

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

FAKULTA ZDRAVOTNICKÝCH VĚD

Ústav radiologických metod

Lucie Dovrtělová

Ionizující záření a gravidita

Bakalářská práce

Vedoucí práce: MUDr. Vojtěch Prášil

Olomouc 2016

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

Olomouc 21. dubna 2016

podpis

PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji panu MUDr. Vojtěchu Prášilovi za odborné vedení bakalářské práce, cenné rady a čas, který mi věnoval. Velké poděkování patří mojí rodině a pracovnímu kolektivu pod vedením paní MUDr. Zuzany Karáskové za obrovskou podporu během celého studia.

ANOTACE

Typ závěrečné práce: Přehledová bakalářská práce

Téma práce: Ionizující záření a gravidita

Název práce: Ionizující záření a gravidita

Název práce v AJ: Ionizing radiation and pregnancy

Datum zadání: *2015-10-23*

Datum odevzdání: *2016-04-21*

Vysoká škola, fakulta, ústav: Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta zdravotnických věd
Ústav radiologických metod

Autor práce: Dovrtělová Lucie

Vedoucí práce: MUDr. Vojtěch Prášil

Oponent práce: Mgr. Lada Skácelová

Abstrakt v ČJ: Bakalářská práce je zaměřena na problematiku ionizujícího záření a gravidity. První a druhá kapitola se věnují ionizujícímu záření a jeho možným teratogenním vlivům na lidský plod. Třetí kapitola popisuje jednotlivá vyšetření ionizujícím zářením během gravidity. Čtvrtá kapitola je zaměřena na vztah radiologického asistenta a gravidní pacientky. Ucelenost problematiky dokončuje část o profesním ozáření radiologického asistenta.

Abstrakt v AJ:

The aim of this thesis is the ionizing radiation and its impact on pregnancy. At first, the possibility of a teratogenic influence of the ionizing radiation is discussed in the first and the second chapter. Secondly, the third chapter describes individual ionizing radiation examination which is provided during pregnancy. The fourth chapter is concerned with relationship of radiology assistant and a pregnant patient. Part about professional ionizing radiation risk of the radiology assistant finishes compactness of problem.

Klíčová slova v ČJ: ionizující záření, gravidita, embryo, vyšetření, dávka

Klíčová slova v AJ: ionizingradiation, pregnancy, fetus, examination, dose

Rozsah: s. 51/10 příloh

OBSAH

ÚVOD.....	7
REŠERŠNÍ ČINNOST.....	9
1 IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ A JEHO ZDROJE.....	10
1.1 IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ JAKO FYZIKÁLNÍ TERATOGEN.....	11
1.2 VZNIK MUTACÍ VLIVEM IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	12
1.3 CITLIVOST ORGANISMU.....	12
1.4 BIOLOGICKÉ ÚČINKY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	13
2 REPRODUKČNÍ VĚK A IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ.....	15
2.1 POČETÍ.....	16
2.2 LÉKAŘSKÉ OZÁŘENÍ V GRAVIDITĚ.....	17
2.3 DŮSLEDKY OZÁŘENÍ PRO PLOD.....	19
3 PLÁNOVANÁ VYŠETŘENÍ IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍM.....	23
3.1 RTG VYŠETŘENÍ V GRAVIDITĚ.....	23
3.2 CT VYŠETŘENÍ V GRAVIDITĚ.....	24
3.3 NUKLEÁRNÍ MEDICÍNA V GRAVIDITĚ.....	25
3.4 PLICNÍ EMBOLIE V GRAVIDITĚ.....	25
3.4.1 Flebotrombóza.....	26
3.5 SRDEČNÍ KATETRIZACE V GRAVIDITĚ.....	26
3.6 TRAUMA V GRAVIDITĚ.....	26
3.6.1 Ruptura dělohy.....	28
3.7 RADIOJÓD V GRAVIDITĚ.....	28
3.8 ZHOUBNÉ NÁDORY V GRAVIDITĚ.....	28
4 PRACOVNÍ OZÁŘENÍ RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA.....	30
4.1 RADIAČNÍ NEHODA.....	31
4.2 OCHRANNÉ POMŮCKY.....	31
5 RADIOLOGICKÝ ASISTENT A TĚHOTNÉ PACIENTKY.....	33
5.1 METODICKÝ POSTUP PRO RADIODIAGNOSTICKÉ ZOBRAZOVÁNÍ BĚHEM GRAVIDITY.....	34
5.2 PŘÍPAD Z PRAXE.....	35
ZÁVĚR.....	36
REFERENČNÍ SEZNAM.....	38
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	42
SEZNAM SYMBOLŮ, ZNAČEK.....	44
SEZNAM PŘÍLOH.....	45
PŘÍLOHY.....	46

ÚVOD

Téma škodlivého umělého ozáření a jeho důsledků na vyvíjející se plod se jeví z pohledu žen- pacientek plné obav, strachu a bezmoci. Původ těchto pocitů tkví v mýtech, přežívajících několik generací budoucích matek a na druhé straně ve snaze, udělat pro budoucího potomka všechno správně. Informovanost běžné populace o nejnovějších poznatcích lékařské vědy a moderních vyšetřovacích metod je velmi malá a pochází často z neověřených zdrojů a sociálních sítí. Obava z umělého ozáření převyšuje opomíjení radiačního pozadí z přírodních zdrojů, kterému jsme vystaveni denně. V ČR podle prohlášení SÚJB neexistují jiné zdroje ionizujícího záření, než které spadají pod jejich vysoké kontroly a nejsou volně přístupné. Podléhají tak propracovanému systému radiační ochrany obyvatelstva a jejich užití je specifikované jako lékařské ozáření. Lékařské ozáření je možné aplikovat pouze za standardně indikovaných podmínek indikujícím lékařem a aplikujícím radiologickým asistentem. V ČR nebylo k dnešnímu datu povoleno užívání rtg přístrojů pro kontrolu osob. Existuje pouze jeden rtg přístroj na kontrolu zavazadel, a to na letišti Václava Havla v Praze. Rámové detektory na kov nevyzařují ionizující záření a slouží k detekci přítomnosti kovů, stejně jako vstupní turnikety. Jejich působením nemůže dojít k poškození, popř. zahubení lidského plodu u gravidních žen.

MUDr. Antonín Pařízek, CSc upozorňuje ve své připravované knize (O těhotenství a porodu), že masivní ozáření může být pro plod smrtelné, zatím co rtg vyšetření je ve skutečnosti bez následků pro plod, pokud jsou dodrženy určité zásady. Dřívější rentgenologické vyšetření pelvimetrie se dnes již neprovádí. Toto vyšetření je nahrazeno zevním měřením pánevních rozměrů a ultrazvukovým měřením plodu.

Podstoupí-li gravidní žena vyšetření ionizujícím zářením, měla by podstoupit gynekologická vyšetření v následujícím doporučení: pečlivě sledovat v genetické poradně ultrazvukovým a chromozomálním vyšetřením. Při ozáření vysokými dávkami embrya in utero (nad 100 rad = 1 Gy) může dojít k samovolnému potratu, IUGR, VVV především CNS, mikrocefali, hydrocefali, mikrooftalmii, atrofií optického nervu, dysplazií sítnice a kataraktě. (Hájek, 32, 2000)

Otázka BP:

Jaké existují nejnovější zásady a postupy při aplikaci ionizujícího záření gravidním ženám?

Cíle BP:

1. Vytvořit ucelený přehled nejnovějších dohledaných poznatků o problematice ionizující záření v graviditě.
2. Popsat roli RA při vyšetřování gravidní pacientky ionizujícím zářením.
3. Vyhledat důsledky ionizujícího záření na plod.

REŠERŠNÍ ČINNOST

Rešeršní činnost byla prováděna standardním způsobem k vyhledání validních a aktuálních informací k tématu ionizující záření a gravidita. Byla rozdělena na dvě etapy. V první etapě byla zaměřena na vyhledání knih vztahující se k tématu ionizující záření a gravidita. Vyhledávání probíhalo v databázích Lékařské knihovny ve Zlíně, Národní knihovny ČR Praha a Vědecké knihovny Olomouc. V průběhu zpracování bakalářské práce bylo čerpáno z 16 knih v českém jazyce. V bakalářské práci bylo využito informací ze 2 českých informačních zdrojů online.

Druhá etapa byla zaměřena na vyhledání odborných článků publikovaných v letech 2010 - doposud. Vyhledávané informace byly v českém a anglickém jazyce. Zásadním vyhledávacím kritériem byla klíčová slova- ionizující záření, gravidita, embryo, dávka záření, rtg. Bylo využito databází: Medline, Medvik, Pub Med, EBCO, GOOGLE Scholar.

V českém jazyce bylo nalezeno 8 článků, z toho bylo použito 6. V jazyce anglickém bylo nalezeno 159 článků, z nich bylo použito 5.

1 IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ A JEHO ZDROJE

Ionizujícím zářením je označováno záření, které po průchodu danou hmotou (látkou) reaguje. Kvanta ionizujícího záření mají tak vysokou energii, že jsou schopna vyřadit elektrony z atomového obalu a tím způsobovat reakce. Obor zabývající se specifickostí daného záření je radiologie. Lékařský obor popisuje využití ionizujícího záření v diagnostice i terapii. (Ullmann, 2009, s. 100)

K přírodním zdrojům ionizujícího záření spadají zdroje kosmického záření a přírodní radionuklidy vyskytující se v přírodě (^{40}K , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{238}U). Kosmické záření je izotropní a na Zemi všudypřítomné. Jeho energie se mění s větší vzdáleností, z čehož vyplývá, že při letech naší zemskou atmosférou se přibližujeme větším energiím, tím vystavujeme lidská těla vyšší radiační zátěži. Průměrná roční efektivní dávka pro obyvatele České republiky pouze z kosmického záření je stanovena na 0,3 mSv. Významné ozáření kosmickým zářením je pro posádky letectva. SÚJB v roce 2007 stanovil průměrnou efektivní dávku pro letecké pracovníky na 2,2 mSv. (Hušák, 2009, s. 25-27)

Přírodní radionuklidy vznikají třemi různými způsoby. Díky jaderným reakcím kosmického záření v atmosférickém obalu Země (kosmogenní radionuklidy). Z časných stádií vesmíru vznikají původní primordiální radionuklidy s dlouhým poločasem přeměny. Třetím způsobem vzniku radionuklidů jsou přeměnové řady, nejznámější je uran-radiová.¹ Obyvatelům ČR je způsobováno vnitřní ozáření nejen potravou či vdechováním dceřiných produktů radionuklidů. (Hušák, 2009, s. 25-27)

Úroveň záření pozadí se značně mění po celém světě. Tzv. standardní člověk ve Spojených státech je vystaven v průměru přibližně 3,1 mSv za rok, zatímco osoby v Kerala v Indii mohou být vystaveny až 70 mSv za rok v důsledku přirozeně se vyskytujícího thorium monazit písku, který se zde nachází. (Rob Goodman, 2012)

¹Pronikání radonu z podloží do ovzduší obytných prostor znázorňuje schéma příloha č. 1

Průměrná roční efektivní dávka z kosmických a přírodních radionuklidů je pro občana ČR přibližně 3,5 mSv. Největší podíl této hodnoty má inhalace radonu a jeho dceřiné produkty. Velikost dávky z přírodního ozáření značně převyšuje dávku z lékařského ozáření.²(Hušák, 2009, s. 25-27)

Lékařské ozáření je nejvýznamnější složkou ozáření obyvatelstva ČR. Zákon stanovuje limity ozáření pro obyvatelstvo, radiační pracovníky a limity pro životní prostředí. Lékařské ozáření jednotlivých osob podléhá dvěma základním principům radiační ochrany (princip zdůvodnění a princip optimalizace dávky). (Šinkorová, Návrátil, 2014, s. 8-9)

K umělým zdrojům jsou řazeny jaderné zbraně, reaktory a zdroje lékařského ozáření. Lékařské ozáření je jasně definováno v atomovém zákoně (č. 13/2002 Sb.) jako vystavení pacientů ionizujícímu záření v rámci jejich lékařského vyšetření nebo léčby. Lékařské ozáření plně podléhá přísným kritériím, která upravuje nejen legislativa ČR (Věstník MZ ČR č. 9/2011, č. 307/2004 Sb., 373/2011 Sb.) ale i mezinárodně uznávaná doporučení vydaná ICRP a UNSCEAR.

Účinky expozice ionizujícího záření mohou být teratogenní, karcinogenní ale i mutagenní. Důsledky závisí na úrovni expozice. Nekarcinogenní účinky nejsou popsány u embrya pod prahovou dávkou 0,05 Gy v jakékoliv fázi prenatalního života. Prahová dávka přežití lidského embrya je odhadovaná mezi 0,10 až 0,20 Gy, po 16. týdnu gravidity se ovšem zvyšuje na 0,50 až 0,70 Gy. (Williams, 2010, s. 492)

1.1 Ionizující záření jako fyzikální teratogen

Radiace je považována za fyzikální teratogen popřípadě mutagen, který způsobuje chromozomální zlomy, aberace. Tyto mutace způsobují vrozené vývojové vady a taktéž zakládají vzniku malignit. Moderní diagnostické přístroje

² Porovnání průměrné roční radiační zátěže z přírodních a umělých zdrojů IZ dokumentuje příloha č. 2

jsou považované za neškodné a významnost genetického rizika je nižší než 1:1000. (Hájek, 2000, s. 31)

„Teratogenicita nebyla zjištěna po expozici mikrovlnnému zdroji, radiovým vlnám nebo magnetickému poli po vyšetření magnetickou rezonancí nebo po diagnostickém ultrazvukovém vyšetření. Pouze vystavení dlouhodobému léčebnému ultrazvukovému vlnění může mít teratogenní účinek na základě tepelné destrukce buněk embrya. Může se to projevit IUGR, mikrocefalií a sakrální dysgenezí u novorozeného dítěte.“ (Hájek, 2000, s. 31)

1.2 Vznik mutací vlivem ionizujícího záření

Vliv ionizujícího záření na poškození genetické výbavy je prozkoumáván od roku 1927. První pokusy na drozofilách popsal H. J. Muller, kde popisuje vznik trvalých změn (mutací) po ozáření ionizujícím zářením na organismech. V roce 1957 Bender zaznamenal první chromozomální aberace v lidských buňkách vyvolané právě ionizujícím zářením. Od roku 1962 autoři dalších studií (Bender, Gooch) popisují souvislost mezi velikostí dávky a počtu chromozomálních aberací. (Kučerová, 1988, s. 91)

Vztah mezi dávkou záření a chromozomální poškozením je zkoumán dodnes. Ale od prvopočátku je zřejmé, že vztah není jednoduše přímý. Situace jsou rozdílné podle toho jaká část, jak velká část popřípadě orgán lidského těla je vystaven ionizujícímu záření. I běžné diagnostické dávky záření používané v klinické medicíně způsobují chromozomální aberace, např. při urografii, kdy je dávka vyšší než 0,015 Gy aberace prokázány byly. (Kučerová, 1988, s. 111) Tato informace byla publikována v roce 1988, proto ji nelze dnes považovat za relevantní.

1.3 Citlivost organismu

Mechanické účinky záření na lidský organismus je nutné popsat od účinků na buňku. Buňka je základní stavební jednotkou, která vytváří tkáně, které nadále tvoří celé orgánové soustavy. Buněčný cyklus je dělen do 4 fází: G1, S, G2, a M. Každá fáze buněčného cyklu je specifická jinou vlastností. Fáze G1 je nejdelší z celé periody dělení buňky. V buňce dochází k fyziologickým dějům typickým

pro daný druh buňky. Fáze S je specifická replikací DNA, tedy prvním dělením buňky. Syntéza je velmi náročná a jakákoliv nepřesnost v procesu je zapsána jako chyba (mutace) genetické výbavy pro nově vzniklou buňku. Po ukončení replikace DNA nastává fáze G2. Buňka se zdvojenou DNA se dále připravuje k dělení. Fáze G2 je typická syntézou proteinů k následnému rozdělení na dvě buňky dceřiné. Ve fázi M dochází k vlastnímu dělení buňky, procesem mitózy. Výsledkem buněčného cyklu jsou dvě dceřiné buňky. Dceřiné buňky mohou nadále vstoupit do nového buněčného cyklu a dále se dělit. Buňka může vstoupit do fáze klidové- G0, kde setrvává a dále se nedělí.³(Feltl, Cvek, 2008, s. 7-8)

Radiosenzitivita buňky se v průběhu buněčného cyklu mění. Experimentální radiologie svými výzkumy potvrdila nejvyšší citlivost buněk na ionizující záření ve fázi G1 a G2. Dojde-li k působení ionizujícího záření na buňku ve fázi G1 a G2 a vzniku mutace- buňka zahyne apoptotickou smrtí. Působí-li ionizující záření v jiných periodách buněčného cyklu, buňka operuje vyšší pravděpodobností přežití radiačního poškození. Účinek ionizujícího záření na úrovni buňky je složitější. Míra poškození závisí nejen na fázi buněčného cyklu ale i na genetické radiosenzitivě buňky a typu záření. (Feltl, Cvek, 2008, s. 10)

Celkový stav organismu přispívá k vyrovnávání změn způsobených zářením. Lymfatickou tkáň, kostní dřeň, pohlavní žlázy a střevo řadíme mezi orgány s nejvyšší radiosenzitivitou. Menší radiosenzitivitou se pak vyznačuje kůže a epitel, hltan, jícen, žaludek, močový měchýř, oční čočka dále pak malé cévy, rostoucí chrupavka a kost. Následují vospělá kost, dýchací orgány, játra, pankreas, endokrinní žláz. Nejnižší radiosenzitivitu má nervová a svalová tkáň. (Rosina, 2013, s. 163)

1.4 Biologické účinky ionizujícího záření

Ionizující záření je absorbováno při průchodu živou i neživou hmotou, nejčastěji však procesem ionizace a excitace. Z pohledu fyzikálního se často jedná o dávky velmi malé ovšem způsobující rakovinové bujení. (Rosina, 2013, s. 162)

³ Schéma odpovědi buněčného cyklu na účinek IZ příloha č. 1

Přímým účinkem označujeme proces okamžité absorpce záření v živých strukturách organismu. Nejvýznamnějšími strukturami lidského organismu jsou bílkoviny a enzymy, které obsahují málo vody. Následující změny mohou způsobit až rozpad molekul. Lidský organismus je v dospělém věku tvořen až 80% vody, v novorozeneckém věku 60%. Voda slouží jako meziprodukt nepřímých účinků. Primárním produktem ionizace vody jsou volné radikály H a OH, které jsou velmi agresivní a dále způsobují až destrukci molekul. (Rosina, 2013, s. 163)

Účinky na buněčné úrovni lze pozorovat jako zmenšený počet buněk až poruchu funkce jednotlivých orgánů (krvetvorná tkáň, střevní sliznice, zárodečná tkáň). Výsledkem tak může být i vznik nemoci z ozáření na úrovni organismu. Rozsah funkčních i morfologických změn je závislý nejen na velikosti dávky záření, ale i typu záření a především citlivosti jednotlivých orgánů. (Rosina, 2013, s. 163)

Buňka zasažená radioaktivitou se svými obrannými mechanismy opraví a může žít dál, anebo poškození je natolik objemné, že zahyne. V tomto případě závisí na počtu poškozených buněk, dojde-li ke smrti pouze orgánu nebo celého organismu. Popsaná odpověď odpovídá deterministickým účinkům záření. Třetí možností je, že buňka přežije, ale určité poškození vzniklo. Poškození není viditelné a způsobuje až po určitém čase rakovinové bujení- stochastické účinky ionizujícího záření. V tomto případě by se jednalo o spermii či vajíčko, z něhož se narodí dítě s VVV, která není viditelná, ale může se projevit během života. Studie, které se zabývají právě otázkou působení nízkých dávek záření při dlouhodobém působení na lidský organismus, zatím nedospěly k jednoznačným závěrům. (Rosina, 2013, s. 166)

Standardním zpětným zhodnocením obdržené dávky ionizujícího záření je stanovení chromozomálních aberací. Metoda zkoumá změny na buněčné a molekulární úrovni. (Šinkorová, Navrátil, 2014, s. 19)

2 REPRODUKČNÍ VĚK A IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ

Radiační ochrana žen ve fertilním věku je nezanedbatelnou součástí každého vyšetření spojeného s ionizujícím zářením. Nutné upozornění na možná rizika nelze vyloučit z procesu edukace klientek. Dnešní vyšetření používají k získání kvalitních informací, díky modernímu přístrojovému vybavení, nejnižší možné dávky.

T. Rob Goodman ve svém článku *Medical Imaging Radiation Safety for the Female Patient* doporučuje ženám před rtg vyšetřením bederní páteře, pánve a kostrče vyprázdnit močový měchýř. Vyprázdněním močového měchýře vede k vysunutí vaječníku více stranou, což způsobí menší radiační zátěž na reprodukční orgány až o 40 %. Ve článku je uváděno možné užití krytu z Pb na vaječníky, u kterých ale zřetelně popisuje překrytí dalšího objemu vyšetřované části – což vede k nedostatečné zhodnotitelnosti snímku, především při traumatech kostrče, kostí sedacích aj. Tato strategie je levná a nenáročná. Ovšem je otázkou jak velký význam přináší.

V dřívější praxi jsme se setkávali v některých nemocnicích s provedením gravitestu z moči u každé ženy ve fertilním věku, která měla trauma. Tato strategie není vhodná z důvodu komplikovanosti odběru, vyšší cenové náročnosti a neprůkaznosti výsledků. (Křováková, 2003, s. 19)

Ženy ve fertilním období musí být řádně poučeny před každým rtg vyšetřením. Vyšetření lze provádět pouze po schválení správné indikace radiologem a informováním ženy. Poučení se vztahuje na ženy s pravidelným i nepravidelným menstruačním cyklem, u kterých nelze vyloučit počátek těhotenství. Zásadní informace, která by měla být ženě sdělena je, že ve stádiu preimplantace není těhotenství reálně ohroženo. Postup vyšetření je jasně popsán v Radiologických standardech ve Věstníku Ministerstva Zdravotnictví ČR z roku 2011. Dříve propagované desetidenní pravidlo (aplikace rtg vyšetření v prvních 10 dnech menstruačního cyklu) nebylo vědecky podloženo. (Neuwirth, Eliáš, 2014, s. 9)

Plautovo logické a docela vhodné pravidlo 28 dnů od poslední menstruace se dnes nepoužívá. (Křováková, 2003, s. 18)

Dominantní roli v diagnostice žen ve fertilním věku hraje ultrasonografické vyšetření, které nepoužívá ionizujícího záření. Je první volbou diagnostického zobrazování nejen u gravidních žen. V porodnictví hraje UZ nezastupitelnou roli ve sledování plodu in utero, kontrolu rozměrů plodu ale i odhalení patologií v průběhu těhotenství. Druhou metodou využívanou k diagnostice gravidních žen je magnetická rezonance. MR je relativně kontraindikována v prvním trimestru těhotenství. MR je využívána k diagnostice pánevních orgánů, v sagitální rovině zobrazení dělohy, v koronární sekvenci k odhalení nádorového onemocnění ovárií. V neposlední řadě lze zobrazení MR využít k diagnostice patologií u plodu in utero- především při vícečetné graviditě či rozštěpových vad rtu a patra.⁴ Dnes stále využívaná metoda s použitím ionizujícího záření ve fertilním věku ženy je hysterosalpingografie. Hysterosalpingografie je metoda využívána k odhalení příčin sterility (neprůchodnost vejcovodů, srůsty, endometrióza, patologický tvar dělohy). (Vomáčka, 2015, s. 99)

2.1 Početí

Koncepcí nazýváme stav, kdy dojde k oplodnění oocyty spermií. Dochází tak k proniknutí spermie (mužské pohlavní buňky) do vajíčka (ženské pohlavní buňky). Dělení a diferenciací oocyty probíhá 280 dnů (tj. 40 gestačních týdnů) od oplození. Samotnému početí předchází proces gametogeneze, tj. vývoj pohlavních buněk. I v této době může dojít k působení ionizujícího záření na gamety. Pohlavní žlázy patří k nejvíce senzitivním na účinky ionizujícího záření. Proto je preferována plánovaná koncepce z důsledku možného účinku ionizujícího záření na budoucí plod.(Roztočil, 2008, s. 86)

V situacích, kdy žena podstoupila ať už diagnostické nebo terapeutické ozáření i dlouho před početím (měsíce, roky), je třeba stav označit jako rizikový. V dnešní době je považováno za standardní postup diagnostické lékařské ozáření směřovat na dobu před ovulací, kdy jsou oocyty nejméně radiosenzitivní. Léčebné ozáření v oblasti gonád je rizikové i u mužského pohlaví. Chromozomální aberace mohou

⁴ Příloha č. 3 T2 vážený obraz MR gemini in utero v pozdní fázi gravidity

přetrvávat v zárodečných buňkách nejméně tři roky. Z důvodu zmíněné zátěže je indikováno chromozomální vyšetření plodu z kultur buněk plodové vody. (Hájek, 2000, s. 31)

2.2 Lékařské ozáření v graviditě

„Při vyšetřování těhotných žen ionizujícím zářením může dojít k ozáření plodu. Změny, k nimž pak dochází, se liší podle toho, ve kterém týdnu těhotenství k expozici došlo. V období embryogeneze může vést ozáření (expozice) ke smrti zárodku. V období organogeneze, tj. od třetího týdne po oplodnění, může dojít u dávek, které nevedou ke smrti plodu, ke vzniku vývojových anomálií. Ozáření plodu v posledních měsících nitroděložního vývoje může mít za následek vznik leukemie nebo maligních nádorů v dětském věku.“ (Rosina, 2013, s. 136)

Dříve byla expozice ionizujícího záření na gravidní ženu považována za absolutní indikaci k UPT. Dnes tomu tak není. Běžně používané radiodiagnostické a terapeutické zdroje ionizujícího záření produkují pouze nejnutnější dávky záření k dosažení požadované informace. Jako ukázková skupina žen pro posuzování účinků ionizujícího záření na vyvíjející se plod jsou těhotné ženy, které žily v oblasti Hirošimy a Nagasaki v době atomových útoků z roku 1945. Nejvíce experimentů z této oblasti bylo provedeno na myších. (Súkupová, 2015)

Věk, těhotenství a kojení jsou důležitými gynekologickými kritérii pro výběr nejvhodnějších zobrazovacích metod s ohledem na rizika ozáření. Nadměrné riziko karcinogeneze ze záření je téměř třikrát vyšší u dětí mladších 10 let, než v populaci jako celku. Tento proces lze vysvětlit tím, že růst dítěte je spojen s vysokou mírou mitózy a také obtížností v omezení expozice do neradiosenzitivních oblastí vzhledem k jejich malé velikosti. Těhotná děloha patří k radiosenzitivním orgánům (z důvodu vyvíjejícího se plodu). Na základě studií na zvířatech a lidech jsou popsány teoretické účinky záření, jako je prenatální úmrtí, růstová retardace a rakovinové bujení v dětském věku. Dávky pod 50 mGy (10 mSv) nejsou spojovány se zvýšením počtu anomálií nebo ztrátou těhotenství. Uklidňujícím zjištěním může být fakt, že z břichopánevního CT je přibližně polovina zmíněné dávky pro plod. Prs je orgán zasluhující zvláštní pozornost nejen díky své radiosenzitivitě (s častým výskytem vlastních malignit)

ale i povrchním umístěním na hrudní stěně. Prs je vystaven ionizujícímu záření při běžném hrudním zobrazování. Například CT plicní angiografie je nejběžněji používané zobrazení k detekci plicní embolie a pacientky jsou mladé. Jedna studie popisuje použití CT plicní angiografie z 60 % u žen a z toho 25 % mladších 40 let. (Rob Goodman, 2012)

Nejvyšší studijní dávky z gynekologické oblasti pochází z CT a skiaskopických intervenčních vyšetření. CT hrudníku, břicha a pánve může mít za následek efektivní dávku cca 21 mSv. Intervenční zákrok na dělohu, pánevní či žilní embolizaci může dosáhnout účinné dávky až 60mSv. (Rob Goodman, 2012)

Celosvětově je ročně vystaveno tisíce gravidních žen lékařskému ozáření. Nedostatek informací vzbuzuje strach a obavy o průběh těhotenství respektive plod. Většina vyšetření ionizujícím zářením nese pouze minimální rizika pro plod. Lékařské ozáření těhotných žen je možno rozdělit do tří základních skupin.

První skupinu tvoří plánovaná vyšetření, jako jsou radiodiagnostické popřípadě terapeutické výkony (srdeční katetrizace, CT vyšetření gravidní ženy po autonehodě).

Druhou skupinu ozáření gravidních žen tvoří pracovní ozáření v rámci výkonu jejich povolání.

Do třetí skupiny můžeme zařadit náhodné ozáření gravidních žen v rámci radiační nehody. (Súkupová, 2013)

Diagnostické zobrazování při použití ionizujícího záření u gravidních žen vzrostlo o 121 % od roku 1997 do roku 2006. CT vyšetření bylo aplikováno u gravidních žen za rok o 25 %. (Williams, 2010)

Ženy s prokázaným nebo pravděpodobným těhotenstvím (tzv. opožděnou menstruací) mohou podstoupit vyšetření ionizujícím zářením pouze tehdy, pokud existuje vysoké riziko poškození zdraví pro matku. V opačném případě se vyšetření po souhlasu indikujícího lékaře a matky odloží do doby vyloučení těhotenství nebo porodu. Matka musí být řádně seznámena se všemi možnostmi a důsledky vyplývajícími z konkrétního vyšetření. Při edukaci je nutné upozornit i na spontánní rizika související s běžným těhotenstvím. Lékař vždy zvažuje možnost nahrazení ionizujícího záření jinými dostupnými vyšetřovacími

metodami bez radiace, jako je UZ a MR. Vždy je nutné pracovat s takovými expozičními protokoly, které představují nejmenší dávku záření na plod k zachování získání kvalitní informace daného vyšetření. Dávka záření musí být stanovena před samostatným výkonem, v průběhu výkonu ověřena a po aplikaci řádně zapsána k výsledku vyšetření. (Neuwirth, Eliáš, 2014, s. 9)

Jestliže gravidní žena podstoupí radiodiagnostické vyšetření ionizujícím zářením hlavy, krku, hrudníku nebo končetin, není nutné kalkulovat dávku na uterus. Vycházíme z předpokladu, že dávka na uterus je menší než 1 mSv. Lékařské ozáření břicha a pánve při pořízení méně než 4 snímků a méně než 1 minuty skiaskopie je dávka na dělohu vždy menší než 10 mSv a riziko vzniku malformací plodu neexistuje. Při vylučovací urografii, irigografii, cystografii, angiografii a CT s průchodem přes oblast břišní a pánevní uvažujeme o dávce na dělohu menší než 50 mSv. U těchto vyšetření je nutné vykalkulovat přesnou dávku na uterus podle konkrétních parametrů daného vyšetření a vyšetřovacího přístroje. Kalkulace dávky spadá do kompetencí radiologického fyzika. Při opakovaných CT a delších intervenčních výkonech může dávka na dělohu překročit i 100 mSv, proto nezastupitelnou roli hraje opět přesná kalkulace. Prahová hodnota dávky k ovlivnění IQ je 200 mSv. Překročení 200 mSv není jasnou indikací k přerušení těhotenství, lékař budoucí rodiče informuje o možnostech a účincích záření ale rozhodnutí je ponecháno na budoucích rodičích. Mentální retardace je možná u překročení 500 mSv dávky na uterus, které dnes nelze při diagnostických vyšetření dosáhnout. (Neuwirth, Eliáš, 2014, s. 9- 10)

2.3 Důsledky ozáření pro plod

„Všechno nebo nic“ je zásadní pravidlo v období embryonálním (tj. od koncepcce do 8. gestačního dne). Buňky jsou poškozeny v celém rozsahu a těhotenství je ukončeno. Gravidita není často ani zjištěna, dostaví se pravidelná menstruace. Je - li poškozena pouze část buněk, těhotenství pokračuje fyziologicky. (Neuwirth, Eliáš, 2014, s. 8)

Období „všechno nebo nic“ (all - or - none) je obdobím předběžné diferenciacce. Embryo se skládá buněk totipotentních a pluripotentních. V této velmi rané fázi se může každá buňka izolovat nebo implantovat do dělohy, a tak může vzniknout

normální embryo. Kmenové buňky jsou velmi náchylné k letálním účinkům záření, ale přežívající buňky mohou vyvinout embryo, které nemá zvýšené riziko anatomických malformací, nebo jsou embrya silně poškozená a nepřežijí. Během rané fáze těhotenství mnoho z embryonálních buněk zachovává svoji pluripotenci a mohou nahradit poškozené sousední buňky. (Brent, 2014)

Období embryogeneze (tj. od 9. gestačního dne do konce 9. gestačního týdne) je typické vývojem všech orgánů lidského těla. Buňky plodu se rychle dělí a diferencují, tím jsou radiosenzitivnější. Radiosenzitivita je nejvyšší mezi 3. – 5. gestačním týdnem. Účinky ionizujícího záření tkání jsou prahové, deterministické po překročení hranice 200 mGy. Není-li dosaženo 200 mGy hranice vývoj plodu není ohrožen. Při překročení prahu tkáňové dávky dochází k parciální nebo úplné zástavě vývoje orgánu, končetin, popř. vzniku malformací. (Neuwirth, Eliáš, 2014, s. 9)

Ve velmi časných stádiích organogeneze, tj. začátek diferenciace, 14 - 18. den postkoncepčně do 40. dne postkoncepčně. Je toto období velmi náchylné pro vznik velkých anatomických malformací. (Brent, 2014)

Ve fetální fázi (tj. od 9. gestačního týdne do 40. gestačního týdne) je většina orgánů vytvořena. Touto skutečností je zajištěno, že i smrt několika buněk z důsledku ozáření způsobí pouze parciální poškození daného orgánu. Mozek je orgán, který se vyvíjí po celou dobu gravidity, čímž může dojít ke vzniku mentální retardace. Udávaná prahová dávka je 500 mGy. Možné snížení IQ na 70 bylo pozorováno u dávek vyšších než 200 mGy. (Neuwirth, Eliáš, 2014, s. 9)

Mentální retardace plodu způsobená ionizujícím zářením

Nenovější studie popisují možnost vzniku poklesu IQ v době prenatální expozice jako bezprahový děj, tedy není jasně dodržena limitující hodnota. Nemusí být překročena hodnota 0,1 Gy. Prakticky není nutné klást důraz na tento jev, ale k úplnosti tématu je nutné ji zmínit. Za prahovou dávku vzniku mentální retardace je považována dávka 0,1- 0,3 Gy na plod. Těchto hodnot lze jednoduše dosáhnout při některých intervenčních výkonech v oblasti pánve ne však u běžných skiagrafičkových ani CT vyšetřeních. (Súkupová, 2015)

Od 40. dne koncepce (54. den těhotenství) až do porodu, zranitelnost plodu radiací klesá. Ačkoliv závažné účinky záření na CNS a pohlavních žlázy se se stářím těhotenství postupně snižují, s narůstající hodnotou dávky se mohou vyskytnout. Nejpravděpodobnější mechanismy, které vysvětlují embryopatie indukované ionizačním zářením, jsou:

- buněčné smrti nebo mitotické zpoždění mimo rekuperační kapacitu embrya a plodu,
- inhibice migrace buněk, diferenciací a buněčné komunikace,
- interference s histogenezi procesy jako je buněčná deplece, nekróza nebo zjizvení.

V časných fázích těhotenství, může být primárním faktorem buněčná smrt, protože embryo ztratilo schopnost nahrazovat poškozené buňky a plod může být trvale vyčerpán. To je pravděpodobně jedním z důležitých mechanismů pro vznik mentální retardace a zpomalení růstu v polovině fáze lidského těhotenství. (Brent, 2014)

Existuje významné riziko vzniku nežádoucích účinků vyskytující se v populaci těhotných žen. Toto riziko je 0,5 – 1 % pro mentální retardace (Miller, 1999) a 3% pro hlavní vrozené vady.(Brent, 1999).

Existuje více než 50 typů hlavních malformací hlášených Centru pro kontrolu nemocí a prevence, které vyžadují hospitalizaci, chirurgický zákrok nebo pokračování zvláštní péče z různých důvodů, včetně sníženého intelektu. Kromě toho je 3 % riziko vzniku retardace růstu (Brent, 1999), 15 % pro spontánní potrat (WHO 1970), 11 % pro genetické choroby (Brent 1999) a 7 % u předčasně narozených dětí (Brent, 1999). Etapy těhotenství a škodlivé dávky zhoubných účinků ionizujícího záření na embryo nebo plod jsou silně závislé na dvou faktorech fázi těhotenství a absorbované dávky. Kromě toho, představuje významný rozdíl, pokud je dávka obdržena najednou (nejhorší případ) nebo pokud je to zdlouhavé nebo rozložené do několika hodin či dní. Některé efekty záření nemusí být okamžitě zřejmé a mohou být měřeny nebo zjištěny až v poporodním období nebo v dospělosti. Například vyčerpání neuronů, neurobehaviorální účinky, křečové poruchy, neplodnost, tkáňová hypoplazie, neoplazie nebo zkrácení

životnosti jsou jevy, které mohou být hodnoceny pouze v pozdějších fázích života. (Brent, 2014)

Nekancerózní účinky na zdraví plodu nebyly detekovány v jakékoli fázi těhotenství po vystavení ionizujícímu záření menší než 0,05 Gy (5 rad). Spontánní potrat, omezení růstu a mentální retardace se může objevit u vyšších úrovní expozice. Riziko rakoviny se zvyšuje, bez ohledu na dávku. Dojde - li k expozici ionizujícímu záření, celková fetální dávka záření by měla být co nejpřesněji vypočtena a gravidní žena poučena o možných rizicích tak, aby mohla informovaně rozhodovat o vedení svého těhotenství. Umožňuje - li to situace, každá gravidní žena má nárok na poradenství před vyšetřením ionizujícím zářením. Alternativní metody bez ionizujícího záření jsou první volbou diagnostiky. Pokud jimi nelze získat dostatečnou informaci je nutné přistoupit k expozici ionizujícího záření v průběhu gravidity. Při většině diagnostických postupů nedochází k překročení 0,01 Gy fetální dávky. (Williams, 2010)

3 PLÁNOVANÁ VYŠETŘENÍ IONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍM

3.1 RTG vyšetření v graviditě

Vliv rentgenového vyšetření na těhotnou ženu je velmi diskutovaným tématem. Je třeba shrnout základní princip indikování rtg vyšetření gravidní ženy. Lékařské ozáření je jedinou situací v životě člověka, kdy je vystaven ionizujícímu záření záměrně. Díky své specifičnosti nepodléhá lékařské ozáření limitům. Ovšem je nutné uplatňovat dva základní principy radiační ochrany. Princip zdůvodnění a princip optimalizace. (Hušák, 2009, s. 46-47)

Principem zdůvodnění je specifický svým dostatečným prospěchem ozáření pro vystavenou osobu. Jednoduše popsáno přináší více užitku než škody – k dnešnímu dni nejsou popsána prokazatelná rizika vyplývající z lékařského ozáření. Principem optimalizace jsou stanovovány limity ozáření k jednotlivým zdrojům. Výše dávek je taková, aby přinášela co nejlepší diagnostickou informaci při co nejnižší radiační zátěži pacienta. Lékařské ozáření je tedy optimalizováno ne však limitováno.

Z jakých důvodů nelze zavést limitování popisují odborníci ze SÚJB na základních příkladech.

„• lékař by neošetřil zlomenou nohu (např. by nemohl uvést do správné polohy vzdálené úlomky zlomené kosti), protože by ji z důvodu hrozícího překročení určité limitní dávky nemohl zrentgenovat;

• lékař by nesměl v případě, kdy by hrozilo přečerpání limitu, udělat opakovaný snímek, který by mu umožnil jednoznačně stanovit diagnózu a způsob léčení (např. nedostatečně ostrý první snímek, nový nález apod.);

• nebyla by odhalena metastáza primárního nádoru, protože by byl vyčerpán roční limit dávky – tento případ by mohl mít závažné následky (pacient by dokonce mohl z důvodu neodhalení progresu primárního onemocnění zemřít).“ (SÚJB)

Dlouhodobě lze pozorovat zájem o důsledky z rentgenování gravidních žen. Diskuze jsou plné otázek vztahujících se k tomuto tématu. Z plánovaného vyšetření indikovaného u gravidních žen nemusí mít ženy strach. Je tak uskutečňována jen v případech kdy nelze využít jinou alternativní

diagnostickou metodu bez ionizujícího záření. Míra poškození plodu je popsána v podkapitole (2.3). Přirozeně se vyskytující závažné malformace mají četnost 2 – 4 na 100 narozených dětí. Riziko vzniku zhoubného nádoru vztažené na 1 mGy dávky u plodu je 0,006 % (cca 1 : 17000), přičemž spontánní výskyt fatálních nádorů u dětí je 0,3 % (1 : 333). Energie rentgenového záření klesá se čtvercem vzdálenosti. Při vyšetření jsou používány ochranné stínící pomůcky (zástěry, pomůcky k vykrytí gonád z olovnaté gumy apod.) a rozptýlené záření tak odstíní. Při zobrazování oblastí neležících v blízkém okolí dělohy je možný negativní dopad na plod zanedbatelný (dávka obdržená přímo v děloze je velmi nízká). V obecné rovině je třeba srovnat potencionální rizika s riziky, se kterými se setkáváme v každodenním životě. Kdy rizika ionizujícího záření na plod jsou velmi malá. (SÚJB)

Při rentgenovém vyšetření zubů (intraorálním snímek) těhotné pacientky obdrží embryo dávku kolem 0,001 mGy (u rentgenového záření platí, že 1 mSv = 1 mGy), což je zátěž mnohem menší než představuje průměrná efektivní dávka od přírodního ozáření za jeden rok (3 mSv). Jak je již uvedeno, dodnes nebyly prokázány případy, že by i tak malé dávky představovaly nějaké riziko. (SÚJB)

3.2 CT vyšetření v graviditě

Indikací k použití CT vyšetření u gravidní ženy je diagnostika cévních anomálií a nitrolebních tumorů, spirální CT je indikováno u plicní embolizace. Pro ostatní indikace nevhodnější využití metod bez ionizující zátěže (UZ, MR). (Roztočil, 2008, s. 73)

Magnetická rezonance je bezpečná a vyhovující náhrada radiodiagnostických metod s ionizujícím zářením. MR lze provádět v průběhu celého těhotenství. Základní indikace k provedení MR z matčiny strany: pelvimetrie, neurologické indikace, retroperitoneální tumory, plicní a mediastinální nádory, diagnostika trombóz. Ze strany plodu: meningokéla, encefalokéla, tumory v oblasti hrudníku a dutiny břišní, placentární tumory. (Roztočil, 2008, s. 74)

Kontraindikací k provedení MR jsou kardiostimulátory, kovové cévní svorky a kovové kostní implantáty v těle matky. (Roztočil, 2008, s. 74)

3.3 Nukleární medicína v graviditě

Málo frekventovaně dochází k aplikaci radiofarmaka ženě v době gravidity. Nejčastěji je gravidita zjištěna až po vyšetření. Jednorázová aplikace radiofarmaka značeného ^{99m}Tc je dávka v plodu do 2 mGy. V případě ^{67}Ga by mohla dávka v plodu dosáhnout hodnot až 20 mGy. Dávky jsou velmi podobné při aplikaci ionizujícího záření při CT vyšetření. Poškození plodu je relativně velmi nízké při takto malých dávkách, především v časně graviditě při malé diferenciaci buněk. (Koranda, 2014, s. 59)

Gravidita je relativní kontraindikací diagnostických postupů prováděných pomocí radiofarmak a absolutní kontraindikací pro terapii radionuklidy. Písemné upozornění žen o nutnosti hlášení i možné gravidity je pro následující vyšetření zásadní. Radiační riziko stochastických účinků je až třikrát vyšší v 13.–15. gestačním týdnu než ve třetím trimestru. Edukace těhotné ženy k scintigrafickému vyšetření musí obsahovat informaci, že radiofarmakum je vylučováno převážně močí a je nutné zvýšení pitného režimu k rychlejší očistě těla. (Koranda, 2014, s. 59)

Vyšetření těhotných žen se provádí jako urgentní v neodkladných případech. Aplikace nukleárního vyšetření není indikací k přerušování těhotenství. Každé takové těhotenství je posouzeno klinickým genetikem, který se stanovenou dávkou radiační zátěže odhadne riziko poškození plodu. (Koranda, 2014, s. 59-60)

3.4 Plicní embolie v graviditě

Ventilačně perfuzní plicní scan představuje radiační dávku 0,0058 Gy, nízkodávkovaný perfuzní plicní scan 0,00012 Gy a angio CT vyšetření plicnice asi 0,00066 Gy. Z velikosti dávek vyplývá, že použití těchto diagnostických metod v graviditě je zcela bezpečné. Riziko neléčené plicní embolie mnohonásobně převyšuje riziko radiační zátěže vyšetřovací metod. První volbou při suspektní plicní embolii je provedení echokardiografie. Dále se provádí sonografie hlubokých žil. U gravidních žen je dostatečně senzitivní perfuzní scan. Většinou gravidní ženy netrpí chronickými plicními chorobami a není nutné doplňovat scan ventilační. Pokud je nález nejednoznačný a nediodagnostikovatelný perfuzním ani ventilačním scanem je nutné provedení angio CT. Dnes není chybou indikovat

angio CT jako první volbu diagnostického postupu. V současné době trombembolická nemoc závažnou příčinou morbidity a mortality gravidních žen. Dnes lze toto onemocnění bezpečně diagnostikovat pomocí radiodiagnostických vyšetřovacích metod a bezpečně gravidní pacientky léčit. (Procházka, 2012)

3.4.1 Flebotrombóza

Nejčastější porodnickou příčinu úmrtí gravidní ženy představuje trombembolická nemoc. Neléčená žilní tromboza představuje asi 25% riziko vzniku plicní embolie s vysokým rizikem mortality. Nezastupitelnou diagnostickou metodou k vyloučení nebo potvrzení hluboké žilní trombozy je duplexní sonografie. V těhotenství je často využíváno MR flebografie k popsání průchodnosti pánevních žil. Tato vyšetření nepřinášejí žádnou radiační zátěž gravidním ženám. (Procházka, 2012)

3.5 Srdeční katetrizace v graviditě

Srdeční katetrizace je život zachraňující diagnostickou terapeutický výkon, který je proveden i v průběhu těhotenství. Je-li možné tento výkon odložit na dobu po organogenezi (tj. po 12. gestačním týdnu) provádí se tak. Vzdálenost mezi hrudníkem- zájmovou oblastí vyšetření a plodu je relativně velká do 4. měsíce gravidity. I tak je základním doporučením použít k odstínění dělohy s plodem olověnou zástěru. Zástěrou by mělo být obaleno tělo pacientky od bránice směrem dolů. (Súkupová, 2013)

3.6 Trauma v graviditě

Závažné úrazy gravidních žen jsou většinou neočekávané a vlastní vinou nezaviněné (dopravní kolize, pády, přírodní katastrofy, teroristické útoky). Nejčastěji se úrazy těhotným přihodí v místech hodně vzdálených od kvalifikované zdravotnické pomoci. Akutní nebezpečí ohrožení života je nejen pro těhotnou ženu ale i dosud nenarozený plod. Nutností je těhotnou ženu dopravit co nejdříve do traumacentra ke komplexní diagnostice a okamžité terapii. (Kepák, 2004, s. 14-18)

Prioritou neodkladné péče je stabilizace a léčba matky, následně až plodu. Mezi hlavní příčiny traumat v graviditě patří také střelná poranění, bodná poranění a nárazy. Podle dosavadních studií trauma v těhotenství postihuje 6 –

8 % těhotných žen. V prvním trimestru jsou často traumata spojena se spontánním potratem. Podle rozsahu závažnosti poranění mohou nastat různé odpovědi organismu matky i plodu (předčasný odtok plodové vody, ruptura dělohy, abrubce placenty, hemoragie, smrt plodu). V přednemocniční péči je nutností zajištění životních funkcí matky a rychlý transport do traumatologického centra. Během transportu je aktivizován traumatologický tým, kterému je hlášeno gestační stáří gravidity a stav nastávající matky. Je-li vyloučeno zranění krční páteře je vhodné gravidní ženu dále ošetřovat na levém boku z důvodu možné hypotenze vzniklé syndromem dolní duté žíly. Tomuto stavu lze jednoduše předejít podložením levého boku balonkem, smotanou rouškou či jiným měkkým předmětem. (Leifer, 2004, s. 128)

Nemocniční péči poskytuje traumatolog a porodník, ve vyšším stádiu těhotenství je vhodná přítomnost neonatologa. Diagnóza gravidity by měla být předpokládána u každé ženy ve fertilním věku. Toto pravidlo je třeba dodržovat i u žen v bezvědomí, nebo nekomunikujících. UZ poskytuje nejméně komplikované vyšetření pro matku i plod současně. Získáme potvrzení či vyloučení gravidity, určení gestačního stáří plodu a jeho možného poškození viability placenty, tedy celkový stav abdominální krajiny. Podle výsledku lékař může rozhodnout o použití urgentní laparotomie. (Kepák, 2010, s. 12 – 17)

S ohledem na plod nelze vyloučit z diagnostiky traumatu u gravidní ženy radiodiagnostické metody RTG, CT či MR. Žádná z těchto metod nenese přímou, prokazatelnou radiační zátěž na poškození popřípadě usmrcení vyvíjejícího se embrya, plodu a to zejména od druhé poloviny těhotenství. Je-li gravidita prokázána ještě před využitím ionizujícího záření k vyšetření, je třeba dělohu co nejvíce stínit. Základní použití clon, kolimace primárního svazku záření a použití ochranné zástěry jsou jednoduchá a zásadní opatření. Akceptovatelná radiační dávka pro plod je 50 mGy, kdy nebyly popsány žádné anomálie a ztráty plodu. Zraněn může být při traumatu přímo plod např. zlomeniny nebo nepřímo ohrožen- poraněním placentárního průtoku. (Kepák, 2004, s. 14 – 16)

3.6.1 Ruptura dělohy

Natržení myometria v celé jeho šířce vzniká nejčastěji v místě jizvy po císařském řezu. Tento stav je doprovázen silným krvácením gravidní ženy. Vznikne-li ruptura dělohy jako důsledek úrazu v těhotenství bez ohledu na stáří plodu je indikováno CT vyšetření k průkazu či vyloučení poranění dalších břišních orgánů.

(Neuwirth, 2014, s. 53)

3.7 Radiojód v graviditě

Zásadní kontraindikací použití radiojódu k léčbě je gravidita i laktace. Před každým podáním radiojódu fertilitní ženě je třeba aktuálně ověřit možnou graviditu. Pokud je i přes tato doporučení radiojód těhotné ženě aplikován do 8. gestačního týdne je nutné uvažovat o UPT. Při aplikaci po 8. gestačním týdnu je přerušeno doporučeno po překročení dávky vyšší než 100 mGy pro plod. Vždy je zapotřebí k určení indikace k UPT vyjádření genetika. V nízkém stádiu gravidity je dávka na plod vyjádřena 0,007 mGy/MBq stejně jako v období 3. gestačního měsíce. Ovšem v šestém gestačním měsíci je dávka 0,23 mGy/MBq, v posledním měsíci těhotenství lze dávku na plod vyčíslit 0,27 mGy/MBq. Funkčnost štítné žlázy plodu je možné pozorovat od 8. -10. gestačního týdne, jód je však schopna koncentrovat od 10.- 13. g. t. „*Při aktivitě např. 3,7 GBq aplikované v šestém měsíci gravidity by byla dávka ve štítné žláze plodu byla 4440Gy! Pravděpodobnost výskytu zhoubného nádoru štítné žlázy, kretenismu a mentální retardace je u narozeného dítěte vysoká.*“ (Hušák, 5, 2000)

Kojení je zásadní kontraindikací k podání radiojódu. Dojde-li k aplikaci jódu, je třeba neprodleně laktaci ukončit. Fertilitním ženám, které podstoupily léčbu radiojódem je třeba doporučit plánovanou koncepci po uplynutí jednoho roku od provedení léčby. U mužů, kteří podstoupili aplikaci radiojódu, je tato doba kratší- 4 měsíce od aplikace. (Hušák, 2000, s. 5)

3.8 Zhoubné nádory v graviditě

Incidence zhoubných onemocnění během gravidity není nijak vysoká. Zhoubný nádor v graviditě se v naší populaci vyskytuje na 1000 porodů. Malé porodnice se s těmito případy setkají jednou za dva roky, velké gynekologicko-porodnické

kliniky jen několikrát do roka. V ČR je možné informace získat spíše z kazuistických studií, prospektivní studie neexistují. Národní onkologický registr (NOR) v ČR pracuje na vysoké úrovni a předkládá nám data zhoubného onemocnění spojená s těhotenstvím, jejichž diagnóza je stanovena v průběhu gravidity nebo do jednoho roku po porodu. (Roztočil, 2014)

Onkodiagnostika v graviditě je prováděna standardně laboratorními vyšetřeními, zobrazovacími metodami a bioptickými vyšetřeními. Radiodiagnostické metody jsou vždy pečlivě zváženy a po vyčerpání možností vyšetření neionizujícími přístroji s nedostatečným diagnostikováním je přistupováno k užití ionizujícího záření. (Roztočil, 2014)

Léčebný postup je vždy individualizován a je přihlíženo ke stádiu těhotenství. Stejně jako u netěhotných je nutná adekvátní léčba a to v zastoupení chirurgie, radioterapie i chemoterapie. Radioterapie je v těhotenství kontraindikována relativně. Dovolí-li aktuální stav ženy, je možné radioterapii odložit po ukončení gravidity. Posunutím o několik týdnů se prognóza matky nezhoršuje. Za absolutní kontraindikaci je označena radioterapie v oblasti břicha. Míra poškození plodu závisí nejen na velikosti dávky, typu ozařované tkáně ale i na velikosti ozařovaného pole. Je-li indikován chirurgický zákrok po 34. týdnu gravidity, je doporučeno těhotenství ukončit císařským řezem a současně provést terapeutický zákrok zhoubného onemocnění. Chemoterapeutika nelze z celkového léčebného postupu vyloučit, i když je třeba stále myslet na možný teratogenní vliv na vyvíjející se plod. (Roztočil, 2014)

Nejčastěji se vyskytující zhoubné onemocnění během gravidity je karcinom prsu, děložního hrdla a ovaria. I během jiného stavu je třeba správně diagnostikovat a léčit. Proto není považováno za pochybení při podezření na onkologickou diagnózu, klientku odeslat na kompletní onkologické vyšetření i za cenu podstoupení vyšetření ionizujícím zářením, jako je třeba mamografie. (Roztočil, 2014)

4 PRACOVNÍ OZÁŘENÍ RADIOLOGICKÉHO ASISTENTA

Pracovnice na oddělení radiodiagnostickém by měly své možné těhotenství oznámit vedoucímu pracovníkovi, který musí zajistit v průběhu těhotenství práci, při které nepřesáhne dávka na plod 1 mSv. Ke kontrole slouží osobní dozimetry, které jsou k dnešnímu dni používány pracovníky kategorie A. Pracovníci kategorie B osobní dozimetry nepoužívají a mohou pracovat pouze ve sledovaném pásmu, kde efektivní dávka může překročit 1 mSv za rok. V praxi není nutné gravidní RA nijak pracovně diskriminovat. Pokud si požádají o přeřazení na jiné oddělení a provoz to dovolí je vhodné žádosti vyhovět. Role RA na oddělení skiografie se zřetelem k radiační zátěži bezpečná. Vyšší radiační zátěž může hrozit na oddělení intervenční radiologie, popřípadě skiaskopickém oddělení. (Seidl, 2012, s. 99)

Profesní expozice u zdravotnického personálu a riziko spontánního potratu zkoumala v roce 2012 kohortová studie z USA. Studie popisuje vztah mnoha reprodukčních rizik spojených s profesí zdravotní sestry. Sestry mohou být profesně vystaveny účinkům chemoterapeutik, antivirotik, dezinfekčních prostředků se sterilizačními účinky a rentgenovému (ionizující) záření. I když je ošetrovatelská péče ve většině případů doménou ženského pohlaví, stále nejsou přesně určeny účinky profesní expozice na reprodukční zdraví. Stále chybí dostatečné důkazy o vlivu profesní expozice na spontánní potraty. Vlivem výše popsaných pracovních rizik skončí potratem 10% těhotenství u zdravotních pracovníků. Ionizující záření je tedy spojeno se zvýšeným rizikem spontánního potratu. Ačkoliv je v dnešní době dobře známá aktuální dávka ionizujícího záření, reprodukční rizika s ionizujícím zářením nejsou přesně definována. V USA je aktuální limit pro profesní ozáření gravidních žen 5 mSv kumulativní v průběhu těhotenství. Měsíční limit ekvivalentní dávky je 0,5 mSv. Studie popisuje zjištění 3 krát vyšší potratovosti u žen profesně vystavených radioizotopům ve srovnání s rentgenovými paprsky. Studie taktéž popisuje nevyhnutelnost pracovníků s C ramenem RTG přístroje vyšší radiační zátěži. Zdravotnický personál by měl spolupracovat se svým nadřízeným a oznámit plánované těhotenství. Zaměstnavatel by měl brát ohled na známá reprodukční rizika X-paprsků

a v pracovním procesu snížit pracovní expozice na minimum během těhotenství i kojení. (Lawson, 2012, s. 2-7)

Většina států operuje zákony k ochraně zdraví a bezpečnosti zaměstnanců, kteří pracují s ionizujícím zářením. Pravidla k omezení radiačních dávek na gravidní zaměstnance se opírají o dávku 0,005 Gy. Monitorování dávek u gravidních pracovníků se doporučuje pouze při vystavení nadměrných dávek záření. (Williams, 2010)

4.1 Radiační nehoda

Radiační nehodou nazýváme neplánovanou událost ohrožující osoby ionizujícím zářením. Radiační havárie mohou vzniknout v průmyslu, zemědělství, zdravotnictví, vědě i technice. Ve zdravotnických zařízeních s uzavřenými zářiči může dojít k nežádoucímu ozáření těhotných žen. Na pracovištích s otevřenými zářiči může dojít ke kontaminaci prostředí či úniku radioaktivní látky. Proto je nutná řádná kontrola pohybujících se osob v daném prostředí a bezprostřední řešení radiační havárie. (Ullmann, 2009 s. 166 – 169)

Dojde-li ke zvýšené radiaci pro obyvatelstvo (přírodní katastrofy, dopravní a průmyslové havárie, teroristické útoky) dochází k aktivování jednotlivých složek integrovaného záchranného systému. Klíčovou roli zastává Hasičský záchranný sbor ČR, Policie ČR, Zdravotní záchranná služba a Armáda ČR. Hlavní roli zastává SÚJB, který mimořádné radiační události koordinuje. Hodnotí závažnost a rozsah celé radiační události. (Šinkorová, Navrátil, 2014, s. 75 – 77)

4.2 Ochranné pomůcky

Použití ochranných pomůcek v průběhu radiodiagnostických vyšetření spadá do kompetence radiologického asistenta nebo lékaře. Ochranné pomůcky mohou být použity pouze za předpokladu, že není snížena kvalita požadované informace daným vyšetřením. Závislost radiační ochrany závisí na správném vymezení vyšetřované části orgánu a vhodného použití stínění citlivých orgánů. (Žáčková, 2006)

Nejčastěji užívanou ochrannou pomůckou je zástěra vyrobená z plastického materiálu s olovem. Typ zástěry závisí na energii užívaného záření. Je-li záření

do 100KV stačí 0,25 mm Pb a nad 100KV je nutná vrstva 0,35 mm Pb. Ochranná zástěra je vhodná pro použití u snímkování těhotných klientek. Za citlivý orgán považujeme dělohu s vyvíjejícím se plodem. (Žáčková, 2006)

5 RADIOLOGICKÝ ASISTENT A TĚHOTNÉ PACIENTKY

Radiologický asistent (dříve laborant) zastává funkci aplikujícího expozici ionizujícího záření (podle Věstníku MZ ČR č. 9/2011, č. 96/2004 Sb., č. 55/20011 Sb.) na základě indikace lékaře. Standardními postupy a pečlivým výkonem své funkce dokáže omezit vznik možného poškození pacientky respektive plodu.

Na každém pracovišti, kde přichází pacientka do styku s ionizujícím zářením, je nutné předchozí upozornění o možném těhotenství a s touto informací by měl být obsluhující personál vždy předem seznámen. Komunikace je důležitá a měla by být aktivní ze strany RA. Pacientky lépe zváží možnost svého těhotenství při odpovědi na konkrétní dotaz. Před vyšetřením je vhodné od žen požadovat písemné potvrzení negace těhotenství. (Křováková, 2003, s. 18)

Na mnohých radiodiagnostických odděleních ještě dnes budí respekt žluté cedulky s nápisy „TĚHOTNÝM VSTUP ZAKÁZÁN“, které jsou v dnešní době zbytečné a stresující.⁵

Role radiologického asistenta je jednou z nejdůležitějších v procesu lékařského ozáření gravidní pacientky. Nejen že aplikuje expozici ale také pacientku srozumitelně edukuje a je jejím průvodcem celým vyšetřením. Ať už suspektní nebo potvrzená gravidita by měla být indikujícím lékařem velmi pečlivě zvážena. Podle současných platných standardů lékařské péče je gravidita pouze relativní kontraindikací vyšetření ionizujícím zářením.

Vývoj radiodiagnostické techniky umožnil snížit velikost dávek na minimum, a tím snížit také radiační zátěž pacientů. Navyšování radiační zátěže může radiologický asistent předejít nejen bezchybnou obsluhou techniky ale i správnou kolimací a použitím olověných ochranných pomůcek. Správné stínění může snížit dávky na embryo nebo plod o 50 % i více. (Brent, 2014)

Redukce dávek ve smyslu zvýšení kV a snížení mAs je jedním ze základních výkonů radiologického asistenta při aplikaci ionizujícího záření gravidní pacientce.

⁵ Fotodokumentace z radiodiagnostického oddělení Uherský Brod, Mediport 93 s. r. o.

Zvýšením kV záření docílí RA vyššímu pronikání záření těla pacientem bez interakce. Záření tak není absorbováno a nepřispívá k vyšší radiační zátěži. Tuto skutečnost si lze jednoduše ověřit na přístrojích DAP- metr (dose-area-product-meter).⁶ Nastavíme-li dvojitou dávku mAs, zdvojnásobí se nám hodnota DAP. (Křováková, 2003, s. 18)

5.1 Metodický postup pro radiodiagnostické zobrazování během gravidity

Metodický plán byl sepsán American Collagge of Obstetricians and Gynecologists v září roku 2004 do pěti základních bodů.

V prvním bodě se věnuje informovanosti žen o tom, že po jednom diagnostickém postupu nenásledují fatální následky poškození plodu. Specificky pak popisují dávky 5 rad, pod kterou se nevyskytují anomálie plodu či ztráta těhotenství. Druhý bod je soustředěn na možné účinky expozice vysokých dávek ionizujícího záření. Důraz je kladen na indikaci vyšetření, která neaplikují ionizující záření a přináší potřebné diagnostické informace. Základní neškodnou metodou je ultrazvuk a magnetická rezonance. Ultrasonografie a MR nejsou spojeny se známými nežádoucí účinky na plod. Třetí bod je věnován přesným výpočtům dávek pro plod v děloze, který je stanoven odborníky (nejčastěji radiačními fyziky) pro aplikaci ionizujícího záření gravidní ženě. Používání radioaktivních izotopů jódu je věnován čtvrtý bod metodického plánu. Radioaktivní jód je kontraindikován pro terapeutické použití během těhotenství.

Jiným látkám a to převážně RTG kontrastním a paramagnetickým kontrastním látkám je věnován poslední bod metodického plánu. Kontrastní látky mohou být použity u gravidních pacientek pouze v ojedinělých případech a to tehdy, je-li zisk z použití kontrastní látky převyšující potencionální rizika.

⁶ Fotodokumentace DAP metru z radiodiagnostického oddělení Uherský Brod, Mediport 93 s. r. o.

5.2 Příklad z praxe

Dne 27. 11. 2015 se na radiodiagnostické oddělení v Uherském Brodě dostavila pacientka s platnou žádankou k RTG vyšetření pravého zápěstí přes lehkou sádku. Dvacetiletá pacientka byla odeslána z chirurgické ambulance ke kontrolnímu snímku pravého zápěstí. Původní snímky byly pořízeny v Kanadě, kde si pacientka způsobila úraz (pádem na kolečkových bruslích). Po kontrole totožnosti a platného zdravotního pojištění je odeslána do čekárny radiodiagnostického oddělení. Radiologický asistent před zahájením vyšetření vyzívá pacientku k negaci možného těhotenství. Pacientka ovšem potvrzuje graviditu 12. týdne. Upozorňuje, že v dokumentaci ze zahraničí tato zásadní informace figuruje. Radiologický asistent telefonicky informuje indukujícího lékaře oboru chirurgie, který přehodnocuje své rozhodnutí a gravidní pacientku na rtg neodesílá.

Gravidní pacientka se dostavuje 7. 12. 2015 na radiologii ke kontrolnímu snímkování pravého zápěstí. Tentokrát na žádance figuruje zásadní informace o graviditě pacientky. Radiologický asistent před zahájením snímkování obléká gravidní pacientce olověnou zástěru. Nastavuje nejnižší možné parametry dávky ionizujícího záření. Kontroluje funkčnost DAP- metru a přistupuje k snímkování pravého zápěstí v AP a bočné projekci pravého zápěstí. Hodnota dávky je automaticky zapsána u snímků a uložena v úložišti dat PACS. Velikost dávky pro každý snímek je 5,0 $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2$. Snímkovací hodnoty pro zápěstí byly použity 50 Kv, 200 mA, 36 ms.

Těhotenství probíhá fyziologicky. Genetické testy jsou v normě.⁷

⁷ Příloha č. 8 a č. 9 obsahuje fotodokumentace snímkaného zápěstí gravidní ženy

ZÁVĚR

Ionizující záření je považováno za fyzikální teratogen způsobující chromozomální mutace- aberace. Velké obavy z poškození embrya ionizujícím zářením často převyšují strach z přírodní radiace. Ta v ČR odpovídá dávce 1 – 3 mSv ročně. Každý rok podstoupí tisíce gravidních žen lékařské ozáření, často před potvrzením gravidity. Bakalářská práce popisuje aplikaci ionizujícího záření gravidní ženě ve třech základních skupinách. Plánovaná vyšetření v oblasti radiodiagnostiky a radioterapeutických výkonů (srdeční katetrizace, RTG a CT vyšetření při traumatech). Druhá skupina zahrnuje pracovní ozáření gravidních žen. Třetí oblast, která přispívá k ucelenému pohledu na problematiku gravidity a ionizujícího záření, popisuje náhodné ozáření v rámci radiační nehody.

Důsledky ionizujícího záření na plod jsou závislé na dvou základních faktorech: gestačním stářím plodu a orgánové dávce pro dělohu.

Nejdůležitější roli hraje délka těhotenství, tj. fáze vývoje plodu, ve které došlo k aplikaci ionizujícího záření na plod. Období embryonální se vyznačuje fenoménem „všechno nebo nic“. V období organogeneze je důležité deterministicky nepřekročit dávku pro plod 200 mGy, která by mohla způsobit přerušování vývoje některých orgánů. V období fetálním je dokončován růst plodu a při překročení dávek nad 500 mGy by mohlo dojít k mentální retardaci. Snížení IQ bylo mimořádně pozorováno již při překročení dávky nad 200 mGy. Mozek je jediným orgánem lidského plodu, který se vyvíjí po celou délku těhotenství.

V souladu se současnými vědeckými poznatky lze prohlásit, že velikosti dávky určující práh vzniku malformací u plodu, není dnes při běžných radiodiagnostických výkonech dosaženo.

Radiologický asistent je nepostradatelným článkem v péči o gravidní pacientku v oboru radiodiagnostiky. Jeho hlavním nástrojem zabránění aplikace, případně upřesnění dávek ionizujícího záření je komunikace. RA je odborníkem, který správnými postupy a znalostí používané radiodiagnostické techniky může zabránit poškození lidského plodu.

Bakalářská práce obsahuje nejnovější dohledané a validní poznatky k tématu ionizujícího záření a gravidity z České republiky i z nejnovějších studií publikovaných v zahraničí.

REFERENČNÍ SEZNAM

- [1] FELT, D. a J. CVEK, *Klinická radiobiologie*, 1. vydání, Havlíčkův Brod: Tobiáš, 2008, s. 105, ISBN 978-80-7311-103-8
- [2] VOMÁČKA, J. a kol., *Zobrazovací metody pro radiologické asistenty*, 2. doplněné vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015, s. 157, ISBN: 978-80-244-4508-3
- [3] ŠINKOROVÁ, Z. a L. NAVRÁTIL, *Biomedicínská detekce ionizujícího záření*, 1. Vydání, Praha: České učení technické, 2014, s. 90, ISBN 978-80-01-05626-4
- [4] HUŠÁK, V. a kol., *Radiační ochrana pro radiologické asistenty*, 1. vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009, s. 138, ISBN: 978-80-244-2350-0
- [5] ULLMANN, V., *Jaderná a radiační fyzika*, 1. vydání, Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2009, s. 173, ISBN: 978-80-7368-669-7
- [6] ROZTOČIL, A. a kol. *Moderní porodnictví*, 1. vydání, Praha: GradaPublishing, a.s., 2008, s. 408, ISBN: 978-80-247-1941-2
- [7] SEIDL, Z. a kol., *Radiologie pro studium a praxi*, 1. vydání, Praha: GradaPublishing a.s., 2012, s. 368, ISBN: 978-80-247-4108-6
- [8] KORANDA, P. a kol., *Nukleární medicína*, 1. vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014, s. 201, ISBN: 978-80-244-4031-6
- [9] KUČEROVÁ, M. a kol., *Vrozené a získané poruchy lidských chromosomů*, 2. vydání, Praha: Avicenum, 1988, s. 177, ISBN 08-067-88
- [10] HÁJEK, Z. a kol., *Základy prenatální diagnostiky*, 2. vydání, Praha: GradaPublishing a.s., 2000, s. 423, ISBN 80-7169-391-X
- [11] NEUWIRTH, J. A P. ELIÁŠ, 2014, *KOMPENDIUM DIAGNOSTICKÉHO ZOBRAZOVÁNÍ dětí, adolescentů, plodů a matek*, 1. vydání, Praha: Publishing House Triton, s. 929, ISBN: Neuw 978-80-903322-7-7, triton 978-80-7387-725-5

- [12] Státní úřad pro jadernou bezpečnost., *Doporučené požadavky SÚJB při provádění terapie onemocnění štítné žlázy radiojodem na pracovištích nukleární medicíny*, 1. vydání, Vyškov: Moravia tisk Vyškov, s. 14., 2000
- [13] ROSINA, J. a kol., *Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů*, 1. vydání, Praha: Grada Publishing a.s., s. 230, 2006, ISBN 80-247-1383-7
- [14] ROSINA, J., *Biofyzika pro zdravotnické a biomedicínské obory*, 1. vydání, Praha: Grada Publishing a.s., s. 224, 2013, ISBN 978-80-247-4237-3
- [15] LEIFER, G., a kol., *Úvod do porodnického a pediatrického ošetřovatelství*, 1. vydání, Praha: Grada Publishing a.s., s. 951, 2004, ISBN 80-247-0668-7
- [16] PAŘÍZEK, A., *Kniha o těhotenství @ porodu*, 2. vydání, Praha: Galén, s. 414, 2006, ISBN 80-726-2411-3
- [17] VOKURKA, M. a HUGO, J., *Velký lékařský slovník*, 4. aktualizované vydání, Praha: Maxdorf Jessenius, s. 966, 2004, ISBN 80-734-5037-2
- [18] LAWSON, C., et al., Occupational exposures among nurses and risk of spontaneous abortion. *American journal of obstetrics and gynecology*. 2012,206(4):327.e1-327.e8. doi:10.1016/j.ajog.2011.12.030
Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4572732/>
- [19] WILLIAMS, P. M., et al., Health effects of prenatal radiation exposure, *Am Fam Physician*, 2010 September 1; 82(5): 488–493
Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20822083>
- [20] BRENT, R. L., et al., Protection of the gametes embryo/fetus from prenatal radiation exposure, *Health Physics Society*, 2015, Feb;108(2):242-74, doi: 10.1097/HP.0000000000000235.
Dostupné z <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25551507>

- [21] Guidelines for diagnostic paging during pregnancy. *ACOG Committee Opinion* No. 299. American College of Obstetricians and Gynecologists. *Obstet Gynecol* 2004;104:647–51. ISSN 1074-861X
- Dostupné z <http://www.acog.org/Resources-And-Publications/Committee-Opinions/Committee-on-Obstetric-Practice/Guidelines-for-Diagnostic-Imaging-During-Pregnancy>
- [22] GOODMAN R., T.et al., Medical Imaging Radiation Safety for the Female Patient: Rationale and Implementation, *Radio Graphics*, 2012, 32,1829-1837
- Dostupné z <http://www.radiographics.rsna.org/10.1148/rg.326125508>
- [23] ROZTOČIL, A., Zhoubné nádory a gravidita, *Onkologie*, 2015, Solen, 9(4, 195-198), ISSN: 1802-4475
- [24] PROCHÁZKA, P., *Flebotrombóza v těhotenství*, *Lékařské listy*, 2012, Ambit Media, ročník 61, číslo 4, s. 11-12, ISSN: 0044-1996
- [25] KŘOVÁKOVÁ B. a kol., Jak to vlastně je s těhotnými pacientkami?, *Praktická radiologie*, 2003, ročník 8, číslo 2, ISSN:1211-5053
- [26] KEPÁK, J., Perimortální císařský řez: podmínky, očekávání a realita, *Urgentní medicína*. 2010, 13, 2, s. 12–17. ISSN 1212-1924
- [27] KEPÁK, J., *Polytrauma a těhotenství: nezbytnost a možnosti prevence*, *Praktická gynekologie*. 2004, 8, 1, s. 14– 18. ISSN 1211-6645
- [28] ŽÁČKOVÁ, H., Ochranné pomůcky proti nežádoucímu ozáření, *RENTGEN Bulletin*, Praha: Státní ústav radiační ochrany, 2006, ISSN1214-1674
- [29] SÚKUPOVÁ, L.. Lékařské ozáření v těhotenství. [online]. 16.12.2013 [cit. 1970-01-01]
- Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/lekarske-ozareni-v-tehotenstvi/>

- [30] SÚKUPOVÁ, L.. Mentální retardace způsobená ozářením plodu v prenatálním období. [online]. 31.8.2015 [cit. 1970-01-01]
Dostupné z <http://www.sukupova.cz/mentalni-retardace-zpusobena-ozarenim-plodu-v-prenatalnim-obdobi/>
- [31] SÚKUPOVÁ, L.. Dávky na plod při radiodiagnostických vyšetřeních [online]. 11.8.2012 [cit. 2015-09-27]
Dostupné z: <http://www.sukupova.cz/davky-na-plod-pri-radiodiagnostickych-vysetrenichc/>
- [32] SÚJB, Používání rentgenů - lékařské ozáření. [online]. 2015 [cit. 2015-09-27]. Dostupné z <http://www.sujb.cz/radiacni-ochrana/zajimavosti-z-praxe-radiacni-ochrany/pouzivani-rentgenu-lekarske-ozareni/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

RTG	Rentgen
CT	Počítačová tomografie
ČR	Česká republika
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
MUDr.	Akademický titul, doktor všeobecného lékařství
Csc.	Akademický titul, kandidát věd
IUGR	Intrauterinní růstová retardace
VVV	Vrozené vývojové vady
CNS	Centrální nervový systém
BP	Bakalářská práce
RA	Radiologický asistent
K	Draslík
Ra	Radium
Rn	Radon
U	Uran
mSv	Milisievert
MZ	Ministerstvo zdravotnictví
Sb.	Sbírka
ICRP	International commission on radiological protection
UNCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
Gy	Gray
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
Pb	Olovo
UZ	Ultrazvuk

MR	Magnetická rezonance
tj.	To je
UPT	Umělé přerušení těhotenství
mGy	Miligray
WHO	Světová zdravotnická organizace
mTc	Techneitan
MBq	Megabeqerel
g.t.	Gestační týden
USA	Spojené státy americké
č.	Číslo
IQ	Intelligenční kvocient
DAP	Dose-areaal-produkt-meter

SEZNAM SYMBOLŮ, ZNAČEK

μ	mikro
2	čtverečný
%	procento

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Porovnání průměrné roční radiace z přírodních zdrojů a lékařského ozáření

Příloha 2: Schéma průniku radonu do obytných prostor

Příloha 3: Ozáření v radiosenzitivní fázi buněčného cyklu

Příloha 4: Ozáření v radiorezistentní fázi buněčného cyklu

Příloha 5: T2 obraz MR gemini in utero

Příloha 6: Informativní nápis na dveřích radiodiagnostického oddělení v Uherském Brodě

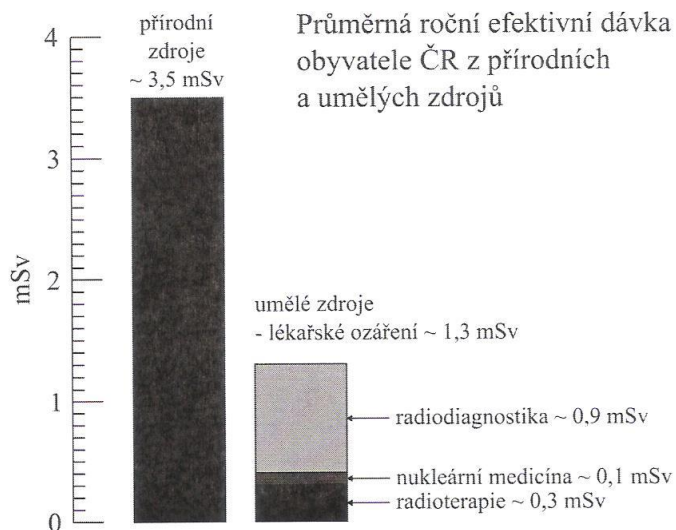
Příloha 7: DAP- meter Radiodiagnostického oddělení v Uherském Brodě

Příloha 8: AP projekce pravého zápěstí gravidní ženy

Příloha 9: Bočná projekce pravého zápěstí gravidní ženy

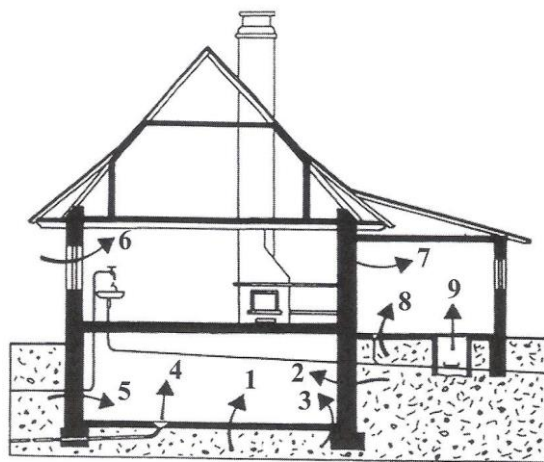
Příloha 10: Souhlas s použitím fotodokumentace

PŘÍLOHY



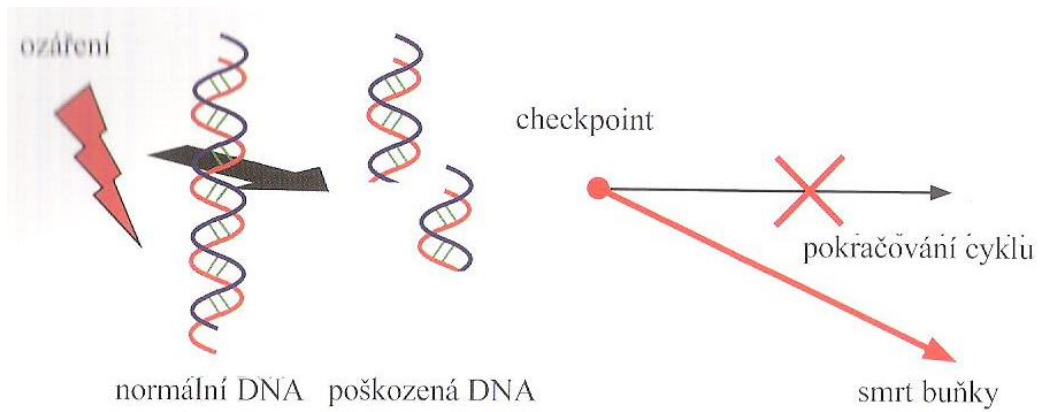
Příloha 1: Porovnání průměrné roční radiace z přírodních zdrojů a lékařského ozáření

Zdroj: Hušák, 2009, s. 29



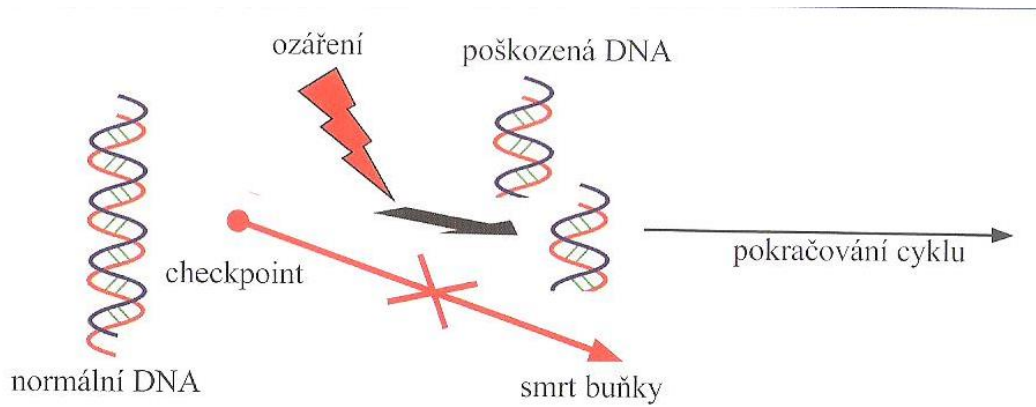
Příloha 2: Schéma průniku radonu do obytných prostor

Zdroj: Hušák, 2009, s. 26



Příloha 3: Ozáření v radiosenzitivní fázi buněčného cyklu

Zdroj: Feltl, D. a J. Cvek, 2008, s.10



Příloha 4: Ozáření v radiorezistentní fázi buněčného cyklu

Zdroj: Feltl, D. a J. Cvek, 2008, s.10



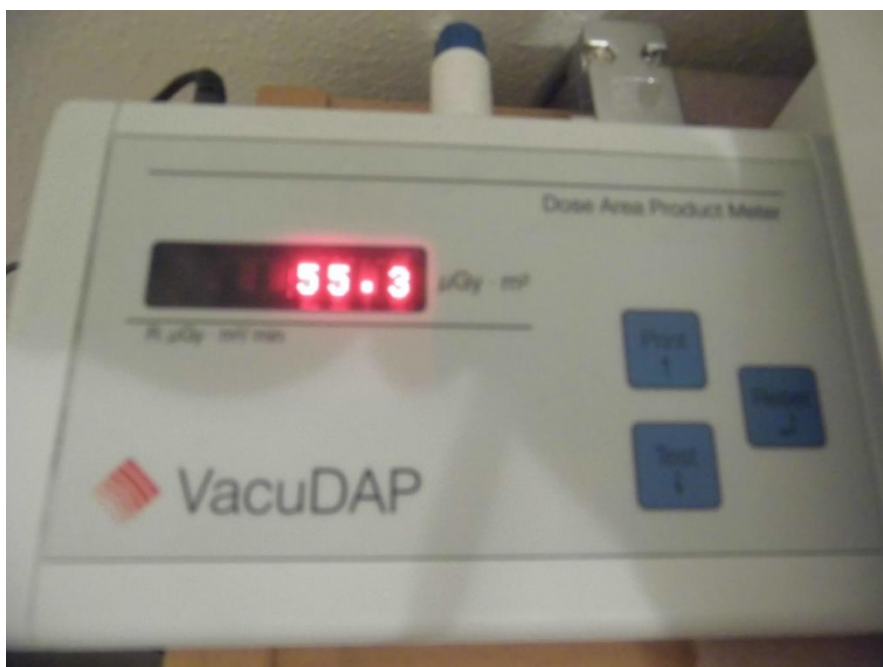
Příloha 5: T2 obraz MR gemini in utero

Zdroj: Vomáčka, 2015, s. 127



Příloha 6: Informativní nápis na dveřích radiodiagnostického oddělení v Uherském Brodě

Zdroj: vlastní



Příloha 7: DAP- meter Radiodiagnostického oddělení v Uherském Brodě

Zdroj: vlastní



Příloha 8: AP projekce pravého zápěstí gravidní ženy

Zdroj: vlastní



Příloha 9: Bočná projekce pravého zápěstí gravidní ženy

Zdroj: vlastní

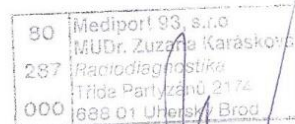
Souhlas s použitím fotodokumentace

Jako vedoucí lékař oddělení radiodiagnostiky v Uherském Brodě (Mediport 93, s.r.o.), uděluji souhlas s použitím fotodokumentace oddělení a anonymizovaných radiodiagnostických dat.

Fotodokumentace může být použita v bakalářské práci Ionizující záření a gravidita, studentky Lucie Dovrtělové.

V Uherském Brodě

7. dubna 2016



MUDr. Zuzana Karásková