

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Patricie Pindrochová

Zobrazovací metody u těhotných a kojících žen

Bakalářská práce

Vedoucí práce – doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D., MBA

Olomouc 2022

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jen uvedené bibliografické a elektronické zdroje.

V Olomouci dne 28. dubna 2022

podpis

Mé poděkování patří doc. MUDr. Jaroslavu Vomáčkovi, Ph.D., MBA, za cenné rady, věcné poznámky a čas, který mi ochotně věnoval.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Bakalářská práce

Téma práce: Zobrazovací metody a jejich rizika u těhotných a kojících žen

Název práce: Zobrazovací metody u těhotných a kojících žen

Název práce v AJ: Imaging methods of pregnant and breast-feeding women

Datum zadání: 2021-11-30

Datum odevzdání: 2022-04-28

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta zdravotnických věd

Ústav radiologických metod

Autor práce: Pindrochová Patricie

Vedoucí práce: doc. MUDr. Jaroslav Vomáčka, Ph.D., MBA

Oponent práce: MUDr. Lucia Veverková, Ph.D.

Abstrakt v ČJ:

Bakalářská práce je zaměřena na gravidní a kojící ženy v zobrazovacích metodách. První kapitola se věnuje charakteristice ionizujícího záření a jeho účinkům na plod. Následující kapitola se zabývá radiační ochranou nejen těhotné a kojící pacientky, ale i radiologického asistenta. Ve třetí a čtvrté kapitole se dostáváme ke konkrétním zobrazovacím metodám a jejich problematice. V první zmíněné jsou popsány zobrazovací metody využívající ionizující záření. V poslední kapitole, pak zobrazovací přístroje nevyužívající ionizující záření. V poslední dvou kapitolách dále popisují návaznost vyšetření a spolupráci mezi jednotlivými pracovišti. V souvislosti s tímto tématem je také doplněno legislativní opatření.

Abstrakt v AJ:

The bachelor's thesis focuses on pregnant and breast-feeding women in imaging methods. The first chapter deals with the characteristics of ionizing radiation and its effects on the fetus. The following chapter deals with radiation protection not only of a pregnant and breast-feeding patient, but also of a radiological assistant. In the third and fourth chapters, we come to specific

imaging methods and their issues. In the first mentioned are described imaging methods using ionizing radiation. In the last chapter, then imaging instruments not using ionizing radiation. In the last two chapters, I further describe the follow-up of examinations and cooperation between individual workplaces. A legislative measure is also added in relation to this issue.

Klíčová slova v ČJ: gravidita, prenatální diagnostika, plod, ionizující záření, dávka záření.

Klíčová slova v AJ: gravidity, prenatal diagnostics, fetus, ionizing radiation, radiation dose

Rozsah: 38 stran/ 5 příloh

OBSAH

ÚVOD	7
REŠERŠNÍ ČINNOST	8
1 IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ A JEHO ÚČINKY	9
1.1 Charakteristika ionizujícího záření	9
1.2 Deterministické účinky	11
1.3 Stochastické účinky	13
1.4 Lékařské ozáření	14
2 PRINCIP RADIAČNÍ OCHRANY.....	15
3 ROLE ZOBRAZOVACÍCH METOD VYUŽÍVAJÍCÍ IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ	20
3.1 Digitální radiografie.....	20
3.2 Výpočetní tomografie.....	20
3.3 Intervenční radiologie.....	24
3.4 Mammologie.....	26
4 OSTATNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY VYUŽÍVANÝ U GRAVIDNÍCH A KOJÍCÍCH ŽEN.....	27
4.1 Ultrasonografie.....	27
4.2 Magnetická rezonance.....	28
REFERENČNÍ SEZNAM	31
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	34
SEZNAM PŘÍLOH.....	36

ÚVOD

S dynamickým vývojem zobrazovacích metod můžeme gravidním pacientkám nabídnout různé možnosti a vymoženosti přístrojové techniky. Stále více gravidních i kojících žen má obavy a strach vystavit plod ionizujícímu záření. U některých převládají tyto pocity i u přístrojů, které nevyužívají zdroje ionizujícího záření, tj. magnetická rezonance, ultrazvuk. Hlavním důvodem, proč těchto pocitů nabývají, je špatné povědomí o této problematice. Společnost není dostatečně vzdělaná v této oblasti a žije v mýtech, které se často předávají z generace na generaci. Vede k tomu neznalost vývoje samotných přístrojů. Současné technologie jsou na mnohem vyšší úrovni než v 90. letech 20. století. Sociální sítě mohou negativně ovlivňovat pocity u matky také. Existují internetové skupiny, kde se daná problematika probírá a matky píšou své zkušenosti, které ovšem nemusí být vždy pravdivé. Nastávající matku tyto informace mohou vyděsit a ta na vyšetření přichází s pocitem úzkosti. Těhotné pacientky by měl erudovaný lékařský a zdravotnický personál detailně poučit o rizicích, které plynou z vystavení ionizujícímu záření, a o možnosti využití kontrastních látek, vystavení se magnetickému poli, ultrazvuku či radiofarmakům. Jestliže nastávající matce bude vše detailně vysvětleno,lepší se tím její psychický stav. Nevyhneme se ale ani setkání se ženami, které bagatelizují účinky ionizujícího záření na plod a neuvědomují si jeho možné dopady. Bohužel se setkáme i s případy, kdy matka zatají své těhotenství. Pokud gravidní pacientce je indikováno lékařské ozáření, je pak vždy vybíráno pečlivě se zvážením všech rizik a benefitů. Lékaři vždy dávají přednost zobrazovacím metodám bez ionizujícího záření. Radiologický asistent by měl dbát na správnou proveditelnost vyšetření a řídit se radiologickými standardy a radiační ochranou. Téma této bakalářské práce jsem si vybrala z důvodu neznalosti účinků ionizujícího záření na gravidní a kojící ženy v laické veřejnosti. Tato práce by měla objektivně posoudit výhody a nevýhody zobrazovacích metod. A také se zaměřit na aktuální dění v oboru radiodiagnostiky a okrajově nukleární medicíny v zobrazování gravidních a kojících žen.

Cíle bakalářské práce:

1. Objasnit rizika spojená s ionizujícím zářením u žen v graviditě a kojících žen.
2. Zhodnotit vyšetření pomocí zobrazovacích metod u těhotných a kojících žen.
3. Objasnit problematiku nežádoucích účinků ionizujícího záření.

REŠERŠNÍ ČINNOST

V této bakalářské práci byly výhradně použity validní a aktuální zdroje k tématu zobrazovací metody u těhotných a kojících žen. V první fázi byly využity knihy z Vědecké knihovny Olomouc a také z Městské knihovny Orlová. Celkem bylo využito deset publikací v českém jazyce. Další fáze byla zaměřena na elektronické databáze, a to konkrétně na EBSCO a Science Direct, ve kterých byly citovány odborné vědecké články publikované v předchozích deseti letech. Vědecké články byly vyhledány v českém a anglickém jazyce. Hlavní klíčová slova jsou gravidita, prenatální diagnostika, plod, ionizující záření, dávka záření. V českém jazyce byly vyhledány dva články, z toho byl jeden použit. V anglickém jazyce bylo nalezeno dvě stě tři článků a využito jich bylo třináct. V poslední fázi byly použity dva online informační zdroje.

1 IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ A JEHO ÚČINKY

1.1 Charakteristika ionizujícího záření

Objevitelem paprsků X v roce 1895 je německý fyzik Wilhelm Konrád Röntgen. Paprsek byl objeven při pokusech na katodových trubicích a W. K. Röntgen ho popsal ve svém díle „O novém druhu záření“. Svůj objev si nenechal patentovat, a tak se dá říct, že jej daroval lidstvu. V roce 1901 obdržel Nobelovu cenu za fyziku (Vomáčka, 2015, s. 1).

Ionizující záření má velmi krátké vlnové délky a je elektromagnetické (fotonové). V lékařském ozáření používáme ionizující záření o vlnových délkách mezi 5-100 pm. Toto odpovídá energii fotonů v rozmezí 10–200 keV. Pro srovnání, světelné záření má o mnoho delší vlnovou délku a 4 - 5x nižší energii. (Švec, 2014, s. 115) Můžeme rozdělit na 1. přímo ionizující záření – částice mají dostatečnou kinetickou energii a vyvolávají tak ionizaci. Je tvořeno nabitými částicemi, jako jsou protony, elektrony, pozitrony, částice alfa a beta. 2. nepřímo ionizující záření – částice samy o sobě neionizují. Ionizace nastává až při interakci s přímo ionizujícím zářením se vytváří sekundární ionizace z těchto přímo ionizujících částic. Částice, které samy o sobě neionizují, jsou fotony a neutrony. V praxi jsou zdroje ionizujícího záření lineární urychlovače, rentgenka, radionuklidy (Sochorová, 2011, s. 56).

Následující vlastnosti jsou v medicínské praxi důležité a příznivé.

1. Záření, které má přímočaré šíření, a jeho fluence klesá se čtvercem vzdálenosti.
2. Pronikavost neprůhlednými látkami. Tato vlastnost závisí na absorpci materiálu. Energie záření je také rozhodující.
3. Tloušťka vrstvy, hustota a protonové číslo prvků prozařované látky jsou vlastnosti ovlivňující absorpci. RTG obraz využívá tzv. diferenciované absorpce.
4. Pokud RTG záření dopadne na určité materiály, může nastat viditelné záření – luminiscenční účinek.
5. Fotochemický účinek vytváří pomocí RTG záření latentní obraz v citlivé vrstvě filmového materiálu.

Nepříznivé vlastnosti RTG záření

1. Ionizační a excitační účinky – RTG záření může při průchodu látkovým prostředím za podmínky, že je energie dostatečná, vytvářet iontové páry nebo uvést atom do excitovaného stavu.
2. Biologické účinky, které jsou spojené s excitačními a ionizačními účinky.
3. Převážně Comptonův rozptyl snižuje kontrast zobrazení tzv. rozptyl záření.

Brzdné záření

Z teorie elektromagnetického pole vyplývá, že pokud elektrický náboj pohybující se zrychleně v elektrickém poli, pak je jeho energie vyzařena ve formě elektromagnetického záření. Napětí mezi katodou a anodou je nepostradatelné pro urychlení elektronů emitovaných z katody rentgenky, které dopadají na povrch anody. Elektronův pohyb v elektrických polích atomových jader materiálu anody směr svého pohybu a dochází k zbrzdění. Ztracená kinetická energie způsobená zbrzděním elektronu se přemění z 99 % na teplo a z 1 % na elektromagnetické záření, tj. brzdné RTG záření. S atomovým číslem materiálu anody a s energií elektronů roste příkon fluence energie (Švec, 2014, s. 118).

Charakteristické záření

Emitované elektrony z katody jsou urychlené anodovým napětím na dostatečnou energii. Může z některých elektronů vyrazit na vnitřní dráze elektronového obalu atomu materiálu anody. Uvolněné místo je zaplněno elektronem z vyšší elektronové dráhy obalu. Energetický rozdíl se vyzáří ve formě fotonů RTG záření. K zvýšení energie dochází s protonovým číslem materiálu anody (Švec, 2014, s. 121).

Záření alfa

Tvoří ho jádra helia tzv. heliony. Částice mají dva elementární kladné náboje. Rozmezí energie je mezi 4 MeV a 9 MeV. Alfa částice při průchodu prostředím interagují s atomy a vytvářejí kladné a záporné částice, a to způsobí ionizaci. Spektrum je zde čárové (Švec, 2014, s. 57).

Záření beta

Na rozdíl od přírodních radionuklidů, kde mohou emitovat pouze elektrony, umělé radionuklidy dovoluují emitovat jak pozitrony, tak elektrony. Jelikož je pro toto záření typické

spojité spektrum, mají částice pro daný radionuklid energii od nula po určitou mez danou konkrétním radionuklidem (Švec, 2014, s. 59).

Záření gama

Je známe svojí krátkou vlnovou délkou 10^{-11} – 10^{-13} m. Vznik záření je dvěma způsoby, buď jadernými reakcemi, nebo radioaktivním rozpadem, kdy jádro přechází z excitovaného stavu do základního, a tímto se zbavuje svojí energie. Energetické spektrum je čárové. Klidová hmotnost je nulová, a to samé platí i u náboje gama. Rychlost gama záření ve vakuu se rovná elektromagnetického vlnění ve vakuu. Při průchodu hmotným prostředím dochází k těmto třem jevům – fotoefekt, Comptonův rozptyl, tvorba páru elektron – pozitron (Švec, 2014, s. 64-65).

Neutronové záření

Neutrony jsou částice, které nemají elektrický náboj. Vznikají při spontánním štěpení atomů a jaderných reakcích. Spektrum je většinou spojité. Chování neutronů určuje jejich energie. Využíváme hlavně dva procesy, a to pružný rozptyl a radiační záchyt (Švec, 2014, s. 66).

Tvorba páru elektron – pozitron

Foton, který pronikne do blízkosti jádra, se za určitých podmínek může přeměnit na elektronový pár elektron – pozitron. Energetický práh je 1,02 MeV. Tato interakce se však v medicíně nevyužívá. Pozitron se pak dále spojí po velmi krátké dráze s libovolným elektronem a dojde k anihilaci, při níž vznikají dva fotony, z nichž každý má energii 0,51 MeV. Od místa vzniku se pohybují opačným směrem. Místo vzniku určíme při současně registraci fotonů např. na detektor (Švec, 2014, s. 127).

1.2 Deterministické účinky

Deterministické účinky mají několik charakteristik, jak se mohou projevovat. První z nich je překročení dávkového limitu, kdy každá tkáň má různý práh limitu. Čím je nadprahová dávka vyšší, tím stoupá poškození ve větším rozsahu. Může dojít až k nekróze tkáně. U jednotlivých jedinců můžeme pozorovat zvýšený práh na dávku. Buňky či tkáně jsou schopny reparace v poměrně krátké době, pokud není příliš vysoká dávka v oblasti maxima pro danou oblast. Mezi nejčastější projevy deterministických účinků patří akutní nemoc z ozáření, kterou jsme plošně mohli zaznamenat v roce 1945 při jaderné události, kde explodovaly jaderné pumy. Projevy akutní nemoci z ozáření se objevují po jednorázovém ozáření, které nemusí být nutně způsobeno vnějšími zdroji, tak jako ve zmiňovaném Japonsku. Ozáření může být způsobeno i vnitřními zdroji či kombinací zdrojů vnitřních a vnějších. Pokud nedojde k okamžité smrti, má

akutní nemoc z ozáření několik fází. Ty se s rostoucím ozářením různě zkracují nebo navzájem splývají, tj. časné příznaky, latence, rozvinuté příznaky, rekonvalescence. Z vnějšího zdroje poškození je nejvíce postižená kůže. Projevuje se akutně v lokálním poškození. Má několik stupňů. První stupeň neboli erytematózní dermatitis, který se objevuje po dávce 2-4 Gy. Mezi 2-4 týdnem je tzv. bezpříznaková latence. Projevy jsou zarudnutí a exsudace (zánětlivá) v koriu. Deskvamativní dermatitis je známkou druhého stupně. Objevuje se časný erytrém, pozorovat ho můžeme po pár hodinách ozáření. Nejpozději však do dvou dnů, pokud bylo tělo vystaveno dávce zhruba 20 Gy. Jedná se o rozšířené kapiláry, jelikož látka způsobující rozšíření je podobná histaminu. To pak celé může přecházet do pozdního erytrému, u kterého vznikají puchýře a prosáknutí hlubších vrstev kůže. K nejtěžšímu třetímu stupni řadíme nekrotickou formu dermatitidy, dávky jsou nad 50 Gy. Pozorujeme vředy a změny v cévním systému, které zapříčiňují špatné hojení v místě výskytu vředu (Koranda, 2017, s. 40-42).

Katarakta se objevuje při usmrcení většího počtu buněk v oční čočce. Buňky se zde hromadí, jelikož se přirozeně neodstraňují. Katarakta se může projevit při jednorázových dávkách od 2 Gy a výš. Může se však začít objevovat už při dávce 0,5 Gy. U frakcionovaného ozáření je velikost dávkového prahu 5 Gy. Musíme však brát na vědomí, že katarakta se může rozvinout až po několika desítkách let. Neplodnost se vyskytuje jak u mužů, tak u žen. U mužů dochází k úbytku spermií nebo úplnému vymizení. U žen se v důsledku ionizujícího záření poškozují nezralá vajíčka. Z důvodu věku pacientů, jak u mužů, tak i u žen, upravujeme velikost dávky. Čím vyšší věk pacienta, tím nižší dávka. Je to z toho důvodu, že vajíčka a spermie mohou vyskytovat v nižším počtu než u mladého člověka (Sukupová, 2014, s. 178-179).

Deterministické účinky na plod

Před ozářením musíme brát v potaz staří plodu (lat. fetus) a v jaké fázi se plod nachází. Radiosenzitivita se v různých obdobích těhotenství liší. Fetus je velice citlivý v preimplantační fázi (0.-2. týden těhotenství). V této fázi může dojít i k usmrcení plodu, pokud je dávka vysoká. Samozřejmě plod se může vyvíjet i dál bez patologie způsobené ionizačním zářením. V období organogeneze tj. 3.-8. týden gravidity je plod nejcitlivější. Mohou zde vznikat poruchy centrální nervové soustavy ve formě malformací. Mentální retardace, mikrocefalie nebo malformace, které nejsou cefalické, se objevují v 9.-15. týdnu. Dávka 1 Gy může způsobit mentální retardaci zhruba u 40-50 % plodů. Z toho vyplývá, že může dojít k poklesu inteligenčního koeficientu o 20-30 bodů. V 16.-25. týdnu gravidity je fetus méně citlivý, a proto stejná dávka, tedy 1 Gy, nezpůsobuje takové patologie jako ve druhém trimestru. Mentální retardace se vyskytuje o 3/4

méně než v minulosti a také inteligenční kvocient klesá o 10–20 bodů (Sukupová, 2014, s. 185-186).

Z hlediska prahových dávek vyplývá, že pro nenarozené dítě jsou dávky pod 50 mGy zanedbatelné. K zvýšení orgánových malformací a rakoviny v dětském věku může dojít u dávky 100mGy a projevuje se takto u 1 %. Mezinárodní komise pro radiační ochranu nedokazuje měřitelné zvýšení rizika prenatálního, nebo postnatálního vývoje, či malformací nebo špatného duševního vývoje ve srovnání se základním výskytem těchto subjektů. Pokud jsou vyšetření provedena nejsprávnějším způsobem a diagnostikou. Dle předpokladu můžeme usoudit, že celoživotní riziko rakoviny je po expozici in utero stejné jako po ozáření v raném věku (Paola, 2019, s. 741).

1.3 Stochastické účinky

Můžeme je také nazvat bezprahovými, to znamená, že nezáleží na velikosti dávky, ale je zde větší pravděpodobnost patologické změny s rostoucí dávkou. Ovšem účinky se s rostoucí dávkou nestupňují. Nemůžeme říct jistě, zda se stochastický účinek u jedince projeví. A nelze také rozeznat, zda je nádor či jiná malignita z ozáření, jelikož ji nerozlišíme od jiných malignit populace, která není ozářená (Koranda, 2017, s. 43).

Podstatou poškození u stochastických účinků je poškození DNA buňky. Pokud se dostane DNA buňka do interakce se zářením, nastávají tzv. zlomy v DNA šroubovici. Dělíme je na pět druhů., a to na zlomy jednoduché, které jsou pouze na jednom ze dvou řetězců DNA, zlomy na obou řetězcích DNA, poškození báze DNA, DNA cross – linky a denaturace lokálního charakteru DNA. Tyto druhy se mohou mezi sebou volně kombinovat, zároveň ale nemusí. 1-2 Gy dávky způsobuje 1000 poškozených bází a jednoduchých zlomů a přibližně 40 dvojitých zlomů. Buňka je z 99,999 % vybavena ochrannými mechanismy, jako jsou protoonkogeny a tumor – supresorovými geny. Ovšem ne vše může být opraveno. Tyto nereparované zlomy jsou nadále v buňce, mohou se projevit nebo také ne. Nedochozí pouze k poškození DNA, ale i proteinů a lipidů, sice jen v menším měřítku a výhoda je v tom že tyto struktury jsou obsaženy v mnoha kopiích (Sukupová, 2014, s. 179-180).

Stochastické účinky na plod

Stále neexistuje žádný důkaz, který by potvrdil, že záření je mutagen, který má na svědomí mutace lidských zárodečných buněk. Pouze se prokázalo na studiích na zvířatech, že mají vlivem ozařování, a to pouze nízkou dávkou, genomovou nestabilitu. Předpokládá se, že se jedná o epigenetický jev. Děti, které byly vystaveny záření v Hirošimě a Nagasaki,

neprokazují po 62 letech pozorování žádné účinky na zdraví způsobené ionizujícím zářením (Abalo,2020, s. 51). Ovšem i tak vyšly studie, které vyjadřují číselnou pravděpodobnost na propuknutí patologických změn na ozařovaném plodu v budoucnosti. Relativní poměr rizika (RR) u všech druhů rakovin je 1,5 až 2,4¹⁶⁻¹⁸. Národní rada pro radiologickou ochranu přijala odhadované dodatečné riziko (EAR) jako koeficient pro výskyt rakoviny v rámci 15 let po ozařování nízkou dávkou in utero 0,006 % na mGy ve srovnání s rizikem 0,0018 % na mGy pro podanou dávku těsně po narození (Lowe, 2019, s. 1153).

1.4. Lékařské ozáření

Původně bylo výhradně definováno pro pacienty, kteří jsou vystavováni ionizujícímu záření v rámci lékařské péče. V současnosti máme zákon č. 263/2016 Sb., který má ve svém obsahu i ozáření pracovníků, kteří jsou v kontaktu s ionizujícím zářením. Dále se vztahuje k osobám, které asistují u fyzických osob podstupující lékařské ozáření. Osoby, které se dobrovolně účastní lékařského ozáření, a to z důvodu ověřování nezavedené metody s lékařským ozářením. Lékařské ozáření prochází optimalizací a do české legislativy byl vložen požadavek Evropské unie, a to zákon č. 263/2016 Sb. a vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB) č. 422/2016 Sb. Hlavní je aplikace zákona a vyhlášek do praxe: kvalifikace personálu, dodržování radiologických postupů a technická úroveň radiologických přístrojů. Kontrolu výše zmíněných provádí SÚJB. Indikující lékař či aplikující odborník musí uvážit všechna možná rizika a přínosy z dostupných zobrazovacích metod, podívat se do zdravotní dokumentace pacienta, zda v minulosti byl vystaven ionizujícímu záření. U žen v reprodukčním věku musí dát do zdravotní dokumentace, zdali je žena potencionálně gravidní či kojící. Indikující lékař by si měl odpovědět na otázky týkající se skutečné potřeby vyšetření, vhodné doby pro provedení vyšetření, zdali vyšetření nebylo provedeno v jiné nemocnici či zdravotnickém zařízení, a pokud ano, tak vyžádat si jeho popis. Vyšetření, které lékař indikuje, je pro obě strany to nejlepší, a pokud ne, je potřeba konzultace s radiologem (Heřman, 2014, s. 12). „*Vhodné indikace k provedení vyšetření pomocí zobrazovacích metod jsou uvedeny v dokumentu „Indikační kritéria pro zobrazovací metody“ (Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky 2003, částka 11)*“ (Heřman, 2014, s. 12).

2 PRINCIP RADIAČNÍ OCHRANY

Základní principy a limity

Radiační ochrana má za cíl vyloučit deterministické účinky a zmenšit pravděpodobnost stochastických účinků. U deterministických účinků nastavujeme limity ekvivalentní dávky s cílem, aby limit prahové dávky nebyl dosažen po celoživotním ozařování. Systém limitování dávek se uplatňuje u stochastických účinků s cílem snížit tyto účinky na co nejmenší možnou míru. V radiační ochraně máme následující principy. Princip zdůvodnění – přínos musí být větší než rizika daného vyšetření či zákroku. Princip optimalizace – dávky musí být co nejnižší vzhledem k požadovanému zobrazovacímu efektu. Princip nepřekročení limitů – pro každého jednotlivce platí dávkový ekvivalent, který nesmí přesáhnout doporučené limity. Princip bezpečnosti – dodržování bezpečnosti nakládání se zdroji ionizujícího záření (Seidl, 2012, s. 88).

Rozlišujeme 3 druhy ozáření a dle toho jsou také nastavené tyto limity.

1. Obecné limity se vztahují na průměrně ozářenou kritickou skupinu obyvatel, jejíž jedinci jsou nejvíce exponováni z obyvatelstva, tj. jedinci bydlící u jaderné elektrárny. Tyto limity nezahrnují lékařské ani profesní ozáření či ozáření z přírodních zdrojů.
2. Limity pro radiační pracovníky se vztahují k ozáření z důvodu výkonu povolání. Nepočítá se zde s ozářením z přírodních zdrojů.
3. Limity pro učně a studenty, mluvíme o osobách v rozmezí 16-18 let. Tyto osoby vykonávají praxi v rámci studia na těchto pracovištích s ionizujícím zářením (Seidl, 2012, s. 88).

Zvláštní případy v omezování ozáření se týkají osob pečujících o své rodinné příslušníky s aplikovanými radionuklidy v jedné společné domácnosti. Dále jsou zde zahrnuty osoby, které sdílejí tuto domácnost. U dětí je limit 1mSv za rok, u dospělých pak 5mSv. Spadají zde i těhotné ženy, které se pro výkon povolání nachází na pracovištích I.-IV. kategorie. Plod nesmí překročit dávku 1mSv za rok (Koranda, 2017, s. 47).

Obyvatelstvo je nejvíce ozářeno přírodními zdroji. Eliminace tohoto druhu ozáření není možná. Jedná se o kosmické či zemské záření. Způsobuje to i přítomnost radonu a jeho dceřiné produkty v domácnostech (Seidl, 2017, s. 88).

Tabulka č.1: Přehled limitů ozáření

Veličiny	Limity obecné	Limity pro radiační pracovníky	Limity pro učně a studenty
efektivní dávka za rok (mSv)	1	50	6
efektivní dávka za 5 po sobě následujících let (mSv)	5	100	-
ekvivalentní dávka v oční čočce za rok (mSv)	15	150	50
průměrná ekvivalentní dávka v 1cm ² kůže za rok (mSv)	50	500	150

Tab. Seidl, 2012, s. 89

Kontrolované a sledované pásmo

Kontrolované pásmo se vymezuje tam, kde by mohla být roční efektivní dávka větší než 6 mSv za rok. Další vymezení je to, že pokud by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než tři desetiny daného limitu pro kůži, oční čočku a končetiny. V tomto pásmu pracují pracovníci kategorie A. Pokud jsou na pracovišti otevřené zářiče II. a III. kategorie, např. klinika nukleární medicíny, musí být zajištěna osobní očista pracovníků. Sledované pásmo nemá tak přísné podmínky. Jedná se o čekárny pro pacienty a prostory, které sousedí s místnostmi kontrolovaného pásma (Koranda, 2017, s. 47-48).

Dozimetrické veličiny

Níže uvedené dozimetrické veličiny pomáhají lépe definovat vlastnosti ionizující záření. Zkvalitňují radiační ochranu, díky nim můžeme předejít možným biologickým účinkům. Pomocí nich monitorujeme a měříme záření u pacientů či pracovníků. Uvádím zde v této práci základní dozimetrické veličiny, které jsou nejčastěji používané v praxi.

Aktivita (A) – Udává počet radioaktivních přeměn v daném radionuklidu za jednotku času. Ze vztahu $A = - \frac{dn}{dt}$, kde dn je počet atomů radionuklidu přeměněný za jednotku času dt. Jednotkou pro aktivitu (A) je becquerel (Bq) tato jednotka má rozměr s⁻¹ (jedna přeměna za sekundu). V praxi se často používají její násobky (kBq, MBq), jelikož tato jednotka je v základním tvaru příliš malá. V minulosti jsme se mohli setkat s jednotkou curie (Ci), kdy 1

$Ci = 3,7 \cdot 10^{10}$ Bq. Pokud bychom chtěli detailnější charakteristiku radionuklidu, vztáhneme aktivitu k vhodné hmotnostní, plošné či objemové jednotce. Tato veličina není konstantní, klesá s časem podle exponenciálního vztahu (Švec, 2014, s. 75).

Dávka (D) – ze vztahu $D = \frac{d\varepsilon}{dm}$, kde $d\varepsilon$ je střední energie ionizujícího záření (sdělené malému objemovému elementu ozářené látky) a hmotnosti daného elementu dm . Grey (Gy) s rozměrem $J \cdot kg^{-1}$ je jednotkou od dávky (D). Ovšem tato jednotka je velká pro praktické účely, proto používáme v praxi jednotky mGy nebo μGy . Tato dozimetrická veličina nám pomáhá při posuzování biologického účinku. Dávka je definována v daném objemovém elementu, z toho vyplývá, že nelze počítat dávky v tom případě, pokud byla energie předána v odlišných místech. Švec uvádí, že „Obdržel-li pracovník na pravou i levou ruku 2 mSv, nelze tvrdit, že by obdržel celkovou dávku 4 mSv. Dávka na ruku pracovníka je jen 2 mSv“. Smrtelná jednorázová dávka je kolem 8-10 Gy (Švec, 2014, s. 81-82).

Kerma (K) – používáme ji v souvislosti se zářením X, tedy nepřímo ionizujícím. Je vyjádřena vztahem $\frac{dEk}{dm}$, kde dEk je součet počátečních kinetických energií nabitých částic uvolněných ionizujícími nenabitými částicemi v daném objemu látky o hmotnosti dm . Ve zkratce, je to množství energie předané v látce. Energie je stejná pro neutrony a fotony. Škodlivost záření kerma nevyjadřuje (Neuwirth, 2014, s. 5).

Následující dvě veličiny charakterizují působení záření na lidský organismus. Vychází z výše zmíněné dávky a berou v úvahu biologické účinky záření a tkáňovou a orgánovou radiosenzitivitu.

Ekvivalentní dávka (H_T) – definice vztahu je $H_T = w_R D_{TR}$, kde vidíme, že D_{TR} je střední dávka záření R v orgánu nebo tkáni T (Gy). Přičemž střední dávka daného orgánu či tkáně je zprůměrovaná dávka přes daný orgán (plíce) nebo tkáň (sval). Sievert (Sv) je jednotkou ekvivalentní dávky. (Neuwirth, 2014)

Efektivní dávka (E) – význam má při hodnocení celotělového záření. Vztah $E = \sum T w_T H_T$ definujeme, jako součet vážených středních hodnot ekvivalentních dávek v orgánech nebo tkáních lidského organismu. Přičemž w_T je tkáňový faktor, který vyjadřuje relativní příspěvek dané tkáně či orgánu k celkové zdravotní újmě, která byla způsobena rovnoměrným celotělovým ozářením (Neuwirth, 2014).

Monitorace záření u radiologického asistenta

Účel monitorace RA je pro kontrolu určených limitů osobního dávkového ekvivalentu, který je 50 mSv za jeden rok. 500 mSv za rok je u osobního dávkového ekvivalentu na kůži. Tento kvantitativní ukazatel není možné ve vymezených případech překročit. Pracovníky dělíme na dvě kategorie. První z nich jsou pracovníci kategorie A, kteří jsou vybaveni osobními dozimetry měřící všechny druhy záření, které působí z vnějšku na pracovníka. Osobní dozimetry nosí pracovníci kategorie A na tzv. referenčním místě. To je umístěné na levé straně hrudníku. Dozimetr si připevní pracovníci zevně na svůj pracovní oděv, pokud používá olověnou zástěru, tak na ní. Pokud jsou zaměstnanci vystaveni zvýšené expozici (intervenční radiologie), jsou vybaveni prstovými dozimetry, které mají referenční místo na vnitřní straně prsteníku ruky, ten je více vystaven větší expozici. Vyhodnocení z pravidla probíhá po měsíci, ale v případě radiační nehody je vyhodnocení okamžité. Vyhodnocení provádí dozimetrická služba a o výsledcích je informován SÚJB, dané pracoviště a pracovník. U pracovníku kategorie B se nepožaduje osobní dozimetrie (Seidl, 2012, s. 95).

Ochranné vybavení a pomůcky

V každé ovládací místnosti a vyšetřovně můžeme nalézt několik ochranných prvků sloužících k ochraně personálu před zářením. Materiály těchto ochranných prvků jsou ve většině z olova, dále pak z oceli či hliníku. Je nutné, aby materiály měly takovou tloušťku, aby se záření snížilo minimálně o polovinu. Mezi ochranné prvky patří olověné okénko skrz, které vidíme z ovládací místnosti do vyšetřovny. Olověné dveře jsou také standartním vybavením. Na pracovišti nukleární medicíny nalezneme také speciální koše a krytky z olova na radiofarmaka tak, aby při aplikaci zbytečně nezařovali lékařský či zdravotnický personál. Mezi ochranné pomůcky řadíme olověnou zástěru a nákrčník na ochranu štítné žlázy, rukavice s příměsí olova a také brýle, které chrání oční čočku. Nejčastěji se tyto ochranné prostředky používají na operačních sálech, a to i těch angiografických. Používají se i u pojízdnych rentgenů, kdy na pokoji může ležet jeden či dva pacienti. Ovšem ochranné pomůcky může využít i doprovod vyšetřované osoby, v případě, že vyšetřovaná osoba není sama schopná se udržet v poloze, která je důležitá pro správné provedení vyšetření. Nejčastěji se jedná o děti, zdravotně a mentálně hendikepované a seniory ve vyšší věkové skupině. Doprovod musí podepsat souhlas, že bude vystaven záření a u žen v reprodukčním věku je potřeba vyvrátit těhotenství, popřípadě kojení (Hušák, 2009).

Radiologická asistentka v graviditě

Pro gravidní radiologickou asistentku je potřebné upravit její náplň práce tak, aby její plod neobdržel dávku větší než 1mGy. Primární zodpovědnost leží na gravidní RA, tudíž není potřeba přeložit ženu na jiné oddělení, jestliže je dodržený dávkový limit na plod a žena dbá na svoji zvýšenou radiační ochranu. Ovšem můžeme ženě nabídnout částečné nebo úplné přeložení na jiné oddělení s menší radiační zátěží (skiografie) nebo tam, kde není žádné ionizující záření (ultrazvuk, magnetická rezonance). Žena také může sama vyslovit přání o přeložení na jiné oddělení a je potřeba ji po vzájemné rozmluvě v co největší míře vyhovět. Gravidní RA je nadále monitorována osobními dozimetry měřící pouze povrchové dávky. Dávky, které obdrží plod mohou být ve výsledku až několikanásobně nižší (Věstník, 2/2016, s. 49).

3 ROLE ZOBRAZOVACÍCH METOD VYUŽIVAJÍCÍ IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ

3.1 Digitální radiografie

Klasický konvenční rentgen (RTG) je ve společnosti nejvíce známý. Je také velice dostupný, najdeme ho jak v nemocnicích, tak na menších poliklinikách. Je známo, že pokud není oblast zájmu, v našem případě oblast břicha a pánve, v přímé expozici, jsou dávky téměř nulové. Pokud je vystavena expozici naše oblast zájmu, jsou dávky minimální a v žádném případě nehrozí překročení limitu 100mGy. Měli bychom dbát na to, aby bylo vše správně provedeno. Klademe důraz na správné provedení snímků, abychom je nemusely opakovat. Více snímků totiž znamená větší kumulování dávky. V případě polytraumat bychom měli brát v potaz, že každý snímek zvyšuje radiační zátěž (Bourgioti, 2021). Při snímkování mimo oblasti břicha a pánve, dáváme vyšetřované olovené krytí na reprodukční orgány a břicho, kvůli plodu. Tento stejný postup by měl být i u všech pacientů, tedy u mužů i žen, kteří jsou v reprodukčním věku. Indikace k RTG snímku by měla být odůvodněná. Odkládáním snímku se může stav pacientky zhoršit či ohrozit na životě matku i plod. Také snížení proudu a napětí může pozitivně ovlivnit výslednou dávku.

3.2 Výpočetní tomografie

Z uveřejněných dat ze Spojených států Amerických a Kanady, můžeme sledovat nárůst užívání výpočetní tomografie (CT – computed tomography). V roce 2016 bylo CT vyšetření provedeno u 0,8 % gravidních žen v USA a 0,4 % v Kanadě. CT vyšetření je mnohem rychlejší než magnetická rezonance a jeho dostupnost je dobrá. Indikace, které vedou k využití CT jsou trauma, ruptura aneurysma v mozku, náhlá příhoda břišní aj. Hlavní problematikou je stejně jako u RTG ionizující záření, a navíc jodová kontrastní látka. Mezní hodnota pro plod, kterou jsme si určili v kapitole 1.2 je 100 mGy. Tuto mezní hodnotu žádné z rutinních vyšetření nepřekračuje, a to ani dokonce jednofázový CT sken břicha a pánve. V nedávné studii dle Bourgiotiho byl průměr dávek in utero v různých obdobích těhotenství odhadnut s pomocí antropomorfního fantomu a kalibrován s pomocí volumetrického měření indexu dávky CT a simulace Monte Carlo. Výsledky byly překvapivě pozitivní. Žádný z výsledků se nepohyboval nad mezní dávkou 100mGy. Dávky se pohybovaly mezi 0,04mGy a 1,04 mGy pro CT plicní angiografii, mezi 4,8 mGy do 6,8 mGy pro CT břicha a pánve. Pro trauma s použitím multislice CT o 64 řezech se dávky vymezovaly mezi 9,8 mGy až 12,6 mGy. S novými protokoly, u kterých využíváme ultra nízké dávky tzv. ultra low dose CT, se můžeme dostat až na dávkové

hodnoty konvenčních RTG tj. méně než 1mSv. Toto je také jeden z principů optimalizace. Ovlivnění technických parametrů může mít pozitivní vliv na výsledné dávce na plod. Největší technický vliv mají napětí, proud, pitch faktor, konfigurace detektorů a získaná akvizice. Pokud to lze je potřeba odstínit břicho. Odstínění chrání před vnějším ozářením a je vhodný pro psychický klid matky. Největší dávky pocházejí z vnitřního rozptýleného záření. Další krok je zmenšit oblast zájmu na minimum a snížit počet akvizic (Bourgioti, 2021).

Matsunaga et al. ve svém výzkumu připravil model těhotné ženy pomocí antropomorfního fantomu a plážového míče s obsahem vody. Z japonských získaných dat bylo známo, že obvod břicha u gravidních žen ve 28.- 32. týdnu je v rozmezí 89–92 cm. Model byl vyroben s obvodem břicha 90 cm. Cele měření dávky bylo provedeno pomocí TLD (Top Level Domain). Měření probíhalo ve třech základních rovinách, a to sagitální, koronární a axiální rovině. Navíc byla přidána třidimenzionální rovina (3D). Měření probíhalo s MDCT (Multidetektorové CT) s jednotkami 320 až 80 řad detektorů. Výsledné hlášené dávky z výzkumu jsou 5,50 mGy a 3,99 mGy. Povrchové dávky modelů naplněných vodou jsou 6,82 mGy a 4,24 mGy. Ve výzkumu byla expozice plodu považována za expozici celého těla matka a fetální dívka uváděná v mGy byla považována za ekvivalentní fetální efektivní dávce v mSv. Přesnost výsledků závisí na přesnosti měření TLD. Použitá efektivní energie trubicového napětí u MDCT s 320 až 80 řadami detektorů byla 48 keV. U tohoto MDCT se také počítalo, že jeho produkce je srovnatelná s rentgenovými spektry. Během studie proběhla třikrát kalibrace na 100 kV. Výsledky se shodovaly s nejmenovanou, zřejmě, Japonskou univerzitní nemocnicí, ve které se provádí klinické MDCT plodu s 320 řadami detektorů široko objemovém režimu a všechny parametry, které se využívaly ve studii se shodovaly s parametry, použité v dané nemocnici. Další MDCT jednotka s 80 řadami detektorů v režimu helikálního skenování, parametry se shodovaly s první MDCT jednotkou s 320 řadami detektorů. Délka skenů byla u těchto dvou MDCT jednotek identická (Matsunaga Yuta et al. ,2017).

Rizika podání jodové kontrastní látky (KL) gravidní ženě nebyla dostatečně objasněná, tudíž použití KL je limitováno podle Urine albumin to creatinine ratio (ACR). Je známo, že jodová KL penetruje skrz krevní placentovou bariéru, která umožňuje vstup látek do fetálního oběhu. Následují vylučovací procesy a zde je právě celá problematika. Plod vyloučí KL do plodové vody, která je následně opět spolknutá plodem. Tělní cirkulace se několikrát opakuje. Dané farmakokinetické vlastnosti vedou k dlouhodobému vystavení vyvíjejícího se plodu sloučeninám KL. Perorální či intravenózní podána jodová KL je klasifikována podle FDA

(Food and Drug Administration) jako lék kategorie B, u kterého se neprokázaly žádné mutagenní ani teratogenní účinky. Tyto možné účinky se testovaly na zvířatech v reprodukci. Ovšem stále nám chybí data ze studií zaměřené přímo na těhotné ženy. Intravenózní podání jodové KL se podává pouze v nezbytně nutných případech, tj. bez KL nejsme schopni určit správnou diagnózu. Po podání KL musíme počítat také s nárůstem radiační zátěže až o 30 %. U kojících je absorbována jodová KL dítětem minimální, méně než 0,01 % při podání intravenózně. Matky tedy můžou kojit bez omezení po provedeném vyšetření s KL (Bourgioti, 2021).

Hybridní zobrazení

Pozitronová emisní tomografie a výpočetní tomografie (PET/CT)

Je hybridní zobrazovací metoda využívající záření X v přístroji CT a gama fotony z radiofarmaka. Jedná se o anatomické a zároveň funkční zobrazení. V post processingu dojde k fúzi obrazu z CT a PET. Jako hlavní kontraindikací se uvádí gravidita, kvůli možným stochastickým účinkům na plod. Ovšem dávky dosažené v jednom skenu PET/CT jsou menší než hranice 100mSv. Dávky dosahují kolem 15-20 mSv. Pokud přínosy budou převažovat nad riziky je možné hybridní vyšetření provést. Velká většina gravidních žen podstupuje PET/CT vyšetření z důvodu lokalizace tumoru a případných metastáz či jejich vyloučení. K vyšetření je nutné použít radiofarmakum zaručující funkčnost vyšetření, nejčastěji využíváme deoxyglukózu značenou radioaktivním flórem (FDG). Pacientkám se z pravidla jodová kontrastní látka nepodává. Mahato, ve svém článku uvádí, že těhotné pacientce byla aplikována FDG intravenózně o radioaktivitě 283 MBq. Pacientce bylo doporučeno během 45 minut v kabině popíjet vodu, tím zajistit dostatečnou hydrataci, a také časté močení po aplikaci FDG a močení těsně před zahájením vyšetření. Po 45 minutách byl nahrán PET/CT sken a pacientka měla dodržovat hydrataci a časté močení tak, aby se expozice ozáření plodu snížila. V plodu dochází k minimálnímu vychytávání v oblastech mozku, ledvin a srdce. Ovšem akumulace FDG v tkáních plodu je potvrzena. Největší radiační zátěž je však na močový měchýř gravidní pacientky. Expoziční dávky z vyšetření PET/CT jsou hluboko pod prahovou dávkou předepsanou Mezinárodní komisí radiologické ochrany (ICRP). U spousty doktorů se objevuje strach z nežádoucích biologických účinků. Na druhou stranu neexistuje lepší stanovení stadiu nádoru než vyšetřovací metoda PET/CT (Mahato A, 2021).

Pozitronová emisní tomografie a magnetická rezonance (PET/MR)

Tato vyšetřovací metoda využívá hybridní zobrazení pomocí pozitronové emisní tomografie (PET) a magnetické rezonance (MR). Tato metoda patří k těm nejnovějším v oboru hybridních zobrazovacích metod. Z toho důvodu u ní nemáme dostatečná data z vychytávání ^{18}F -FDG v různých stádiích těhotenství. Ve většině případů bývá dozimetrie odvozena pouze od snímku PET či hybridní metody PET/CT. Dr. Paolo Zanotti-Fregonara v článku uvádí, že nejvyšší odhad byl v prvním trimestru, a to 3,2 mGy. Je důležité zmínit, že po 34. týdnu těhotenství se dozimetrie u plodu významně nemění, ^{18}F – FDG má tendenci vychytávání k plátu. Skeny z posledních týdnů těhotenství nejsou tak časté, jelikož se většina vyšetření odkládá až na dobu po porodu. (Zanotti-fregonara, 2022). PET/MR využíváme ke stejným indikacím jako PET/CT. Výhody PET/MR jsou větší citlivost v oblasti měkkých tkání. Tato metoda může nahradit histologické ověření lymfatických uzlin, což je invazivní zákrok, abychom se vyhnuli tomuto invazivnímu zákroku, je možné využít metodu PET/MR, která je neinvazivní. Pacientce nepodáváme gadoliniovou kontrastní látku. Postup PET/MR je obdobný jako u PET/CT. Pacientka by měla dbát opět na dostatečnou hydrataci a časté močení. Naměřené hodnoty u této vyšetřovací metody jsou hluboko pod hranicí 100 mGy. Tudíž deterministické účinky ani stochastické účinky nebyly pozorovány. Stále ale není dostatek dat, která by tuto skutečnost bezmezně potvrdila. PET/MR má v současnosti více přínosů než rizik (Ishiguro, 2021).

Závěrem je třeba podotknout, že se objevuje ještě další klinický problém, a to možnost opakování metody PET v graviditě vícekrát. U některých případů je nutné kontrolovat progresi rakoviny. Je potřeba tedy objasnit bezpečnost u vícečetného zobrazování PET metodou, k tomu je potřeba více dat. Jelikož je období těhotenství poměrně krátká doba, a ne každá gravidní žena podstupuje tento druh vyšetření, sběr dat ještě chvíli potrvá. Navíc v České republice máme pouze dva přístroje PET/MR, tudíž se musíme spoléhat na data ze zahraničí (Ishiguro, 2021).

Jednofotonová emisní výpočetní tomografie (SPECT/CT)

Indikace SPECT jsou velice ojedinělé. Vyšetření je nutné provést radioizotopy a jejich účinek závisí na fyzikálních vlastnostech konkrétního radioizotopu. Opět zde řešíme problém s vychytáváním radioizotopu v těle gravidní pacientky. Radioizotopy mohou prostupovat hematoplacentární bariérou a tím se dostat k plodu, v případě kojící ženy do jejího mateřského mléka. Nejčastějším radioizotopem je $^{99\text{m}}$ Technecium, běžně používaný u ventilačně – perfuzních vyšetření plic na potvrzení či vyloučení plicní embolie. Těhotným pacientkám je

toto vyšetření indikováno nejčastěji v oblasti SPECT metody. Opět záleží, v jakém trimestru se pacientka nachází. Dávka však nepřesahuje 5 mGy. Lékař může také indikovat doplnění vyšetření o CT. Často moderní přístroje mají zabudované low dose CT, tj. se sníženou dávkou záření. Dávka je ovlivněna změnou proudu či napětí a je zde větší šum. Hodnotíme tedy jak anatomickou, tak funkční strukturu. Kontrastní látku zde nepodáváme. Důležitá je pro nás radioaktivní látka, která svou zvýšenou radioaktivitou v určitém místě může poukazovat na patologii. Fúze obrazu má velký význam v diagnostice. Dávky, obdržené z low dose CT nepřekračují hranici 100 mGy (Bourgioti, 2021). Pro kojící matky platí zvláštní opatření pro kojení. Záleží na konkrétním podaném radioizotopu. A od toho se odvíjí čas, na jak dlouho by měla matka přerušit kojení. *„S kojením může být započato ihned po skončení času uvedeného v tabulce. ICRP dále doporučuje přerušit kojení na dobu 12 hodin v případě všech ^{99m}Tc radiofarmak s výjimkou ^{99m}Tc značených erytrocytů, fosfátů a DTPA, kde postačuje 4hodinové přerušování. I u radiofarmak nevyžadujících přerušování kojení (kromě ^{81m}Kr) lze doporučit, pokud je to možné, 12hodinové „ochranné“ přerušování kojení, kvůli vnějšmu ozáření kojence ze zbytků radiofarmaka v těle matky při jejich blízkém kontaktu.“* (Radiologické standardy pro výkony prováděné v nukleární medicíně – obecná část, 2021). Pro léčbu radiojódem (^{131}I) je gravidita absolutní kontraindikací. Každá z žen musí první den hospitalizace, která je za účelem léčby radiojódem, podstoupit krevní testy, kde podle hodnoty HCG zjistí, zda je žena těhotná či není. Pokud by se potvrdilo těhotenství nemůže se v léčbě pokračovat. Žena by musela podstoupit interrupci, aby mohla být léčena. Léčebná metoda má potvrzené škodlivé účinky na fetální štítnou žlázu. V případě kojící ženy by bylo nutné laktaci okamžitě ukončit po podání radiojodu. Žena ve fertlím věku, která je léčena radiojódem, by neměla být gravidní po jeden rok od léčby. Hrozí riziko mutací jejího plodu.

3.3 Intervenční radiologie

Intervenční radiologie je moderní a rychle se rozvíjející obor. Jedná se o miniinvazivní metodu, která v určitých indikacích může nahradit chirurgický výkon. Jedná se tedy o metodu jak diagnostickou, tak léčebnou (Vomáčka, 2015, s. 58). V laické společnosti je tento obor radiologie pro většinou velkou neznámou, a o to více musíme být důslední v poučení o rizicích, a naopak o benefitech zákroku. Hlavně u rizikových pacientů, jednou z těchto rizikových skupin jsou i gravidní a kojící ženy. Tato skupina má často až přehnaný strach ze zákroku a je třeba pacientku uklidnit a vše jí vysvětlit. Hlavním důvodem je plné vědomí pacientky na operačním sále, jelikož zákrok probíhá v lokální anestezii. Její psychická pohoda je pro operační tým velice významná. Pokud se pacientka rozhodne zákrok nepodstoupit, musí být

poučena o všech rizicích hrozících z nepodstoupení zákroku a podepsat negativní reverz. Doporučuje se mít více svědků u podpisu. Pacientce se může provést zákrok bez její souhlasu pouze v případě, kdy je přímo ohrožena na životě ona i její plod. Zákrok může být naplánován až po porodu, pokud se tím nezhorší kvalita života matky a jejího plodu a není riziko poškození matky a plodu. V opačném případě se zákrok provede, jestliže žena souhlasí. Lékaři by měli brát v potaz i využití jiných diagnostických zobrazovacích metod bez možného ozáření IZ.

Lékařské ozáření mezi bránicí a stydkými kostmi je u komplikovaných intervenčních výkonů, kde může dávka na plod přesáhnout hranici 100mGy. Ošetřující lékař by měl opět zvážit všechna rizika a zvážit diagnostické metody bez IZ. Pokud se rozhodne zákrok realizovat a gravidní žena není v bezprostředním ohrožení života, radiologický fyzik odhadne dávku na plod. Následně je matka obeznámena se všemi riziky. Rizika závisí na mnoha faktorech, jeden z nich je, v jakém trimestru se žena nachází. Žena v akutním ohrožení života podstupuje zákrok okamžitě, a to i s ohledem na nebezpečná rizika. Po výkonu radiační fyzik vypočítá dávku na plod a ošetřující lékař obeznámí matku, s jakými riziky je nutno počítat. Opět záleží, v jakém trimestru se matka nachází. (Rizika spojená s ozářením popisují v kapitole 1.) Radiologický asistent by měl dbát na zachování potřebné kvality obrazu a tím docílit co nejnižší dávky na plod. U nekomplikovaných intervenčních zákroků s dávkou nepřesahující 100mGy se výkony odkládají pouze v případě, že kvalita života matky nebude zhoršena a odložením nemůže dojít k ohrožení života matky a jejího plodu. V případech ohrožení matky a plodu je výkon se souhlasem matky proveden. V případě nesouhlasu je matka poučena o rizicích. Lékařské ozáření mimo oblast bránice a stydkých kostí se nespojuje s rizikovým ozářením plodu. Není potřeba stanovovat dávku na dělohu.

Provedení lékařského ozáření u nerozpoznaného těhotenství je spojeno s riziky, která mohou být už nevratná. V 1.-3. týdnu po početí uplatňujeme pravidlo „všechno nebo nic“. Rozumíme tomu tak, že buď dojde k samovolnému potratu, nebo se plod vyvíjí tak, jako by nebyl vystaven IZ. K interrupci z důvodu lékařského ozáření není důvod. U lékařského ozáření v oblasti břicha a pánve ve 4. týdnu početí a později záleží už na typu výkonu, o který se jednalo, zda o standartní či komplikovaný. U standartních výkonů dávka v děloze vystavené přímému svazku záření pouze při zavádění katetru nepřekračuje 50 mGy. Radiologický fyzik zkontroluje tuto skutečnost, a pokud dávka souhlasí s odhadem, nehrozí patologický vývoj plodu. U komplikovaných výkonů je oblast břicha a pánve více vystavena přímému svazku záření. V jistých případech může dávka přesáhnout 100mGy. Radiologický fyzik stanoví přesnou dávku s co nejmenší odchylkou. Pokud je dávka pod hranicí 100mGy, není důvod k interrupci.

Při přesáhnutí dávky nad 100mGy se všechny informace, a to včetně stádia těhotenství a přesně stanovené dávky, předají genetikovi. Ten zhodnotí, zda je nutno indikovat interrupci. Následně rozhodnutí oznámí rodičům i s potencionálními riziky. Zda podstoupí či nepodstoupí matka interrupci je však na ní (Věstník, 2016, č, 10 s. 69-70).

3.4 Mammologie

Mamografický přístroj je specializovanou RTG metodu. Využívá se k vyšetření prsu jak ženského, tak mužského. Odhaluje případný nádorový proces. Pro lepší kvalitu zobrazení a homogenitu prsu se vyšetření provádí v kompresi. Vyšetřovaný prs se stlačí do komprese dvou desek. (Seidl, 2012, s 38) Rakovina prsu je nejčastější nádorové onemocnění u žen, proto máme zde v České republice tzv. screeningový program, který je cílený na ženy nad 45 let. Tyto ženy mohou podstoupit jednou za dva roky vyšetření, které není indikované lékařem, nýbrž samotnou ženou. Hlavním poselstvím screeningového programu je odhalit časná stádia rakoviny a prekanceróz. Vyšetření jsou hrazena z veřejného zdravotního pojištění. U mladší věkové kategorie je využíván v případě podezření patologie ultrazvuk. V posledních pár letech se stále více mladé ženy nechávají na vlastní žádost vyšetřit pomocí ultrazvuku. Takovéto vyšetření není však hrazeno z veřejného zdravotního pojištění. V těhotenství se můžeme také setkat s rakovinou prsu nebo podezřením na ni. Incidence gestačního karcinomu prsu v těhotenství stoupá a jeden z důvodů je ten, že ženy odkládají těhotenství na pozdější věk. Incidence spojená s těhotenstvím, tzn. v průběhu nebo kojení do roka po porodu, je u kategorie žen do 30 let s nádorem prsu spojeno ve 20 % s jejich těhotenstvím. V případě podezření je nutný staging, a ten je přímo spojen se zobrazovacími metodami. Gravidita u mamografického vyšetření není jako kontraindikace, dávky jsou velmi nízké, přibližně 3 až 4 mGy. V praxi využíváme také stínění v oblasti břicha, i když nemáme studie, které by jasně odlišovaly provedení vyšetření s a bez stínění. Kontraindikací není ani kojení. Mamografické vyšetření je možné v určitých případech nahradit ultrazvukem či magnetickou rezonancí bez KL (Tesařová, 2016).

4 OSTATNÍ ZOBRAZOVACÍ METODY VYUŽÍVANÝ U GRAVIDNÍCH A KOJÍCÍCH ŽEN

4.1 Ultrasonografie

Jedná se o nepoužívanější metodu v oblasti gynekologie a porodnictví, která nevyužívá ionizující záření, nýbrž ultrazvukových vln. (Heřman, 2014, s, 240) Princip ultrasonografie (UZ) spočívá v mechanickém vlnění. Kmity jsou mechanicko-elastické a šíří se prostředím. Nosiči jsou samotné molekuly prostředí. Frekvence využívání v medicíně je mezi 1-15 MHz. Máme zde několik fyzikálních zákonů – odraz, rozptyl, lom a absorpce. Zdroje UZ jsou látky s piezoelektrickými krystaly. V 99 % času jsou UZ odrazy přijímány a jen 0,5 % času je vysíláno UZ vlnění do organismu. Provádíme dva postupy zobrazení, tj. zobrazení v reálném čase a dopplerovské zobrazování. (Vomáčka, 2015, s, 38). V oblasti porodnictví využíváme konvexní sondy, jejichž přednostmi jsou širší pole a dobrá manipulace v podbřišku (Norman, 2006)

Díky těmto principům má UZ několik výhod, jako je dostupnost vyšetření a provedení vyšetření okamžitě, jelikož není nutná žádná speciální příprava pacientky. Zobrazení v reálném čase s dostupností dynamicky zobrazit pohyby orgánů. Podle již uvedené konvexní sondy můžeme sledovat dané objekty v různých rovinách. K diagnostice přispívají také průtoky v orgánech malé pánve či v patologických útvarech. Moderní přístroje mají ve své výbavě software, který částečně dokáže vyladit obraz k dobré kvalitě, protože se může stát, že ultrazvukové vlny mají špatný průnik, a tím pádem je i špatný návrat k sondě. Jedná se hlavně o obezní ženy (Roztočil, 2017, s. 130-131).

Gravidní ženy jsou pod ultrazvukem (UZ) pravidelně kontrolovány. UZ je standartní vybavení gynekologických ambulancí. Můžeme UZ zobrazit plodový vak a změřit jeho objem už ve 2.-3. týdnu těhotenství. Od 7. týdne je možné pozorovat pohyby srdce. Můžeme měřit délku fetu, a tímto je možné stanovit stádium těhotenství. Ve druhém a třetím trimestru zobrazujeme polohu placenty, objem plodové vody, potvrzení podezření na molu a postavení plodu před porodem. V prenatální péči dbáme také na anomálie, konkrétně na absenci orgánů, končetin, popřípadě jiných částí těla, vady srdce, mozku a páteře, aj. V současnosti můžeme plod i s jeho případnými anomáliemi zobrazit ve 3D projekci. Jasný UZ nález může rozhodnout o přerušení těhotenství. V případě nejasného nálezu se doplňuje magnetická rezonance (Heřman, 2014, s. 241-242).

UZ patří mezi bezpečnou metodu. Avšak nalezneme pár rizik, a to zejména poškození tkání vlivem zahřívání. Předcházíme tomu tak, že monitorujeme tepelný a mechanický index na obrazovce UZ. Tepelný index by měl být optimálně pod 4. Pod 1 se nemusí vůbec zobrazovat. Mechanický index je závislý na výstupním výkonu, frekvenci a fokusaci. Neměl by být větší než 1,9. Tento index definuje, jak moc velké je nebezpečí poškození tkáně kavernami. Princip ALARA je doporučen v rámci klinické praxe. Z tohoto principu vyplývá využívání co nejnižší intenzity UZ paprsků tak, aby byl dostačující obraz ke zhodnocení lékařem v co nejkratším čase (Roztočil, 2017).

4.2 Magnetická rezonance

Poskytuje nepřeborné množství vyšetření jak ze strany matky, tak jejího plodu. MR je ve většině případů využívána až po ultrazvuku, který je nejrozšířenější v graviditě. MR slouží k doplnění informací tam, kde není ultrazvuk plně schopný popsat anomálii. U této zobrazovací metody, můžeme lépe analyzovat jednotlivé patologie. MR plodu se nejčastěji využívá v oblasti nervového centrálního systému (vývojové vady mozku), Dandy – Walkerova syndromu, kýly, plicní patologie, abnormální placenty a vícečetného těhotenství. Mezi hlavní výhody MR patří využití principu magnetického pole na místo ionizujícího záření, tudíž nezpůsobuje poškození vyvíjejícího se plodu. Má také velké spektrum vyšetření a vysoký tkáňový kontrast. Z toho vyplývá, že anatomické struktury lze lépe diferencovat. Další výhodou je 3D zobrazení určité oblasti. Na rozdíl od UZ nevádí MR obezita ženy v graviditě či možnost vidět osifikačního procesu mozku. Mezi novou výhodou patří zkoumání plodu či člověka po smrti v případech nemožnosti provést pitvu. Pro vyšetření plodu je důležité, v jakém trimestru se gravidní žena nachází. Kvůli malé velikosti plodu a zvýšených pohybových artefaktů, nedostatečné vyvinutých případných patologií, je vyšetření v první trimestru velice složité. U vyšetření matky je částečnou kontraindikací. Po 17. týdnu se stává vyšetření dostupnější a přesnější. Poslední trimestr je pro vyšetření MR nejvýhodnější, a to z důvodu vyvinutých orgánů a systémů. Zaznamenáváme snížené pohybové artefakty. Charakteristika malých lézí je snadnější, jelikož je plod větší nežli na začátku těhotenství (Nešťianu, 2021).

Vyšetření díky techniky single – slot sekvencí, které umožnily zkrátit akviziční dobu, nemusíme mít před vyšetřením medikaci sedativy z důvodu potlačení pohybových artefaktů. V současnosti používáme T2 vážené sekvence. Obecnou výhodou T2 je lepší tkáňový kontrast a rozdíl založený na kontrastu mezi tekutinou a solidní tkání. Pokud bychom chtěli zaznamenat játra nebo subakutní krvácení plodu, využíváme T1 vážené sekvence.

V urgentní medicíně využíváme u gravidních žen hojně ultrazvuk, ale v této době i MR, která má přednost před výpočetní tomografií využívající ionizující záření. Gravidní žena může díky MR podstoupit všechna standartní vyšetření, např. při akutních bolestech hlavy, při prvním epileptickém záchvatu a při u akutní pankreatitidě MR břicha (Bekiesińska-figatowska, 2017). Těhotné ženy, u kterých je podezření na apendicitidu a trpí akutní bolestí břicha jsou nejprve vyšetřeny na UZ, jelikož může být možné, že bolest je spojena s těhotenstvím, ale může naznačovat i předčasný porod. V případě potvrzení apendicitidy je gravidní žena vyšetřena MR břicha. Tato metoda, může odhalit i jiné patologické změny (Amitai, 2016). Lékaři u těhotných žen mohou najít taky v průběhu těhotenství klinické příznaky z některého onemocnění. Gravidní může také trpět nemocí a je potřeba tuto nemoc sledovat. Nejvíce vyšetření podstupují ženy postiženy nemocemi centrálního nervového systému. Nejčastěji podstupují MR mozku. Jako důvod k indikaci MR mozku se může jednat o relaps roztroušené mozkomíšni sklerózy. Podezření se může týkat i nádoru např. vaječníků nebo mozku. MR tumor buďto potvrdí, nebo vyloučí. MR mozku může diagnostikovat i trombózu mozkové žilní dutiny nebo arteriovenózní malformace. U vyšetření mozku není potřeba podávat kontrastní látku, pokud sekvence obsahují vše potřebné pro dobrou diagnostiku. Může být však obtížně vyloučit trombózu žilních splavů (Bekiesińska-figatowska, 2017).

Kontrastní látkou v MR jsou sloučeniny gadolinia, u kterého byly zjištěny teratogenní účinky při opakovaných, a navíc ještě při vysokých dávkách u zvířat in vivo byly prokázány malformace až případná smrt. Ovšem u lidí toto nebylo dostatečně prokázáno a neexistují žádná přesná čísla. Obecně se tedy nedoporučuje podání gadoliniové kontrastní látky těhotné ženě. Pokud potenciální přínos je však tak velký, je možné přes všechna rizika podat tuto KL. Dle studie dostalo 26 těhotných žen KL v prvním trimestru a nebyly hlášeny žádné nežádoucí účinky. Novější studie, používá nové a vylepšené gadoliniové KL. Tato studie ale neuvádí konkrétní typ KL. Studie dle Bourgiotiho zkoumala 397 žen v různých trimestrech. Vyšetření s KL bylo spojeno s vyšším rizikem revmatu, s kožním onemocněním nebo se zánětlivým onemocněním. Rizika u nefrogenní systémové fibrózy nebyla větší oproti ženám, které nepodstoupily vyšetření s danou kontrastní látkou. Při zvážení všech rizik a souhlasu pacientky by se měly podávat pouze makrocyclické látky, a to v co možná nejnižším možným množství 0,1 mmol/kg. U kojící matky jsou účinky na mateřské mléko minimální. Absorbovaná dávka je méně než 0,0004 % intravenózně podané KL. Jestliže má matka obavy z možných nežádoucích účinků, může přerušit kojení na 24 hodin, není nutnost přerušit kojení na delší dobu, než je 24 hodin (Bourgioti, 2021).

ZÁVĚR

Využití zobrazovacích metod u žen je diskutabilní téma a není jeden zaručený plán, jak postupovat. Gravidní ženy a kojící stále více podstupují vyšetření zobrazovacími metodami. Mezi hlavní důvody patří, vyšší věk rodiček, přidružené nemoci a také větší prevence v průběhu těhotenství. Proto musíme mít individuální přístup ke každé gravidní a kojící ženě. Lékaři se snaží vyhýbat ionizujícímu záření a s ním spojené kontrastní látky, a radiofarmaka. Ovšem v některých situacích se tomuto nedá zabránit. Žena by měla vždy nahlásit zdravotnickému personálu svoji graviditu tak, aby ji byla zajištěna adekvátní péče. Totéž platí u kojících žen. Rozhodující pro lékaře je staří plodu a výsledná dávka na dělohu. Dávka na plod by neměla překročit 100mGy při vyšších dávkách je zde riziko deterministických a stochastických účinků. Vždy se snažíme v prvé řadě zachránit život matky, jelikož jen tak může být chráněn život plodu. Ve své bakalářské práci popisuji rizika zobrazovacích metod u těhotných a kojících žen, také poukazuji na vysoce moderní zobrazovací přístroje současnosti, které jsou pro těhotné ženy poměrně bezpečné. Nejrizikovější pro těhotnou a kojící ženu se jeví intervenční radiologie a léčba radiojódem. Role radiologického asistenta v péči o tuto skupinu žen je nezastupitelná. RA zajišťuje technickou stránku vyšetření a může svými dovednostmi pozitivně ovlivnit výslednou dávku. Také komunikuje s pacientkou a je její psychická opora při neklidu pacientky. RA má také na starost radiační ochranu nejen této skupiny žen. Při podezření na těhotenství RA vyšetření zamezí. Také je spojovník mezi pacientkou, lékařem, a v případě gravidních žen i radiačním fyzikem.

Přála bych si, aby tato bakalářská práce sloužila hlavně laické veřejnosti a pomohla tak dostat do povědomí nejnovější a validní informace a této problematice.

REFERENČNÍ SEZNAM

ABALO, Kossi D., Estelle RAGE, Klervi LEURAUD, David B. RICHARDSON, Hubert Ducou LE POINTE, Dominique LAURIER a Marie-odile BERNIER, 2021. Early life ionizing radiation exposure and cancer risks: systematic review and meta-analysis. *Pediatric Radiology* [online]. 51(1), 45-56 [cit. 2021-12-15]. ISSN 03010449. Dostupné z: doi:10.1007/s00247-020-04803-0 PODIVAT SE NA TO

AMITAI, M.M., L. GURANDA, S. APTER, et al., 2016. Role of emergency magnetic resonance imaging in the workup of suspected appendicitis in pregnant women. *Israel Medical Association Journal* [online]. 18(10), 600 - 604 [cit. 2022-01-24]. ISSN 15651088.

BEKIESIŃSKA-FIGATOWSKA, Monika, Anna ROMANIUK-DOROSZEWSKA, Sylwia SZKUDLIŃSKA-PAWLAK, Agnieszka DUCZKOWSKA, Jarosław MAĐZIK, Martyna SZOPA-KRUPIŃSKA a Tomasz M. MACIEJEWSKI, 2017. Diagnostic Imaging of Pregnant Women - The Role of Magnetic Resonance Imaging. *Polish Journal of Radiology* [online]. 82, 220-226 [cit. 2022-01-24]. ISSN 1733134X. Dostupné z: doi:10.12659/PJR.900071

BOURGIOTI, Charis, Marianna KONIDARI, Sofia GOURTSOYIANNI a Lia Angela MOULOPOULOS, 2021. Imaging during pregnancy: What the radiologist needs to know. *Diagnostic and Interventional Imaging* [online]. 102(10), 593-603 [cit. 2022-01-24]. ISSN 22115684. Dostupné z: doi:10.1016/j.diii.2021.05.003

HEŘMAN, Miroslav, 2014. *Základy radiologie*. V Olomouci: Univerzita Palackého. ISBN 9788024429014. SEIDL, Zdeněk, 2012. *Radiologie pro studium i praxi*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4108-6.

HUŠÁK, Václav, 2009. *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 9788024423500.

ISHIGURO, Tatsuya, Nobumichi NISHIKAWA, Shiro ISHII, et al., 2021. PET/MR imaging for the evaluation of cervical cancer during pregnancy. *BMC Pregnancy and Childbirth* [online]. 21(1) [cit. 2022-02-26]. ISSN 14712393. Dostupné z: doi:10.1186/s12884-021-03766-w

KORANDA, Pavel, 2014. *Nukleární medicína*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-4031-6.

LOWE, S.A., 2020. Ionizing radiation for maternal medical indications. *Prenatal Diagnosis* [online]. 40(9), 1150 - 1155 [cit. 2022-03-05]. ISSN 10970223. Dostupné z: doi:10.1002/pd.5592

MAHATO, Abhishek, Richa JOSHI, S HARISH a Dharmesh PALIWAL, 2021. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography-computed tomography in a pregnant woman with carcinoma breast. *World Journal of Nuclear Medicine* [online]. 20(4), 374-376 [cit. 2022-02-25]. ISSN 14501147. Dostupné z: doi:10.4103/wjnm.wjnm_98_21

MATSUNAGA, Yuta, Ai KAWAGUCHI, Masanao KOBAYASHI, Shigetaka SUZUKI, Shoichi SUZUKI a Koichi CHIDA, 2017. Radiation doses for pregnant women in the late pregnancy undergoing fetal-computed tomography: a comparison of dosimetry and Monte

Carlo simulations. Radiological Physics and Technology [online]. 10(2), 148-154 [cit. 2022-02-23]. ISSN 18650333. Dostupné z: doi:10.1007/s12194-016-0377-y

NEȘTIANU, Erick George, Cristina Brădeanu- GURAMBA, Radu VLĂDĂREANU a Simona VLĂDĂREANU, 2021. Advances in the prenatal investigation of the fetus using MRI. Ginecologia.ro [online]. 9(32), 44-49 [cit. 2022-01-23]. ISSN 23442301.

NEUWIRTH, Jiří a Pavel ELIÁŠ, 2014. Kompendium diagnostického zobrazování dětí, adolescentů, plodů a matek. Praha: NEUW. ISBN 978-80-7387-725-5.

Používání rentgenů - lékařské ozáření, 2021. SÚJB [online]. Praha: SÚJB [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/oznameni-a-informace/pouzivani-rentgenu-lekarske-ozareni>

Radiologické standardy pro výkony prováděné v nukleární medicíně – obecná část, 2021. 3. Olomouc: Fakultní nemocnice Olomouc

ROZTOČIL, Aleš, 2017. Moderní porodnictví. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5753-7.

SOCHOROVÁ, Hana, 2011. Úvod do lékařské biofyziky pro nelékařské zdravotnické obory. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-043-8.

SÚKUPOVÁ, Lucie, 2018. Radiační ochrana při rentgenových výkonech - to nejdůležitější pro praxi. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0709-4.

ŠVEC, Jiří, 2014. Radiační fyzika: skriptum. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě. ISBN 978-80-7464-572-3.

Tesařová, 2016. S těhotenstvím spojený karcinom prsu. Klinicka Onkologie [online]. 29(S3), 3S16 [cit. 2022-03-04]. ISSN 0862495X. Dostupné z: doi:10.14735/amko20163S16

TOMÀ, Paolo, Alessandra BARTOLONI, Sergio SALERNO, Claudio GRANATA, Vittorio CANNATA, Andrea MAGISTRELLI a Owen J. ARTHURS, 2019. Protecting sensitive patient groups from imaging using ionizing radiation: effects during pregnancy, in fetal life and childhood. La radiologia medica: Official Journal of the Italian Society of Medical Radiology [online]. 124(8), 736-744 [cit. 2022-03-05]. ISSN 00338362. Dostupné z: doi:10.1007/s11547-019-01034-8

Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016. In: . Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, ročník 2016, číslo 10. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/radiodiagnostika-intervencni-radiologie/>

Věstník Ministerstva zdravotnictví České republiky, 2016. In: . Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR, ročník 2016, číslo 2. Dostupné také z: <https://www.mzcr.cz/vestnik/vestnik-c-2-2016/>

VOMÁČKA, Jaroslav, 2015. Zobrazovací metody pro radiologické asistenty. Druhé, doplněné vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 9788024445083.

ZANOTTI-FREGONARA, P., R. LAFOREST a J. W. WALLIS, 2015. Fetal Radiation Dose from 18F-FDG in Pregnant Patients Imaged with PET, PET/CT, and PET/MR. *Journal of nuclear medicine: official publication, Society of Nuclear Medicine* [online]. 56(8), 1218-22 [cit. 2021-12-15]. ISSN 15355667. Dostupné z: doi:10.2967/jnumed.115.157032

ZANOTTI-FREGONARA, P., T. ISHIGURO, K. YOSHIHARA, S. ISHII a T. ENOMOTO, 2022. 18 F-FDG Fetal Dosimetry Calculated with PET/MRI. *Journal of nuclear medicine: official publication, Society of Nuclear Medicine* [online]. [cit. 2022-02-26]. ISSN 15355667. Dostupné z: doi:10.2967/jnumed.121.263561

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

3D	trojdimenzionální obraz
ALARA	As low as reasonably achievable
CT	Výpočetní tomografie
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
FDA	Food and Drug Administration
FDG	Fluoro-deoxy – glukóza
Gy	Gray
ICRP	International commuission on radiologicalprotection
IZ	Ionizující záření
keV	Kilo elektronvolt
KL	Kontrastní látka
MDCT	Multidetektorová výpočetní tomografie
MeV	Mega elektronvolt
MR	Magnetická rezonance
např.	Například
PET/CT	Hybridní spojení pozitronové emisní tomografie a výpočetní tomografie
PET/MR	Hybridní spojení pozitronové emisní tomografie s magnetickou rezonancí
RA	Radiologický asistent
RTG	Rentgenové záření nebo rentgen
SPECT	Jednofotonová emisní výpočetní tomografie
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Sv	Sievert
tj.	To jest

TLD Top level domains

tzv. takzvaný

UZ Ultrazvuk

SEZNAM PŘÍLOH

Obrázek 1: CT vyšetření gravidní ženy

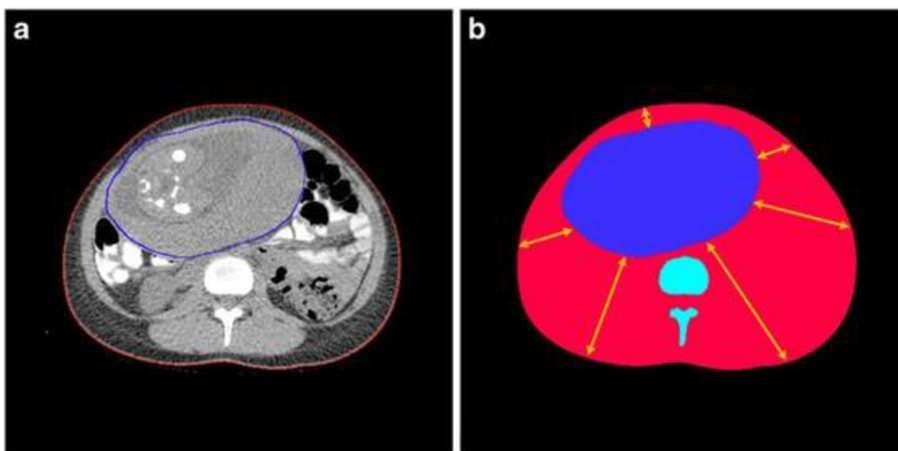
Obrázek 2: PET snímek v koronárním řezu u gravidní pacientky

Obrázek 3: PET/MR gravidní pacientky

Obrázek 4: Ultrazvukové vyšetření plodu

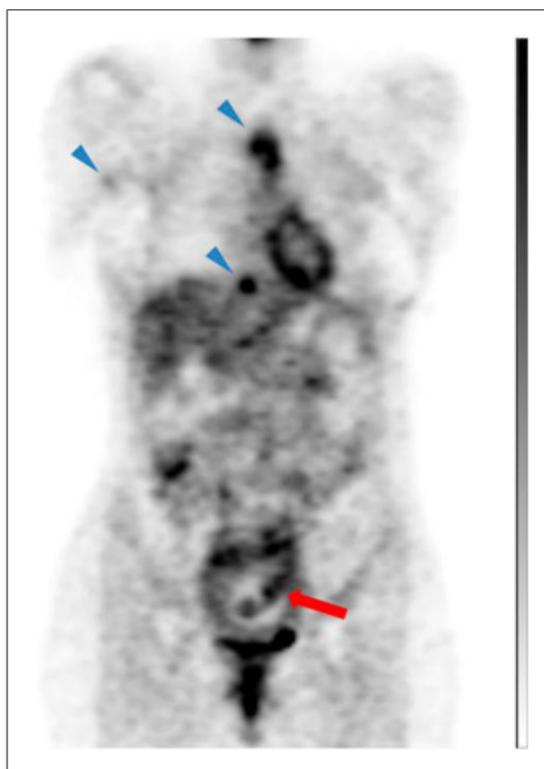
Obrázek 5: MR vyšetření plodu s rozštěpem rtu

PŘÍLOHY



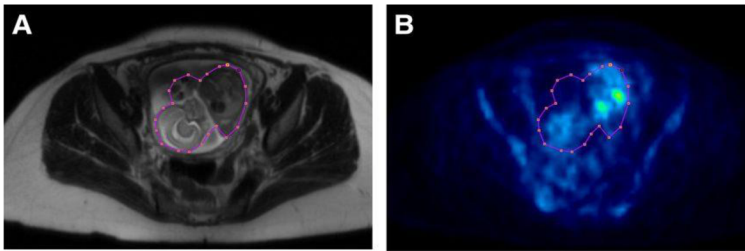
Obrázek 1: CT vyšetření gravidní ženy. Červený obrys v části a vyznačuje tělo pacientky. Modrý obrys dělohu s 29týdenním plodem. V části b je vyznačený segmentovaný CT obraz – dělohy, těla a skeletu. Dvojitá šipka vyjadřuje vzdálenost mezi kůží a dělohou.

Zdroj: (Xie, 2018, s, 1056)



Obrázek 2: PET snímek v koronárním řezu u gravidní pacientky s karcinomem prsu metastazujícím do hrudní kosti a pravé axily (modré šipky). Červená šipka míří na plod, jehož stáří je přibližně 14 týdnů.

Zdroj: (Zanotti-fregonara, 2015, s, 1219)



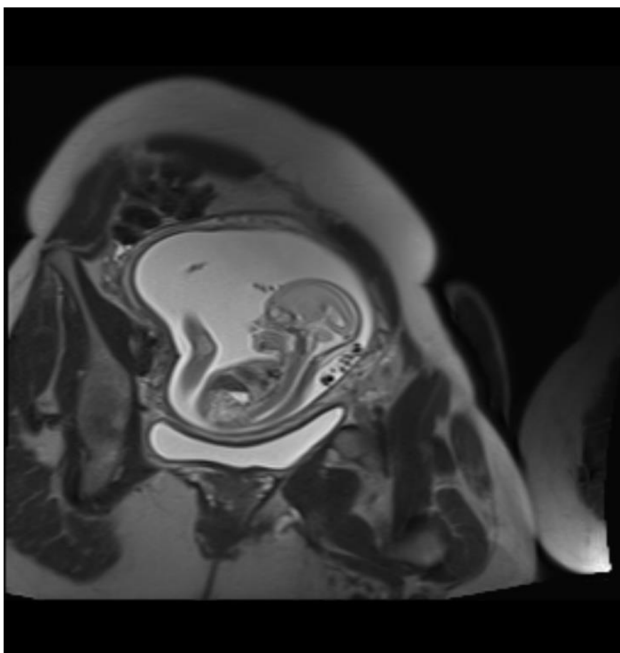
Obrázek 3: PET/MR – v části umožňuje MR přesné ohraničení plodu. Po fúzi s PET na obrázku jsou viditelné "studené" oblasti.

Zdroj: (Zanotti-fregonara, 2015, s, 1221)



Obrázek 4: Ultrazvukové vyšetření plodu.

Zdroj: Roztočil, 2017, barevná příloha, s, 1)



Obrázek 5: MR vyšetření plodu s rozštěpem rtu.

Zdroj: Fakultní nemocnice Olomouc, radiologická klinika.