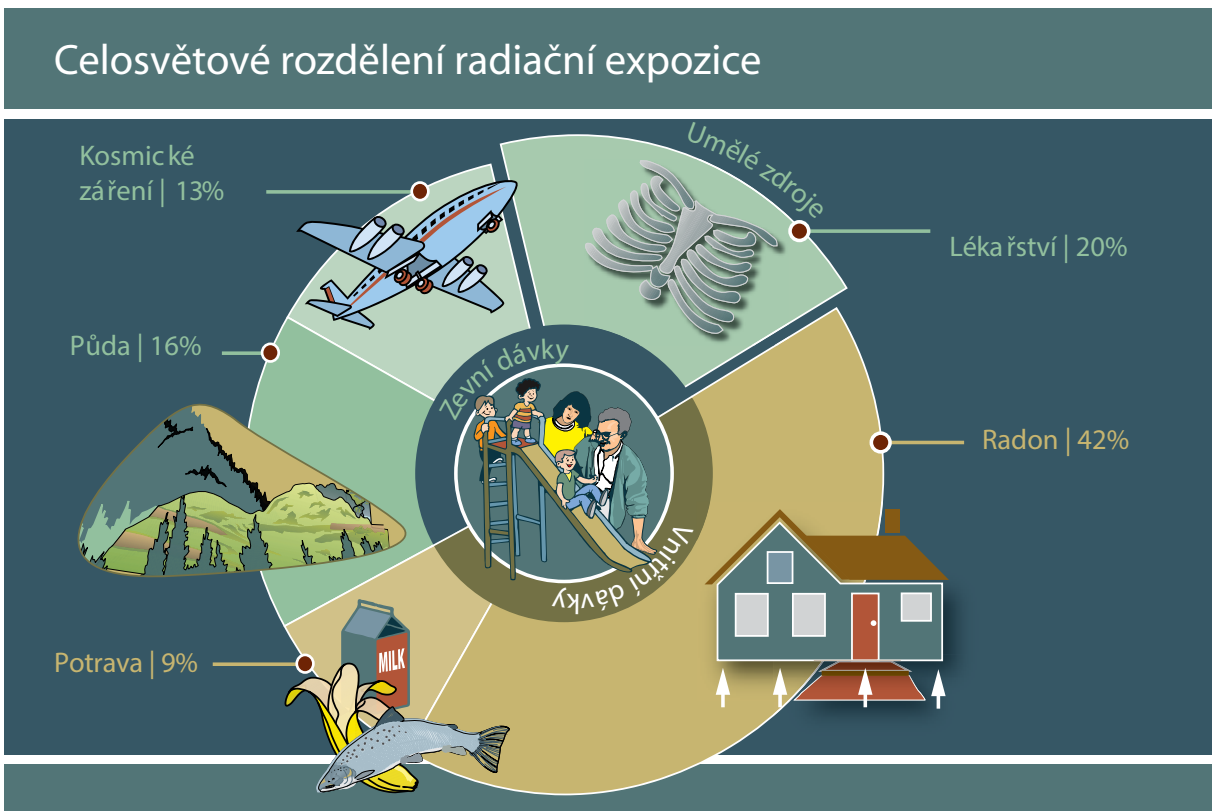
Webové stránky IRPA

SROVNÁNÍ LÉKAŘSKÉHO OZÁŘENÍ S OZÁŘENÍM Z OSTATNÍCH ZDROJŮ IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ

Dynamický technický pokrok v radiologii, zejména ve výpočetní tomografii (CT) a při intervenčních výkonech, velmi rozšiřuje možnosti použití lékařského ozáření. To se tak stává čím dál účinnějším nástrojem lékařů.

Celosvětově a také u nás se stále rozšiřuje škála i množství indikací k vyšetření pacientů, což má mimo jiné za následek zvyšování kolektivní dávky. I proto SÚJB sleduje a hodnotí jednotlivé trendy s cílem analýzy frekvence lékařských radiologických výkonů, velikosti ozáření v důsledku lékařské expozice, stanovení časových trendů včetně odhadu kolektivní efektivní dávky. Výsledky mohou být využity jako kvantitativní vstupy optimalizačních analýz, a to i v rámci mezinárodní spolupráce.

Představu, jaké procento radiační zátěže pochází z lékařského ozáření ve srovnání s ostatními zdroji ionizujícího záření, poskytuje následující obrázek.



Obavy obyvatelstva z radioaktivity jsou často soustředěny zejména na umělé zdroje záření, zvláště na jaderná zařízení. Většina lidí však ani netuší, že zdaleka největší ozáření obyvatelstva je způsobeno zdroji přírodními. Podíl lékařského ozáření na celkovém ozáření obyvatelstva činí zhruba jednu pětinu.

Obrázek převzat z publikace UNEP: Ionizující záření, účinky a zdroje, str. 27

A. ZOBRAZOVACÍ DIAGNOSTICKÉ MODALITY VYUŽÍVAJÍCÍ RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ

SKIAGRAFIE A SKIASKOPIE

Skiografie je technika zobrazení lidských tkání, využívající rozdílnou míru pohlcení procházejícího svazku rentgenového záření v různých tkáních. Krátká rentgenová expozice je zaznamenána na 2D receptor obrazu. Ze získaného obrazu lze hodnotit vnitřní stavbu vyšetřovaných orgánů, jejich případná poranění či jiné patologie.

Při filmové skiografii dopadá záření, které prošlo tělem pacienta, na kazetu se zesilující folií a rentgenovým filmem. Plochy filmu, které byly vystaveny většímu množství záření, se na vyvolaném filmu zobrazí tmavě (černě nebo šedě), zatímco plochy vystavené menšímu množství záření se zobrazí světle. Při nepřímé digitální skiografii (někdy také označované CR) projde rentgenové záření pacientem a dopadne na kazetu s paměťovou fólií, která je následně vyhodnocena a obraz, který je na ni zaznamenán, je převeden do digitálního obrazu. Při přímé digitální skiografii (někdy také označované DDR) dopadá záření na receptor obrazu, který obsahuje 2D matici senzorů pro rentgenové záření, čímž se přímo vytvoří digitální počítačový obraz. V dnešní době se téměř výhradně používá digitální skiografie.

Skiaskopie je diagnostická radiologická metoda, která používá dynamické zobrazení rentgenového obrazu. Receptor obrazu umožňuje snímání objektu v reálném čase. Často se využívá kontrastní látka, která proti ostatním tkáním odlišně pohlcuje záření, a umožňuje tak sledování dynamických procesů v tkáních, které by jinak rentgenovým zářením nebyly odlišitelné od ostatních tkání. Skiaskopie se používá např. k zobrazení trávicího traktu nebo močových cest.

Skiografie a skiaskopie byly v prvních padesáti letech historie lékařského zobrazování jedinou možností zobrazování lidských tkání, a i dnes zůstává skiografie nejpoužívanější metodou ke zkoumání plic, kostry a mnohých dalších orgánů pro svou dostupnost, rychlost a nízkou cenu.

ANGIOGRAFICKÉ A INTERVENČNÍ VÝKONY

Angiografie je diagnostické vyšetření cév zobrazovací metodou.

Intervenční radiologie a intervenční kardiologie jsou metody, které díky zobrazovací technice usnadňují či nahrazují chirurgický výkon. Jedná se o více či méně invazivní zákroky. Intervenční radiologické metody se dělí na vaskulární a nevaskulární.

- vaskulární intervence jsou léčebné mini-invazivní postupy, které se provádí přímo na cévním systému nebo skrze něj. Patří sem zejména všechny výkony intervenční kardiologie, perkutánní transluminální angioplastika, použití stentů a stentgraftů, lokální trombolýza, transkatérová embolizace, zavádění filtrů do dolní duté žíly, TIPS.
- nevaskulární intervence se provádějí mimo cévní systém. Patří sem např. intervence na žlučových cestách, na trávicích a dýchacích cestách a perkutánní drenáže abscesů.



Pojízdné skiaskopické zařízení, někdy nazývané C-rameno. Má široké využití ve skiagrafii, skiaskopii v angiografii i intervenční radiologii. Protože je mobilní, využívá se zejména na operačních sálech

VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE (CT)

Výpočetní tomografie je zobrazovací metoda, která umožňuje získání kompletní 3D informace o zobrazované části těla většinou v podobě řezů, nicméně obraz lze rekonstruovat i jinak, např. jako 3D obrazy jednotlivých orgánů. Výsledný obraz vzniká matematickou rekonstrukcí z mnoha rentgenových projekcí získaných postupně z různých úhlů. Pomocí CT se zobrazují vzájemně rentgen-kontrastní procesy při prostém vyšetření nebo po podání kontrastní látky (pro zvýraznění např. cév, specifických tkání orgánů, patologických lézí).

CT má široké využití v diagnostice a při některých terapeutických výkonech, jeho význam s dynamickým rozvojem počítačové a zobrazovací techniky v posledních letech velmi roste.



CT zařízení

MAMOGRAFIE

Mamografie využívá schopnosti „měkkého“ záření (energie cca 25–30 keV) zobrazit s vysokým kontrastem i struktury, které se svými hustotami a atomovými čísly prvků jen málo liší, takže je možno zobrazit mikrokalifikace a různé typy nádorů prsu. Rozlišujeme dva typy mamografického vyšetření (přestože technicky se jedná o totéž vyšetření):

- Screeningová mamografie prováděná za účelem odhalení počátku rakovinového bujení. V ČR se standardně provádí jednou za dva roky u žen ve věku od 45 let. Ročně se odhalí 7 000 až 7 500 nových nádorů prsu, drtivá většina se díky screeningu zjistí v počátečních dvou stadiích, kdy je pravděpodobnost vyléčení významně vyšší.
- Diagnostická mamografie prováděná za účelem zobrazení rakovinového bujení, potvrzení či vyvrácení diagnózy či v rámci onkologické léčby.



Mamograf

ZUBNÍ RENTGENOVÁ VYŠETŘENÍ

Intraorální snímkování se využívá pro detailní zobrazení zubů a tkání v jejich okolí. Rentgenka je umístěna na závěsu s několika klouby, které umožňují nastavení optimálního úhlu rentgenového svazku při snímkování. Digitální receptor obrazu nebo dentální film se vkládá do úst. Snímkování se často provádí na křesle v ordinaci. Tubus rentgenky se přikládá na tvář pacienta do oblasti s vyšetřovanou skupinou zubů.

Panoramatické snímkování se využívá k zobrazení čelistí s příslušnými dutinami, zobrazení zubů a čelistních kloubů. Rentgenový svazek je kolimován do úzké štěrby, rentgenka se otáčí kolem hlavy pacienta po dráze, která je odvozena z tvaru zubního oblouku a receptor obrazu se současně pohybuje naproti rentgence.

Kefalografické snímkování umožňuje vytvoření předozadního nebo bočního snímku lebky. Dvě hlavní techniky kefalografie jsou one-shot technika – v podstatě shodná se skiografickým snímkováním, kdy krátká expozice rentgenového záření kolimovaného na celou lebku vytvoří na 2D digitálním senzoru najednou celý obraz lebky, a skenovací technika, která je podobná panoramatickému snímkování, kdy se lebka proskenuje úzkým svazkem pomocí krátkého kyvu.

Zubní výpočetní tomografie je speciální využití některých moderních zubních panoramatických zařízení. Svazek není úzce kolimován, rentgenka se spolu s receptorem obrazu otáčí kolem celé hlavy. Na rozdíl od standardní 2D panoramatického snímkování nebo kefalografu se získá 3D informace o skenované struktuře, avšak za cenu několikanásobně vyšší dávky. Tato technika se používá pouze v případech, kdy lékař z důvodů speciální indikace potřebuje 3D informaci. Pomocí expozičních předvoleb lze určit, zda má být takto zobrazena celá hlava, předem definovaný zmenšený válcový objem uvnitř lebky anebo malý objem jen kolem specifické skupiny zubů. Velikost skenovaného objemu samozřejmě významně ovlivňuje dávku.



Zubní rentgen kdysi a dnes

RADIOLOGICKÁ VYŠETŘENÍ NEVYUŽÍVAJÍCÍ IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ

Pro úplnost ještě uvádíme další metody, které jsou rovněž součástí zobrazovacích metod, ale které k zobrazení nevyužívají rentgenové záření. Jsou to magnetická rezonance a ultrazvuk.

Magnetická rezonance (MR, MRI). Pomocí MRI je možné získat kompletní 3D informaci o určité oblasti těla v podobě řezů, nebo např. jako 3D obrazy jednotlivých orgánů. Magnetická rezonance využívá silné magnetické pole a elektromagnetické vlnění s vysokou frekvencí. Podstatou barevného odlišení jednotlivých tkání je jejich rozdílné chování při stejném vnějším magnetickém působení. Vyšetření se provádí buď s použitím kontrastní látky, nebo bez ní.

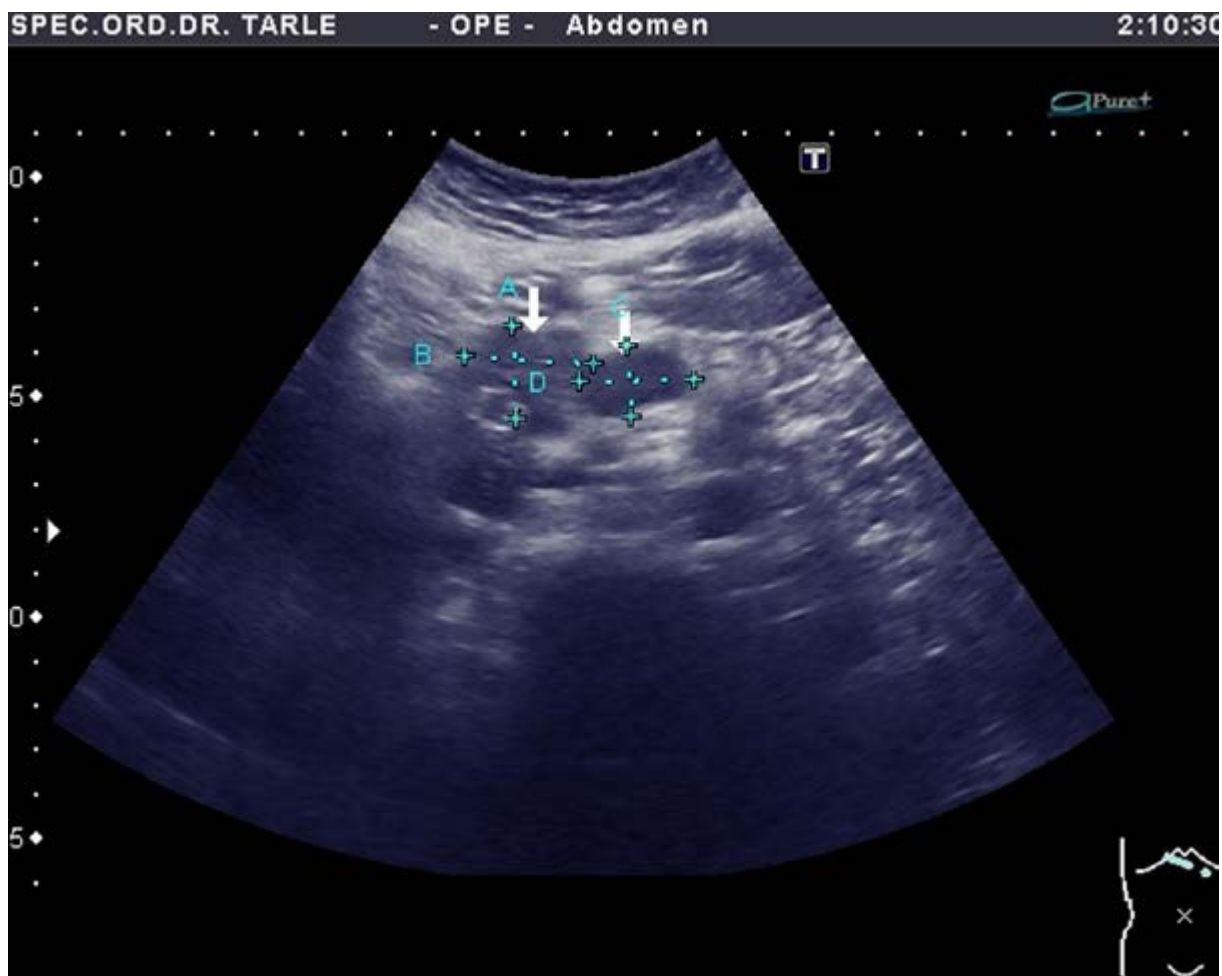
Výhodou MRI je větší přesnost při zobrazení některých orgánů, jež je důsledkem rozdílné intenzity signálu u odlišných měkkých tkání, např. nervy či mozkovou tkáň bylo možné začít neinvazivně zobrazovat až pomocí MRI. Vyšetření s podáním kontrastní látky pomáhá odhalit přítomnost zánětů nebo nádorových tkání. Díky rozsahu nastavení MRI vyšetření je možné dosáhnout rozlišení, které přesahuje možnosti CT.

Ve srovnání s CT se častěji vyskytují artefakty, které snižují kvalitu výsledného obrazu. Pomocí MRI nelze vyšetřovat pohybující se části těla (typicky střevní kličky). Zařízení i vyšetření je výrazně dražší a vyšetření trvá významně déle.

Ultrazvuk je jedna ze základních a nejběžněji využívaných zobrazovacích diagnostických metod ve zdravotnictví. Používá se k vyšetřování měkkých tkání v reálném čase. Při této metodě se využívají vysokofrekvenční zvukové vlny. Různé tkáně mají různou schopnost odrazet ultrazvukové vlny. Ultrazvuková vlna naráží při průchodu tělem na tkáňová rozhraní, kde se část vlny odrazí a zbytek projde k dalšímu tkáňovému rozhraní, aby

se opět část odrazila a část prošla atd. Odražené vlny přijímá ultrazvuková sonda. Kvalita snímků získaných pomocí ultrazvuku je vysoce závislá na zkušenosti toho, kdo provádí snímání. Ultrazvuk je omezen svou neschopností projít skrz vzduch (plíce, smyčky na střevech) nebo kosti.

Příkladem ultrazvukových vyšetření jsou vyšetření uzlin na krku, v podpaží, v tříslech, vyšetření štítné žlázy, prsů, kardiovaskulárního systému, břicha, orgánů malé pánve, cév, kloubů, trávicího traktu, mozku u malých dětí a vyšetření těhotných.



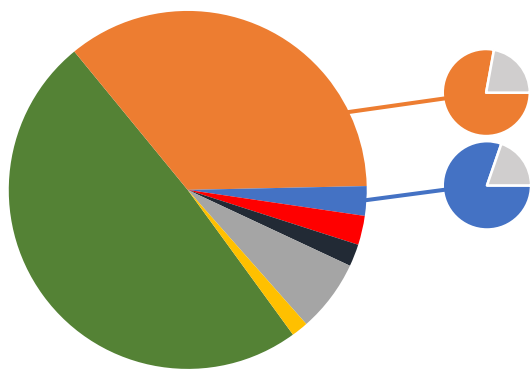
Sonografický snímek

VÝSLEDKY ANALÝZY DAT O LÉKAŘSKÉM OZÁŘENÍ ZA OBDOBÍ 2009-2019

V následujících tabulkách a grafech jsou uvedeny počty rentgenových výkonů provedených v roce 2019, jejich analýza dle různých kritérií (druh vyšetření, věkové rozlišení, pohlaví atd.) a trendy za období 2009-2019 u vybraných skupin.

Graf č. 1 uvádí přehled rentgenových vyšetření/výkonů provedených v ČR v roce 2019. Téměř polovina z nich jsou vyšetření skiagrafická a více než třetina vyšetření zubní následovaná CT vyšetřeními. Na všechna ostatní vyšetření zbývá desetina všech provedených vyšetření/výkonů.

Graf č. 1: Počet rentgenových vyšetření/výkonů v roce 2019 (v tis.)



skupina	výkonů (tis.)	podíl
skiagrafie¹⁾	9 103,6	49,1%
zubní vyšetření	6 602,8	35,6%
<i>intraorální</i>	5 139,6	77,8%
<i>panoramatické</i>	1 463,2	22,2%
mamografie	493,3	2,7%
<i>screening</i>	396,1	80,3%
<i>mamografie diagnostická</i>	97,2	19,7%
kostní denzitometrie	488,3	2,6%
skioskopie²⁾	373,1	2,0%
CT	1 208,1	6,5%
angiografie/intervence³⁾	282,4	1,5%
Celkový součet	18 551,5	100,0%

¹⁾ skupina „skiagrafie“ zahrnuje pouze standardní skiagrafická vyšetření (tzn. nezahrnuje např. mamografická a zubní vyšetření)

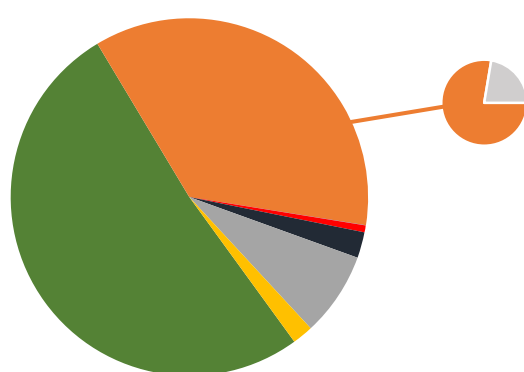
²⁾ skupina skioskopie zahrnuje všechny skioskopické výkony (kromě angiografických) a také výkony skiagraficko-skioskopické (příp. skiagrafické) s použitím kontrastní látky

³⁾ skupina angiografie a intervenční výkony zahrnuje angiografické výkony, výkony intervenční vaskulární a nevasculární a výkony intervenční kardiologie

POMĚRNÉ ROZDĚLENÍ RENTGENOVÝCH VYŠETŘENÍ/VÝKONŮ V ROCE 2019

Následující dvě tabulky a grafy uvádějí stejné rozdělení jako v předcházející tabulce, zvláště pro muže a pro ženy.

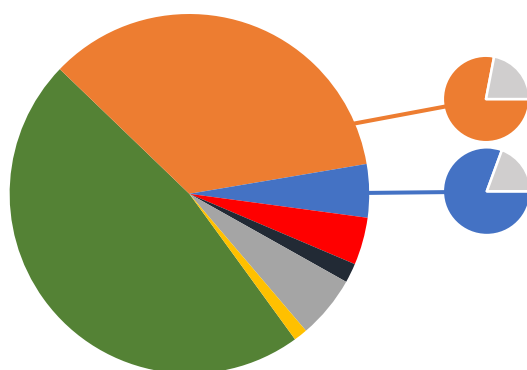
Graf č. 2: Počet rentgenových vyšetření/výkonů v roce 2019, muži (v tis.)



skupina	výkonů (tis.)	podíl
skiagrafie	4 268,1	51,4%
zubní vyšetření	2 999,2	36,1%
intraorální	2 328,9	77,7%
panoramatické	670,3	22,3%
mamografie	2,07	0,02%
kostní denzitometrie	51,6	0,6%
skiaskopie	193,6	2,3%
CT	632,2	7,6%
angiografie/intervence	156,1	1,9%
Celkový součet	8 302,9	100,0%

Převážná část vyšetření u mužů byla vyšetření skiagrafická, zubní a CT. Screeningová mamografie se u mužů neprovádí.

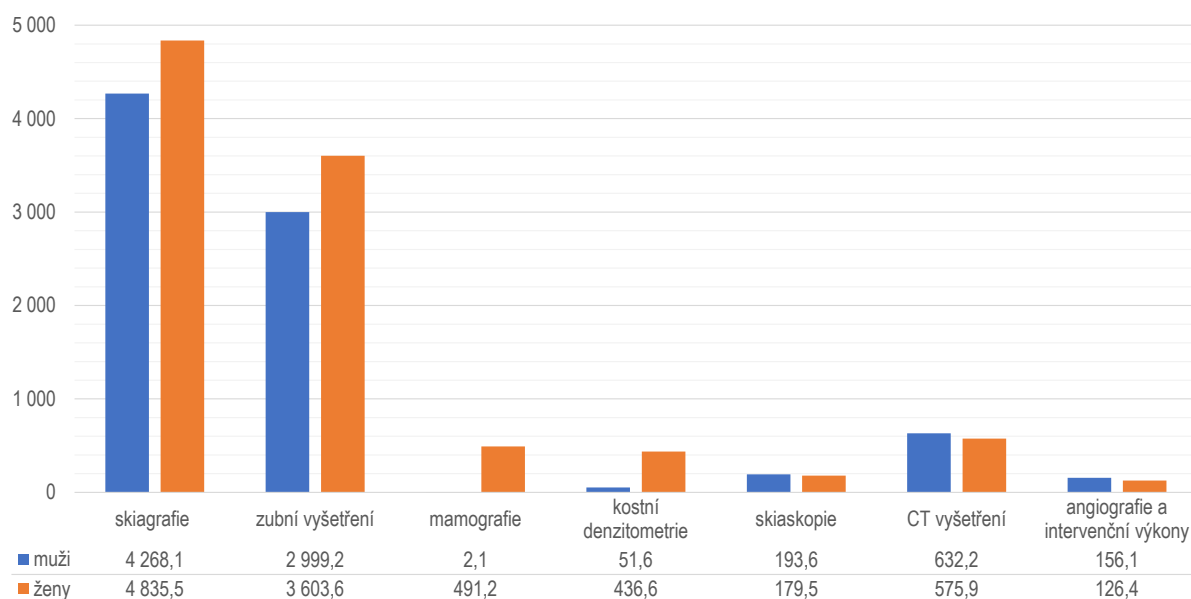
Graf č. 3: Počet rentgenových vyšetření/výkonů v roce 2019, ženy (v tis.)



skupina	výkonů (tis.)	podíl
skiagrafie	4 835,5	47,2%
zubní vyšetření	3 603,6	35,2%
intraorální	2 810,6	78,0%
panoramatické	793,0	22,0%
mamografie	491,2	4,8%
screening	396,1	80,6%
mamografie diagnostická	95,1	19,4%
kostní denzitometrie	436,6	4,3%
skiaskopie	179,5	1,8%
CT	575,9	5,6%
angiografie/intervence	126,4	1,2%
Celkový součet	10 248,7	100,0%

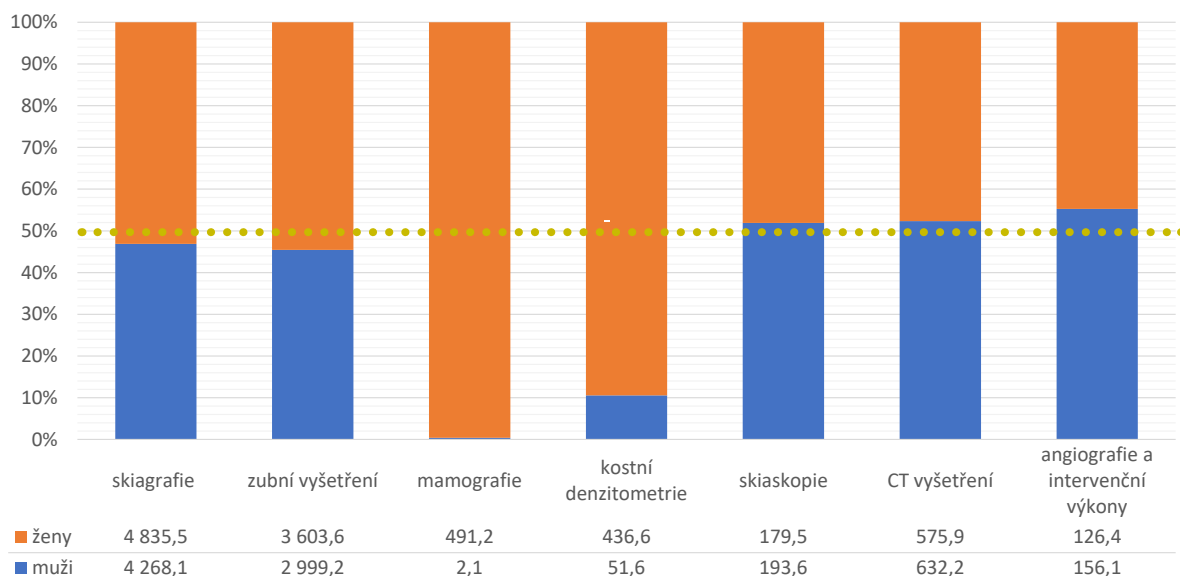
Také u žen bylo nejvíce vyšetření skiagrafických, zubních a CT, čtená byla vyšetření kostní denzitometrie.

Graf č. 4: Porovnání počtu rentgenových vyšetření/výkonů u mužů a žen v roce 2019 (v tis.)



Pro obě skupiny jsou nejčastější vyšetření skiagrafičká a zubní (intraorální a panoramatická), následují vyšetření CT. Celkový počet vyšetření u žen je zhruba o 10% vyšší než u mužů.

Graf č. 5: Procentuální rozdělení vyšetření u mužů a žen bez věkového rozlišení v r. 2019 (v tis.)



Tento graf znázorňuje procentové zastoupení počtu vyšetření mužů a žen ve skupinách uvedených v předchozím grafu. Ve srovnání s muži se u žen provádí více vyšetření skiagrafičká, zubních, mamografičká a kostní denzitometrie než u mužů. U mužů se provádí více vyšetření CT, skiaskopických výkonů, angiografie a intervenčních výkonů.

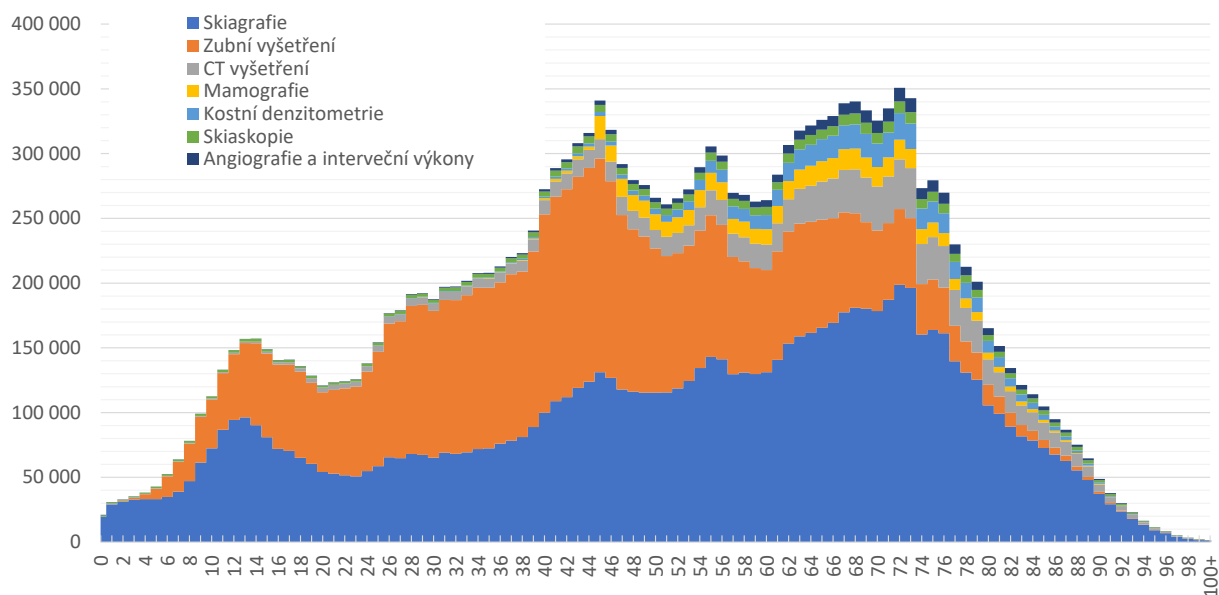
Tab. č. 1: Radiodiagnostika, počty pacientů a provedených vyšetření/výkonů, 2019

věková kategorie	0-4	5-14	15-39	40-64	65+	celkem pacientů	% zastoupení mezi pacienty	% zastoupení v populaci
bez výkonu	483 533	701 606	1 634 612	1 589 270	723 872	5 132 893		48,0%
1 výkon	51 826	187 594	453 517	647 128	358 438	1 698 503	30,5%	15,9%
2 výkony	18 890	113 297	369 038	465 456	253 797	1 220 478	21,9%	11,4%
3 výkony	6 191	53 773	210 099	301 686	188 741	760 490	13,7%	7,1%
4 výkony	3 434	33 726	155 159	224 387	142 292	558 998	10,1%	5,2%
5 výkonů	1 713	19 117	99 439	152 953	106 270	379 492	6,8%	3,5%
6-10 výkonů	2 571	27 752	146 104	289 593	251 812	717 832	12,9%	6,7%
11-25 výkonů	618	4 385	28 817	79 574	100 522	213 916	3,8%	2,0%
26-50 výkonů	45	126	1 181	3 766	5 703	10 821	0,2%	0,1%
více než 50 výkonů	2	3	113	215	183	516	0,01%	0,005%
celkem pacientů	85 290	439 773	1 463 467	2 164 758	1 407 758	5 561 046	100,0%	100,0%
% z celkového počtu pacientů	1,5%	7,9%	26,3%	38,9%	25,3%	100,0%		
% pacientů ve věkové skupině populace	15,0%	38,5%	47,2%	57,7%	66,0%	52,0%		
celkem obyvatel	568 823	1 141 379	3 098 079	3 754 028	2 131 630	10 693 939		

Tabulka č. 1 uvádí počet provedených rentgenových vyšetření/výkonů během jednoho roku (2019) u pacientů ve věkových kategoriích 0-5 let, 5-15 let 15-40 let, 40-65, a nad 60 let.

Žádné rentgenové vyšetření neměla zhruba polovina obyvatelstva (48 %), 1 až 2 vyšetření/výkony za rok bylo provedeno u 28 % obyvatel, jen u 2 % obyvatel bylo provedeno více než 10 vyšetření/výkonů. Více než 50 vyšetření/výkonů bylo provedeno u cca 500 obyvatel (0,005 %). Nejvíce pacientů co do počtu je ve věkové skupině mezi 40-65 lety (tato skupina je v populaci nejpočetnější). Pokud porovnáme poměr pacientů a počet obyvatel v jednotlivých věkových skupinách, je zřejmé, že od věku 65 let je rentgenové vyšetření/výkon proveden u dvou třetin populace v této věkové kategorii.

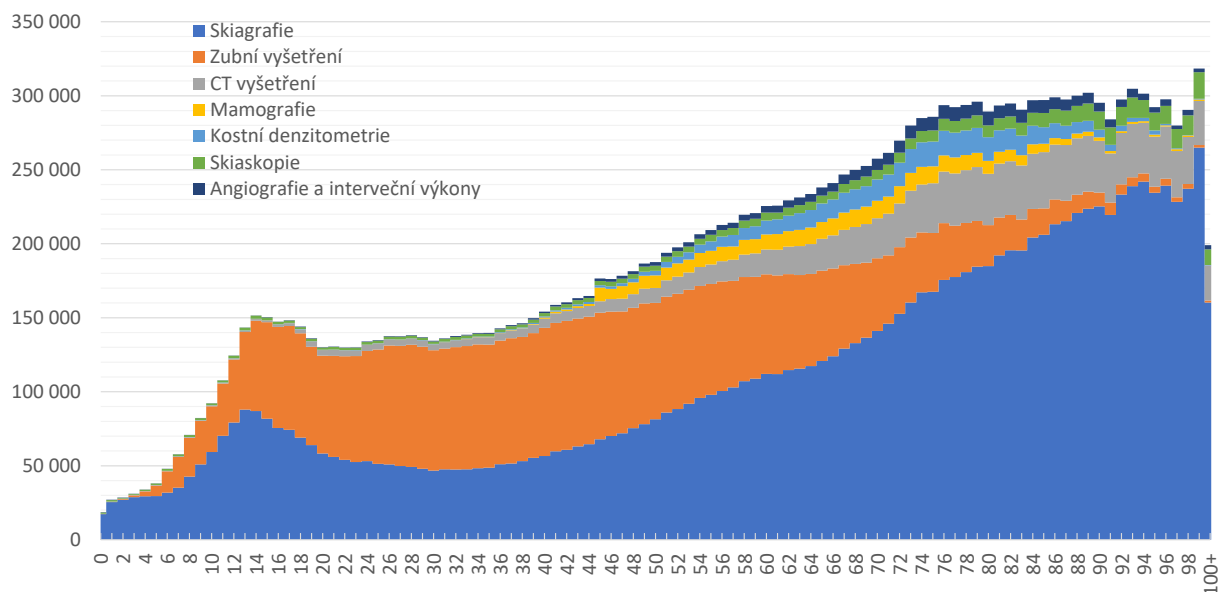
Graf č. 6: Celkový počet vyšetření/výkonů v jednotlivých věkových kategoriích



Graf ilustruje počty provedených rentgenových vyšetření/výkonů podle věku pacienta v roce 2019. Skupiny z tabulky č. 1 jsou v tomto grafu děleny na podskupiny a jsou seřazeny podle četnosti vyšetření.

Z grafu je zřejmé, že nejpočetnější jsou skiografická vyšetření, četná jsou vyšetření končetin – zejména pro skupiny dětí a dospívajících. Velmi četná jsou vyšetření plic a CT vyšetření u starší generace. Nejvíce zubních vyšetření se provádí mezi 40 až 45 lety. Celkově největší počet vyšetření je ve věkové skupině mezi 60 a 75 lety.

Graf č. 7: Počty vyšetření/výkonů vztažených na 100 000 obyvatel

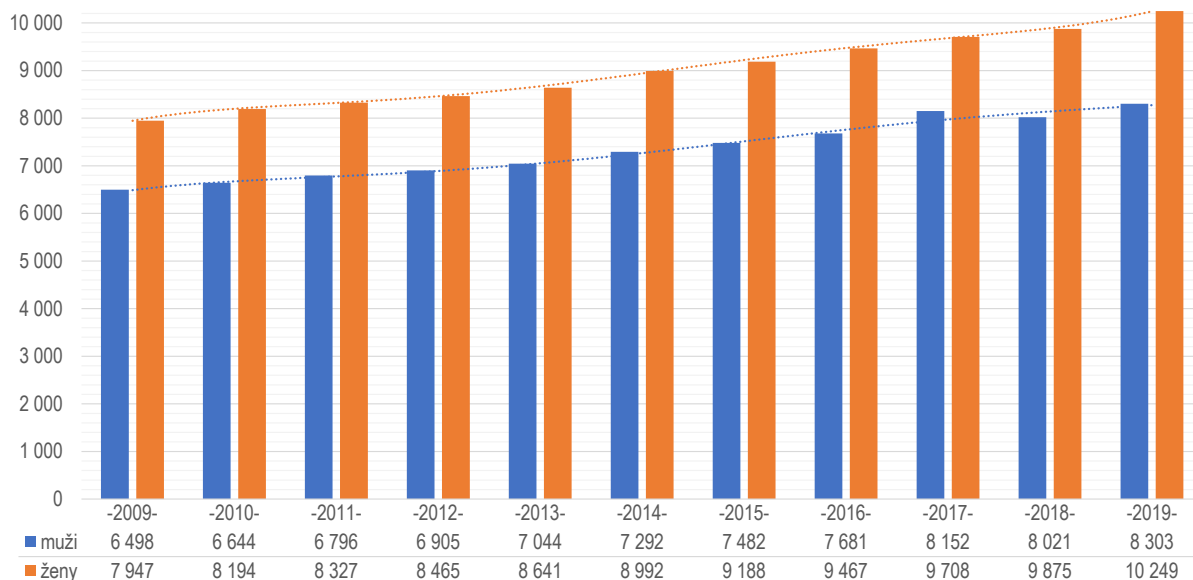


Tento graf prezentuje počty vyšetření/výkonů vztažených na 100 000 obyvatel příslušné věkové kategorie. Počet vyšetření strmě roste od narození do 16 let věku pacienta, mezi lety 20-35 se počet vyšetření výrazně nemění. Nárůst lze opět pozorovat od 35 let do 75 let věku pacienta. Na příkladu vyšetření končetin a hlavy je zřetelný výrazný příspěvek jejich počtu mezi věkem 10–18 let, zřejmě v důsledku úrazů u adolescentů. U starších občanů nad 70 let jsou nejčetnější vyšetření plic, velmi četná jsou vyšetření končetin, CT vyšetření a vyšetření pánve a kyčlí. Údaje nad 90 let jsou zatíženy značnou statistickou chybou.

VÝKONY V RADIODIAGNOSTICE

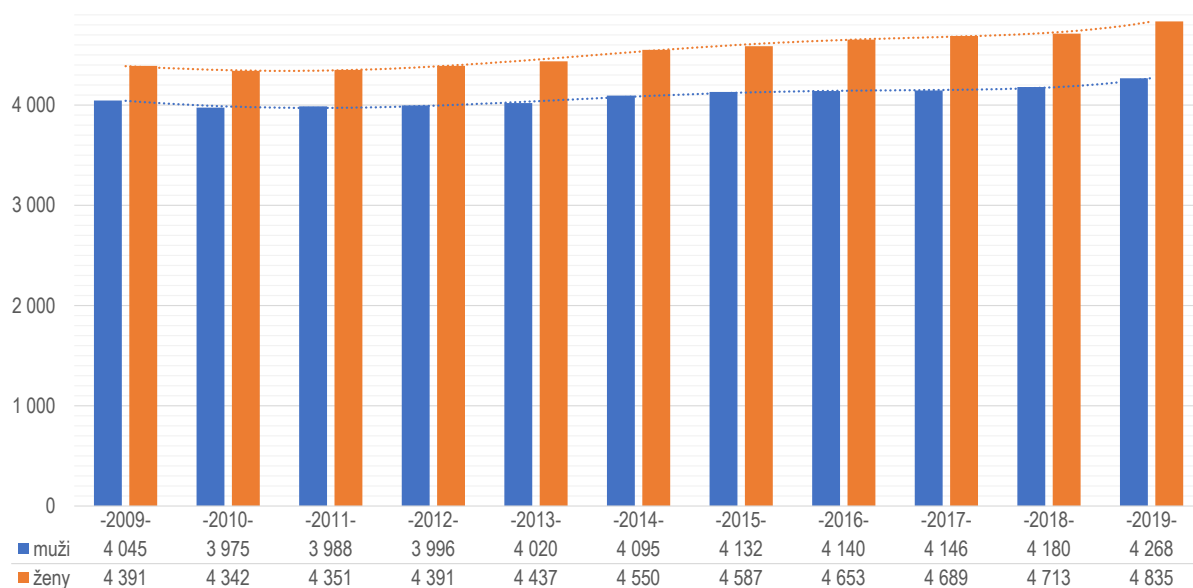
Následující grafy prezentují trendy v celkových počtech všech vyšetření/výkonů pro muže a ženy (graf. č. 8) a detailně pak i trendy (grafy č. 9-16) pro jednotlivé skupiny uvedené v tab. č. 1. Trendy jsou zpracovány z dat poskytnutých zdravotními pojišťovnami o provedených radiologických výkonech pro období 2009-2019. Do roku 2016 se vycházelo pouze z dat o výkonech provedených u pojištěnců VZP a extrapolovaných na celou populaci, od roku 2016 jsou k dispozici kompletní data o všech provedených výkonech vykázaných zdravotními pojišťovnami.

Graf č. 8: Vývoj počtu radiodiagnostických vyšetření/výkonů, 2009-2019, v tis.



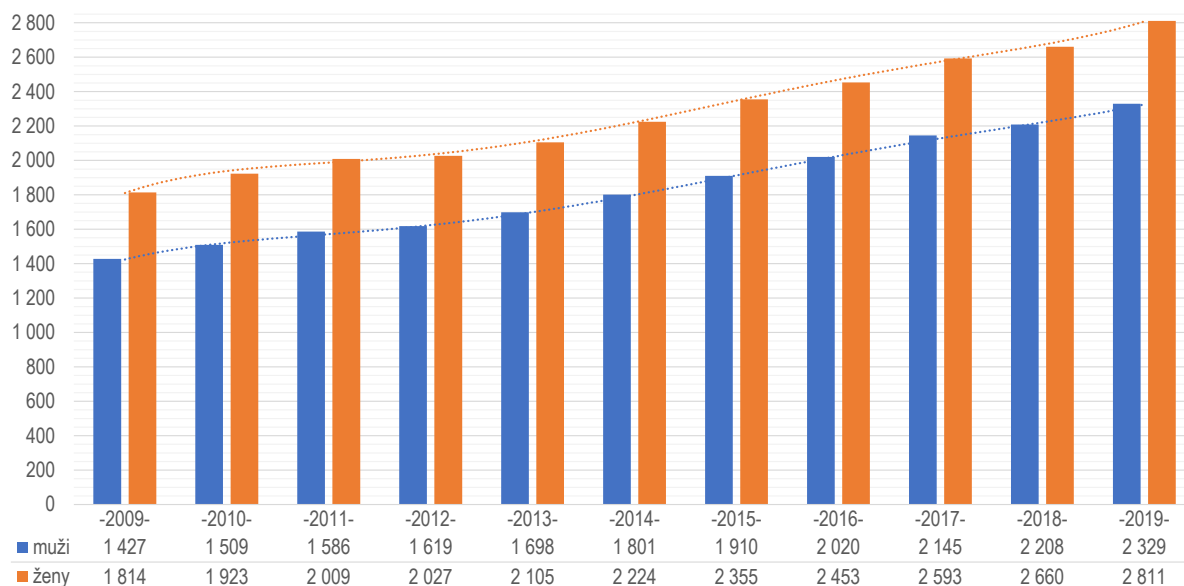
Na grafu č.8 lze pozorovat nárůst v počtu prováděných výkonů/vyšetření v ČR za posledních 10 let. Od roku 2009 do roku 2019 stoupl celkový počet vyšetření o téměř 30 %. Více se provádělo vyšetření žen, a to zhruba o jednu čtvrtinu. Tento poměr se mezi lety 2009-2019 prakticky neměnil.

Graf. č.9: Vývoj počtu skiagrafičských vyšetření, muži – ženy, 2009-2019 (v tis.)



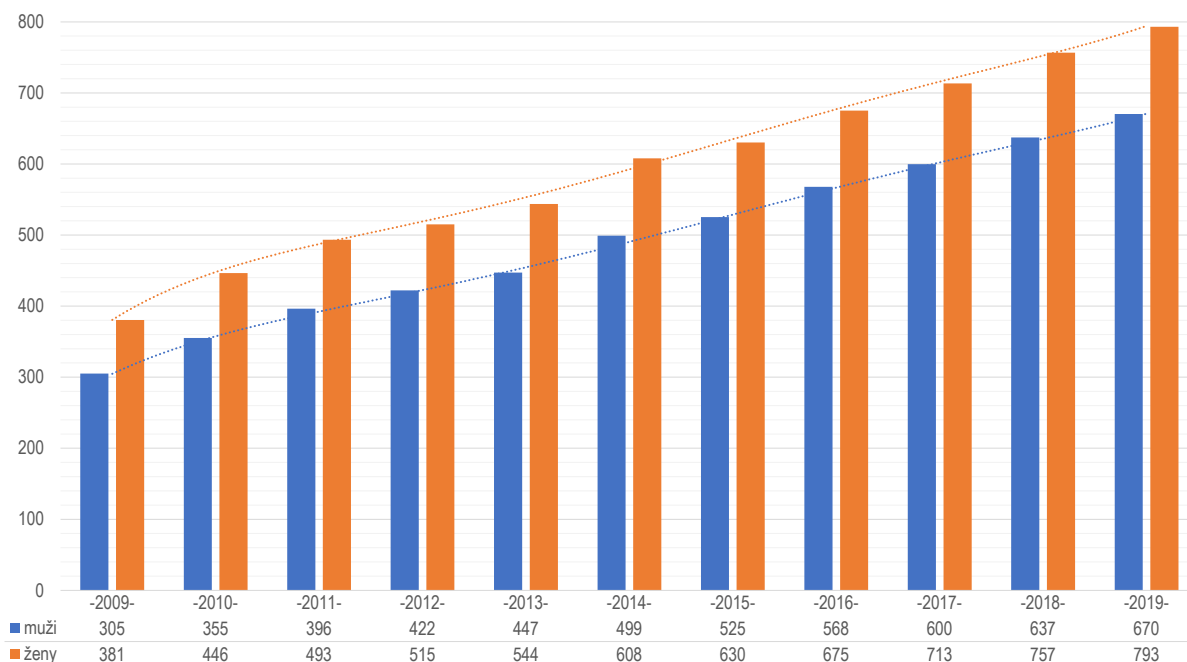
Ve skiagrafii byl nárůst počtu vyšetření u mužů o necelých 5 % v roce 2019 oproti roku 2009, u žen o 10 %. Více vyšetření se provádí u žen, v roce 2009 to bylo o 8,5 %, v roce 2019 o 13 %.

Graf č. 10: Vývoj počtu zubních intraorálních vyšetření, 2009- 2019, muži - ženy, v tis.



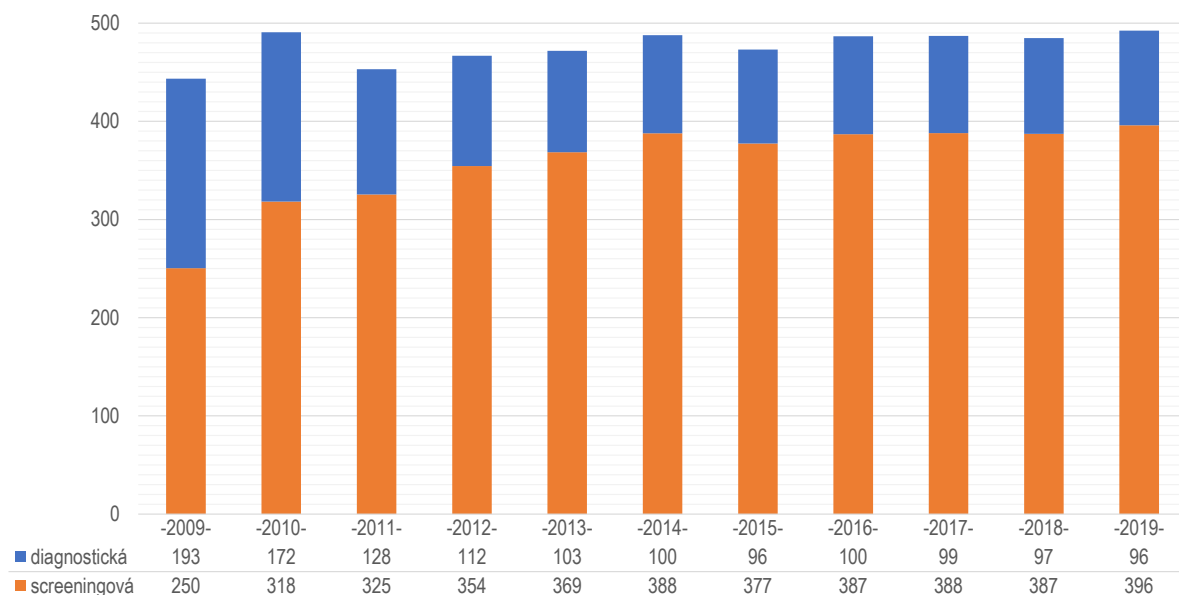
Četnost intraorálních vyšetření je u žen vyšší než u mužů, v roce 2009 téměř o 30 %, v roce 2019 to bylo o 20%. Počet intraorálních vyšetření mezi roky 2009 a 2019 vzrostl o více než polovinu jak u mužů (o 63%), tak i u žen (o 55%). Tento nárůst lze vysvětlit povinnými požadavky na vybavení zubních ordinací rentgenovým zubním přístrojem, které platí od roku 2012 (vyhláška č. 92/2012 Sb.). Na tuto povinnost se zubaři připravovali postupně již před uzákoněním těchto požadavků. Nárůst v počtu vyšetření v podstatě kopíruje nárůst počtu rentgenových zařízení (viz graf. č. 21), kde je trend podobný.

Graf č. 11: Vývoj počtu zubních panoramatických vyšetření, 2009- 2019, muži - ženy, v tis.

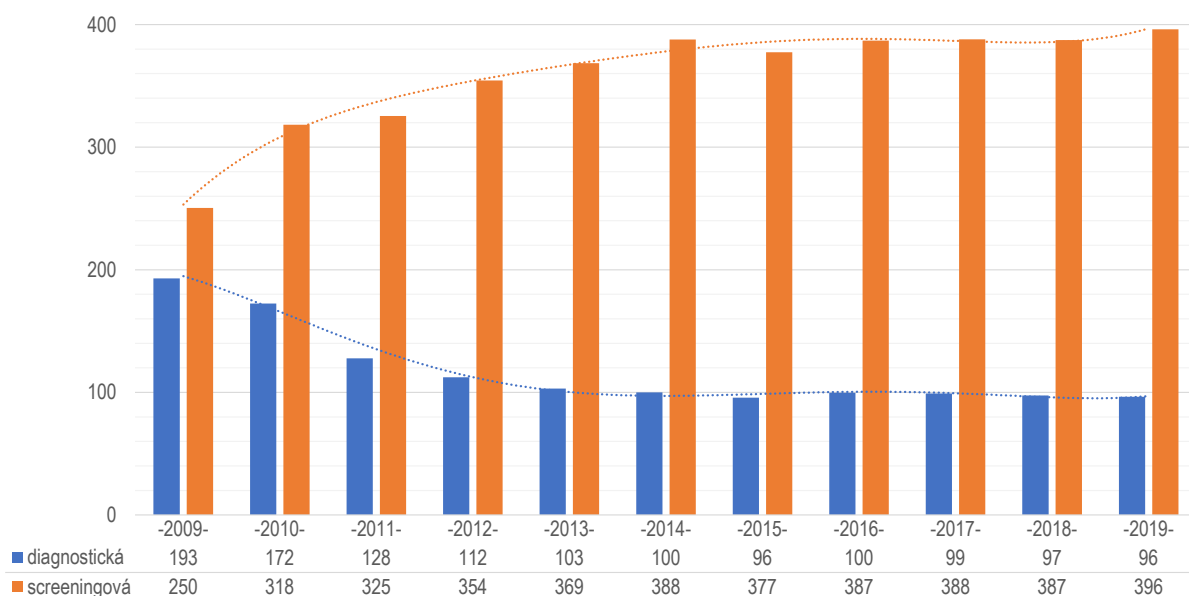


Dramaticky stoupl počet panoramatických zubních vyšetření od roku 2009 do 2019, u mužů o 125 %, u žen o 95 %. I u těchto vyšetření je četnost vyšší u žen než u mužů, v roce 2009 o 25 %, v roce 2019 o 18%. Nárůst v počtu panoramatických zubních zařízení a zubní výpočetní tomografie je ještě výraznější (graf č. 21). Jejich počet se v roce 2019 oproti roku 2009 zvýšil prakticky 5x.

Graf č. 12.a: Vývoj počtu výkonů v mamografii, 2009- 2019, ženy, v tis. (kumulovaný graf)



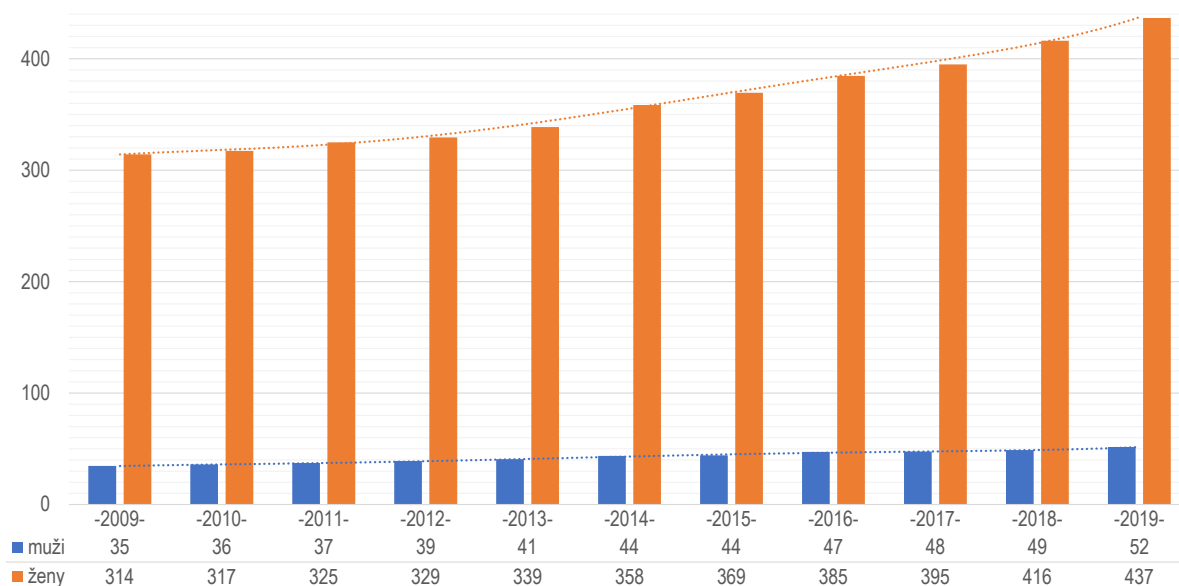
Graf č. 12.b: Vývoj počtu výkonů v mamografii, 2009- 2019, ženy, v tis. (rozložený graf)



Z grafů je zřejmý výrazný nárůst mamografických screeningových vyšetření do roku 2014 a zároveň pokles mamografických vyšetření diagnostických. Od tohoto roku se počty vyšetření v obou kategoriích výrazně nemění. První graf současně ukazuje, že celkový počet mamografických vyšetření je poměrně stálý.

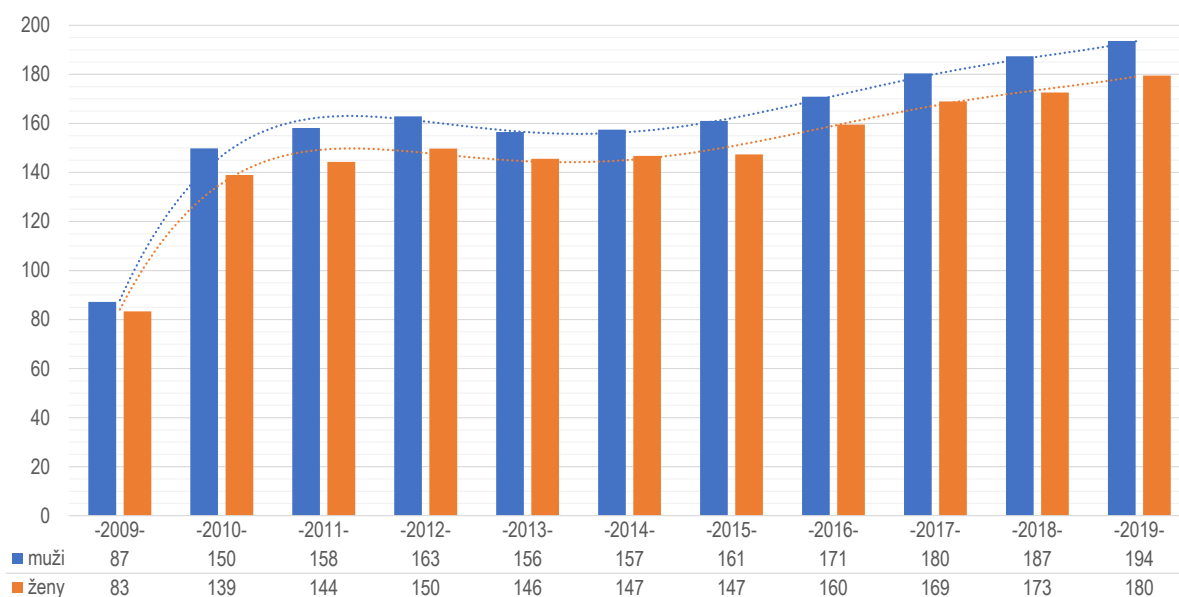
V České republice byl plošný mamografický screening oficiálně zahájen v září roku 2002, ale rozbíhal se pozvolna. Současný legislativní rámec je dán vyhláškou č. 70/2012 Sb. a doporučeným standardem uveřejněným ve Věstníku MZ ČR č. 4/2010.

Graf č. 13: Vývoj počtu výkonů - kostní denzitometrie, 2009- 2019, muži - ženy, v tis.



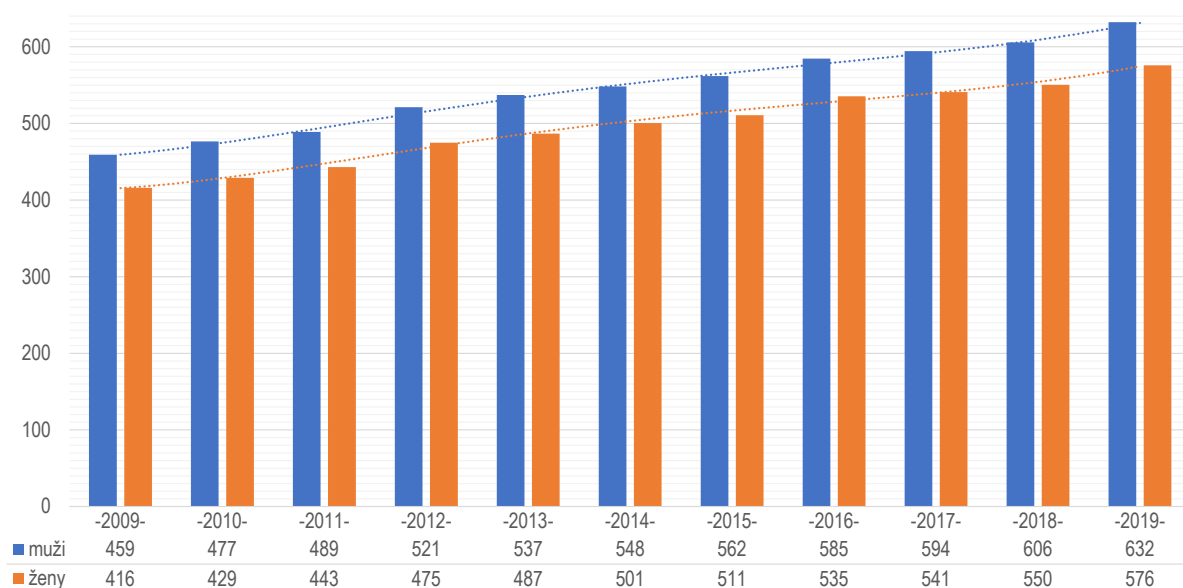
V této skupině vyšetření je výrazný nepoměr mezi vyšetřeními u žen a u mužů. Ženy byly vyšetřovány téměř 10x více než muži (v roce 2009 = 9x, v roce 2019=8x). Je to způsobeno častějším výskytem osteoporózy u žen (zejména) ve vyšším věku. Nárůst počtu vyšetření u žen od roku 2009 do roku 2019 byl téměř 40%, u mužů to bylo o necelých 50%.

Graf č. 14: Vývoj počtu výkonů ve skiaskopii, muži - ženy 2009 - 2018, (tis. vyšetření)



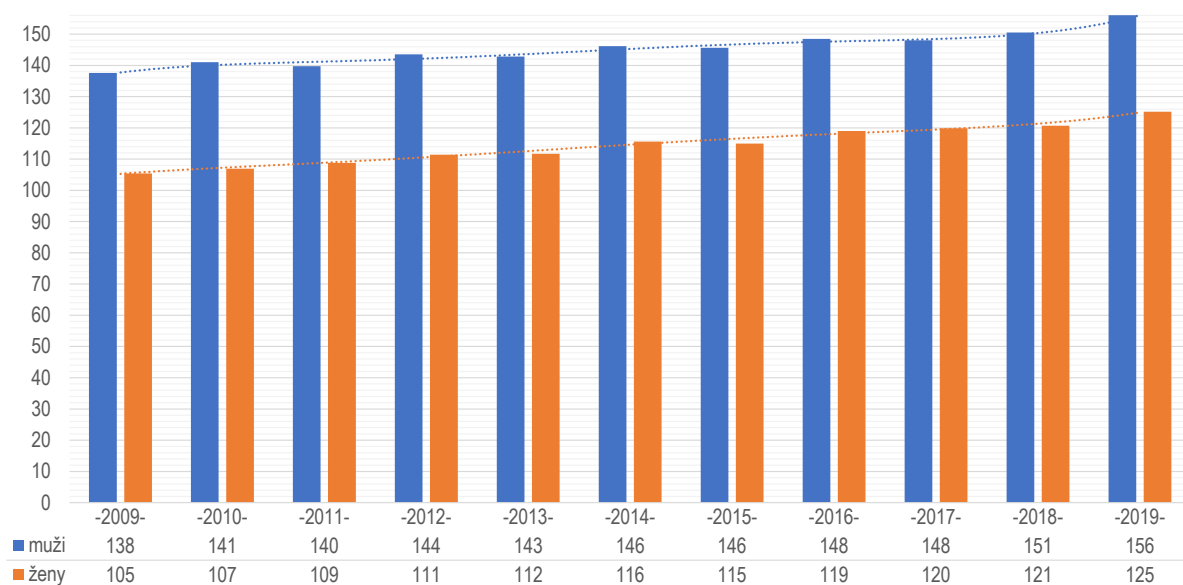
Skiaskopická vyšetření/výkony vykazují nehomogenost v trendech počtu vyšetření jak u mužů, tak i u žen. V roce 2009 byl počet výrazně nižší než následující roky, zřejmě v důsledku vykazování jednotlivých výkonů/vyšetření. Od dalšího roku, tj. 2010 až do roku 2015, skiaskopické vyšetření/výkony více méně stagnují, opětovný nárůst lze pozorovat až v posledních letech, a sice téměř o 20% mezi lety 2015/2019 u obou skupin populace. Skiaskopická vyšetření jsou častější u mužů než u žen, rozdíl je zhruba 5%.

Graf č. 15: Vývoj počtu CT vyšetření, 2009 - 2019, muži - ženy, v tis.



U CT vyšetření je zřetelný nárůst počtu vyšetření od roku 2009 do 2019, a to skoro o 40 % jak u mužů, tak i u žen. Více CT vyšetření se provádí u mužů, tento poměr se příliš nemění a pohybuje se kolem 10%.

Graf č. 16: Vývoj počtu angiografických a intervenčních výkonů, 2009 - 2019, muži - ženy, v tis.



V angiografii, intervenční radiologii a intervenční kardiologii je výrazně více výkonů prováděno u mužů, v roce 2009 to bylo skoro o třetinu, v roce 2019 o jednu čtvrtinu. Počet výkonů v roce 2019 oproti roku 2009 byl u mužů o 13 % vyšší, u žen téměř o 20%.

STANOVENÍ POPULAČNÍ DÁVKY

Pro stanovení populační dávky z rentgenové radiodiagnostiky bylo nutno identifikovat vyšetření, která nejvíce přispívají ke kolektivní dávce, a stanovit frekvenci těchto vyšetření/výkonů. Touto problematikou se zabývala Evropská komise, která v publikaci RP 154 doporučila stanovit frekvence a typické dávky minimálně pro tzv. TOP 20 vyšetření. Bylo ověřeno, že TOP 20 vyšetření/výkonů představuje obvykle 80 % celkového dávkového zatížení z rentgenové diagnostiky. Seznam těchto vyšetření a jim přiřazené efektivní dávky pro ČR jsou výsledkem projektu TAČR (řešeným SÚRO). V tabulkách č. 2 až 5 jsou uvedeny typické efektivní dávky pro vybraná vyšetření a jejich frekvence v roce 2019. Korekční faktory pro výpočet kolektivních dávek pro vyšetření/výkony, pro které nejsou k dispozici konkrétní hodnoty efektivních dávek, jsou převzaty z RP 180 a jsou uvedeny pod jednotlivými tabulkami.

Tab. č. 2: Typické efektivní dávky pro skiagrafické výkony, frekvence vyšetření 2019, kolektivní dávka

Kategorie	Rentgenové vyšetření	Počet vyšetření (tis.)	Efektivní dávka ^{**} (mSv)	Kolekt. dávka (manSv)
Skiografie	Krční páteř	385,9	0,04	15
	Plíce	2 535,9	0,03	71
	Hrudní páteř	270,7	0,3	90
	Bederní páteř	565,2	0,8	440
	Břicho	352,7	0,4	123
	Pánev a kyčelní klouby	695,7	0,3	194
Mamografie	Mamografie diagnostická	103,6	0,2	16
	Mamografie screeningová	389,7	0,3	122
Zubní vyšetření	Zubní intraorální	5 139,6	0,001 [*])	5
	Zubní panoramatické	1 463,2	0,006 [*])	9
Ostatní skiografie ^{***})		4 767,8		129
Celkem skiografie		16 687,9		1 206

^{*}) pravděpodobná efektivní dávka spojená s jedním zubním vyšetřením stanovená odhadem (informace SÚRO)

^{**}) představuje střední efektivní dávku na celé standardní vyšetření (některá vyšetření se skládají z vícečetného zobrazování, např. screeningová mamografie zahrnuje 4 snímky a to 2 snímky na každý prs, zatímco diagnostikovaná mamografie zahrnuje pouze 2 snímky – vyšetřuje se pouze jeden prs)

^{***}) pro výpočet kolektivní dávky pro skiografii byl použit korekční faktor 1,12 (RP 180, SÚRO), kterým se vynásobila kolektivní dávka stanovená z vyšetření, pro která byly k dispozici jednotlivé efektivní dávky

Tab. č. 3: Typické efektivní dávky pro skiaskopické výkony, frekvence vyšetření 2019, kolektivní dávka

Kategorie	Rentgenové vyšetření	Počet vyšetření (tis.)	Efektivní dávka (mSv)	Kolekt. dávka (manSv)
Skioskopie	Uro-genitální trakt	2,6	1,64	4
	Žaludek	3,8	2,50	10
	Tlusté střevo	2,2	4,15	9
	Pasáž GIT	3,6	2,26	8
	Koronarografie	64,9	8,16	529
	ostatní skioskopie a ostatní angiografie ¹⁾	374,6		224
Celkem skioskopie		451,7		784

^{*}) pro výpočet kolektivní dávky pro skioskopii byl použit korekční faktor 1,40 (RP 180, SÚRO), kterým se vynásobila kolektivní dávka stanovená z vyšetření, pro která byly k dispozici jednotlivé efektivní dávky

Tab. 4: Typické efektivní dávky pro CT vyšetření, frekvence vyšetření 2019, kolektivní dávky

Kategorie	Rentgenové vyšetření/ výkon	Počet vyšetření (tis.)	Efektivní dávka (mSv)	Kolekt. dávka (manSv)
CT	Hlava	487	1,6	779
	Krk	49,7	2,0	99
	Hrudník	187,1	5,9	1 104
	Páteř	63	6,6	416
	Břicho	134,5	10	1 345
	Pánev	15,9	7,4	118
	Trup	212,8	17	3 618
	Ostatní CT ^{*)}	58		1 720
	Celkem	1 208,1		9 199

*) pro výpočet kolektivní dávky pro CT vyšetření byl použit korekční faktor 1,23, kterým se vynásobila kolektivní dávka stanovená z vyšetření, pro která byly k dispozici jednotlivé efektivní dávky

Tab. 5: Typické efektivní dávky pro výkony v intervenční radiologii a intervenční kardiologii, frekvence vyšetření 2019, kolektivní dávka

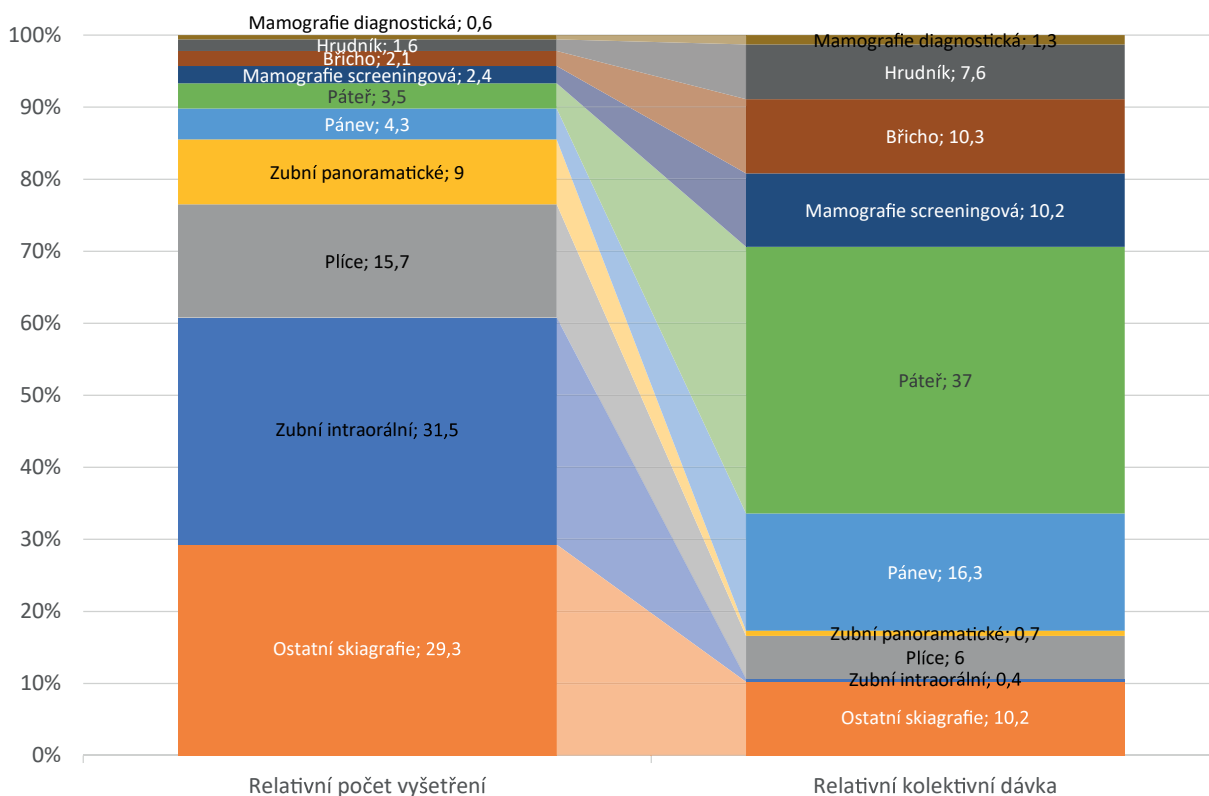
Kategorie	Rentgenové vyšetření/ výkon	Počet vyšetření (tis.)	Efektivní dávka (mSv)	Kolekt. dávka (manSv)
Intervenční výkony v radiologii a intervenční kardiologii	Perkutánní transluminální angioplastika – PTCA	23,5	15	351
	Ostatní výkony ^{*)}	180,3		701
	celkem	203,8		1 042

*) pro výpočet kolektivní dávky celkově pro intervenční radiologii a intervenční kardiologii byl použit korekční faktor 2,97 (RP 180, SÚRO), kterým se vynásobila kolektivní dávka přiřazená PTCA

Populační dávka z lékařského ozáření byla aktualizována k roku 2019 a s ohledem na současné frekvence jednotlivých vyšetření a představuje hodnotu 1,16 mSv na 1 obyvatele ČR.

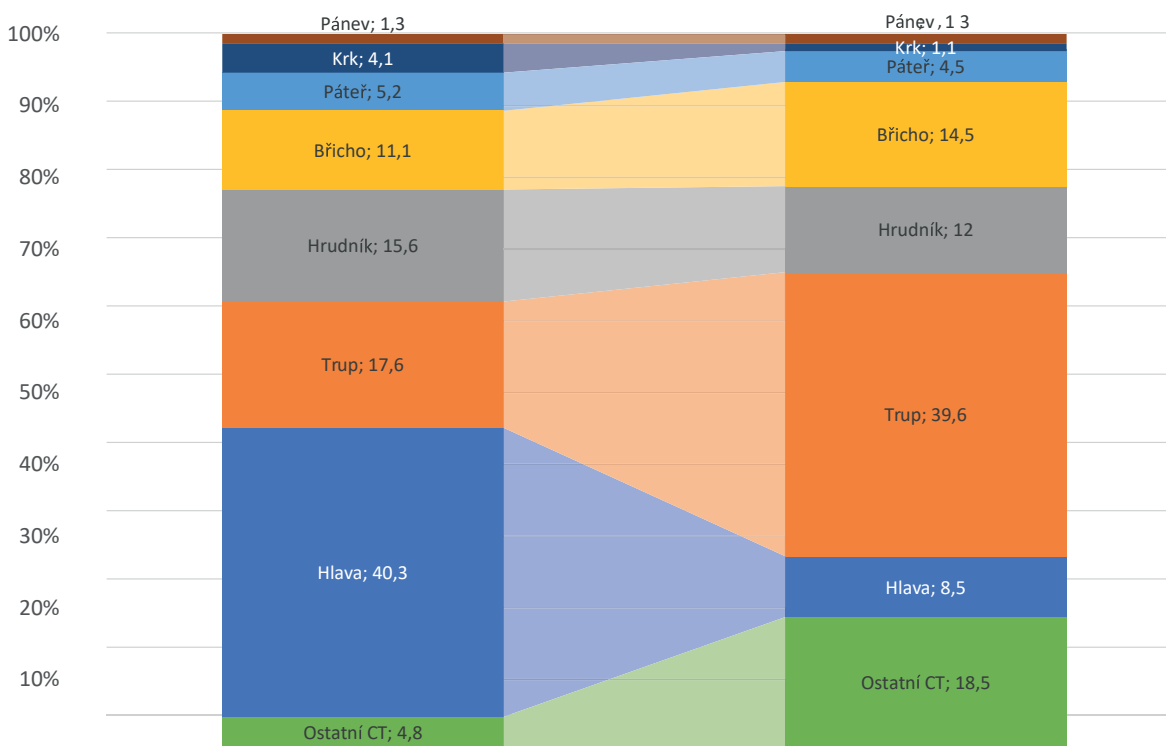
V níže uvedených grafech je uvedeno relativní zastoupení rentgenových vyšetření/výkonů (představujících dominantní dávku) ve skiagrafii, skiaskopii, CT a intervenční radiologii a jejich dávkový příspěvek k populační dávce.

Graf č. 17: Relativní četnost vyšetření ve skupině skiografie / mamografie / zubní radiodiagnostika a kolektivní dávka



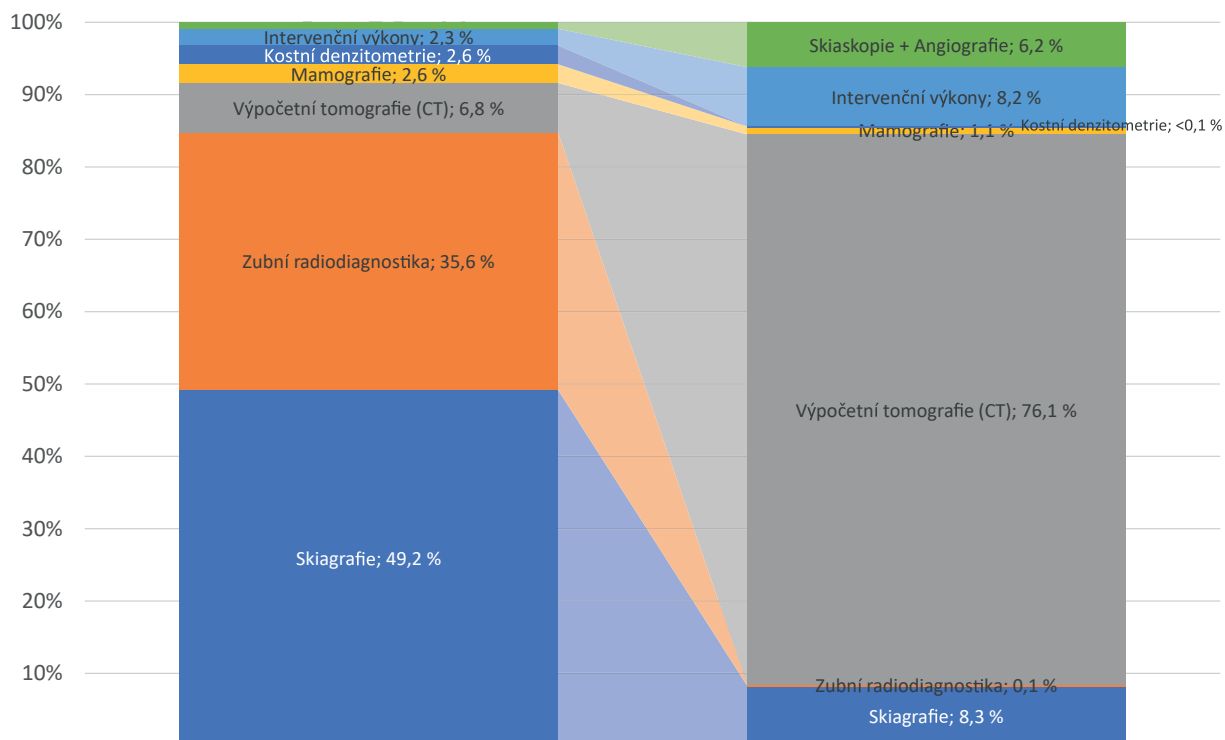
Graf uvádí relativní zastoupení jednotlivých typů vyšetření ve skupině skiografie, zubní radiodiagnostika a mamografie a jim odpovídající podíl z kolektivní dávky pro tuto skupinu vyšetření. Z grafu je patrné, že i když mezi nejčetnější vyšetření patří zubní radiodiagnostika, tak kolektivní dávka v důsledku tohoto vyšetření činí zhruba 1 % kolektivní dávky ve skupině skiografie / mamografie / zubní radiodiagnostika. Naopak méně četná vyšetření jako např. vyšetření pánve jsou spojena s podstatně větší kolektivní dávkou.

Graf č. 18: Relativní četnost jednotlivých CT vyšetření a relativní kolektivní dávka



V grafu je k jednotlivým typům CT vyšetření přiřazen odpovídající podíl z kolektivní dávky z CT vyšetření. Nejčetnější CT vyšetření je vyšetření hlavy, ale nejvyšší kolektivní dávka je spojená s vyšetřením trupu.

Graf č. 19: Relativní četnost radiodiagnostických vyšetření a relativní kolektivní dávka

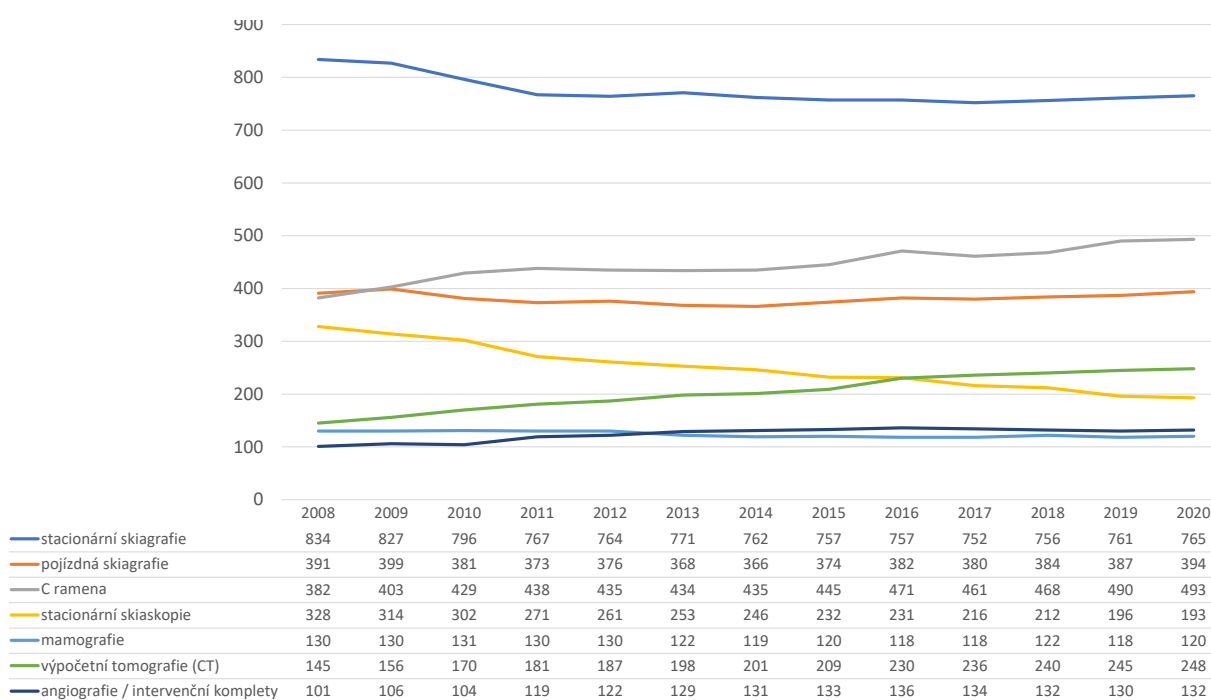


Tento graf znázorňuje, jaká vyšetření jsou nejčastěji zastoupena a která vyšetření/výkony jsou spojená s nejvyšší kolektivní dávkou (členění ve skupinách je dle tab. č. 1). Zdaleka nejvyšší kolektivní dávka je spojená s CT vyšetřeními, která se na celkové zátěži podílí 75 %, i když co do četnosti CT vyšetření tvoří cca 7 % ze všech vyšetření. Naopak velmi četná vyšetření, např. zubní radiodiagnostika (více než třetina všech vyšetření) se na celkové kolektivní dávce podílí nepatrně, kolem 0,1 %.

PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ

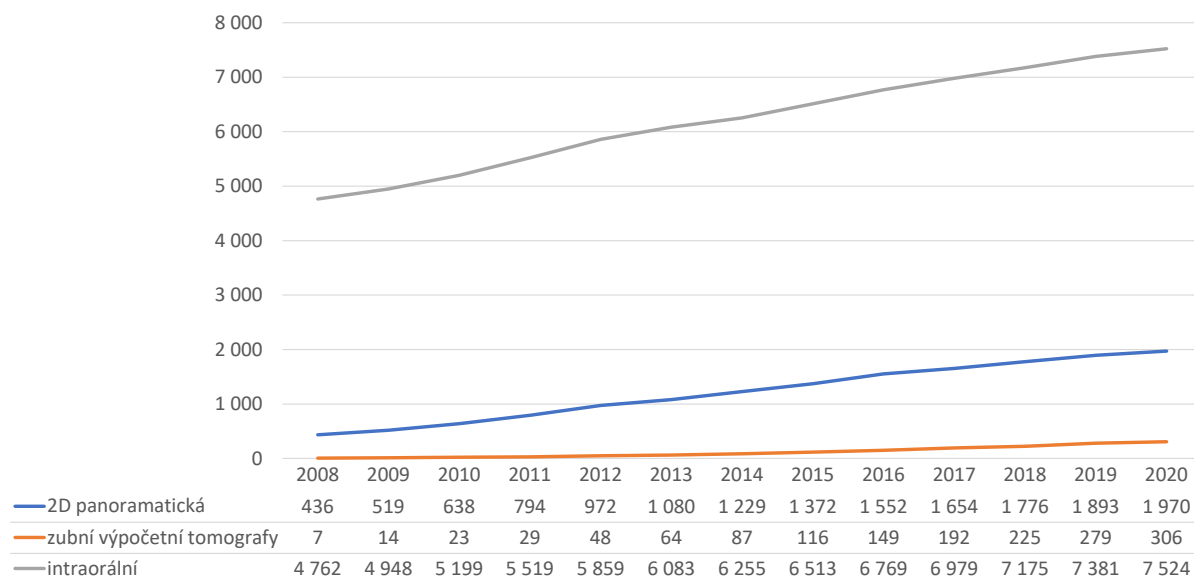
Součástí státních evidencí vedených SÚJB jsou rovněž informace o přístrojovém vybavení pracovišť se zdroji ionizujícího záření. SÚJB pravidelně zveřejňuje počty různých typů používaných zdrojů ionizujícího záření ve své výroční zprávě. Vzhledem k obecné povaze výroční zprávy jsou tyto počty zdrojů určitým způsobem nepřesné, není prováděno detailnější šetření statutu jednotlivých zdrojů ionizujícího záření, zejména co se týká toho, zda je zdroj aktivně používán. Pro účely této publikace a pro účely pravidelného hlášení pro UNSCEAR provedl SÚJB detailnější analýzu používání jednotlivých zdrojů. Počty odlišných typů zdrojů v různých letech uváděných ve výročních zprávách SÚJB a v této brožurě se mohou mírně lišit. Další zpřesňování počtu jednotlivých typů zdrojů, a to i zpětně do minulosti, se může promítnout i do příštích vydání této brožury. V následujících dvou grafech (graf č. 20 a č. 21) jsou uvedeny trendy v počtech rentgenových zařízení aktivně používaných mezi lety 2008-2020.

Graf č. 20: Přístrojové vybavení, vývoj v letech 2008 - 2020



Pokles počtu stacionárních skiaskopických rentgenových zařízení a nárůst počtu výpočetních tomografů odpovídá trendu nahrazování skiaskopických vyšetření CT vyšetřeními na moderních zařízeních s daleko širším využitím a diagnostickou výtěžností. Zřetelný je nárůst počtu skiaskopických pojízdných zařízení, tzv. C-ramen (rostoucí potřeba vyšetření na operačních sálech) a kompletů pro intervenční radiologii v důsledku zavádění nových intervenčních a kardiologických výkonů. Počty mamografických přístrojů v posledních 10 letech spíše klesaly, jsou kladeny vyšší požadavky na kvalitu vyšetření a na technické parametry přístrojů a přístrojová kapacita pro mamografický screening je zřejmě vyhovující.

Graf č. 21: Vývoj počtu zubních rentgenových zařízení



V této kategorii – zubní rentgenová zařízení – je patrný výrazný nárůst počtu všech přístrojů. Počet intraorálních rtg zařízení v letech 2008 - 2020 narostl o více než 50%. Počet zubních panoramatických rtg zařízení vzrostl pětinasobně. U zubních výpočetních tomografií je zřejmé, že se jedná o techniku, která se v prvním desetiletí 21. století v podstatě v klinické praxi nevyskytovala, zatímco v průběhu druhého desetiletí došlo k jejímu velkému rozmachu. Zvyšující počet rentgenových přístrojů se promítl i do navýšení vyšetření v zubní radiodiagnostice (viz graf č. 10).

Další dvě kapitoly (Nukleární medicína a radioterapie) jsou zpravovány jen obecně, bez statistických výstupů. Tato část bude doplněna v dalším vydání této zprávy.

B. NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA

Nukleární medicína je lékařský obor, který používá radioizotopy k diagnostice a terapii. Patří mezi neinvazivní diagnostické metody. Na rozdíl od diagnostické radiologie, která zkoumá zejména anatomické struktury, nukleární medicína umožňuje získávat i funkční informace o orgánech či metabolismu. Diagnostika v této oblasti pomáhá stanovení rozsahu onemocnění či jeho progresu i v časném stadiu, čímž se výrazně zlepšuje prognóza pacienta. Nukleární medicína je užitečná v zobrazování fyziologických funkcí, ovšem zobrazení anatomických detailů je při použití této techniky omezené. V nukleární medicíně se dá měřit vylučovací funkce ledvin, schopnost koncentrace jódu ve štítné žláze, proudění krve do srdce atd.

Metoda SPECT (jednofotonová emisní výpočetní tomografie): Nejčastěji používanými radioizotopy jsou ^{99m}Tc -Technecium, ^{131}I -Jód a ^{201}Tl -Thalium. Použitím této techniky se běžně hodnotí srdce, plíce, štítná žláza, játra, žlučník a kostra. Hlavním zobrazovacím přístrojem je tzv. gama kamera. Ta detekuje gama záření aplikovaného radiofarmaka v pacientovi a zobrazí ho na snímku. Počítač zpracuje informaci do podoby snímku osobního, věncovitého/koronárního či předozadního/sagitálního. Ve výsledku tak lékař může např. rozlišit oblasti ve svalovině srdce, které jsou špatně zásobené kyslíkem a přestávají správně pracovat, nebo ložiska v kosti, kde se buňky zvýšeně dělí. SPECT se využívá především v kardiologii (například k vyloučení nebo potvrzení diagnózy ischemické choroby srdeční), neurologii (vyšetření prokrvení mozku k lokalizaci postižených míst při Alzheimerově či Parkinsonově chorobě) nebo onkologii (k lokalizaci nádorů), ale také k lokalizaci zánětu nebo poraněných kloubů po úraze. K dosažení přesnější analýzy se může zobrazení pomocí radiofarmaka spojit s CT zobrazením a to tak, že se fyziologické informace ze SPECT překryjí s CT anatomickým zobrazením.

Zobrazování PET (pozitronová emisní tomografie): Do těla pacienta se vstříkne radioaktivní, biologicky aktivní látka (nejčastěji ^{18}F -Fluor, který bývá vázán jako fluorodeoxyglukóza). Radioaktivní látka produkuje pozitrony, které v pacientovi zreagují s elektrony a vytvoří pár fotonů o konkrétní energii, které současně letí opačnými směry. Zařízení detekuje tyto dvojice emitovaných fotonů a díky tomu dokáže vytvořit multiplanární zobrazení orgánů. Metabolicky aktivnější tkáň (např. rakovina) soustřeďují aktivní látku více než tkáň ostatní. Zobrazování PET se rovněž může kombinovat se zobrazením pomocí CT pro větší přesnost diagnózy.

C. RADIAČNÍ ONKOLOGIE

Radioterapie je metoda používaná především k léčbě zhoubných nádorů ionizujícím zářením, uplatňuje se však i v případě léčby některých nenádorových onemocnění (ostruha, tenisový loket, artrózy). Je neodmyslitelnou součástí moderní onkologické léčby. Asi 50 % onkologických pacientů ji v průběhu léčby absolvuje buď s cílem kurativním (dosažení vyléčení nádoru) nebo paliativním (zmírnění obtíží nádorem způsobených). Její úspěšnost je u lokalizovaného onemocnění (onemocnění, které se nerozšířilo do dalších tkání) značně vysoká.

Zdroj záření se může nacházet mimo tělo pacienta (teleterapie), nebo je umístěn na kožním povrchu, či zaveden do tělesných dutin nebo do tkání přímo do oblasti nádoru nebo dutin, které s ním souvisejí (brachyterapie). Při radioterapii je využíváno elektromagnetické záření (gama záření nebo rentgenové záření) nebo záření korpuskulární (částicové – nejčastěji urychlené elektory, nebo protony). Předpokladem úspěšné léčby je přesná aplikace dostatečně účinné dávky záření do léčeného objemu za současné minimalizace dávky záření do okolních zdravých tkání.

1. ZEVNÍ (EXTERNÍ) RADIOTERAPIE

Při zevním ozařování je zdroj záření mimo tělo pacienta, ozařuje se zpravidla ze vzdálenosti několika desítek centimetrů. Pro ozařování se obecně používají urychlovače částic (nejčastěji lineární urychlovače), radioterapeutické rentgenové ozařovače, nebo radionuklidové ozařovače. U některých moderních radioterapií je výhodou možnost volby různé energie záření podle uložení nádoru. Čím vyšší je energie záření, tím větší je průnik záření do hloubky. Pro pacienta je nesmírně důležité, aby ozáření nádoru bylo provedeno s minimálním ozářením okolních zdravých tkání. Čím méně zdravé tkáně je ozářeno, tím jsou menší nežádoucí účinky léčby.

LINEÁRNÍ URYCHLOVAČE

Standardem moderní radioterapie jsou lineární urychlovače. Lineární urychlovače produkují vysokoenergetický svazek elektronů nebo fotonů, který vzniká po následném prudkém zabrzdění urychlených elektronů (brzděné záření s vysokou energií fotonů). Hlavice lineárního urychlovače může rotovat o 360 stupňů kolem pacienta. Nádor je tak ozařován z více úhlů, dávka záření se sčítá v nádoru a snižuje se dávka na zdravé orgány. Moderní generace urychlovačů umožňuje zvýšení přesnosti zaměření terapeutických svazků záření do cílového objemu pacienta, výrazné zkrácení ozařovacího času (a tím snížení nepřesností způsobených pohyby orgánů v průběhu ozáření), dále zavádění nových ozařovacích technik a synchronizaci průběhu ozařování s dýchacími pohyby pacienta. Mezi současné moderní techniky radioterapie patří např. radioterapie řízená obrazem (Image Guided Radiotherapy – IGRT), radioterapie s modulovanou intenzitou svazku (Intensity Modulated Radiation Therapy – IMRT), rotační radioterapie s modulovanou intenzitou svazku (Volumetric Modulated Arc Therapy – VMAT), simultánní integrovaný boost (SIB), ozařování v nádechu, stereotaktická radioterapie/radiochirurgie.

CYBERKNIFE – KYBERNETICKÝ NŮŽ

Je robotický ozařovač, který funguje na podobném principu jako Leksellův gama nůž. Jedná se o lineární urychlovač speciálně uzpůsobený pro účely stereotaktické radioterapie, který je umístěn na robotickém rameni. Pomocí něho se svazek vysílá z velmi tenkých paprsků z velkého počtu pozic kolem pacienta. Ozařované místo i robotické rameno jsou nepřetržitě monitorovány a kontrolovány počítačem. Systém umí sledovat pozici nádoru během ozařování, takže reaguje na sebemenší pacientovy pohyby tak, aby nedošlo k poškození zdravé tkáně a záření bylo zacíleno pouze na nádor. Jeho software sleduje pohyblivý cíl nádoru například v plících nebo játrech a dokáže směr ozařování tomuto pohybu přizpůsobit s extrémní přesností. Tím se podstatně rozšiřují možnosti použití v oblasti léčby malých nádorů v blízkosti životně důležitých struktur.

TOMOTERAPIE

Tento přístroj kombinuje spirální fotonový urychlovač a spirální CT počítačový tomograf. Díky této kombinaci lze provést přesné zacílení terapeutického svazku záření přesně na místa s nádorovými ložisky i u extrémně tvarově složitých karcinomů. Spirální metoda poskytuje optimální distribuci ionizujícího záření do objemu nádoru a eliminuje také přesah záření na okolní orgány, čímž významně snižuje dávku do okolních zdravých tkání. Z tohoto důvodu se tomoterapie nejčastěji využívá při léčbě nádorů v blízkosti životně důležitých struktur nebo v oblastech, kde je riziko trvalého poškození okolních zdravých orgánů (např. nádory hlavy a krku, mozku a míchy, plíc a nádory prostaty). Další výhodou tomoterapie je možnost ozařování vícečetných nádorových ložisek a metastáz během jednoho ozařovacího procesu a to dokonce s různou intenzitou záření. Vzhledem k tomu, že při každé terapii je pacientovo tělo podrobováno CT skenu, umožňuje tato léčebná metoda i okamžité změny ozařovacího plánu přesně podle aktuálního vývoje onemocnění.

PROTONOVÁ TERAPIE

Cyklotronem lze urychlovat těžké nabitě částice (např. protony, deuterony, částice alfa,...). Urychlování protonů se využívá v protonové terapii. Hlavní výhodou protonové terapie by mělo být přesnější zacílení předávané energie do ozařovaného cílového objemu, menší poškození okolní zdravé tkáně a tím i menší riziko vzniku nežádoucích vedlejších účinků. To dovoluje použití větší dávky záření do cílového objemu, a tím zvýšení pravděpodobnosti zničení nádoru. Uvedené výhody se mohou nejvíce projevit při ozařování nádorů v blízkosti citlivých struktur (např. u nádorů mozku, krku, očí, slinivky břišní, jater nebo prostaty).

LEKSELLŮV GAMA NŮŽ

Leksellův gama nůž je lékařský přístroj, který se využívá ve stereotaktické radiochirurgii k ozařování dostatečně ohraničených nádorů v hlavě.

Úzké svazky gama záření z mnoha kobaltových zdrojů (přístroj používaný v ČR má celkem 192 zdrojů) jsou vedeny z různých směrů do jednoho společného ohniska, ve kterém je docíleno maximální absorbované dávky. Do tohoto ohniska je umístěn cílový objem. Zatímco dávka záření od jednotlivého kobaltového zdroje je relativně malá, v ohnisku, kde se svazky protínají, se tyto dávky sčítají. Dávka v ohnisku je proto vysoká a vyvolává v živé tkáni žádoucí biologickou odpověď, ale dávka vyvolaná jednotlivým paprskem významnou odpověď nevyvolá. Mimo ohnisko dávka do okolí strmě klesá, okolní zdravá tkáň je tak významně šetřena.

RADIOTERAPEUTICKÉ RENTGENOVÉ OZAŘOVAČE

Tyto přístroje se používají k léčbě kožních nádorů, paliativnímu ozařování například kostních metastáz a léčbě nenádorových onemocnění, jako jsou zánětlivé procesy pohybového aparátu.

RADIONUKLIDOVÉ KOBALTOVÉ OZAŘOVAČE

V dnešní době se v ČR jedná v podstatě o opuštěnou techniku, která se používá výhradně při paliativní a nenádorové radioterapii.

2. VNIŘNÍ RADIOTERAPIE – BRACHYTERAPIE

Brachyterapie je charakterizována vysokými dávkami záření přímo v oblasti nádoru a rychlým poklesem dávky do okolí. Zdroj záření (nejčastěji radionuklid ¹⁹²Iridium) je zaveden do těsné blízkosti ložiska nebo přímo do orgánu či tkáně s nádorem. To umožňuje ve srovnání se zevní radioterapií lokálně aplikovat větší dávku v kratším čase přímo v oblasti nádoru. Hlavním smyslem této léčby je možnost zvýšení dávky v nádoru nebo jeho lůžku bez závažnějšího ozáření okolních zdravých tkání a orgánů. K aplikaci radionuklidových zdrojů se používá automatický afterloadingový přístroj, který je řízen počítačem a ovládán dálkově. Do oblasti nádoru se nejprve zavede aplikátor, do naplánovaných pozic se následně automaticky vysunou makety zdrojů, po rentgenové kontrole jejich správné pozice se použije vlastní radioaktivní zdroj. Samotné ozáření pak trvá jen několik minut.

Brachyterapie se nejčastěji využívá k léčbě gynekologických nádorů (děložního čípku, dělohy, zevních rodidel), k léčbě nádorů zažívacího traktu (jícnu, žlučových cest, konečníku), je významnou léčebnou metodou u nádorů prsu a dutiny ústní. Používá se rovněž ke zmírnění obtíží způsobených nádorovým zúžením průdušek, v posledních letech pak i k léčbě nádorů prostaty. V současné době lze léčbu provést velmi rychle a po ambulantním zákroku může jít pacient domů.

Poznámky:



HODNOCENÍ LÉKAŘSKÉHO OZÁŘENÍ



STÁTNÍ ÚŘAD
PRO JADERNOU
BEZPEČNOST