

**Univerzita Karlova v Praze**

**2. lékařská fakulta**

**Bakalářská práce**

**Téma: LDR a HDR brachyterapie karcinomu prsu  
– Úloha Radiologického Asistenta**

**Zuzana Michalová**

**vedoucí práce: MUDr. Emanuela Kmoníčková**

**duben 2008**

### **estné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma LDR a HDR brachyterapie karcinomu prsu – Úloha Radiologického Asistenta vypracovala samostatně a použila jen prameny, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

v Praze

.....

## **Podkování**

Děkuji vedoucí práce MUDr. Emanuěle Kmoníkové, že byla dobrým a trpělivým rádcem a za její cenné rady a připomínky při mém zpracování bakalářské práce.

Dále bych také chtěla podkovat dalšími kolegy, kteří byli vždy ochotni odpovídat na mé otázky a umožnili mi studovat a rozšířit si tím své znalosti.

## **Abstract**

I have selected the comparison of brachytherapy irradiation of breast as a theme for my bachelor work. This comparison is demonstrated on two afterloading machines. The first machine is older and less frequent type of device - microSelectron LDR. This machine contains sources of low dose rate, isotope Cs<sup>137</sup>. The second is more modern and more frequent type around the world - microSelectron HDR. This device contains one source of high dose rate isotope Ir<sup>192</sup>. Both devices are produced by the Holland Company Nucletron.

I focus primarily on a description of radiologic assistant work. Device control and check up belongs to my main responsibilities. Check up is performed according to the program of quality assurance formatted by our organization and according to tests distributed by SÚJB. Whole test program consists of two main exams: Operational stability testing and assistance to the physicist within longtime stability testing. Operational testings are selected according to the type of device: Pre-application, monthly, bi-monthly, semiannual and annual testing period.

Our Organization does not use system DICOM. It was implemented only recently, some half year ago. Therefore I had to document the brachytherapy applications on X-ray films. Currently the DICOM system allows to transfer X-ray images directly to the planning system. The films or digital media are stored only to document exposures and radiation plans esp. in case of breast irradiation. Complete is calculated upon the pre-set coordinates of all needles introduced into the treated breast. The doctor controls whole application process and is responsible for the selected therapy.

The most interesting part of my bachelor work consists of individual brachytherapy planning of each patient. I try to compare two computing systems. Plans for microSelectron LDR were performed in NPS system working in command prompt background. MicroSelectron HDR employs Plato system, designed in more user friendly 3D environment.

Last chapter describes the entire breast irradiation process from the view of the patient and all responsible team members involved. The first part describes the patient's view, the consecutive parts describe the nurse's and doctor's view. Last but not least certainly the radiological assistant's view.

1. Úvod .....	7
2. P ístrojové vybavení	
2.1 microSelectron LDR .....	9
2.2 microSelectron HDR .....	12
2.3 plánovací systém - Nucletron Planing System (NPS) .....	15
2.4 plánovací systém - Plato .....	15
3. Systém zkoušek	
3.1.1 zkoušky provozní stálosti (ZPS) – LDR .....	16
3.1.2 zkoušky provozní stálosti (ZPS) – HDR .....	18
3.2.1 zkoušky dlouhodobé stability (ZDS) – LDR .....	19
3.2.2 zkoušky dlouhodobé stability (ZDS) – HDR .....	19
4. Postup aplikace	
4.1 z pohledu pacientky .....	20
4.2 z pohledu sálové sestry .....	21
4.3 z pohledu léka e .....	22
4.4 z pohledu radiologického asistenta .....	24
4.4.1 p í použití microSelectronu LDR .....	24
4.4.2 p í použití microSelectronu HDR .....	26
5. Záv r .....	28
6. P ehled použité literatury .....	29
7. Seznam p íloh .....	30

## 1. Úvod

Jako asistentka radiofyzika (radiologická asistentka) pracuji na oddělení brachyterapie v Ústavu Radiační Onkologie ve FN Na Bulovce již sedmým rokem.

Předpona „brachy-“, naznačuje, že jde o ozařování z blízka. Jeho výhodou je rychlý úbytek dávky záření se vzdáleností od zářivé. Nejčastěji se brachyterapie používá k léčbě nádorů dlovního krku nebo tlá. Brachyterapii je možné použít i v dalších tělesných dutinách (např. v případě, že je prdušnice nebo prduška uzavřená nádorem a dýchání je proto obtížné) nebo ve formě drátů, které se zavádějí přímo do ozařované tkáně. Doba ozařování se pohybuje od několika minut do několika hodin (nepřetržitě) v závislosti na druhu nádoru a použitém ozařovací. Po dobu, kdy je nemocný ozařován, je izolován ve zvláštní chráněné místnosti a přítomnost jiných osob je buď vyloučena nebo omezena na nezbytně nutnou dobu. Jako zdroj záření se při brachyterapii používá celá sada radioizotopů (cesium, iridium apod.), dříve užívané radium se z bezpečnostních důvodů již nepoužívá. Pro zajištění bezpečnosti pracovníků, kteří provádějí brachyterapii a personálu, který nemocné ošetřuje, se používá technika „afterloadingu“.<sup>(1)</sup>

V dřívějších dobách při brachyterapii lékaři pracovali přímo s radioaktivním materiálem (zpravidla s radiem). Tak byli vystaveni riziku poškození svého zdraví a nuceni pracovat co nejrychleji. V současné době lékaři pracují s pomůckami, ve kterých není radioaktivní látka. Tyto pomůcky zavede bezespeču na požadované místo, zkontroluje jejich polohu (kterou může případně upravit) a následně určí, jaké bude rozložení použitých zářiv. Teprve potom je do připravených a upevněných pomůcek vkládán vlastní zdroj záření (ve formě kuliček nebo drátů). Pokud je to možné, provádí tuto operaci přístroj, v němž jsou zářivé uloženy, až v okamžiku, kdy nikdo z personálu není v místnosti s pacientem. Pokud je nutno nemocného ošetřit, zářivé se na potěbnou dobu uschovávají opět do přístroje.<sup>(1)</sup>

Do června 2007 jsme na našem oddělení měli dva LDR (low dose rate) přístroje od firmy Nucletron, Selectron a microSelectron. MicroSelectron LDR byl jediný svého druhu nejen v naší republice, ale i ve střední Evropě. Během února 2007 jsme pro jeho stále rostoucí drobné poruchy byli nuceni začít používat pro aplikaci prsu také z našich přístrojů a to microSelectron HDR (high dose rate).

Zásadní rozdíl mezi těmito dvěma přístroji je v užívaném typu zářivé LDR přístroj užíval sestavy cesiových zářiv s poločasem rozpadu 32 let a HDR má jediné zrno iridia s poločasem rozpadu 74 dnů. Rozdílné užití prvků má kromě jiného biologického ekvivalentu dávky i nesporný rozdíl v komfortu léčby pro pacientku. Při LDR aplikaci trvá doba ozáření pro dávku například 10 Gy 18-25 hodin oproti 15-30 min. pro stejnou aplikovanou dávku u HDR přístroje.

Systém zkoušek a plánování je u obou přístrojů velmi podobný.

Jako radiologická asistentka zodpovídám za správnou funkci přístrojů, vyhotovení rtg snímku aplikace, výpočet ozáření plánů a připojení a spuštění léčby v ozáření.



## 2.1 Pístrojové vybavení – microSelectron LDR

Byl používán na našem oddělení v letech 1990 - 2007.

Tento afterloadingový pístroj (obr.1) se skládal z několika jednotlivých součástí. Hlavní jednotka a dva stíněné kontejnery se zájím byly umístěny v ozařovací místnosti (aplikačním pokoji), ovládací jednotka byla připevněna před dveřmi aplikačního pokoje na chodbě a kompresor byl v místnosti přiléhající k ozařovací místnosti.

Princip funkce pístroje spočíval v tom, že předem zvolené sestavy zájím jsme nejprve museli přetáhnout z kontejneru do ozařovacího pístroje a až poté jsme mohli spustit léčbu.

Hlavní jednotka pístroje byla vybavena LED displejem, tiskárnou a klávesnicí, které sloužily k zadávání dat potřebných pro aplikaci (obr.2). Dále pak obsahovala stíněný kontejner, motory pro jednotlivé kanály, záložní baterie a systém provedení trubic pro stlačený vzduch.

Ovládací jednotka byla také vybavena LED displejem a několika kontrolkami pro případný alarm (obr.3). Z této jednotky se vydával pokyn pro vyjetí nebo zajetí všech předem zvolených sestav zájím do ozařovací polohy, tedy do aplikátorů umístěných v těle pacienta.

Zdrojem záření bylo cesium ( $Cs^{137}$ ,  $T/2$  32 let, gama zájím). Jednotlivé cesiové pelety o délce 5 mm byly navlečeny na kovovém drátku. Mezi jednotlivými peletami byla vždy 5 mm neaktivní zóna. K dispozici jsme měli celkem 45 těchto sestav, jejichž aktivní délka byla podle použitého typu pelet na jednotlivých drátcích od 35 do 95 mm (viz příloha 1). Kromě tohoto typu zájím byly ve druhém kontejneru umístěny sestavy pro další typy aplikací.

Kompresor zajišťoval stálý tlak vzduchu, který sloužil jako další bezpečnostní prvek. Pokud by během léčby došlo k porušení provedení hadic, nebo uvolnění jehly od provedení trubice, systém by tento únik vzduchu (pokles tlaku) detekoval a ihned by došlo k zajetí všech sestav zájím do záložního kontejneru v hlavní jednotce. Bezpečnostní systém pístroje spočíval kromě jističného stlačeným vzduchem v jističném

dve í. P i otev ení dve í nebylo možné spusti t lé bu, otev el-li by n kdo b hem lé by  
dve e, zdroje by okamžit zajely do stín ného kontejneru v hlavní jednotce.



Obr.1. microSelectron LDR s p ipojeným kontejnerem



Obr.2. hlavní jednotka přístroje – ovládací panel



Obr. 3. ovládací panel na chodbě před aplikacním pokojem

## 2.2 P ístrojové vybavení - microSelectron HDR

Byl na Ústav radia ní onkologie zakoupen spolu s novou plánovací stanicí v roce 2001.

Oproti p edchozímu typu p ístroje obsahuje tento pouze jednu kapsli s iridiem ( $\text{Ir}^{192}$ ,  $T/2$  74 dní, gama zá i ), která je pevn ukotvena na 1,5 m dlouhém vodícím lanku. Pomocí tohoto vodi e se zdroj pohybuje v aplikátoru.

P ístroj má pouze 2 sou ásti – samotný oza ova (obr.4) a ovládací konzoli (obr.6).

Dále se liší oba p ístroje i systémem bezpe nostních prvk . P ed každým vyjetím zdroje z bezpe nostního sejfu, vyjíždí nejprve do aplikátoru tzv. check -cable, který slouží jako neaktivní maketa k pravému zdroji. Tento „p edjezdec“ zkontroluje cestu, nejsou-li na ní p íliš velké ohyby nebo není-li n kde rozpojena. Když se check -cable v po ádku vrátí na své místo, nic nebrání tomu, aby vyjel i vodi se zdrojem. Druhým bezpe nostním prvkem je dokonalejší nezávislý systém detektor úrovn radiace.

Na našem pracovišti nemáme oza ovnu a její labyrint uzav en dve mi, ale pouze infrazávorou, která zajiš uje „dve ní kontakt“. Pokud n kdo tento kontakt poruší, okamžit dojde k p erušení lé by a tedy k zajetí zá i e do sejfu v oza ova i.



Obr.4. microSelectron HDR



Obr.5 mechanismus vodičích lanek; zlatou kličkou je v případě nutnosti možno zatáhnout zdroj zpět do ozařovacího, černá klička je pro check-cable



Obr.6. ovladovna microSelectronu HDR (vlevo nahoře: monitor nezávislého dozimetrického systému, vlevo dole: ovládací konzole, vpravo nahoře: monitor pro sledování pacienta)

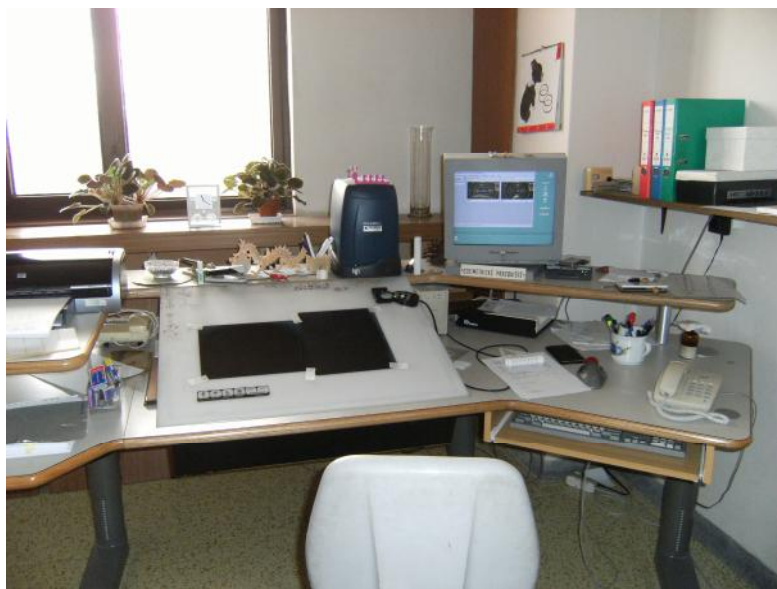
### 2.3 Plánovací systém – Nucletron Planing System

Tento plánovací systém byl nainstalován spolu s přístrojem microSelectron HDR.

Systém pracuje v prostředí DOS a plány jsou tedy prováděny jen pro jednu centrální rovinu a výpočet pro brachyterapii prsu se provádí pomocí Pařížského dozimetrického systému.

### 2.4 Plánovací systém – Plato

Plánovací systém Plato se používá pro plánování léčby na microSelectronu HDR. Systém pracuje v 3D prostředí, využívá modifikovaný Pařížský dozimetrický systém.



Obr.7. plánovací konzole obsahující oba plánovací systémy

### 3. Systém zkoušek

Zkoušky se dělí na dvě základní skupiny, zkoušky provozní stálosti (ZPS), které provádím v našem případě já spolu s fyzikem a dále pak na zkoušky dlouhodobé stability (ZDS), které jednou ročně provádí osoba, která má k této činnosti povolení od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB).

Frekvence a provedení si stanovuje každý držitel povolení pro nakládání s uzavřeným radionuklidovým zářivkem (URZ) sám. SÚJB vydal v únoru 1998 tzv. modré doporučení o „Zavedení systému jakosti při využívání zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – uzavřené radionuklidové záření v brachyterapii“, ze kterého vychází metodiky jednotlivých zkoušek.

Součástí každé zkoušky je její metodika a protokol.

#### 3.1.1 ZPS pro LDR

ZPS pro LDR dělíme na zkoušky předaplikační, dvousíňové, předloňové a roční.

Metodika předaplikační zkoušky (viz příloha .2) se provádí vždy v den aplikace, tedy hned ráno, ještě před začátkem provozu na ozařování. Pokud by totiž nastala situace, že by přístroj neprošel zkouškou, musela by se plánovaná léčba zrušit a nedostatek neprodleně odstranit.

Kontroluje se stav signalizace, funkčnost televizního okruhu a dorozumivacího zařízení. Během zkušební aplikace se testuje jistič dveří, tlačítko k přerušení léčby (interrupt) a funkce přenosného i nezávislého detektoru záření a zároveň i blokování léčby pomocí nepripojeného aplikátoru. Dále se prověruje neporušenost aplikátoru, přítomnost havarijního kontejneru a správnost nastavení data a času.

Metodika dvousíňové zkoušky (viz příloha .3). Provádí se hned po zkoušce předaplikační v předem naplánovaný dozimetrický den. S výhodou je provádět tuto



zkoušku v den, kdy se neprovádí aplikace. Hlavní cíl této zkoušky je v ověření správných výjezdů sestav v aplikátoru, dále se kontroluje ozařovací čas na nezávislých stopkách a správnost veškeré signalizace v případě nepřípojení nebo odpojení aplikátoru. Dále se provádí kontrola výpadku kompresoru. Napojené makety z předchozí zkoušky se nechají vyjet do aplikátoru, nastaví se aplikací čas 2 hodiny a odpojí se kompresor z elektrické sítě. Během 30-40 min. se na kontrolním panelu rozsvítí kontrolka air alarm a je i vyslán zvukový signál. Připojí se tedy kompresor do sítě a ten ihned začne tlakovat vzduch. Po několika vteřinách dojde k natlakování potrubných 4 atmosfér, zhasnou alarmující kontrolky i zvukový signál, což je důkaz, že je kompresor funkční.

Metodika pro lro ní a ro ní zkoušky (viz příloha .4) spoívá ve dvou částech. Jednak jde o nepřímou zkoušku na těsnost otřem na náhradních plochách, která se provádí dvakrát ročně, jednak se jednou ročně provádí inventarizace potrubí.

### 3.1.2 ZPS pro HDR

ZPS pro HDR dílíme na zkoušky p edaplika ní a na zkoušky m sí ní.

Metodika p edaplika ní zkoušky (viz p íloha .5) spo ívá v kontrole v oza ovn , kontrole pom cek v ovladovn , funk nosti televizního okruhu a detektoru radia ního za ízení.

Metodika m sí ní zkoušky (viz p íloha .6) se skládá ze dvou základních ástí. První je ást mechanická a druhá dozimetrická.

V mechanické ásti se zam ůjeme na správnou kontrolu p ípojení aplikátoru k oza ova í. V sérii test aplikátor na r zných jeho ástech postupn r ozpojeme a kontrolujeme podle manuálu výpis chybových hlášení na tiskárn . Každá chyba je totiž ozna ena kódem a v manuálu je nejen vysv tlení p í iny, ale i rada jak chybu odstranit. Dále pak pomocí stopek kontrolujeme p esnost t í r zn dlouhých zadaný ch as a pomocí speciálního firemního „pravítka“ ov ůjeme vyjetí zdroje do správné polohy. Stav baterií provádí elektronický technik.

Pro dozimetrickou ást se nejprve musí vytvo it p edem definovaný plán. To znamená, že naplánujeme pozici zdroje tak, aby byl tento po dobu nutnou k odzá ení 1 Gy ve vzdálenosti 5cm od st edu ioniza ní komory, kterou se m ení provádí. Tuto ást m ení provádíme ve spolupráci s fyzikem dozimetristou. Pro m ení používáme Dosemaster nebo p ípadn jiný dozimetrický p ístro j (nap . Kisly nebo Farmer). Toto m ení provádíme t íkrát po sob a aritmetický pr m r nesmí p esáhnout 2 % tolerance od nastavené hodnoty.

### **3.2.1 ZDS pro LDR**

Při této zkoušce se opět provádí všechny testy, které provádíme při zkouškách provozní stálosti. Jako doplňující se provádí měření kermove vydatnosti všech sestav zářičů, kontroluje se schopnost bezpečnostního kontejneru a provádí se i kontrola výpočtu plánovacím systémem.

Nezbytnou součástí protokolu jsou kopie osvědčení uzavřených radionuklidových zářičů a kopie kalibračních dokumentů k dozimetru a použité ionizační komoře.

### **3.2.2 ZDS pro HDR**

Zkouška dlouhodobé stability pro HDR se od ZDS pro LDR liší jen velmi málo. Jediným rozdílem je měření pouze jednoho zdroje.

#### 4.1 Postup aplikace z pohledu pacientky

Den před aplikací nastoupí na lůžkové oddělení, kam přinesí i všechna interní vyšetření nezbytná k podání celkové anestezie. Již z domova má vyholené podpaží, případně se o to postarají sestry na lůžkovém oddělení. Od přílohy se dodržuje pravidlo: nejíst, nepít, nekouřit.

Ráno v den výkonu podají sestry pacientce 45 minut před zahájením aplikace Oxazepam p.o. (dle váhy 1-2 tbl.). Pacientka je převezena na sál předpřipravena k výkonu (nemá na sobě šperky, nemá brýle, je event. bez vyjímatelné zubní protézy, není nallena, nemá nalakované nehty). Na operační sál je převezena v čistém prostředí a má zabandážované dolní končetiny. V předzápětí si pacientku přebírá anesteziologická sestra, která si ověří její totožnost a dokumentaci, ptá se znovu, zda nejedla a nepila, není-li alergická. Když je vše v pořádku, je zahájena anestezie. Po ukončení provedení aplikace je pacientka probuzena z narkózy.

Při použití LDR trvá ozařování 18 - 25 hodin a pacientka je v aplikacím pokoji sama, probíhá její kontrola pomocí televizního zrcadla, komunikace se děje prostřednictvím interkomu. Po ukončení léčby odstraní službu mající lékařka spolu se sestrou intersticiální aplikaci, sterilně převáže místa vpichů.

V případě HDR je doba léčby 10 - 30 minut. Ihned po odzáření je aplikace odstraněna, místa vpichů sterilně převázána.

Dle celkového stavu pacientky může být ten samý den, nebo den následující propuštěna domů. V zevním ozařování pokračuje obvykle hned druhý den po výkonu.



Obr. 8. kontrolní snímek pacientky po výkonu na levém prsu

## **4.2 Postup aplikace z pohledu sálové sestry**

Před výkonem sestra připraví sterilní instrumentální stolek a sepíše veškerou nezbytnou dokumentaci. Před výkonem kontroluje stavu aplikací jehel. Ještě před sterilizováním kontroluje hroty všech jehel, zda nejsou nějak poškozené. Po celou dobu aplikace je na sále a plní pokyny lékaře.

Po výkonu pomůže zavázat operační ránu a použité aplikátory vyistí a připraví je k další sterilizaci.

### 4.3 Postup aplikace z pohledu lékaře

Po parciálním chirurgickém odstranění nádorového ložiska z prsu, nejastji se jedná o segmenectomii, se prakticky ve všech případech provádí léčba radioterapií.

Zevní radioterapie spoívá v ozáení celého prsu a příslušné strany stny hrudní teleterapií. K dosycení ložiskové dávky do prvním vodním tumorem postiženého kvadrantu lze použít buď dále zevní ozáení, anebo tam, kde je to vhodné, lze nabídnout pacientce provedení ozáení brachyterapií.

K brachyterapeutickému výkonu jsou pacientky vhodné, mají-li odpovídající velikost prsu, vhodné uložení prvním vodního nádoru, lze-li dobře lokalizovat prvním uložení tumoru v prsu dle předoperační mamografie, ultrazvuku, operačního protokolu, event. umístění klipu v lžku po tumoru chirurgem. Dále nemají-li pacientky kontraindikaci k celkové anestezii a v neposlední řadě, souhlasí-li s výkonem.

Jestliže se lékař - brachyterapeut s pacientkou na výkonu domluví, je pacientka podrobně obeznámena s celým průběhem výkonu, jeho riziky a podepisuje informovaný souhlas s výkonem i s anestézií.

Lékař - brachyterapeut se připraví na výkon teoreticky, tzn. rozhodne se podle mamografických snímků před operací, operačního protokolu, event. dle umístění titanových klipu v lžku po tumorektomii o cílovém objemu, velikosti templat a délce jehel, které k výkonu použije.

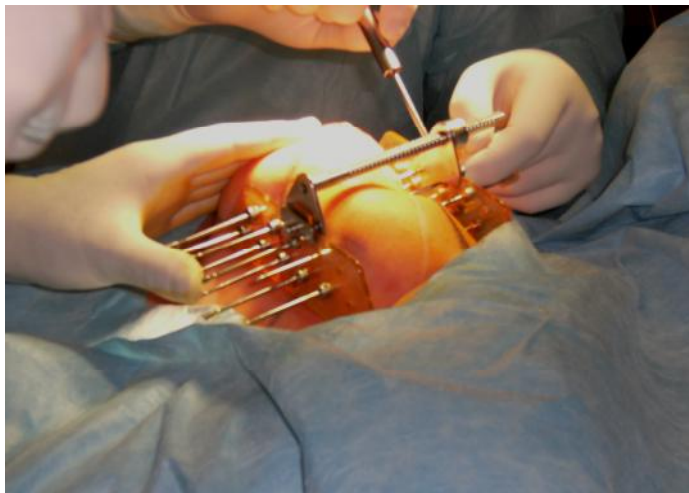
V den aplikace se spolu s asistujícím lékařem nebo sálou sестrou, která bude asistovat, umyje, sterilně oblékne, sterilně připraví operační pole, zarouškuje. Příslušný kvadrant prsu stiskne mezi templaty (plastové destičky s otvory pro jehly) a na kterými otvory propíchá příslušný kvadrant kovovými jehlami. Jehly upevní k templatám malými šroubky. Spolu s radiologickým asistentem zkontroluje správné rozmístění jehel pomocí skiaskopie. Potom nadiktuje údaje o všech jehlách do dokumentace k výkonu.

Po přípravě výkonu zkontroluje jeho správnost, napojí prvním vodní trubice k jednotlivým jehlám a je připraven ozáení v ovladovně. Po ukončení ozáení odstraní

jehly a templaty, sterilně připraví operační pole a předá pacientku lékaři sloužícímu na lůžkovém oddělení zařízením. Druhý den po aplikaci provede převaz, zkontroluje místa vpichů a okolí a dává pokyn k pokračování zevního ozaření.



Obr.9. aplikační pole



Obr. 10. dotahování posledních fixačních šroubků

#### **4.4 Postup aplikace z pohledu radiologického asistenta**

Ráno před aplikací shromáždí radiologický asistent veškerou dokumentaci týkající se pacientky a jejího ozařování.

Na operaci sál vstoupí až na pokyn lékaře, aby provedl skiaskopický snímek právě naaplikovaných jehel. Jestliže prohlásí lékař aplikaci za ukončenou provede radiologický asistent rtg snímek. Tento slouží jako doklad o provedené aplikaci a zakládá se do dokumentace pacientky.

Dále lékař - brachyterapeut diktuje informace o každé jednotlivé zavedené jehle. K provedení výpočtu je nutno znát počet a délku použitých jehel, vzdálenost jednotlivých jehel od sebe, u každé jehly pak specifikujeme tzv. vzdálenost k železce tj. v mm udaná vzdálenost bodu vstupu a výstupu jehly z prsu (viz příloha .7).

Základní část výpočtu plánu se odehrává na papíře. Pro každou jehlu se odměřeného rozměru k železce odečítá 20 mm (10 mm z každé strany tvoří neaktivní zóna - bezpečnostní lem) a zbylá hodnota udává potřebnou aktivní délku.

##### **4.4.1 při použití microSelectronu LDR**

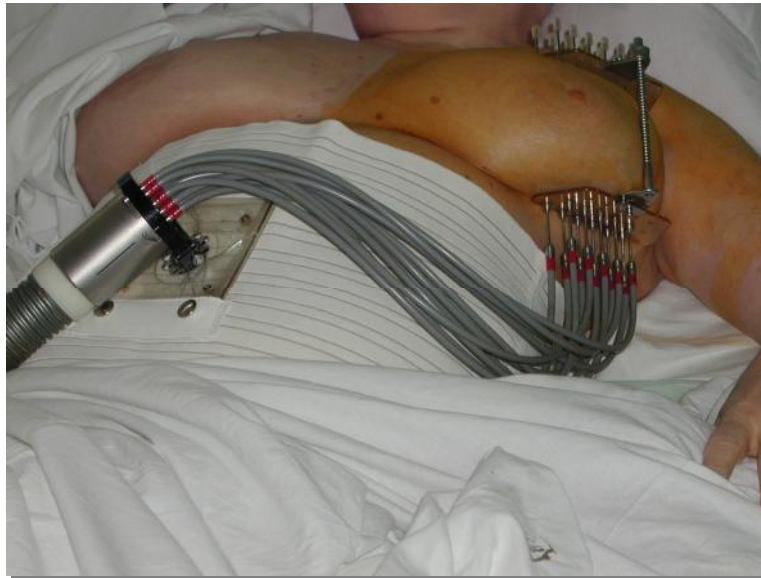
V případě microSelectronu LDR to znamenalo, vybrat tu sestavu zářivky, jehož délka co nejpřesněji odpovídá této potřebné aktivní délce. Protože v kontejneru jsme měli právě jen 45 sestav, bylo někdy velmi obtížné vybrat pro každou jehlu odpovídající sestavu.

Uvedu příklad: je-li vzdálenost k železce 78 mm, po odečtení 20 mm zbude 58 mm. Nejvhodnější je sestava .4 (viz příloha .1) s aktivní délkou 55 mm. Znamená to, že na místě vstupu jehly do k železce zachováme bezpečnostní lem 10 mm, ale na vzdálenější konci aplikátoru bude bezpečnostní lem 13 mm. Vždy jsme dodrželi pravidlo, že bezpečnostní lem musí být na obou koncích jehly v rozmezí 5-15 mm.



Když jsou vybrány všechny vhodné sestavy, zadávají se jejich data do plánovacího programu spolu s koordinátami jehel. Výpočet se provádí pomocí Pařížské techniky, kdy dávkové body jsou ve středech trojúhelníků a volíme do nich hodnotu 85 % izodózy s předepsanou dávkou. Nejprve jsme použili dávku 10 Gy. Po úpravě pak sám doktor nastaví ozáření, vykreslí jednotlivé izodózy a zobrazí i velikosti objemu pro izodózy, které nás zajímají.

Po kontrole a konzultaci s lékařem vytiskneme ozáření plán a uložíme ho do paměti. Celá tato operace trvá asi 20 – 25 minut. Vyplníme všechny dokumenty a na aplikáčním pokoji vybereme zvolené sestavy záření z kontejneru. Pak přetáheme je do ozáření jednotky. Lékař provede připojení všech aplikátorů k převodní hadici. Na ozáření ovaří nastavíme ozáření čas. Ještě jednou zkontrolujeme pacientku, přesvědčíme se, že je po anestezii již v pláči a pomocí dálkového ovládní na chodbě spustíme léčbu.



Obr.11. připojení aplikátorů u microSelectronu LDR

#### **4.4.2 p i použití microSelectronu HDR**

U microSelectronu HDR je možnost pohybu zrna po 2,5 mm, takže bezpečnostní lem 10 mm z každé strany jehly lze dodržet s v tší přesností. I v tomto případě se část výpotu provádí na papíře. Po určení potřebné aktivní délky pro každou jehlu se do plánovacího systému označí všechny aktivní pozice v této délce, což znamená, že se v každé pozici zdroj zastaví na určitou dobu, což plánovací systém sám vypotí.

Na všechny intersticiální aplikace prsu používáme stejný typ koordinátních destiček (template). Proto jsem si vytvořila šablonu se znázorněním maximálního potu patnácti jehel podle koordinát z destiček. Zjednodušila a zkrátila jsem si tak celou akci s jejich opakovaným zadáváním, jak to bylo nutné u LDR. Jsou-li zadané pozice pro všechny jehly, zadám dávkové body ve středech trojúhelníků, ale ne pouze v jedné rovině, ale ve všech rovinách, v nichž jsou obsazené pozice. Dávku potítáme na 85% izodózu, nejčastěji užíváme léčebnou dávku 9 Gy.

Zhotovení takového označovacího plánu trvá asi 20 minut.

Plán zkontroluji a zkontroluji s lékařem, vytisknu, uložím na datovou kartu a uložím do paměti počítače.

Na označování vložím kartu do plánovací konzole, spolu s lékařem připojíme aplikátory k jednotlivým provedním trubicím a po kontrole, že je v označování pouze pacientka, spouštím léčbu, která v závislosti na poloze rozpadu zdroje trvá od 10 do 30 minut.

Během označování na HDR sleduji zdárný průběh léčby na ovládací konzoli, pacientku sledujeme prostřednictvím kamery, dle potřeby s ní komunikujeme interkomem.

Po ukončení léčby a odstanění aplikátorů z pacientky ukládám provední hadice, kompletuji označovací plán.



Obr.12 p ipojení aplikátor u microSelectronu HDR

## 5. Závěr

Náplň práce radiologického asistenta na oddělení brachyterapie je různorodá, zajímavá a náročná. Sestává z technické části, která spoívá v obsluze, kontrolním testování a práci s brachyterapeutickými zdrojovými a jejich plánovacími systémy. Prostřednictvím úzké spolupráce s lékařem – brachyterapeutem se dostává radiologický asistent do přímého styku s pacientem, což značně obohacuje jeho práci příliš technicky zaměřenou práci.

Měla jsem to štěstí, že jsem během své zatím nedlouhé pracovní kariéry, mohla pracovat s oběma typy zdrojů, LDR i HDR systémem.

Domnívám se, že každý ze systémů má své klady i zápory.

Vzhledem ke stále se vyvíjejícím metodám v léčbě i pokroku technického rázu se mohu těšit na další zajímavé profesní zážitky.

## **6. Pohled použité literatury**

1. [www.linkos.cz](http://www.linkos.cz)
2. Zavedení systému jakosti při využívání zdroj ionizujícího záření v radioterapii –  
Uzavřené radionuklidové záření v brachyterapii; červen 1998
3. A. Gerbaulet, Richard Pötter, et al., The GEC ESTRO Handbook of  
Brachytherapy; 2002
4. propagační materiály firmy Nucletron

## **7. Seznam příloh**

Příloha . 1 – Seznam sestav zářičů v kontejneru .1

Příloha . 2 – Metodika a protokol pro adaptivní zkoušky na LDR

Příloha . 3 – Metodika a protokol dvoum síňové zkoušky na LDR

Příloha . 4 – Metodika a protokol pro lroňové a roňové zkoušky na LDR

Příloha . 5 – Metodika pro adaptivní zkoušky na HDR

Příloha . 6 – Metodika a protokol m síňové zkoušky na HDR

Příloha . 7 – Operační plán pro LDR aplikaci

Příloha . 8 – Operační plán pro HDR aplikaci

**Příloha .1 Seznam sestav závitů v kontejneru .1**

<i>pozice</i>	<i>seriové číslo aplikátoru</i>	<i>počet zrn</i>	<i>aktivní délka (mm)</i>	<i>celková délka (mm)</i>
1.	543	4	35	87
2.	544	4	35	87
3.	545	4	35	87
4.	551	6	55	107
5.	552	6	55	107
6.	553	6	55	107
7.	554	6	55	107
8.	556	6	55	107
9.	557	6	55	107
10.	558	6	55	107
11.	641	10	95	147
12.	642	10	95	147
13.	643	10	95	147
14.	644	10	95	147
15.	645	10	95	147
16.	546	5	45	97
17.	547	5	45	97
18.	548	5	45	97
19.	549	5	45	97
20.	550	5	45	97
21.	559	7	65	117
22.	560	7	65	117
23.	561	7	65	117
24.	562	7	65	117
25.	563	7	65	117
26.	564	7	65	117
27.	565	7	65	117
28.	566	7	65	117
29.	567	7	65	117
30.	568	7	65	117
31.	540	3	25	77
32.	541	3	25	77
33.	542	3	25	77
34.	569	8	75	127
35.	570	8	75	127
36.	571	8	75	127
37.	572	8	75	127
38.	573	8	75	127
39.	574	8	75	127
40.	575	9	85	137
41.	576	9	85	137
42.	577	9	85	137
43.	638	9	85	137
44.	639	9	85	137
45.	640	9	85	137

## Příloha .2

### METODIKA PŘED APLIKACÍ LDR/MDR

Obecně : uvedené testy se provádějí před každou aplikací. V případě zjištění nevyhovujícího kterému z parametrů uvedených *kurzívou* je nutno přerušit proces ozáření a informovat radiologického fyzika. V ostatních případech je nutno zajistit nápravu v co možná nejbližším termínu. V případě, že přístroj vyhovuje v konkrétní zkoušce, do příslušného políčka protokolu se odškrtně (  ), jinak se do políčka vepíše křížek (X). Předpokládaná doba trvání zkoušky je 15 minut.

*Signalizace – stav* : kontrola celkové signalizace. Kontroluje se, zda během standardního postupu dochází k odpovídající signalizaci a odezvě přístroje. Zejména je nutno kontrolovat displej se zobrazením pozice zdroje, ozářeního času na panelu přístroje.

*Signalizace – sesterna*: kontroluje se funkčnost signalizačního panelu na sesterně oddělení.

*Signalizace – dálkové ovládání*: kontroluje se stav dálkového ovládání a shoda indikace stavu přístroje přímo na jednotce a na panelu dálkového ovládání.

Televizní okruh: kontrola video et zce: videokamera v aplikační místnosti + monitor na sesterně, zda je přenášený obraz v obvyklé kvalitě. Pokud ne, je třeba organizaci zajistit dostatečný kontakt s pacientem v aplikační místnosti (např. asistující komunikace s pacientem).

Dorozumivací zařízení: kontrola funkčnosti dorozumivacího zařízení mezi aplikační místností a sesternou. Pokud není funkční televizní okruh, toto zařízení musí fungovat. Stačí funkčnost buď dorozumivacího zařízení oddělení nebo dorozumivacího zařízení Selectronu.

*Jištění dveří*: kontrola funkce dveřního spínače jakožto interlocku. Při otevřených dveřích nesmí být spuštěna aplikace ani přesun zdrojů. Rovněž při otevření dveří musí dojít k přesunu zdrojů zpět do kontejneru a ukončení ozáření.

*Tlačítko INTERRUPT na dálkovém ovládání*: Po spuštění léčby, indikované žlutým nepřerušitelným kontrolním světlem se stiskne tlačítko INTERRUPT. Musí dojít k ukližení záření. Tento test je výhodné spojit s testem signalizace na sesterně – po spuštění léčby se překontroluje signalizace na sesterně a poté se přerušil léčba tlačítkem INTERRUPT.

*Funkce nezávislého detektoru záření*: Po spuštění aplikace se musí rozsvítit indikátor nad panelem dálkového ovládání ozářeního času. Po zasetí zdroje musí indikátor zhasnout. Indikace musí korelovat se signalizací na panelu dálkového ovládání.



Funkce p enosného detektoru: detektor je zpravidla umístěn na sestern . Kontroluje se jeho funkčnost po zapnutí a schopnost akusticky indikovat překročení úrovně prostřednictvím testovacího tlačítka.

*Neporušenost aplikátor , hadic, zámk :* před aplikací a spojení aplikátoru musí být vizuálně kontrolován stav těchto prvků . Prvky musí být spojeny dostatečně pevně , aby při běžné manipulaci nebo pohybech pacienta nedošlo k jejich rozpojení. Pevnost spojení se testuje mírným tahem za jednotlivé komponenty.

*Havarijní kontejner:* kontroluje se, zda v místnosti je přítomen havarijní kontejner a zda je snadno přístupný.

Kontrola nastavení data a času: na výpisu termotiskárny musí být vytištěn správný aktuální čas a datum. Je třeba korigovat nastavení času na přechod mezi SE a SEL . Jestliže je datum a čas zadáván po spuštění přístroje (Selectron), musí se kontrola na výpisu termotiskárny provést také. Pokud se datum a čas neshodují s aktuálními údaji, musí obsluha provést znovunastavení těchto parametrů .

*Blokování – nepřípojený aplikátor:* pokus o spuštění léby v případě nepřípojeného aplikátoru musí selhat. Během této zkoušky musí být splněny všechny ostatní podmínky pro spuštění ozarování (zavěšené dveře, dostatečný tlak vzduchu apod.)



### Příloha .3

#### METODIKA DVOUM SÍŇÍ ZKOUŠKY LDR/MDR

##### Výpadek kompresoru – tlaku vzduchu:

1. metoda: odpojí se napájení kompresor a čeká se na pokles tlaku ve vzduchovém systému. Toto čekání je možno spojit například s kontrolou asova e.
2. metoda: jsou použity makety zdroj a b hem testu při erušení při erušení aplikátoru musí při snížení tlaku ve vzduchovém systému započít do erpávání nádrží – je slyšet spuštění kompresoru.

Pro následující testy je zhotoven verifikační snímek následujícím způsobem:

1. Verifikační film se „sklepe“ v obálce tak, aby přesně doléhal v jednom rohu. Pomocí sešíváčky se v tomto rohu spojí film s obálkou.
2. Na obálku se přilepí aplikátory tak, aby při následné manipulaci nedošlo k jejich posunutí. Postupně se testují všechny aplikátory, b hem každého testu jeden. Na jeden film je možno přilepit více aplikátorů.
3. Nastaví se testovací sestava zdroj (Selectron: zdroje v pozicích vzdálených od sebe 2 cm, tj. pozice 8, 16, 24, 32, 40; MicroSelectron: libovolná sestava zářivky) a provede se ozáření specifickým časem (Selectron 0,04 hod. a MicroSelectron 0,08 hod.).
4. Spolu s aplikátory se film osnímkuje na skiagrafičtém pracovišti (optimální expoziční parametry jsou 50kV, 3,2s, 100 mA) a vyvolá se prostřednictvím vyvolávacího automatu.

*Zhotovený film se využije pro následující testy:*

**Kontrola funkce radiace u kanálu:** prověřuje se shoda mezi nastavenou konfigurací maket a zdroj s obrazem na snímku. Konfigurace se musí shodovat.

**Shoda polohy makety a zdroje:** Obraz prvního zdroje by měl být na snímku viditelný 23 mm od konce aplikátoru, rozestupy mezi jednotlivými zdroji by měly být 20 mm. Povolená odchylka činí 1 mm.

**Geometrie aplikátoru:** Na snímku se kontroluje, zda není aplikátor deformován, zda je homogenní jeho obraz a nejeví žádné odchylky od normálního stavu.

**Kontrola asova e:** (2 měření) postupně se nastaví doba aplikace na 0,05 a 0,10 hodiny, což odpovídá 3 a 6 min. Nezávislými stopkami se změřící doba, která uplyne od okamžiku plného rozsvícení žluté kontrolky přechodu aplikace do okamžiku prvního zhasnutí této kontrolky. Nastavené a změřené časy se nesmí lišit o více než 0,5%.

**Dostupnost havarijních a provozních pokynů :** zkontroluje se, zda je v aplikaci místnosti přítomna kopie vnitřního havarijního plánu a provozních pokynů .

**Přerušení léčení a rozpojení aplikátoru :** Spustí se aplikace, přičemž do sekvence jsou zahrnuty pouze spacery. Testující osoba pomocí technického přípravku přemostí dveřní spínač, na dálkovém ovladači stiskne tlačítko Start. Spacery se přenesou do aplikátoru. Během tohoto přenosu testující osoba kontroluje, zda nedojde k rozsvícení varovného signálu nezávislého detektoru záření. Pokud se indikace nerozsvítí, vstoupí do místnosti a rozpojí aplikátor. Spacery by se měly vrátit zpět do zásobníku a měly by být indikovány chybovým stavem.

**PROTOKOL DVOUMĚSÍČNÍ ZKOUŠKY LDR/MDR  
MICROSELECTRON**

Datum: .....

Kontrolu provedl: .....

Test	VYHOVUJE		Poznámka
Výpadek kompresoru – tlaku vzduchu	ANO	NE	
Kontrola funkce řadiče u kanálu	ANO	NE	
Shoda polohy makety a zdroje	ANO	NE	
Kontrola geometrie aplikátoru	ANO	NE	
Kontrola časovače	ANO	NE	
Dostupnost havarijních a provozních pokynů	ANO	NE	
Přerušení léčby při rozpojení aplikátorů	ANO	NE	

Poznámka: 3 minuty = 0,05 hodiny  
6 minut = 0,10 hodiny  
Pro kontrolu časovače je tolerance 0,5 %

## Příloha .4

### METODIKA PŘÍRODNÍ A ROZDÍLNÉ ZKOUŠKY LDR/MDR

Inventarizace potrubí : zářivka se sestaví do aplikátor tak, aby v sestavě byl obsažen plný počet zdrojů (36). Aplikátor se umístí na film, po vyvolání se spotrubí po zdrojích a tím je určen jejich počet. Tato zkouška se provádí **jednou ročně**.

Zkouška na trsnost – otřet na náhradních plochách: pomocí netepického materiálu, který se nerozpadá nebo nerozduje, nepouští vlákna apod. se otřou všechny přístupné plochy, se kterými přichází zářivka do styku. Takto získaný vzorek je vyhodnocen ve studnovém detektoru, ve kterém je následně vyhodnocení referenční částí téhož materiálu, kterou se otřet neprovádí. Rozdíl v měřených aktivitách nesmí být větší než 20 Bq (resp. CPS). Tato zkouška se provádí **dvakrát ročně**.

Hodnocení stínících vlastností trezoru nebo hlavní jednotky se provádí pouze při uvádění zařízení do provozu v rámci přijímací zkoušky (nebo výchozí zkoušky dlouhodobé stability) nebo při změnách na zařízení, které by mohly mít vliv na stínící vlastnosti materiálu – například poškození apod. Pokud dojde k výměně zdrojů, je nutno toto měření provádět rovněž.

**PROTOKOL PŮLROČNÍ A ROČNÍ ZKOUŠKY LDR/MDR  
MicroSelectron**

<b>Rok</b>	<b>Datum</b>	<b>Test</b>	<b>Hodnota</b>	<b>Vyhovuje</b>
	ročně	Inventarizace počtu zářičů		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE
	ročně	Inventarizace počtu zářičů		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE
	ročně	Inventarizace počtu zářičů		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE
	ročně	Inventarizace počtu zářičů		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE
	ročně	Inventarizace počtu zářičů		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE
	půlrok	Zkouška na těsnost – otěrem na náhradních plochách		ANO NE

## Příloha .5

### METODIKA PŘÍPRAVA A ZKOUŠKY MICROSELEKTORU HDR

Obecně : protokol pro tento test se nezavádí, provede se pouze záznam o provedení zkoušky s celkovým výsledkem VYHOVĚL / NEVYHOVĚL s datem a podpisem prováděcího. Zároveň jsou archivovány výpisy z integrované tiskárny, které obsahují údaje o všech požadavcích denní zkoušky provozní stálosti.

#### **Kontrola v ozařování**

Připravenost havarijního kontejneru  
Indikace síťového napájení svítí  
Pohyb ozařovací hlavičky funguje  
Zabrzdnutí přístroje funguje  
Indikace stavu UPS funguje

#### **Pomůcky v ovládací jednotce**

Přenosný dozimetr je funkční  
Přenosná svítidla je funkční

#### **Přístroje pro sledování pacienta**

Kamera a obrazovka fungují bez problémů  
Kamera je namířena na místo lůžka s pacientem

#### **Nezávislý detektor radiačního záření**

Monitor nezávislého radiačního detektoru funguje  
Nezávislý detektor radiačního záření funguje bez problémů  
Výstražné zařízení (před vstupem do ozařovacího kontejneru) svítí zelená kontrolka (OPERATION)

#### **Funkčnost světelných indikátorů ovládací jednotky, je-li zdroj v klidové poloze** *levý klíč se otočí z polohy OFF do polohy PREPARE, pravý klíč poloha NORMAL MODE*

Tiskárna vytiskla správný název, verzi a sériové číslo přístroje  
Tiskárna vytiskla správné aktuální datum a čas  
Na display ovládací jednotky je aktuální datum a čas  
Na display ovládací jednotky je zobrazen prázdný kanál .1  
Indikace polohy zdroje v bezpečnostním kontejneru SAFE (zelená) svítí  
Kontrolka PROGRAM (červená) svítí  
Po přerušení infrazávory svítí na display nápis DOOR OPEN  
Všechny ostatní světelné indikátory jsou zhasnuty



**Spuštění zkušebního ozaovacího plánu - standard .1 – bez porušení ozaování**

**Funkčnost světelných indikátorů, je-li zdroj v ozaovací poloze**

*Při nastavení standardu .1 se postupuje podle pokynů na nástěnce (délka 995 mm)*

Odchylka vypočteného času od času na výpisu standardu .1 je menší než 1%

Indikace zdroje v pracovní poloze (ovládací jednotka) TREATMENT (žlutá) svítí

Kontrolka INTERRUPT ( červená) na ovládací jednotce svítí

Radiační monitor ukazuje nenulový dávkový ekvivalent

Na výstražném zařízení nezáv. rad. detektoru svítí RADIATION (žlutá)

**Po navrácení zdroje do klidové polohy v kontejneru**

Na ovládací jednotce se rozsvítí kontrolka SAFE (zelená)

Ovládací jednotka vysílá zvukový signál

Na ovládací jednotce zhasne kontrolka TREATMENT (žlutá)

Radiační monitor ukazuje nulový dávkový ekvivalent

Na výstražném zařízení nezáv. radiačního detektoru svítí OPERATION (zelená)

**Spuštění zkušebního ozaovacího plánu – standard .1 – porušení ozaování**

*Při nastavení standardu .1 se postupuje podle pokynů na nástěnce (délka 1500 mm)*

a) *v pracovní poloze ozaování porušit infrazávuru*

zdroj zajedne

ovládací jednotka vysílá zvukový signál

radiační monitor ukazuje nulový dávkový ekvivalent

na displayi ovládací jednotky se objeví nápis DOOR OPEN

tiskárna vytiskne: TREATMENT INTERRUPTED..

po odblokování infrazávury nápis DOOR OPEN zmizí

v laboratoru lze pokračovat (zmáknutím tlačítka START)

b) *v pracovní poloze ozaování stisknout tlačítko INTERRUPT*

zdroj zajedne

ovládací jednotka vysílá zvukový signál

radiační monitor ukazuje nulový dávkový ekvivalent

tiskárna vytiskne: TREATMENT INTERRUPTED..

v laboratoru lze pokračovat (zmáknutím tlačítka START)

## Příloha .6

### METODIKA MĚŘENÍ ZKOUŠKY PŘÍSTROJE MICROSELECTRONU HDR

*Během všech testů je pravý klíč v poloze NORMAL MODE, do protokolu se na příslušné místo zapisuje číslo testovaného kanálu, v metodice je označen X.*

#### 1. Kontrola přenosových trubice a tlustosti aplikátoru

- Používané přenosové trubice jsou v pořádku (vizuální kontrola)
- Používané aplikátory jsou v pořádku (kontrola vizuální)

#### 2. Kontrola zasunutí přenosové trubice

*U každé jednotky není připojena žádná přenosová trubice, kruhový zámek indexeru je uzamčen. Je naplánována délka – standard .1. Levý klíč do polohy START, nastavit délku aplikátoru na 1500 mm (LENGTH parametr), připojit krátký aplikátor.*

- Po stisknutí tlačítka START nevyjelo testovací pouzdro ani zdroj
- Ovládací jednotka vydává přerušovaný tón
- Radiační monitor ukazuje nulový dávkový ekvivalent
- Na ovládací jednotce svítí kontrolky CANCEL, ALARM ( červená), SAFE (zelená)
- Tiskárna vytiskla SECONDARY TIME: 0,0 s
- Tiskárna vytiskla CODE: 00129, datum, čas, SERVICE INFO:X,2003

#### 3. Kontrola připojení aplikátoru

*U každé jednotky je připojena přenosová trubice bez aplikátoru, zámek kruhového indexeru je uzamčen. Je naplánována délka – standard .1. Levý klíč do polohy START.*

- Po stisknutí tlačítka START zdroj nevyjel
- Ovládací jednotka vydává přerušovaný tón
- Radiační monitor ukazuje nulový dávkový ekvivalent
- Na ovládací jednotce svítí kontrolky CANCEL, ALARM ( červená), SAFE (zelená)
- Tiskárna vytiskla SECONDARY TIME: 0,0 s
- Tiskárna vytiskla CODE: 00129, datum, čas, SERVICE INFO:X, číslo menší než 1500

#### 4. Kontrola uzamčení kruhového indexeru

*U každé jednotky je připojena přenosová trubice s aplikátorem, zámek kruhového indexeru není uzamčen. Je naplánována délka – standard .1. Levý klíč do polohy START.*

- Po stisknutí tlačítka START nevyjelo testovací pouzdro ani zdroj
- Ovládací jednotka vydává přerušovaný tón
- Radiační monitor ukazuje nulový dávkový ekvivalent

- Na ovládací jednotce svítí kontrolky CANCEL, ALARM ( červená), SAFE (zelená)
- Tiskárna vytiskla SECONDARY TIME: 0,0 s
- Tiskárna vytiskla CODE: 00129, datum, čas, SERVICE INFO:X,2001

### **5. Kontrola dostatečné délky pro nosovou trubici s aplikátorem**

*klíčebná jednotka je propojena s nosovou trubicí s aplikátorem, zámek kruhového indexeru je uzamčen. Je naplánována délka – standard .1 tak, že zadaná délka první klíčebné polohy je v tísni než celková délka pro nosovou trubici s aplikátorem. Levý klíč do polohy START.*

- Po stisknutí tlačítka START: a) Testovací pouzdro vyjelo  
b) Zdroj nevyjel
- Ovládací jednotka vydává proerušovaný tón
- Radiální monitor ukazuje nulový dávkový ekvivalent
- Na ovládací jednotce svítí kontrolky CANCEL, ALARM ( červená), SAFE (zelená)
- Tiskárna vytiskla SECONDARY TIME: 0,0 s
- Tiskárna vytiskla CODE: 00129, datum, čas, SERVICE INFO:X, číslo menší než 1500

### **6. Kontrola bezpečnostního vypínače ( EMERGENCY )**

*spustit ozařovací plán – standard .1, v průběhu ozařování stisknout tlačítko EMERGENCY na bezpečnostním vypínači v ovládacím, zamění se 1500 mm bronchiální katétr za kratší*

- Zdroj zajel do bezpečnostního kontejneru
- Je vyslán zvukový signál
- Na displayi ovládací jednotky se objevil nápis EMERGENCY STOP
- Na ovládací jednotce svítí kontrolka SAFE (zelená)
- Tiskárna vytiskla TREATMENT INTERRUPTED BY EMERGENCY STOP
- Radiální monitor ukazuje nulový dávkový ekvivalent
- Na bezpečnostním vypínači svítí kontrolka ACTIVATED (oranžová) i ARMED (zelená)

Po odblokování bezpečnostního vypínače (klíčem) zhasne kontrolka ACTIVATED (oranžová)  
V klíčebné poloze pokračovat zmáknutím tlačítka START

### **7. Kontrola vypnutí levým klíčem**

*spustit léčbu podle standardu .1, v průběhu léčby otočit levým klíčem z polohy START do polohy PREPARE*

- Zdroj zajel do bezpečnostního kontejneru
- Na ovládací jednotce svítí kontrolka SAFE (zelená)
- Radiální monitor ukazuje nulový dávkový ekvivalent
- Tiskárna vytiskla TREATMENT ABORTED

## 8. Kontrola délky oza ovacího asu

naprogramovat v NON STANDARD MODU – 3 polohy zdroje se t emi r znými oza ovacími asy. Dlouhý as – 200 s, střední as – 60 s, krátký as – 10 s. Nezávislými stopkami ovít souhlas nastavené a skutečné oza ovací doby. Povolená odchylka je 1 s.

## 9. Kontrola vyjetí zdroje do správné polohy

k lé ebné jednotce je připojena přes nosová trubice s červeným koncem, k ní testovací pravítka. Naprogramovat vyjetí zdroje do zvolené polohy s oza ovacím asem 1 s – v NON STANDARD MODU. Levý klíč do polohy START. Nebo použít SPECIAL MODE . 13

- Odpovídá údaj na testovacím pravítku při prvním měření zvolené polohy ( $\pm 2\text{mm}$ )
- Odpovídá údaj na testovacím pravítku při druhém měření zvolené polohy ( $\pm 2\text{mm}$ )
- Odpovídá údaj na testovacím pravítku při třetím měření zvolené polohy ( $\pm 2\text{mm}$ )

Pozn. K definované pozici zdroje je třeba připojit 7 mm a proti této opravené hodnotě kontrolovat údaj na testovacím pravítku. Je třeba vždy nechat vyjet nejen maketu zdroje, ale i zdroj samotný.

## 10. Kontrola t snosti zdroje

opakovaně nechat vyjet zdroj do stejné pracovní polohy v aplikátoru. Odpojit aplikátor. Změřit dávkový přetok aplikátoru.

- Naměřená hodnota nepřevyšuje pozadí

## 11. Kontrola stavu záložních baterií

levý klíč na ovládací jednotce poloha OFF – vypnutá ovládací jednotka!! Vyjet hlavici přístroje do nejvyšší polohy, vysunout kryt elektronické části lé ebné jednotky. Vypnout hlavní vypínač lé ebné jednotky (zelený). Rozpojit konektor J -3 a J-4 a naměřit napětí záložních baterií. Předepsaná hodnota je 28 V, tolerance  $\pm 3\text{V}$

- Vydává lé ebná jednotka při vypnutí hl. vypínače (zelený) přerušovaný tón

## 12. Verifikace vlastností lokalizačního zařízení

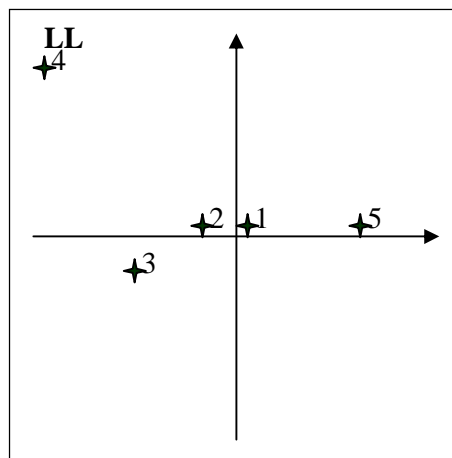
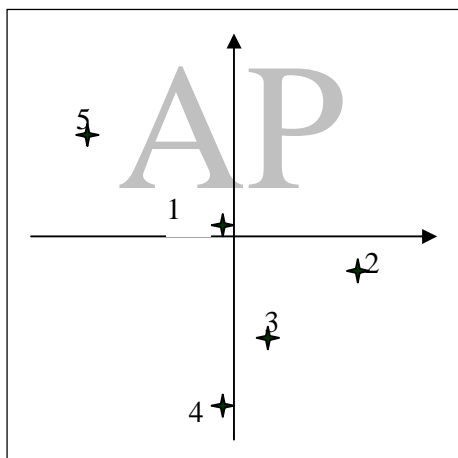
### Kontrola snímkovacího rekonstrukčního měřítka

pomocí vodováhy a měřítka ověřit vodorovnost, svislost snímkovacího měřítka a vzájemnou polohu křížů. Tolerance je  $1^\circ$  a 1 mm

- Odchyluje se horní deska měřítka od vodorovné roviny o méně než  $1^\circ$
- Odchyluje se pravá deska měřítka od svislé roviny o méně než  $1^\circ$
- Odchyluje se levá deska měřítka od svislé roviny o méně než  $1^\circ$
- Jsou vodorovné kříže vzájemně posunuty o méně než 1 mm
- Jsou svislé kříže vzájemně posunuty o méně než 1 mm

Kontrola lokalizačního et zce

zhotovit RTG snímky AP, LL verifikačního fantomu, který obsahuje kontrastní značky s p esností určenými vzájemnými vzdálenostmi. P t bod p enést do plánovacího systému a určit jejich souadnice. Určit odchylku od správné hodnoty. Tolerance  $\square 2$  mm



Bod	Souadnice skutečné polohy (mm)		
	x	y	Z
1	0,0	0,0	0,0
2	50,0	-10,0	0,0
3	15,0	-30,0	-10,0
4	0,0	-60,0	50,0
5	-50,0	40,0	0,0

➤ Lokalizační et zce vyhovuje stanoveným podmínkám

### 13. Kontrola výpočtu dávek

na plánovacím systému spočítat dávku a poté ověřit k tomu aby ve vzdálenosti 5 cm od lineárního aplikátoru – jehla 140 mm – zdroj pouze v jedné pracovní poloze byla dávka 1 Gy. Tyto údaje zadat v NON STANDARD MODU a ve vodním fantomu změnit dávku v 5 cm od aplikátoru. Provést 3 měření. Stanovit odchylku výpočtené a naměřené dávky. Tolerance je 3%.

➤ Pracovní poloha zdroje:

19

Příloha: výtisk tiskárny – ozařovací protokoly s chybovými kódy, výtisk výpočtu z plánovacího systému (kontrola lokalizačního et zce, kontrola přesnosti modelu dávkové distribuce standardním výpočtem, kontrola výpočtu dávek), výtisk protokolu naměřených dávek dozimetrem.