

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Klinika pracovního a cestovního lékařství



Jitka Josková

**Onemocnění způsobená ionizujícím
zářením v České republice**

*Diseases Caused by Ionizing Radiation in the
Czech Republic*

Bakalářská práce

Praha, červen 2011

Autor práce: Jitka Josková

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Bakalářský studijní obor: Veřejné zdravotnictví

Vedoucí práce: **MUDr. Aleš Kavka**

Pracoviště vedoucího práce: **Klinika pracovního a cestovního lékařství**

Datum a rok obhajoby: červen 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracovala samostatně a použila výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má bakalářská práce byla používána ke studijním účelům.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do Studijního informačního systému – SIS 3. LF UK jsou totožné.

V Praze dne:

.....

Jitka Josková

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu MUDr. Alešovi Kavkovi z kliniky pracovního a cestovního lékařství za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc při zpracování mé bakalářské práce.

Obsah

ÚVOD	7
1. IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ.....	8
1.1 CHARAKTERISTIKA IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	8
1.1.1 Dělení ionizujícího záření.....	8
1.2 ZDROJE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	9
1.3 JEDNOTKY V RADIOAKTIVITĚ.....	9
1.4 ZÁŘENÍ ALFA.....	10
1.5 ZÁŘENÍ BETA.....	10
1.6 ZÁŘENÍ GAMA	11
1.7 RENTGENOVÉ ZÁŘENÍ (RTG).....	11
1.8 NEUTRONOVÉ ZÁŘENÍ.....	11
1.9 KOSMICKÉ ZÁŘENÍ.....	12
2. IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ A REPARAČNÍ MECHANISMY.....	13
2.1 ÚROVEŇ NITROCELULÁRNÍ.....	13
2.2 ÚROVEŇ NA BUNĚČNÝCH POPULACÍCH.....	13
3. IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ A JEHO VLIV NA BUŇKU.....	14
3.1 BIOLOGICKÉ ÚČINKY IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	14
3.2 PŘÍMÝ A NEPŘÍMÝ ÚČINEK IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	15
3.3 ZÁKLADNÍ POŠKOZENÍ BUŇKY VEDOUcí KE SMRTI.....	16
4. IONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ A JEHO VLIV NA LIDSKÝ ORGANIZMUS.....	17
4.1 AKUTNÍ NEMOC Z OZÁŘENÍ (AKUTNÍ POSTRADIAČNÍ SYNDROM).....	17
4.2 AKUTNÍ LOKÁLNÍ POŠKOZENÍ KŮŽE (AKUTNÍ A CHRONICKÁ DERMATITIS).....	18
4.3 POŠKOZENÍ FERTILITY.....	20
4.4 POŠKOZENÍ EMBRYA A PLODU.....	20
4.5 POZDNÍ NENÁDOROVÁ ONEMOCNĚNÍ	21
4.5.1 Zákal oční čočky.....	21
4.5.2 Chronická radiační dermatitis.....	21
4.5.3 Pozdní následky navazující na akutní poškození.....	22
4.5.4 Chronické nemoci z ozáření.....	22
4.5.5 Zkrácení střední doby života.....	22
4.6 NÁDORY VYVOLANÉ OZÁŘENÍM.....	23
4.7 VÝZNAMNÉ TYPY NÁDOROVÝCH ONEMOCNĚNÍ INDUKOVANÝCH ZÁŘENÍM.....	23
4.8 GENETICKÉ PORUCHY VLIVEM IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ.....	24
5. RADIAČNÍ OCHRANA.....	26
5.1 VÝVOJ OCHRANY.....	26
5.2 ZPŮSOBY OCHRANY.....	26
5.3 REFERENČNÍ ÚROVNĚ A LIMITY DÁVEK	27
5.4 LEGISLATIVA	29
6. PRAKTICKÉ HODNOCENÍ EXPOZICE IONIZUJÍCÍMU ZÁŘENÍ	31
6.1 ODDĚLENÍ NUKLEÁRNÍ MEDICÍNY.....	31
6.2 RADIODIAGNOSTICKÉ ODDĚLENÍ.....	32
6.3 ZHODNOCENÍ	33
7. NEMOCI Z POVOLÁNÍ V ČESKÉ REPUBLICĚ.....	34
7.1 VYMEZENÍ POJMU.....	34
7.2 POVINNOSTI ZAMĚSTNAVATELE.....	34
7.3 KRITÉRIA N _{zP}	35

7.4NÁROKY NEMOCNÉHO.....	35
ZÁVĚR	36
SOUHRN.....	38
SUMMARY.....	39
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	40
SEZNAM PŘÍLOH.....	41
PŘÍLOHA Č. 1: SEZNAM NEMOCÍ Z POVOLÁNÍ V LETECH 1996 – 2009.....	41
PŘÍLOHY.....	42

Úvod

V mé práci na téma Onemocnění způsobená ionizujícím zářením v České republice pojednává o negativním dopadu na lidský organizmus. Účinkům záření je člověk vystaven po celý svůj život. Skutečnost, že ionizující záření je úzce spjato se zdravotními riziky spadá na přelom 19. – 20. století, kdy se zjistily jeho vlastnosti, bohužel předtím nebyly známy jeho důsledky na buňku a lidský organizmus. V době rozvoje používání ionizujícího záření v terapii i diagnostice se rentgenologové stávali oběťmi tohoto záření, před kterým nebyla zajištěna účinná ochrana z důvodu dosud zatím neznámého nebezpečí. Během II. světové války se ovšem zájem o prevenci dostavil a byly vyvíjeny účinné postupy na ochranu zdraví při používání ionizujícího záření. V dnešní době se i přes vysokou úroveň prevence vytvářejí neustále nové metody pro větší bezpečnost lidských jedinců.

1. Ionizující záření

1.1 Charakteristika ionizujícího záření

Každá látka je složena ze základní stavební částice, která se nazývá atom. Toto pojmenování vzniklo v Řecku na základě představy, že atom nelze dále dělit. Atomy se skládají z kladně nabitého jádra obklopeného elektrony, každý elektron má jeden elementární záporný náboj. Elektronový obal atomu tvoří elektrony. Jádro je složeno z protonů a neutronů. Atom, jako celek, je elektroneutrální. Celkový počet protonů a neutronů atomovém jádře charakterizuje hmotnost atomu a nazývá se hmotnostní (nukleonové) číslo. Látky, které mají stejný počet neutronů a protonů se nazývají nuklidy. Nuklidy se stejným protonovým, ale různým nukleonovým číslem se nazývají izotopy. Stabilními jádery nazýváme ta jádra, která bez ohledu na různě dlouhou dobu zůstávají neměnná.

Atomová jádra některých nuklidů nejsou stálá, mohou se samovolně přeměňovat na jiná a vyzařují přitom neviditelné záření lidskými smysly nepostřehnutelné. Vlastnost, která jim je dána se nazývá radioaktivita. Přeměny a záření se nejdříve nazývali radioaktivní a později jaderné.

1.1.1 Dělení ionizujícího záření

Ionizující záření je tvořeno nabitými částicemi - protony, elektrony, pozitrony. Protože toto záření nese elektrický náboj, tak přímo vytrhává Coulombickými elektrickými silami elektrony z atomů. Patří sem α , β a protonové záření $^+$.

Nepřímo ionizující záření zahrnuje nenabitě částice, které prostředím samy neionizují, ale při interakci s prostředím uvolňují sekundární přímo ionizující částice, sem patří rentgenové záření, záření gama a záření neutronové.

Záření se ještě může dělit z hlediska fyzikálních, chemických a biologických dle hustoty ionizace, kterou vyvolává v látce při svém průchodu.

Do záření řídce ionizujících patří záření X, beta a gama.

Záření hustě ionizující je neutronové záření, alfa záření.

Dle klidové hmotnosti se ještě rozeznává záření korpuskulární a záření vlnové. Korpuskulární záření má nenulovou klidovou hmotnost a naproti tomu záření vlnové má nulovou klidovou hmotnost.

1.2 Zdroje ionizujícího záření

Dle zdroje odkud záření pochází, rozeznáváme záření přirozené a záření umělé.

K objevu přirozené radioaktivity došlo za několik málo měsíců poté, co bylo objeveno záření rentgenové a to v roce 1896 A.H. Becquerelem. V přírodě existuje asi 50 přirozených radionuklidů. Přirozená radioaktivita je dána samovolným rozpadem atomového jádra. Takovému záření jak jsem již výše zmiňovala, jsme vystaveni po celý náš život od nepaměti, přičemž největší část radioaktivity pochází z přírodních zdrojů: z půdy, vody, vesmíru a i naše těla jsou zdrojem přirozeného záření. Radon, který vzniká rozpadem radioaktivních prvků v zemi je největší složkou přirozené radioaktivity a jako plyn proniká na zemský povrch.

Vedle přirozené radioaktivity existuje také radioaktivita umělá, k jejímu nalezení přispěli manželé Frédéric a Irene Joliot-Curierovi poté, co zkoumali jaderné reakce prováděné v laboratoři v roce 1934.

1.3 Jednotky v radioaktivitě

Stejně jako ostatní fyzikální jevy, které kvantifikujeme, musíme i u radioaktivity zvolit jednotky, kterými ji budeme měřit. Znalost těchto veličin je důležitá rovněž jako jejich přehledná orientace.

Veličiny, které, charakterizují záření, jsou:

a) Poločas přeměny

- časový úsek, během něhož se původní aktivita sníží na polovinu

b) Aktivita

- udává počet radioaktivních přeměn

c) Ekvivalentní dávka

- vyjadřuje absorbovanou dávku násobenou bezrozměrným faktorem

d) Dávka

- jednotka je Gray, dříve označována jako rad, je to energie, která je absorbovaná jedním kilogramem hmotnosti terče.

1.4 Záření alfa

Zdrojem tohoto záření jsou radionuklidy, při této jaderné přeměně, se vyzařují částice α , které jsou jádrem helia ${}^4\text{He}_2$ (obsahuje tedy 2 protony a 2 neutrony), je to kladně nabitá částice. Toto záření se vyznačuje nízkou pronikavostí, zpravidla je několik málo milimetrů, ve vodném prostředí pouze zlomek milimetru. Alfa částice silně ionizují a excitují při průchodu prostředím, a tudíž rychle ztrácejí svoji energii. Záření alfa lze vychylovat magnetickým a elektrickým polem. Pokud α záření dopadne na kůži, tak dojde k absorpci již v horních vrstvách epidermis a proto lze usuzovat, že s výjimkou oka toto záření není nebezpečné. Jinak je tomu při vnitřní kontaminaci, kde se absorbuje v malém objemu tkáně a působí biologicky značně negativně. Ochrana před tímto typem záření je např.: papír, oděv apod.

1.5 Záření beta

Zdrojem záření beta jsou rychle letící elektrony (β^-) nebo pozitrony (β^+). Při srovnávání se zářením α zjistíme, že částice β jsou mnohem lehčí. Při průchodu prostředím méně ionizují a excitují. Dosah záření beta je až několik metrů ve vzduchu a ve vodném prostředí desítky milimetrů. Jejich dolet jsou řádově milimetry až centimetry v měkkých tkáních. Na ochranu používáme materiály s nízkou hustotou.

1.6 Záření gama

Je to vysoce energické elektromagnetické vlnění s krátkou vlnovou délkou, vzniká při jaderných, subjaderných a radioaktivních dějích, často vzniká současně se zářením α nebo β . Působením tohoto záření se mohou vytvářet genové mutace, dochází k popáleninám až k možnému nádorovému bujení. Elektrické ani magnetické vychýlení není možné, protože nenesé náboj. Pro ochranu volíme materiál s vysokou hustotou a vysokým atomovým číslem.

1.7 Rentgenové záření (RTG)

RTG je forma elektromagnetického záření, proud fotonů. Přírodním zdrojem jsou hlavně hvězdy a uměle se získává v rentgence nebo v betatronu. Vzniká v elektronovém obalu interakcí letících elektronů s hmotou. Existují dva typy RTG záření a to brzdné RTG záření a charakteristické RTG záření. Hned po objevení v roce 1895 začalo být hojně využíváno hlavně v lékařství a zůstalo tak dodnes. Pohlcování tohoto záření materiály závisí na jejich protonovém čísle, čím je větší protonové číslo atomů materiálu, tím více tento materiál záření pohlcuje.

1.8 Neutronové záření

Neutrony lze získat jedině jadernými reakcemi např.: v neutronovém generátoru, jaderné zdroje apodob. Neutrony jsou částice, které nemají elektrický náboj, a proto, když procházejí hmotou samy, tak neionizují, říkáme, že je to nepřímé ionizující záření. Mohou však vyvolat radioaktivitu u látek neradioaktivních, tím, že poruší stabilitu atomu. Ochrana proti neutronům se skládá ze tří složek a to vrstva olova, vrstva bóru a materiál bohatý na vodík.

1.9 Kosmické záření

V roce 1912 objevil V. F. Hess záření, které se stávalo se vzrůstající nadmořskou výškou intenzivnějším, usoudil tak, že jde o záření z kosmu. Je to proud energetických částic, které pocházejí z kosmu, jedná se především o protony, jádra helia a další elementární částice.

Primární kosmické záření obsahuje galaktické záření, záření z velkých slunečních erupcí, složené z vysokoenergetických protonů, elektronů a RTG záření. Přichází k nám z mezihvězdného prostoru.

Sekundární kosmické záření vzniká v důsledku interakcí vysoce energetického záření při průchodu zemskou atmosférou. V tvrdé složce jsou obsaženy mezony, protony, neutrony a jádra helia. Měkkou složku zastupují částice elektrony, pozitrony a fotony.

Naše zemská atmosféra nám poskytuje dostatečnou ochranu před tímto typem záření.

2 Ionizující záření a reparační mechanismy

Reparačním procesem rozumíme obnovu funkce tkání a orgánů. Tyto děje snižují úroveň radiačního poškození, které vzniklo při ozáření. Jsou to aktivní děje na molekulární úrovni, zajištěné regulačními mechanismy.

Reparační mechanismy probíhají ve dvou úrovních:

2.1 Úroveň nitrocelulární

- ochrannou funkci zde plní antioxidanty, chráníci buňku před reaktivními radikály, také tu dochází k enzymatickým procesům, kde jsou postižené úseky deoxyribonukleové kyseliny zničeny a nahrazeny úseky nepoškozenými. Činnost reparačních enzymů jako jsou endonukleázy, exonukleázy, ligázy a polymerázy je nepostradatelná v mechanismu reparačních procesů na nitrobuněčné úrovni

2.2 Úroveň na buněčných populacích

- reparační proces na úrovni buněčných populací je založen na náhradě zničených buněk buňkami zdravými, v časovém rozpětí tento typ reparace trvá dny až týdny.

3 Ionizující záření a jeho vliv na buňku

Základním kamenem všech živých organismů je buňka, která je ohraničena buněčnou stěnou a uvnitř je směs roztoku mnoha chemických látek, zejména složitých organických makromolekul. Ionizující záření v živé tkáni způsobí chemické a biochemické změny, které mohou poškozovat všechny části buňky, o reakci buněk má však rozhodující význam chování DNA, ta je totiž nejdůležitější makromolekulou v buňce. Častou a typickou poruchou na DNA jsou jednoduché (poškození se týká pouze jednoho vlákna DNA, tento zlom si buňka převážně opraví sama) a dvojitě zlomy (dvojitý zlom vede často k zániku buňky, protože oprava zde již není možná, nebo je velmi obtížná, nezdědka to vede k zániku buňky, jedná se o letální poškození). Poškození DNA vede ke změně genetických informací v buňce, mluvíme o genotoxických účincích. Řada chemických látek také vykazuje genotoxicitu, mohou vznikat uvnitř buněk nebo vstupují do buňky zvnějšku. Tyto látky obvykle vstoupí do jader a zreagují tam s DNA a způsobí tam účinky deterministické (mitotická smrt buňky-cytostatika) nebo stochastické (mutace, vznik nádorů). Určité skupiny virů (retroviry a onkoviry) mají schopnost pomocí reverzní transkriptázy vstupovat do DNA eukaryotních buněk a měnit jejich genové segmenty.

3.1 Biologické účinky ionizujícího záření

Mechanismus účinku ionizujícího záření na živou tkáň probíhá ve čtyřech základních etapách, lišících se svou rychlostí a druhem probíhajících procesů:

- Fyzikální stadium:

při interakci kvanta ionizujícího záření s hmotou je energie záření předávána elektronům v atomech za vzniku ionizace a excitace, proces trvá přibližně $10^{-16} - 10^{-14}$ sec.

- Fyzikálně-chemické stadium:

v tomto stádiu nastávají fyzikálně-chemické procesy interakce iontů s molekulami, při nichž dochází k disociaci molekul a vzniku volných radikálů. Čas trvání tohoto procesu je cca $10^{-14} - 10^{-10}$ sec.

- Chemické stadium:

vzniklé ionty, radikály, excitované atomy a další produkty reagují s biologicky důležitými organickými molekulami a mění jejich složení a funkci (např.: poškození purinových a pyrimidinových bází, lokální denaturace). Toto stádium trvá různě dlouhou dobu.

- Biologické stadium:

molekulární změny v biologicky důležitých látkách (v DNA, enzymech, proteinech) mohou vyplynout ve funkční a morfologické změny v buňkách, v orgánech ale i v organismu jako celku. Při vysokých dávkách záření se toto stádium může projevit již po několika desítkách minut a během několika dní se projeví střední dávka záření. Při nízkých dávkách záření může doba latence dosahovat až několik desítek let.

3.2 Přímý a nepřímý účinek ionizujícího záření

- Zásahová teorie “přímého účinku“: poškození nejdůležitější části buňky, zejména jejího jádra, nastává při přímém zásahu kvantem záření. Dochází tam k lokální absorpci energie, ionizaci a následné chemické změně zasažené struktury. Tento mechanismus má jen druhořadý význam, pravděpodobnost takových přímých zásahů je poměrně nízká, protože citlivost živé tkáně by byla poměrně nižší, než se pozoruje.

- Radikálová teorie “nepřímého účinku“: zde dochází k přenosu absorbované energie mezi molekulami tkáněmi, k tomu dochází zejména ve vodě, která je nedílnou součástí buňky. Vlivem ionizace dochází k radiolýze vody a to vede k tvorbě molekulárního vodíku, peroxidu vodíku, volných hydroxylových a vodíkových radikálů. Tyto sloučeniny napadají organické molekuly biologicky důležitých látek a pozměňují je nebo destruuji. Vyústěním může být poškození především DNA.

3.3 Základní poškození buňky vedoucí ke smrti

Vlivem ionizujícího záření může dojít k mechanismům, které se pro buňku stanou letální. Jedná se o:

- Náhlá smrt kdy dojde k destrukci jádra
- Zastavení mitózy a následně k zástavě buněčného dělení
- Zástava syntézy DNA – brzdí syntézu DNA, vznik chromozómů a dělení buňky
- Poškození genetického materiálu – změní se výbava genetického materiálu nebo vznikají méně činné buňky.

4 Ionizující záření a jeho vliv na lidský organizmus

Z hlediska účinků na lidský organizmus rozeznáváme dva druhy: stochastické (somatické nebo dědičné) a nestochastické (deterministické, předvídatelné). Z pohledu doby nástupu a časového průběhu účinků záření na organizmus nebo jeho úseky rozlišujeme dvě části: časné účinky ozáření a pozdní účinky ozáření.

4.1 Akutní nemoc z ozáření (akutní postradiační syndrom)

Je to nejvýraznější projev časného účinku, která se rozvíjí po ozáření celého lidského těla nebo jeho převážné části vyšší dávkou. Je charakteristická typickým klinickým průběhem a obvykle probíhá ve fázích. V závislosti na obdržené dávce převládají v klinickém obraze symptomy poškození krvevorných orgánů, trávicího ústrojí nebo centrálního nervového systému.

Krevní (dřeňová) forma akutní nemoci z ozáření: po dávce 1-2 Gy se mohou již objevit hraniční symptomy, ale po celotělovém ozáření dávkou mezi 2-6 Gy (ve volném prostoru) vzniká typický klinický obraz. Průběh lze rozdělit na několik období. První den po ozáření se projeví nespecifické příznaky, které zahrnují nevolnost, skleslost, bolesti hlavy), často se objevuje i zvracení. Další stadium, které následuje za jeden-dva týdny je latentní a plynule přechází do období vlastního onemocnění, v tomto stadiu se objevují projevy mikrobiálního rozsevu a krvácení. Důležitou složkou je i přítomnost nazofaryngeálního syndromu, charakterizovaný slizničními defekty v dutině ústní a v hltanu, tyto klinické symptomy mohou připomínat změny, které se rozvíjejí při agranulocytóze z jiných příčin. Příčinou těchto změn je zhroucení významné frakce buněk krvevorných orgánů. V období latence v periferní krvi ještě přežívá dostatek zralých krevních elementů, které postačují ke splnění základních funkcí a klinické symptomy se projeví až při snížení bílých krvinek pod

kritickou hodnotu. Po šesti-osmi týdnech pokud dávka není příliš velká, dochází k pomalému a postupnému zlepšování.

Střevní forma akutní nemoci z ozáření nastoupí při celotělovém ozáření dávky vyšší jak 10 Gy a vyznačuje se zvracením, krvavými průjmy, symptomy střevní perforace až střevní zástavy (ileus), v patogenezi se uplatní nekróza buněk střevní výstelky s obnažením vnitřního povrchu střeva.

Nervová forma akutní nemoci z ozáření se projeví jako psychická dezorientace, zmatenost, někdy křeče a konec může být smrtelný.

4.2 Akutní lokální poškození kůže (akutní a chronická dermatitis)

Představuje nejčastější typ poškození při radiačních nehodách. Faktory, které se zde uplatňují, jsou následující: časové rozložení dávky a odolnost povrchu organismu vůči ionizujícímu záření. Reakce kožního orgánu je závislá na velikosti dávky, kterou absorbuje ale také na druhu záření, energii částic a na velikosti plochy.

Radiační dermatitis prvního stupně má tři stadia:

První stádium je výskyt časného erytému je to vůbec první zjizvitelná odezva, která se objevuje v prvních hodinách a nejpozději do tří dnů po ozáření, vzniká po dávce 3 Gy a trvá maximálně jeden den a proto snadno unikne pozornosti. V patogenezi jde o rozšíření drobných žil (kapilár) vlivem účinku působení látek histaminové povahy, které se uvolňují z poškozených kmenových buněk bazální vrstvy pokožky, vlasových míšků a mazových žlázek.

Po tomto prvotním zarudnutí nastává druhé stadium a to je remise (přechodné vymizení příznaků), kdy nejsou na kůži patrné žádné změny.

Radiační dermatitis prvního stupně na sebe zpravidla upozorní zduřením i hlubších vrstev kůže, to už je známka pozdního erytému a přechod do posledního stadia. Původ těchto zřetelných změn je trombotické uzavření drobných tepen a žil, tyto změny obvykle navodí rozšíření kolaterál. Objevují se téměř zpravidla ve třetím až čtvrtém týdnu

po jednorázovém ozáření. Mohou být přítomny i změny zánětlivé, které jsou charakterizované exsudací s přítomností erytrocytů a leukocytů.

U velmi vysokých dávek nemusí být časový sled časného a pozdního erytému takto zachován. U nich se může časný erytém objevit během pár minut, později mizí, ale znovu se vyskytuje v nepravidelných intervalech v opakovaných vlnách. Ve třetím týdnu lze zjistit ztrátu ochlupení (epilace), která má zcela mimořádný význam, po dávce 6 Gy může být epilace trvalá. Nejcitlivější k ozáření jsou ty partie kůže, kde se vlas nebo chlup rychle obnovuje, je tomu tak na vlasaté části hlavy a ovousené části obličeje u mužů. Důležitým vodítkem pro posouzení rozložení dávky na povrch těla je nalezení takto postižených míst.

Radiační dermatitis druhého stupně vzniká při ozáření dávkami vyšší jak 15-20 Gy. Vyznačuje se hromaděním exsudátu na úrovni postižené vrstvy bazálních buněk a následnou epidermolýzou. Typické je zde i přítomnost puchýřů, pokud dojde k jejich odlučování, může se zdravotní stav zkomplikovat infekcí a k následnému vyvíjení plošného mokvání. V příznivém případě dochází po dvou až třech týdnech obnova pokožky z okrajů defektu a z přežívajících kmenových buněk vlasových míšků.

Radiační dermatitis třetího stupně je vážný stav, kde dochází k rozvoji komplikující infekce s následnou odúmrtní okrsků tkáně, která po odloučení vytvoří hluboký vřed, obtížné a dlouhé hojení má značně negativní vliv pro cévní změny v okolí. Funkce hlouběji uložených tkání, např. svaly a kosti může být též ohrožena. Pokud dojde k zahojení je prognóza nové pokožky nejistá, nemá dostatečně spolehlivou podkladovou vrstvu, je tenká a špatně odolává zátěži mechanické, chemické nebo mikrobiální. Vývoj hojivých procesů jsou po čase vystřídány degenerativními změnami a to zejména v zanikání jemné cévní sítě, hromaděním hyalinní hmoty a vytvoření blokády pro výměnu živin a plynů mezi krví a tkání. Vznik pozdního vředu po jednom až dvou letech často vyžaduje zákrok plastického chirurga.

4.3 Poškození fertility

Ozáření gonád může u žen i u mužů vyvolat neplodnost. Jelikož je zde rozdílné anatomické uložení, dochází zde k rozdílným podmínkám pro velikost absorpce ionizujícího záření. Účinek ionizujícího záření hodnotíme zvláště u mužských a ženských pohlavních žláz. Významný faktor je zde sebeobnovovací schopnost pohlavních buněk.

U žen je konečný počet vajíček vytvořen v novorozeneckém období, zrání oocytů se zastavuje na úrovni profáze prvního zracího dělení a před ovulací se dokončuje v průběhu několika týdnů. V době adolescence má žena kolem 300 000 – 400 000 folikulů, jejich růst klesá na 1/5 do 30 let a na 1/50 do 45let. Pokud dojde k ozáření folikulů, nemohou být již nahrazeny novými.

U mužů je od puberty do více či méně pokročilého věku zachována obnovovací schopnost zárodečných buněk v plném rozsahu. Pokud dojde k absorpci ionizujícího záření, předpokládají se dobré podmínky pro náhradu buněčných ztrát způsobených ozářeními. Doba obnovovací funkce mužských pohlavních buněk je odhadována přibližně na 8 – 10 týdnů.

Metodologie hodnocení poklesu fertility je taktéž rozdílná. U mužů je hlavní metodou hodnocení spermioqramu a u žen je hodnocení založeno na údajích o menstruaci a počtu gravidit.

4.4 Poškození embrya a plodu

Vývoj nového jedince prodělává v prvních týdnech těhotenství velké kvantitativní změny, dochází k rychlé proliferaci a lidský zárodek má široký směr možností diferenciací. Tyto buňky se vyznačují velmi malou radiorezistencí. K nevratnému poškození plodu může dojít již při ozáření dávkou o velikosti 0,1 Gy. Stupeň tohoto poškození závisí nejen na velikosti dávky ale hlavně na stádiu vývoje.

Období blastogeneze (1. -3. týden) je rané embryonální stadium, které je typické tím, že v něm začíná docházet k první regulaci buněčného dělení a také začíná vlastní transkripce. Platí zde pravidlo „vše nebo nic.“ Pokud

dojde k ozáření, tak vajíčko buď zanikne, nebo se vyvíjí dál, ale s malou pravděpodobností teratogenních projevů. Většinou ale dochází k přirozeným abortům a tím k ukončení gravidity.

Období organogeneze (4. -8. týden) je období, v němž se vytvářejí základy všech podstatných zevních i vnitřních struktur jako je např.: centrální nervový systém, oběhový systém, gastrointestinální systém nebo urogenitální systém. Účinky ionizujícího záření působí v závislosti na dávce a mohou ovlivňovat další vývoj plodu kvantitativně i kvalitativně.

Období fetální se dělí na raně fetální od 9. do konce 26.týdne, v tomto období se dále vyvíjejí a dozrávají orgánové systémy plodu, a na pozdní fetální období, které je od 27. týdne do konce gravidity. V tomto období má ozáření vliv na mentální vývoj jedince.

4.5 Pozdní nenádorová onemocnění

4.5.1 Zákaly oční čočky

Oční čočka patří ke tkáním, které jsou na ionizující záření velmi citlivé. V tomto případě nezáleží na tom, zda to bylo ozáření jednorázové nebo dlouhodobé, ale je vždy charakterizován, že k vývoji zákalu (kataraktu) je potřeba delší časový úsek. Ozáření způsobí v ekvatoriální oblasti čočky poškození epitelových buněk, které za normálních okolností pomalu proliferují po celý život a vytvářejí vlákna čočky příkládající se spirálovitě pod její pouzdro (Hygienu záření, Vladislav Klener). Porušená vlákna, která, se tvoří vlivem záření, způsobí tvorbu tečkovitých nebo síťovitých zákalů na zadním pólu. Tyto zákalové změny mohou být stacionární nebo se rozvíjejí do hustých miskovitých nebo loukoťovitých zákalů, které zhoršují vizus.

4.5.2 Chronická radiační dermatitis

Poměrně časté onemocnění, které má charakteristický klinický obraz. Poměrně obvykle byla nálezem v první polovině 20. století u rentgenujících chirurgů, u klinických radiologů nebo ftizeologů (ftizeologie=medicínský

obor zabývající se plicní tuberkulózou). Rozlišujeme dva typy chronické radiační dermatitis a to: atrofický a hypertrofický.

Atrofický typ se vyznačuje hladkou, tenkou epidermis a jsou zde přítomny teleangiektazie (lokalizované nahromadění rozšířených drobných žilek). Vznikají zde sekundární ulcerace (tvorba vředů), ragády (trhliny) a v neposlední řadě hyperpigmentace (zvýšená produkce barviva v kůži) a depigmentace (výpadky kožního barviva melaninu).

U hypertrofického typu je epidermis silnější, jsou výrazné kožní záhyby, vznik ložiskových hyperkeratóz (zrohovatění a nadměrné ztlustění, kůže), které jsou základem pro možný vznik karcinomu. V dnešních podmínkách ochrany se již rozvinuté případy nevyskytují, ale občas lze pozorovat suchost kůže, která je důsledkem snížené funkce mazových a potních žláz. Nehty bývají podélně rýhované a lomivé.

4.5.3 Pozdní následky navazující na akutní poškození

K těmto pozdním následkům by bylo možné počítat také postižení různých tkání po ozáření vyšší dávkou. Řadíme sem recidivy kožních defektů, plicní fibrózy, hypotyreózy a jiné tkáně.

4.5.4 Chronické nemoci z ozáření

Sovětští autoři popsali chronické nemoci z ozáření u pracovníků, kteří byli nadměrně exponováni za krátký časový úsek. Symptomy byly rozděleny do třech stupňů: neurovegetativní symptomy zahrnovali labilitu krevního pulsu, krevního tlaku, počet leukocytů. Orgánovými změnami se vyznačovala pokročilejší stádia. Možnost úplného uzdravení byla připouštěna, pokud se přerušila další pracovní expozice.

4.5.5 Zkrácení střední doby života

Zkrácení střední doby života je statistický ukazatel, který je vyhodnocen na základě zvýšeného výskytu maligních onemocnění.

4.6 Nádory vyvolané ozářením

Podstata nádorového bujení není zcela objasněna stejně jako mechanismy, které vedou ke vzniku maligního onemocnění vlivem působení ionizujícího záření na buňku. Charakterizovat ovšem rakovinu nelze z jednoho etiologického činitele, v dneš době je známa řada faktorů, které vyvolávají nebo podporují zhoubné bujení (jsou to zejména viry, chemické kancerogeny).

4.7 Významné typy nádorových onemocnění indukovaných zářením

Před II. světovou válkou byly zjištěny poznatky o zhoubných nádorech, které byly indukovány zářením. U těchto profesí bylo zjištěno, že pravděpodobně dostaly velmi vysoké dávky záření.

- Rakovina kůže: byla odhalena u rentgenologů, kteří pracovali v za nevhodných podmínek před II. světovou válkou. Vznik vychází z baze hyperplastických ložisek při chronické dermatitis způsobené vysokými dávkami záření.

- Kostní sarkomy: těmito zhoubnými sarkomy trpěli zejména lidé, kteří pracovali s radioaktivními svítivými barvami, tam, kde jedinci dostali nejvyšší dávky, se vyvinula radiační osteitis čelistí, spojená s uvolňováním zubů.

- Bronchogenní karcinom: horníci dolů, kde se těžily metalické a radioaktivní suroviny byly rovněž vystaveny vysokým dávkám ozářením, kde pozdním a zcela typickým projevem byl bronchogenní karcinom.

- Leukémie: první případy leukémie byly zaznamenány u Japonců, kteří přežili atomové bombardování. Zde převládají leukémie akutní, ale výjimkou nejsou ani chronické formy tohoto onemocnění. Vznik leukémií je podmíněn ozářením terčové tkáně, kterou je v tomto případě aktivní kostní dřev.

- Rakovina prsu: vysokou vnímavost na vznik nádorů má mléčná žláza u žen, zejména pokud se ozářením uskutečnilo v adolescentním věku nebo v prvních letech dospělosti. Nádor vzniká z buněk mlékovodů a šíří se

infiltrovaně do okolí. Hodnocená rizika se opírá především o tři zdroje: o studii mortality japonských žen přeživších atomový útok, o studium důsledků opakované skiaskopie a o rozbor pozdních následků léčebného ozáření pro nenádorové onemocnění prsu. Střední doba latence je dlouhá, asi 25 let, nové případy však vznikají i po 30 letech. (Vladislav Klener, Hygiena záření, Avicena 1987)

- Rakovina štítné žlázy: z hlediska vzniku zhoubných nádorů je štítná žláza vysoce vnímavá, pokud dojde k jejímu ozáření. Zdrojem informací jsou studie morbidit (nemocnost) a mortality (úmrtí) u obyvatel Hirošimy a Nagasaki ozářených při výbuchu jaderné zbraně.

- Rakovina plic: dalším orgánem v řadě, který má vysoké riziko vzniku nádorů jsou plice a k nim přiléhající průdušky a průdušnice.

- Sarkomy: kost je bezpochyby tkáň, která zasluhuje pozornost při vyvolání maligního bujení vlivem působení ionizujícího záření. Vnímavost vnějším ozářením kosti není příliš vysoká, proto je průkaz účinku možný spíše při vnitřním ozáření osteotropními radionuklidy, které způsobí velmi vysoké letální dávky na endosteální buňky.

4.8 Genetické poruchy vlivem ionizujícího záření

Pro pochopení genetických poruch, vyvolané působením ionizujícího záření, je nutné mít znalosti molekulární a buněčné povahy mutací, základní pojmy lidské genetiky, pravidla přenosů dědičných znaků u člověka a přehled o spontánní frekvenci geneticky podmíněných odchylek v lidské populaci. Významnou kategorií geneticky podmíněných změn jsou rozpoznatelné charakteristické znaky podmíněné genovými mutacemi (Vladislav Klener, Hygiena záření).

Mutace se mohou týkat jednotlivých genů - bodové mutace nebo chromozómů - chromozómové aberace (zvýšení nebo snížení počtu chromozómů, tvarové odchylky chromozómů). Rozdělení mutací, dle toho, které buňky jsou postižené: somatické mutace a gametické mutace. Gametické mutace mohou být přenášeny na další generace a pokud se tak stane, potomek má tuto mutaci obsaženou v somatických i gametických buňkách.

K hodnocení genetického rizika musíme vědět, že důsledky mutací bývají velmi rozmanité. Situace, kdy v preimplantačním období dochází k zániku zygoty, se manifestuje jako porucha fertility rodičovského páru. Přesto však může docházet k vývoji zárodku, ale gravidita končí abortem.

Mentální a fyzickou retardací se vyznačují chromozómové aberace, jelikož, zde dochází k sexuálnímu neuplatnění jedince, tak se tyto aberace již nepřenáší na další generaci.

Bodové mutace jsou charakteristické ztrátou nebo získáním určitého znaku. Závažnost se pohybuje od subletálních důsledků až po mírné biochemické změny.

5 Radiační ochrana

Radiační ochranu tvoří systém technických a organizačních opatření, které slouží k omezení ozáření fyzických osob a k ochraně životního prostředí.

5.1 Vývoj ochrany

Ve dvacátých a třicátých letech minulého století dochází k prvnímu rozvoji ochrany před zářením. Výkonné rentgenové přístroje s rentgenkou a rozžhavenou katodou s výkonným transformátorem umožnilo použít vysoké napětí i příkony. To mělo za následek rozšíření diagnostických i rentgenologických možností, ale současně se zvýšil počet poškozených pacientů i obsluhujícího personálu. V této době vzrůstají i dozimetrické možnosti, zejména ionizační komory různých druhů, prohloubilo se poznání fyzikálních podkladů působícího záření na živý organismus. Po druhé světové válce přichází velký rozmach tohoto oboru, narůstá využití radioaktivních látek i jaderné energie klade velmi vysoké požadavky na zajištění ochrany před zářením. Pozitivní předpoklady pro to dává i narůstající biologická informovanost a vývoj měřicí techniky.

5.2 Způsoby ochrany

Radioaktivita, se kterou pracujeme, druh a energie emitovaného záření, doba expozice – to jsou základní faktory, které určují obdrženou dávku záření. K dispozici jsou čtyři základní způsoby ochrany:

- Čas

- při práci s radioaktivními látkami nebo v prostorech s ionizujícím zářením se zbytečně nezdržujeme, práci provádíme promyšleně, pečlivě a rychle

- Vzdálenost

- je třeba se zdržovat co nejdále od zdrojů, zářiče držet co nejdále od těla, používat vhodné manipulátory

- Stínění

- stínění je velmi efektivní metoda, používá se nejčastěji vhodný absorbujiící materiál, nejčastěji je používáno olovo, ze stavebních materiálů je to zejména beton, příměsí barytu

- Prevence kontaminace

- hrozí zde riziko povrchové kontaminace těla, pokud dojde ke styku s radioaktivními látkami, ale mnohem nebezpečnější je vnitřní kontaminace, radionuklid vstoupí do metabolismu a dle své chemické struktury může dojít k hromadění v určitých orgánech, ty jsou následovně vystaveny účinkům záření. K vnitřní kontaminaci dochází nejen přes gastrointestinální a dýchací systém, ale také průnikem přes pokožku.

5.3 Referenční úrovně a limity dávek

Referenční úrovně a limity dávek jsou závazné a nezbytné v ochraně před ionizujícím zářením. Stanovují se ve dvou veličinách, které se vzájemně respektují. Ve středním dávkovém ekvivalentu v tkáni nebo orgánu vzhledem k deterministickým účinkům a v efektivní dávce vzhledem ke stochastickým účinkům.

Pojem Ekvivalentní dávka (dříve dávkový ekvivalent) představuje podíl množství energie ionizujícího záření pohlcené v organické látce a hmotnosti této látky. Jednotkou dávky je jeden Sievert [Sv]. V tkáni však nelze dávkové limity stanovit. Pro kontrolu a regulaci ochrany se používají jako kritéria limity vyjádřené v přímo měřitelné veličině.

Limity pro radiační pracovníci jsou:

a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků,

b) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 50 mSv za kalendářní rok,

c) pro ekvivalentní dávku v oční čočce hodnota 150 mSv za kalendářní rok,

d) pro průměrnou ekvivalentní dávku v 1 cm² kůže hodnota 500 mSv za kalendářní rok,

e) pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky hodnota 500 mSv za kalendářní rok.

Obecné limity jsou:

a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 1 mSv za kalendářní rok nebo za podmínek stanovených v povolení k provozu pracoviště III. nebo IV. kategorie výjimečně hodnota 5 mSv za dobu 5 za sebou jdoucích kalendářních roků,

b) pro ekvivalentní dávku v oční čočce hodnota 15 mSv za kalendářní rok,

c) pro průměrnou ekvivalentní dávku v 1 cm² kůže hodnota 50 mSv za kalendářní rok.

Limity pro učně a studenty:

jsou od roku, v němž tyto osoby dovrší 16 let, do roku, v němž dovrší 18 let

a) pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 6 mSv za kalendářní rok,

b) pro ekvivalentní dávku v oční čočce hodnota 50 mSv za kalendářní rok,

c) pro průměrnou ekvivalentní dávku v 1 cm² kůže hodnota 150 mSv za kalendářní rok,

d) pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky hodnota 150 mSv za kalendářní rok.

5.4 Legislativa

Zákon č. [18/1997](#) Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění. Tento zákon upravuje způsob využívání jaderné energie a ionizujícího záření, systém ochrany osob a životního prostředí, povinnosti při přípravě a provádění zásahů vedoucích ke snížení přírodního ozáření, zvláštní požadavky pro zajištění občanskoprávní odpovědnosti za škody v případě jaderných škod, podmínky zajištění bezpečného nakládání s radioaktivními odpady, výkon státní správy a dozoru při využívání jaderné energie.

Zákon č. [19/1997](#) Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem chemických zbraní a o změně a doplnění zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů, zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, a zákona č. 140/1961 Sb., trestní zákon, ve znění pozdějších předpisů, v platném znění. Zákon upravuje práva a povinnosti fyzických nebo právnických osob, související se zákazem chemických zbraní a nakládáním s chemickými toxickými látkami a jejich prekurzory, zneužitelnými porušování zákazu chemických zbraní.

Zákon č. [281/2002](#) Sb., o některých opatřeních souvisejících se zákazem bakteriologických (biologických) a toxinových zbraní a o změně živnostenského zákona, v platném znění. Zákon má tři části: část první upravuje práva a povinnosti fyzických a právnických osob související se zákazem vývoje, výroby, hromadění a použití bakteriologických a toxinových zbraní a jejich zničením, s nakládáním se stanovenými vysoce rizikovými a rizikovými biologickými agens a toxiny, které mohou být zneužity k porušení zákazu bakteriologických a biologických zbraní.

307/2002 Sb. o radiační ochraně v souladu s právem Evropských společenství upravuje podrobnosti ke způsobu a rozsahu zajištění radiační ochrany při práci na pracovištích, kde se vykonávají radiační činnosti; podrobnosti k vykonávání činností v souvislosti s výkonem práce, které

jsou spojeny se zvýšenou přítomností přírodních radionuklidů nebo se zvýšeným vlivem kosmického záření a vedou nebo by mohly vést k významnému zvýšení ozáření fyzických osob; podrobnosti o pravidlech pro přípravu a provádění zásahů k odvrácení nebo snížení ozáření; podrobnosti ke klasifikaci zdrojů ionizujícího záření a kategorizaci radiačních pracovníků a pracovišť, kde se vykonávají radiační činnosti; technické a organizační požadavky, postupy a směrné hodnoty k prokázání optimalizace radiační ochrany; rozsah a způsob nakládání se zdroji ionizujícího záření, nakládání s radioaktivními odpady a uvádění radionuklidů do životního prostředí, k nimž je třeba povolení; podmínky lékařského ozáření; vymezuje veličiny, parametry a skutečnosti důležité z hlediska radiační ochrany, stanoví rozsah jejich sledování, měření, hodnocení, ověřování, zaznamenávání, evidence a způsob předávání údajů Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost.

Tato vyhláška se nevztahuje na ozáření z přírodního pozadí, to je na radionuklidy obsažené přirozeně v lidském těle, na kosmické záření, které je běžné na zemském povrchu, nebo na záření způsobené radionuklidy přítomnými v lidskou činností neporušené zemské kůře a na jiná ozáření z přírodních zdrojů ionizujícího záření nemodifikovaná lidskou činností.

6 Praktické hodnocení expozice ionizujícímu záření

Pro moji praktickou část jsem vybrala dvě oddělení v okresní nemocnici v Havlíčkově Brodě, kde se pracuje se zdroji ionizujícího záření a to: oddělení nukleární medicíny a radiodiagnostické oddělení.

K dispozici jsem měla přehled osobních ročních dávek na pracovišti, které mi poskytli vedoucí lékaři daného pracoviště, a rozhodla jsem se hodnotit, kde se pracovníci setkávají s vyššími dávkami a proč tomu tak je. Porovnávala jsem to s povolenými limity pro radiační pracovníci: součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření je hodnota 50 mSv za kalendářní rok. Viz: přílohy č. 2 a 3.

6.1 Oddělení nukleární medicíny

Klinický obor, který se zabývá diagnostikou a léčbou pomocí otevřených radioaktivních zářičů ve formě radiofarmak se nazývá nukleární medicína. Tyto radiofarmaka jsou do těla podávány nejčastěji intravenózně, inhalací, ingescí a dochází tak nejen k ozařování pacientů ale i těch, kteří s nimi přicházejí do styku.

Stavební specifičnost a struktura oddělení: speciální stavební opatření jako jsou barytové omítky, dveře vyložené olověným plechem, dostatečná tloušťka zdíva jsou součástí radiační ochrany oddělení nukleární medicíny. Vedle běžné splaškové kanalizace je tu zřizována samostatná kanalizace ústící do oddělení jímky s kontrolovaným režimem vypouštění. Oddělení je zařazováno do převážně II.kategorie a vyhrazuje se na nich kontrolované pásmo. Kontrolovaným pásmem se rozumí ta část, v níž pracovníci mohou za rok obdržet dávky, které přesahují 3/10 radiačních limitů. Mají do něj přístup jen oprávněné osoby, nesmí zde pracovat osoby mladší 18 let a gravidní ženy. Kontrolované pásmo se zpravidla dělí na tři úseky: úsek pro příjem, zpracování a přípravu radiofarmak, úsek radioizotopové radiodiagnostiky a lůžkovou část. Do

kontrolovaného pásma se začleňuje vymírací místnost, kde je skladován radioaktivní odpad. Mimo kontrolované pásmo se nacházejí pracovny lékařů, administrativní úsek, denní místnosti pro personál, čekárny pro pacienty.

Ochrana zdravotního personálu: nezastupitelnou roli v ochraně před ionizujícím zářením mají vstupní, periodické preventivní, a výstupní prohlídky, při kterých je posuzován nejen zdravotní stav, ale i zhodnocena zdravotní způsobilost k výkonu povolání (stanoveno zákonem). Preventivní prohlídky periodické se konají po 1-3 letech. Významné v ochraně je dále využívání ochranných pomůcek, jako jsou olověné zástěry, rukavice s přísadou olova. V kontrolovaném pásmu by se zaměstnanci měli zdržovat pouze po dobu nezbytně nutnou. Všichni pracovníci by měli být vybaveni osobním dozimetrem. Osobní dozimetr je nošen na pracovním oděvu v oblasti sternu. Po uplynutí kontrolního období se odesílá k vyhodnocení do centrální laboratoře v Praze.

Ochrana pacientů: režimová opatření týkající se pacientů vycházejí ze struktury oddělení. Neaplikovaní pacienti mají čekárnu mimo kontrolované pásmo, aplikovaní pacienti, kteří se tak stávají otevřenými zářiči, pak zůstávají v kontrolovaném pásmu (vyšetřovna, čekárna, pokoje lůžkového oddělení) tak dlouho, dokud jako otevřený zářič ohrožují ostatní lidi v okolí.

6.2 Radiodiagnostické oddělení

Na RTG oddělení se provádějí skiagrafická, sonografická, skiaskopická, mamografická a CT vyšetření.

Stavební opatření se týkají zajištění dostatečných prostorových podmínek pro rentgenové přístroje, úpravy vnitřních omítek s izolační vrstvou (barytová omítka) o předepsané síle, instalace speciálních olovnatých skel zejména do pozorovacích oken mezi vyšetřovnou a místností s ovládacím pultem, úpravy dveří s vrstvou olověného plechu apod. tak, aby bylo pohlcováno rentgenové záření.

Ochrana zdravotního personálu: stejně jako na oddělení nukleární medicíny i tady jsou zaměstnanci vybaveni osobním dozimetrem, který nosí v oblasti sternu a po uplynutí kontrolního období se odesílá na vyhodnocení do centrální laboratoře v Praze. U pracovníků, u nichž je možnost zvýšeného nebezpečí ozáření rukou nosí ještě prstový dozimetr, který obsahuje termoluminiscenční látku.

Ochrana pacientů: viz 6.1

6.3 Zhodnocení

Získané protokoly za rok 2009 s hodnotami efektivních dávek stanovených po měsících ukazují následující:

Na oddělení radiodiagnostickém se žádný z pracovníků nepřiblížil limitu roční efektivní dávky 50mSv. Nejvyšší obdržená dávka u jednotlivce činila 12,36mSv, průměr ze všech pracovníků za rok 2009 činil 0,856mSv, medián 0,06mSv. 9 pracovníků z 27 neobdrželo žádnou dávku z umělých zdrojů.

Na oddělení nukleární medicíny se také žádný pracovník nepřiblížil limitu roční efektivní dávky 50mSv. Nejvyšší obdržená dávka u jednotlivce činila 4,15mSv, průměr ze všech pracovníků činil 0,973mSv, medián 0,52mSv. 5 pracovníků z 21 neobdrželo žádnou dávku z umělých zdrojů.

Nulové hodnoty u těchto pracovníků jsou z důvodu jejich pracovní náplně – pomocný zdravotnický personál (uklízeči a sanitáři).

Při srovnání obou pracovišť si můžeme všimnout, že nukleární medicína má o 0,117mSv vyšší celkový průměr a medián je vyšší o 0,46mSv. Zajímalo mě, kde jsou pracovníci více exponováni ionizujícímu záření a dle získaných dat a zpracovaných dat vyplývá vyšší expozice na oddělení nukleární medicíny, pravděpodobně z důvodu vyšších aktivit používaných radiofarmak a užšího kontaktu při manipulaci s nimi.

7 Nemoci z povolání v České republice

Příloha č. 1 představuje nemoci z povolání v letech 1996 – 2009.

Graf představuje nemoci z povolání v letech 1996 – 2009, protože v tomto období vyšel v platnost nový seznam NzP. Výsledky za rok 2010 již nemám k dispozici.

Nejvíce je zde zastoupena rakovina plic - nemoc vzniká při práci, u níž je prokázána taková inhalační expozice radioaktivním látkám, která je podle současných lékařských poznatků příčinou nemoci z radioaktivních látek, toto maligní onemocnění bylo nejfrekventovanější nemocí z povolání vyvolanou ionizujícím zářením v době uranové těžby v našich zemích. V prostředí uranových dolů jde převážně o inhalační expozici.

7.1 Vymezení pojmu

Nemoc z povolání: za nemoci spojené s prací považujeme v tomto sdělení taková onemocnění, o kterých je sice známo, že se u osob vykonávajících určitou práci vyskytují významně častěji než u ostatní srovnatelné populace, přesto však z posudkového hlediska nelze dávat jejich vznik nebo rozvoj do přímé příčinné souvislosti s prací, tzn. nelze je považovat za nemoci z povolání ve smyslu platných předpisů.

7.2 Povinnosti zaměstnavatele

Základní povinnosti zaměstnavatele:

- nepřipustit, aby zaměstnanec vykonával práce, jejichž výkon by neodpovídal jeho schopnostem a zdravotní způsobilosti
- navrhnout na základě potřebných měření OOVZ kategorie prací
- informovat zaměstnance, do jaké kategorie byla jím vykonaná práce zařazena
- povinnost zjišťovat a kontrolovat rizikové faktory, tak, aby byly vyloučeny nebo omezeny na nejmenší možnou dosažitelnou míru

- sdělit zaměstnancům, které zdravotnické zařízení jim poskytuje závodní preventivní péči

7.3 Kritéria NzP

Kritéria pro posuzování Nzp:

- musí splňovat jednotná diagnostická a legislativní kritéria
- vzniká nepříznivým působením škodlivých vlivů pracovního prostředí
- musí být uvedena v Seznamu nemocí z povolání
- vznik za podmínek uvedených v Seznamu NzP
- klinicky to musí být nejméně středně těžký stupeň onemocnění
- ověření podmínek vzniku onemocnění na pracovišti (KHS)

Pro posuzování a uznávání nemocí z povolání zdravotnickými zařízení platí zvláštní předpisy (zákon č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, v platném znění nařízení vlády č. 290/1995 Sb.).

7.4 Nároky nemocného

Nároky nemocného s nemocí z povolání:

- náhrada za ztrátu výdělku
- jednorázové odškodnění podle vyhl.440/2001 Sb. s platností od 1.1 2002
- účelně vynaložené náklady spojené s léčením
- věcná škoda
- přeřazení zaměstnance v souladu s doporučením lékaře

Vzhledem k výsledkům dosažených v mé praktické části práce je pravděpodobné, že nemocniční pracovníci kategorie A nebudou vzhledem k nízkým dávkám počet NzP zvyšovat.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsání ionizujícího záření a jeho negativní účinky na buňku a na lidský organismus.

Práce obsahuje charakteristika ionizujícího záření, jeho zdroje, ať už přirozené nebo umělé a jednotky, v jakých se radioaktivita měří. Najdeme zde stručnou část, která se zabývá reparačními mechanismy, probíhající ve dvou úrovních, a to na úrovni nitrocelulární a na úrovni buněčných populací. Nezbytnou součástí této práce je pojednání o negativním dopadu na lidský organismus, o akutní nemoci z ozáření, lokálním poškození kůže, poškození embrya a plodu, nádory vyvolané ozářením, genetické poruchy a pozdní nenádorová onemocnění.

Vývoj a způsob ochrany jsem zařadila do práce, neboť pokládám tuto kapitolu za nezbytnou součást pro pochopení, jak se vyvíjela účinná metodika ochrany před ionizujícím zářením. S tím souvisí i neopomenutelná legislativní část, která je poměrně složitá, velice široká a odborně náročná.

V předposlední části nazvané „Praktické hodnocení expozice ionizujícímu záření“ jsem věnovala v okresní nemocnici Havlíčkův Brod porovnání dvou oddělení a to: radiodiagnostické oddělení a oddělení nukleární medicíny, cílem bylo porovnání, na jakém pracovišti dostávají pracovníci vyšší dávky ionizujícího záření. Podkladem pro mou práci byly protokoly „Přehled osobních ročních dávek za rok 2009“ a to z obou pracovišť. Zjistila jsem, že na oddělení nukleární medicíny dostávají pracovníci o něco vyšší dávky než na radiodiagnostickém oddělení, rozhodně, ale nejsou tyto dávky tak vysoké, aby způsobily nemoc z povolání nebo převyšovaly povolené efektivní dávky, tyto vyšší hodnoty naznačují, že zde dochází k vyšší expozici, pravděpodobně z důvodu těsného kontaktu při manipulaci s radiofarmaky. I přesto, že je zde vyšší expozice nehrozí zde deterministické účinky (vyjma závažných nehod) a riziko stochastických účinků je v souladu s principy radiační ochrany minimalizováno.

V poslední části mé práce bylo provedeno zjišťování „nemoci z povolání“ za posledních 13 let, zjistila jsem, že hlášené NZP je trvale málo, důvodem tohoto poklesu oproti minulosti je zavedení a dodržování kvalitní úrovně radiační ochrany.

V dnešní moderní době známe mnoho informací o ionizujícím záření, víme, že přináší pozitivní i negativní vliv na naše zdraví. Několikaleté pracování s tímto druhem záření ukazuje, že jeho účinky nelze v žádném případě podceňovat a měli bychom důsledně dodržovat všechny ochranné prostředky, které máme k dispozici.

Souhrn

Tato práce je komplexně věnována problematice ionizujícího záření. Začíná od vzniku tohoto záření, pokračuje přes účinky na buňku a celou populaci, následuje legislativní část a obecné principy ochrany. Celou práci uzavírá kapitola o praktické části, kde jsem zhodnotila dvě pracoviště, co se týká do velikosti dávek, které obdrží pracovníci za jeden kalendářní rok, které pracují se zdroji ionizujícího záření – oddělení nukleární medicíny a oddělení radiodiagnostiky.

Summary

This work is fully devoted to the issue of ionizing radiation. It starts from the date of this radiation, continues despite the effects of the cell and the entire population, followed by legislative and general principles of protection. The whole work closes a chapter on the practical part, where I evaluated the two departments with regard to the size of benefits received by workers in any one calendar year, working with sources of ionizing radiation - the department of nuclear medicine and radio diagnostics department.

Seznam použité literatury

- [1] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: Fyzika, Prometheus, Vytium 2003
- [2] Klener, P.: Vnitřní lékařství, Informatorium 2002
- [3] Klener, V.: Hygiena záření, Avicenum/zdravotnické nakladatelství, Praha 1998
- [4] Rosina, Stanek, Kolářová: Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů, Grada 2006
- [5] Ullmann, V., Puchálková, Z., Ullmannová, L.: Radiační ochrana při práci se zdroji ionizujícího záření v nukleární medicíně, [on-line], [cit. 1.3.2011], dostupnost z [www:<http://astronuklfyzika.cz/RadOchrana.htm>](http://astronuklfyzika.cz/RadOchrana.htm)
- [6] Vacík, J.: Přehled středoškolské chemie, Státní pedagogické nakladatelství 1999
- [7] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-1996>
- [8] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-1997>
- [9] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-1998>
- [10] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-1999>
- [11] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2000>
- [12] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2001>
- [13] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2002>
- [14] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2003>
- [15] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2004>
- [16] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2005>
- [17] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2006>
- [18] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2007>
- [19] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2008>
- [20] <http://www.uzis.cz/publikace/nemoci-povolani-2009>
- [21] <http://centrumprev.sweb.cz/MANUAL/MANUALV-oddil6.htm>
- [22] http://www.sujb.cz/?c_id=229

Seznam příloh

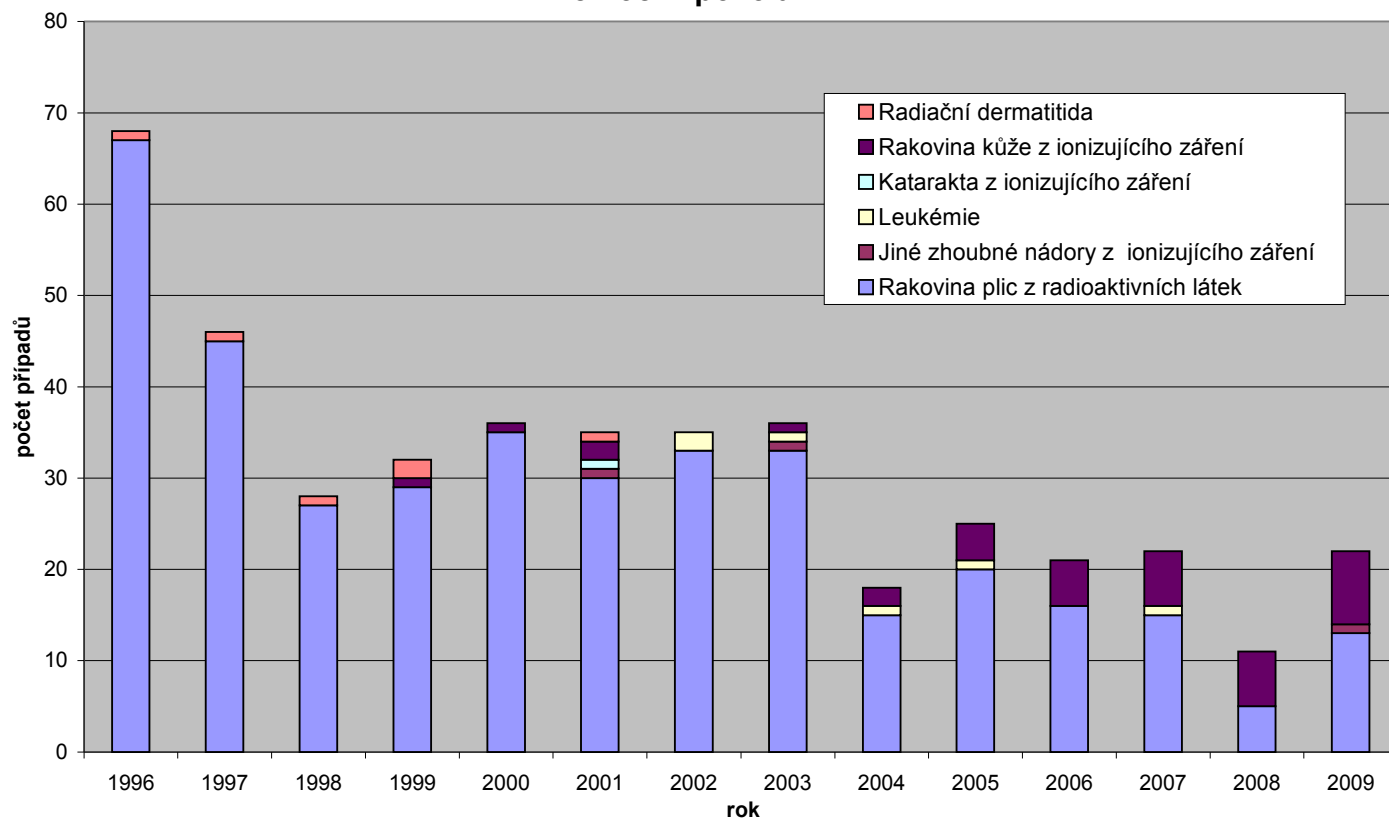
Příloha č. 1: **Seznam nemocí z povolání v letech 1996 – 2009**

Příloha č. 2: Přehled osobních ročních dávek na radiodiagnostickém oddělení

Příloha č. 3: Přehled osobních ročních dávek na oddělení nukleární medicíny

Přílohy

Nemoci z povolání



Příloha č. 1 Nemoci z povolání v letech 1996 – 2009

Příloha č. 2: Přehled osobních ročních dávek na radiodiagnostickém oddělení

	Roční hodnoty 2009 E[mSv]	Roční hodnoty osobních dávek za rok 2009											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pracovník 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 2	0,05	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 3	0,18	0	0	0,05	0	0,13	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 4	0,22	0	0	0	0	0	0,12	0	0	0,1	0	0	0
Pracovník 5	0,51	0	0,21	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0
Pracovník 6	1,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0,22	0,35	0,38
Pracovník 7	0,91	0	0,15	0,1	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0,54
Pracovník 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 9	0,05	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 10	0,14	0	0,07	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 11	2,14	0	0,26	0	0	0	0,25	0,29	0,09	0,19	0,22	0,42	0,42
Pracovník 12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 14	1,38	0	0,11	0	0	0,25	0,8	0	0	0,08	0	0,14	0
Pracovník 15	12,36	0,14	1,08	0,41	0	0,72	1,76	1,33	2,08	1,53	1,11	1,18	1,02
Pracovník 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 17	0,72	0	0	0	0,72	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 21	1,88	0,29	0	0,11	0,37	0,22	0,46	0,21	0	0,22	0	0	0
Pracovník 22	0,06	0	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 23	0,53	0,14	0,07	0	0,05	0	0	0	0,07	0,1	0,05	0,05	0
Pracovník 24	0,05	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 25	0	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 26	0,47	0	0,12	0	0,08	0,15	0	0	0	0	0	0	0,05
Pracovník 27	0,45	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Průměr	0,856296												
Medián	0,06												

**Příloha č. 3: Přehled osobních ročních dávek na oddělení
nukleární medicíny**

	Roční hodnot 2009 E[mSv]	Hodnoty za jednotlivá monitorovací období											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pracovník 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 2	1,62	0,17	0,25	0,22	0,25	0,15	0,23	0,1	0,19	0,06	0	0	0
Pracovník 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 4	0,68	0,05	0,08	0	0,08	0	0,11	0,06	0,12	0	0	0,08	0,1
Pracovník 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 6	2,43	0,23	0,24	0,33	0,19	0,34	0,41	0,1	0,27	0	0	0,16	0,16
Pracovník 7	4,15	0,2	0,55	0,33	0,49	0,33	0,52	0,37	0	0,4	0,32	0,4	0,24
Pracovník 8	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2
Pracovník 9	1,61	0,21	0,29	0,35	0,37	0,34	0,05	0	0	0	0	0	0
Pracovník 10	0,17	0	0	0,06	0	0,11	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 12	0,89	0	0,32	0,09	0	0	0	0	0,28	0,07	0,05	0	0,08
Pracovník 13	0,13	0	0,05	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0
Pracovník 14	0,52	0,06	0,1	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0	0	0,06	0	0
Pracovník 15	2,07	0	0	0	0	0	0	0,45	0,37	0,39	0,22	0,27	0,37
Pracovník 16	2,19	0,07	0,16	26	0,25	0,07	0,27	0,16	0,1	0,24	0,18	0,17	0,26
pracovník 17	0,05	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0
Pracovník 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pracovník 19	2,65	0,23	0,44	0,29	0,24	0,1	0,43	0,23	0,2	0,23	0,21	0	0,05
Pracovník 20	0,92	0,11	0,17	0,15	0,13	0,07	0,06	0	0,05	0	0,05	0,05	0,08
Pracovník 21	0,17	0	0,05	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0
Průměr	0,97381												
Medián	0,52												