

Státní úřad  
pro jadernou bezpečnost

# radiační ochrana

## Doporučení

POŽADAVKY NA KONTROLNÍ A ZKUŠEBNÍ PROCESY  
V OBLASTI RADIAČNÍ OCHRANY V RADIOLOGII

ZOBRAZOVACÍ PROCES VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE  
- ZKOUŠKY PROVOZNÍ STÁLOSTI

SÚJB  
březen 2004

POŽADAVKY NA KONTROLNÍ A ZKUŠEBNÍ PROCESY  
V OBLASTI RADIAČNÍ OCHRANY V RADIOLOGII

ZOBRAZOVACÍ PROCES VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE –  
ZKOUŠKY PROVOZNÍ STÁLOSTI

SÚJB  
březen 2004

Radiační ochrana

březen 2004

POŽADAVKY NA KONTROLNÍ A ZKUŠEBNÍ PROCESY  
V OBLASTI RADIAČNÍ OCHRANY V RADIOLOGII

ZOBRAZOVACÍ PROCES VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE –  
ZKOUŠKY PROVOZNÍ STÁLOSTI

Vydal: Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Tisk:

Účelová publikace bez jazykové úpravy

## Předmluva

Dne 1.7.1997 vstoupil v platnost zákon č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, „Atomový zákon“ (AZ), který v § 4 ukládá každému, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, povinnost přednostně zajišťovat radiační ochranu a zavést systém zabezpečování jakosti (v rozsahu stanoveném vyhláškou č. 214/1997 Sb.). Každému držiteli povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření (dále ZIZ) pak, kromě jiného ukládá podle § 18 odst.1 písm. a) Atomového zákona, sledovat, měřit, hodnotit, ověřovat a zaznamenávat parametry a vlastnosti (§ 70 až § 72 vyhlášky č. 307/2002 Sb.):

- při převzetí ZIZ ještě před zahájením jeho používání v rozsahu vymezeném pro přijímací zkoušku,
- v průběhu používání ZIZ v rozsahu vymezeném pro zkoušku dlouhodobé stability a pro zkoušky provozní stálosti.

Vzhledem k tomu, že je nezbytné zajistit správnou praxi při CT vyšetřeních v souladu s požadavky právních předpisů, vydává Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) toto *Doporučení*.

*Doporučení* má sloužit jako vodítko určené zejména držitelům povolení k používání CT přístrojů a jako pomůcka při zpracování programu zabezpečování jakosti. Rovněž je určeno držitelům povolení ke zpracování vlastních metodik k provádění zkoušek provozní stálosti daných CT zařízení.

Na zpracování tohoto dokumentu se podíleli pracovníci SÚJB, Oddělení radiologické fyziky Masarykova onkologického ústavu Brno, SÚRO Praha a Ing. Antonín Sedláček.

Ing. Zdeněk Prouza, CSc.  
náměstek pro radiační ochranu

V Praze, březen 2004

## Obsah:

<b>Předmluva</b> .....	<b>4</b>
<b>Obsah:</b> .....	<b>5</b>
<b>Úvod:</b> .....	<b>7</b>
<b>1</b> <b>Definice pojmů</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b> <b>Obecné požadavky pro provoz CT pracoviště</b> .....	<b>14</b>
2.1      Požadavky na CT přístroje .....	14
2.2      Používání CT přístrojů .....	14
2.3      Optimalizace radiační ochrany .....	14
2.4      CT vyšetření.....	14
2.5      Zabránění nekontrolovaného vstupu .....	15
2.6      Přítomnost osob ve vyšetřovně .....	15
2.7      Dokumentace vedená na pracovišti .....	15
<b>3</b> <b>Přejímací zkoušky (PZ)</b> .....	<b>16</b>
<b>4</b> <b>Zkoušky dlouhodobé stability (ZDS)</b> .....	<b>16</b>
<b>5</b> <b>Zkoušky provozní stálosti (ZPS)</b> .....	<b>17</b>
5.1      Výchozí zkouška provozní stálosti (VZPS) – stanovení referenčních hodnot parametrů jednotlivých testů .....	17
5.2      Referenční hodnoty .....	17
5.3      Následné zkoušky provozní stálosti .....	17
5.4      Četnost zkoušek provozní stálosti .....	18
5.5      Překročení tolerancí a nápravná opatření .....	18
<b>Testovací pomůcky a zkušební zařízení</b> .....	<b>21</b>
<b>6</b> <b>Vlastní zařízení pro počítačovou tomografii</b> .....	<b>23</b>
6.1      Vizuální a funkční zkoušky, autokalibrace systému .....	23
6.2      Posouzení výskytu artefaktů .....	24
6.3      Šum, homogenita a střední CT číslo .....	25
6.4      Rozlišení při nízkém kontrastu .....	27
6.5      Prostorová rozlišovací schopnost.....	28
6.6      Kontrola funkčnosti bezpečnostních tlačítek „Emergency Stop“.....	31
6.7      Tloušťka tomografické vrstvy (řezu) .....	32
6.7.1      Stanovení tloušťky tomografické vrstvy pomocí fantomu .....	32
6.7.2      Stanovení tloušťky tomografické vrstvy pomocí filmu .....	33
6.8      Nastavení podpěry pacienta.....	35
6.9      Přesnost měření vzdáleností.....	37

6.10	Přesnost anatomického zaměřovacího systému .....	38
6.10.1	Úhel sklonu gantry .....	38
6.10.2	Test souhlasu jednotlivých rovin zobrazení s rovinami zaměřovacího systému.....	39
6.11	Test přesnosti intervalu mezi axiálními skeny .....	41
<b>7</b>	<b>Obrazové displeje .....</b>	<b>43</b>
7.1	Vizuální kontrola obrazových displejů .....	43
7.2	Neměnnost pozorovacích podmínek.....	43
7.3	Reprodukce stupnice šedi .....	44
7.4	Prostorová rozlišovací schopnost a mezní rozlišitelný kontrast.....	45
7.5	Linearita přenosu pozičních souřadnic.....	46
7.6	Stabilita a artefakty obrazu.....	47
7.7	Hlediska barevnosti .....	48
<b>8</b>	<b>Kamery pro trvalý záznam.....</b>	<b>50</b>
8.1	Reprodukce stupnice šedi .....	50
8.2	Prostorová rozlišovací schopnost a mezní rozlišitelný kontrast.....	51
8.3	Linearita přenosu pozičních souřadnic.....	52
8.4	Struktura kresby .....	53
8.5	Klinický referenční snímek .....	54
<b>9</b>	<b>Závěr zkoušky provozní stálosti CT zařízení .....</b>	<b>55</b>
	<b>Příloha 3: Záznamy vstupních parametrů CT vyšetření. ....</b>	<b>56</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>57</b>

## Úvod:

Optimalizace CT vyšetření je komplexní proces, jehož cílem je získání co nejkvalitnější diagnostické informace při nejnižší dosažitelné dávce pacientovi. Kvalitu zobrazení a další skutečnosti je proto potřebné průběžně kontrolovat pravidelnými zkouškami provozní stálosti, které obsluze tohoto zdroje ionizujícího záření umožní včasné zjištění změn v jakosti zobrazení. Zkoušky provozní stálosti (ZPS) jsou nedílnou součástí tzv. Programu zabezpečování jakosti (PZJ).

Účinný PZJ pomůže dosáhnout a udržovat odpovídající jakost diagnostických informací při optimalizované dávce pacientovi i lékařskému personálu. V neposlední řadě postup podle PZJ by se měl projevit i v ekonomické rovině - v minimalizaci ztrátového času a v materiálních úsporách (snížení počtu opakovaných vyšetření). Rovněž zvýšení profesionální a veřejné reputace zdravotnického zařízení postupujícího podle PZJ je významným faktorem.

Některé metody a testy ZPS pro CT přístroje jsou popsány v českých technických normách\*. Tyto normy a praktické zkušenosti získané při provádění PZJ byly použity při zpracování tohoto „Doporučení“. Doporučení lze tedy chápat jako pomůcky ke zpracování podrobných metodik ZPS pro konkrétní CT zařízení i jako podklad pro zpracování PZJ.

V „Doporučení“ jsou uvedeny i obecné zkušební postupy jednotlivých testů v souladu s uvedenými normami. Zavedení těchto testů do praxe zdravotnických zařízení je podmínkou dosažení „dobré praxe“ při prováděných diagnostických výkonech.

**Při zpracování podrobných metodik ZPS jednotlivých CT systémů platí zásada, že pro stanovení obsahu, rozsahu a četnosti jednotlivých testů se uživatel přednostně řídí doporučením výrobce provozovaného CT zařízení a toto „Doporučení“ mu slouží jako metodická pomůcka pro případy neřešené v dokumentaci výrobce.**

Dále je třeba zdůraznit, že ZPS nenahrazují svým obsahem ani rozsahem zkoušky dlouhodobé stability.

---

\* Viz seznam použité literatury

## 1 Definice pojmů<sup>1</sup>

anoda	elektroda, k níž jsou urychlovány elektrony vytvářející svazek a která obvykle obsahuje terč
artefakt	zdánlivá struktura viditelná v obraze, která nepředstavuje zobrazení podrobností struktury v objektu a která nemůže být vysvětlena jako důsledek šumu nebo modulační přenosové funkce systému
celková filtrace	součet vlastní a přídavné filtrace
fantom	objekt, chovající se z hlediska absorpce a rozptylu ionizujícího záření v zásadě jako tkáň; používá se např. pro simulaci skutečných podmínek vyšetření: <ul style="list-style-type: none"><li>- pro účely ochrany před zářením</li><li>- pro hodnocení vlastností diagnostických systémů z hlediska záření nebo objektu</li><li>- pro dozimetrii</li></ul> k testování vlastností CT systému se používá řada fantomů, zpravidla se specifickým použitím. V tomto smyslu hovoříme např. o <i>hlavovém fantomu</i> a <i>tělovém fantomu</i> , jejichž konstrukce může být jednoduchá, tvořená jedním druhem materiálu, nebo složitá, kdy se uvnitř fantomu nachází řada struktur a objektů, určená pro různá měření
filtrace	úprava vlastností ionizujícího záření průchodem látkou
napětí rentgenky (anodové napětí) <b>U</b>	je potenciální rozdíl mezi anodou a katodou rentgenky; napětí rentgenky <b>U</b> , se obvykle vyjadřuje svojí špičkovou hodnotou v [kV <sub>p</sub> ]
ohnisko	kolmý průmět elektronického ohniska do referenční roviny
podpěra pacienta	úložná deska stolu, sloužící k podpírání pacienta a napomáhající, aby část jeho těla, která má být vyšetřena, mohla být přisunuta nebo oddálena
proud rentgenky <b>I</b>	elektrický proud svazku elektronů dopadajícího na terč rentgenky; udává se v mA
průvodní dokumentace (PTD – průvodní technická dokumentace)	dokumenty poskytnuté s instalací, přístroji, přídavnými zařízeními nebo příslušenstvím a obsahující důležité informace pro sestavení, instalaci přístroje a pro uživatele, zejména s ohledem na bezpečnost
referenční hodnota	hodnota parametru, popř. střední hodnota z hodnot získaných v řadách výchozích testů při výchozí zkoušce provozní stálosti (bezprostředně po zkoušce přijímací nebo dlouhodobé stability)

---

<sup>1</sup> ČSN IEC 788 Lékařská radiologie – Terminologie



směrná hodnota	ukazatel nebo kritérium, jenž je vodítkem pro posouzení opatření v radiční ochraně, jeho překročení nebo nesplnění zpravidla indikuje podezření, že radiční ochrana není optimalizována
diagnostické referenční úrovně pro CT vyšetření	Úrovně vyjádřené v CTDI <sub>w</sub> , jejichž překročení se při použití standardních postupů a správné diagnostické praxe neočekává (viz příloha 9, tabulka 2, vyhlášky č. 307/2002 Sb.)
svazek záření	prostor vymezený prostorovým úhlem a obsahující tok ionizujícího záření vycházejícího ze zdroje záření, považovaného za bodový zdroj; unikající záření a rozptýlené záření se nepovažují za součást svazku záření
vlastní filtrace	ekvivalentní filtrace, daná neodstranitelnými materiály, jimiž prochází svazek záření než vystoupí ze zářiče nebo jeho součástí; pro rentgenový zářič se vlastní filtrace vyjadřuje tloušťkou referenčního materiálu, který za specifikovaného napětí a jeho průběhu dává tutéž jakost záření při podmínkách první polotloušťky
program zabezpečení jakosti	dokument, popisující způsob naplnění požadavků vyhlášky č. 214/1997 Sb. na systém jakosti držitele povolení pro nakládání se ZIZ. Jsou to podrobné pokyny pro provedení činnosti zabezpečování jakosti pro jednotlivé přístroje, přístrojové systémy nebo pracoviště, včetně prvků administrativy jakosti a řízení jakosti
řízení jakosti	pracovní techniky a činnosti, použité pro splnění požadavků na jakost
zeslabení	snížení veličiny záření průchodem záření látkou následkem všech typů interakcí s touto látkou; zeslabení nezahrnuje geometrickou redukci veličiny záření, danou vzdáleností od zdroje záření
PZ	přejímací zkouška – zkouška provedená po instalaci nového přístroje, její provádění definuje § 70 vyhlášky č. 307/2002 Sb.
ZDS	zkouška dlouhodobé stability – zkouška provedená pro zjištění funkčního stavu přístroje v daném čase. Její provádění definuje § 71 vyhlášky č. 307/2002 Sb.
ZPS	zkouška provozní stálosti – zkouška prováděná k ujištění, že funkční vlastnosti přístroje splňují stanovené požadavky; její provádění definuje § 72 vyhlášky č. 307/2002 Sb.
VZPS	výchozí zkouška provozní stálosti - provádí se vždy po přejímací zkoušce nebo po výchozí zkoušce dlouhodobé stability; při ní se stanovují referenční hodnoty pro ZPS.
ZIZ	zdroj ionizujícího záření – látka, přístroj nebo zařízení,

kteře mohou vysílat ionizující záření nebo uvolňovat radioaktivní látky

index dávkový výpočetní tomografie; CTDI<sub>100</sub> (Computed Tomography Dose Index 100; CTDI<sub>100</sub>)

integrál dávkového profilu podél přímky kolmé k tomografické rovině v mezích od -50 mm do +50 mm, dělenému součinem počtu tomografických řezů N vytvořených při jedné otáčce zdroje záření o 3600 a jmenovité tloušťky tomografického řezu v jedné otáčce zdroje záření

$$CTDI_{100} = \int_{-50mm}^{+50mm} \frac{D(z)}{N \times T} dz$$

kde

D(z) dávkový profil ve směru přímky z kolmé k tomografické rovině, dávka se měří jako absorbovaná dávka ve vzduchu

N počet tomografických řezů vytvořených jednou otáčkou zdroje záření

T jmenovitá tloušťka tomografického řezu

*poznámka 1:* termín CTDI<sub>100</sub> byl zaveden proto, že představuje hodnotu dávky lépe než tradiční CTDI, integrovaný od -7T do +7T podle definice FDA<sup>2</sup> v CFR Ch. I § 1020.33

*poznámka 2:* dávka se počítá jako kerma ve vzduchu. Toto se vyžaduje proto, aby se zabránilo současnému zmatení, kdy někteří výrobci CT skenerů vyjadřují hodnoty dávky vypočítané jako absorbovanou dávku ve vzduchu, zatímco jiní jako absorbovanou dávku v polymethylmetakrylátu (PMMA)

*poznámka 3:* je-li rotace zdroje záření omezena na méně než 3600, má být CTDI<sub>100</sub> přiměřeně přepočítán

*poznámka 4:* pro tuto definici se předpokládá, že dávkový profil je centrován na z = 0 a že u CT skenerů, které snímají v průběhu jedné otáčky dva nebo více tomografických řezů, je přírůstek mezi sousedními skeny N x T. U šroubovicovitého (helical, spirálního) snímání se CT pitch faktor rovná 1 – rovná-li se horizontální posuv stolu na jednu otáčku N-násobku jmenovité tloušťky tomografického řezu

CT číslo; HU jednotka (Computed Tomography Number; CT Number)

číslo představující střední zeslabení rentgenového záření každé elementární oblasti obrazu z výpočetního tomografu

*poznámka:* CT číslo se obvykle vyjadřuje v Hounsfieldových jednotkách. Změřená hodnota zeslabení se převede na CT číslo podle mezinárodní Hounsfieldovy

<sup>2</sup> Report of Assembly (Form FDA 2579) is required for diagnostic x-ray components – Ch. I § 1020.33

stupnice vzorcem:

**Chyba! Objekty nemohou být vytvořeny úpravami kódů polí.**

kde

$\mu$  je koeficient lineárního zeslabení.

stupnice CT čísel je definována tak, že voda má hodnotu 0; hodnota vzduchu je  $-1000$

dávkový profil (Dose Profile)

rozložení dávky jako funkce polohy ve směru kolmém k tomografické rovině

plná šířka v polovině maxima; FWHM (Full Width Half Maximum; FWHM)

u zvonové funkce vzdálenost mezi body, kde pořadnice dosahuje poloviny své maximální hodnoty, rovnoběžná s osou  $x$  (šířka křivky v polovině maxima její výšky)

prostorová rozlišovací schopnost; rozlišovací schopnost při vysokém kontrastu (Spatial Resolution; High Contrast Resolution)

u zařízení pro výpočetní tomografii schopnost rozlišit rozdílné objekty v zobrazeném obraze, je-li rozdíl v zeslabení objektů a pozadí ve srovnání se šumem dostatečně velký

*poznámka 1:* obvykle je rozdíl koeficientu zeslabení mezi objektem a pozadím vedoucím k CT číslům několika set Hounsfieldových jednotek považován za dostatečně velký

*poznámka 2:* rozlišovací schopnost při vysokém kontrastu je alternativní název pro prostorovou rozlišovací schopnost.

střední CT číslo (Mean CT Number)

střední hodnota CT čísel všech pixelů v určité definované zájmové oblasti

šum (Noise)

kolísání CT čísel kolem střední hodnoty v definované oblasti obrazu homogenní látky; velikost šumu indikuje směrodatná odchylka CT čísel homogenní látky v zájmové oblasti

jmenovitá tloušťka tomografického řezu (Nominal Tomographic Slice Thickness)  $T_{hk}$

u zařízení pro výpočetní tomografii tloušťka řezu zvolená a indikovaná na ovladači

zájmová oblast; ROI (Region of Interest; ROI)

v daném okamžiku určená a zpravidla ohraničená část obrazu

profil citlivosti (Sensitivity Profile)

relativní odezva systému pro výpočetní tomografii, jako funkce polohy ve směru kolmém k tomografické rovině

tloušťka tomografického řezu (Slice Thickness)

je definována v polovině maxima profilu citlivosti ve středu průřezového objemu (cross-sectional volume), ve kterém se sbírají data o přenosu rentgenového záření

homogenita (Uniformity)

shoda CT čísel v definovaných (určených) oblastech obrazu snímané homogenní látky

CT skener (CT Scanner)

rentgenové zařízení pro výpočetní tomografii

podmínky CT provozu  
(CT Conditions of  
Operation)

všechny volitelné parametry, které mají vliv na provoz CT skeneru, například jmenovitá tloušťka tomografického řezu, pitch faktor, filtrace, špičkové napětí rentgenky a buď proud rentgenky a zatěžovací čas, nebo součin proudu a expozičního času

CT Pitch Faktor

poměr posuvu stolu pacienta v horizontálním směru při rotaci rentgenky, dělený součinem počtu tomografických řezů N ozářených rentgenkou současně a jmenovité tloušťky tomografického řezu T

$$\text{CT pitch faktor} = \frac{\Delta d}{N \times T}$$

kde

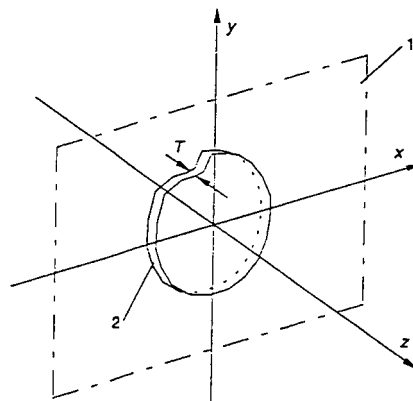
$\Delta d$  je velikost posuvu stolu pacienta v horizontálním směru

N je počet tomografických řezů vytvořených při jedné otáčce rentgenky

T je jmenovitá tloušťka tomografického řezu

tomografický řez  
(Tomographic Section)  
systém souřadnic

část objemu objektu (pacienta), jehož zeslabovací vlastnosti pro rentgenové záření se zobrazují



1 tomografická rovina

2 snímáný objekt

tomografická rovina  
(Tomographic Plane)

geometrická rovina, kolmá k ose rotujícího systému gantry (viz obrázek)

úhel sklonu gantry (Tilt)

úhel mezi osou y a rovinou řezu

doba rotace (Rotation  
Time)  $t_{RT}$

doba, za kterou opíše rentgenka v gantry úhel  $360^\circ$

úhel snímání - délka

dráha zadaná uživatelem, po které se realizuje při jednom

rotace (Rotation Length) $I_{RT}$	řezu sběr dat. V praxi se vymezuje definováním <b>úhlu snímání</b> a z tohoto pohledu může být celokruhová – Full (360°), nebo částečná – Segment (kruhová výseč)
<b>FOV</b> (Field of View)	velikost průměru pole zobrazení udávaná v [cm] – obecně
<b>SFOV</b> (Scan Field of View)	velikost průměru pole, pro které se na základě zadání realizuje sběr dat
<b>DFOV</b> (Display Field of View)	velikost průměru pole, které se na základě zadání zobrazuje na displeji
interval mezi axiálními skeny (GAP) $I_{GAP}$	vzdálenost mezi středovými rovinami řezů dvou po sobě následujících axiálních skenů

## **2 Obecné požadavky pro provoz CT pracoviště**

### **2.1 Požadavky na CT přístroje**

CT diagnostické přístroje jsou významnými zdroji ionizujícího záření. Podle současné legislativy lze v České republice v souladu s vyhláškou č. 317/2002 Sb., instalovat jen přístroje typově schválené. Před uvedením přístroje do provozu musí být provedena přejímací zkouška (§ 70 vyhlášky č. 307/2002 Sb.).

### **2.2 Používání CT přístrojů**

Podle Atomového zákona lze používat CT diagnostické přístroje pouze s povolením SÚJB. Držitelem povolení může být právnická osoba nebo fyzická osoba (nemocnice nebo jiné zdravotnické zařízení), splňující podmínky Atomového zákona. Podmínkou vydání povolení k nakládání s těmito ZIZ je mimo jiné *doklad o ustavení dohlížející osoby* (§ 10 a § 13 AZ). V některých případech (např. velké nemocnice) je vhodné, aby provozovatel zřídil k zajištění soustavného dohledu nad dodržováním požadavků radiační ochrany *specializovaný samostatný útvar - oddělení radiologické fyziky*. Tento útvar pak může odborně vést nebo provádět zkoušky provozní stálosti (§ 72 vyhlášky č. 307/2002 Sb.), i převzít plnění povinností, které jsou obvykle zajišťovány smluvně, např. přejímací zkoušky, zkoušky dlouhodobé stability (§ 70 a § 71 vyhlášky č. 307/2002 Sb.), což je, zejména pro zdravotnická zařízení, ekonomicky výhodné.

### **2.3 Optimalizace radiační ochrany**

Optimalizace radiační ochrany vyšetřovaných osob se dosahuje zejména zavedením programu zabezpečení jakosti a optimalizací zobrazovacího procesu. Cílem optimalizace při CT vyšetření je rovněž správná volba metody a zatěžovacích parametrů požadovaného vyšetření tak, aby dávky absorbované pacienty i personálem byly co nejnižší, při dosažení požadované úrovně diagnostické výtěžnosti. V příloze č. 9 vyhlášky č. 307/2002 Sb. jsou uvedeny diagnostické referenční úrovně pro vyšetření počítačovou tomografií, jejichž překročení se při použití standardních postupů a správné praxe neočekává.

### **2.4 CT vyšetření**

CT vyšetření pacientů lze provádět pouze na pracovištích, u kterých byla prokázána odpovídající úroveň radiační ochrany. Zpravidla se jedná o vlastní vyšetřovnu s CT zařízením a ovladovnu, ze které je zabezpečen vizuální i hlasový kontakt s pacientem. Pro případ nutnosti přítomnosti zdravotnického personálu ve vyšetřovně (např. u intervenčních výkonů) musí být známé hodnoty rozptýleného záření na typických pracovních místech a na jejich základě musí být optimalizována radiační ochrana personálu a jejich vybavení odpovídajícími osobními ochrannými pomůckami.

## 2.5 Zabránění nekontrolovaného vstupu

Dveře vstupu do kontrolovaného pásma musí být v souladu s § 30 vyhlášky č. 307/2002 Sb. označeny znakem "radičního nebezpečí"<sup>3</sup> a upozorněním "Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovolaným osobám zakázán". Toto označení je postačující, pokud je přístup do vyšetřovny chráněn, nebo je kontrola vstupu zajištěna jinak. V ostatních případech musí být z vnějšku na dveřích do vyšetřovací místnosti instalována varovná světelná popř. akustická signalizace.

## 2.6 Přítomnost osob ve vyšetřovně

Při CT vyšetření smí být ve vyšetřovně přítomen pouze pacient a osoby, jejichž přítomnost je při vyšetření nezbytná. Tyto osoby musí být odpovídajícím způsobem chráněny před účinky ionizujícího záření vhodnými ochrannými prostředky (ochranná zástěra, límec, ochranné rukavice) a pokud je touto osobou osoba přidržující pacienta (doprovod), musí být též odpovídajícím způsobem informována o možném riziku.

## 2.7 Dokumentace vedená na pracovišti

- povolení SÚJB k používání rtg přístrojů
- program monitorování schválený SÚJB
- vnitřní havarijní plán schválený SÚJB
- vymezení kontrolovaného pásma schválené SÚJB
- doklady o zvláštní odborné způsobilosti
- důkaz optimalizace radiční ochrany
- program zabezpečování jakosti schválený SÚJB, popisující systém jakosti pro nakládání se ZIZ, včetně způsobu zajištění:
  - nákupu CT zařízení
  - přijímací zkoušky
  - zkoušek dlouhodobé stability
  - zkoušek provozní stálosti
  - oprav, údržby a servisu zařízení
- provozní předpisy
- evidence vyšetření pacientů včetně záznamu parametrů, ze kterých lze odvodit dávku pacienta
- další dokumentace (evidenční karty CT přístrojů, návod k obsluze a technická dokumentace k CT zařízení a příslušenství, záznamy o poruchách a servisních zásazích, záznamy o mimořádných událostech, záznamy o preventivních prohlídkách pracovníků, záznamy osobních dávek pracovníků, protokoly ze zkoušek dlouhodobé stability a provozní stálosti, záznamy o pravidelném ověřování způsobilosti pracovníků z hlediska radiční ochrany, evidence vstupu do kontrolovaného pásma atd.)

---

<sup>3</sup> ČSN 018015 Znak radičního nebezpečí. Tvar a rozměry

### 3 Přijímací zkoušky (PZ)

Při přijímací zkoušce se provádí:

- ověření funkčnosti a ověření kvality řídicích, ovládacích, bezpečnostních, signalizačních, indikačních a zobrazovacích systémů, popř. dalších mechanických systémů stanovených v rozhodnutí o typovém schválení,
- ověření, zda specifikované provozní parametry a vlastnosti zařízení nevybočují pro očekávaný účel použití z mezí stanovených v technických českých normách nebo v průvodní technické dokumentaci od výrobce,
- stanovení dozimetrických veličin a přesnosti těchto stanovení z hlediska účelu použití.

Při přijímací zkoušce je třeba navrhnout rozsah a četnost měření a ověřování vlastností CT přístroje v rámci zkoušek dlouhodobé stability a provozní stálosti, včetně návrhu formy a rozsahu záznamů o provedení těchto zkoušek.

Přijímací zkoušky může provádět pouze osoba, která získala povolení SÚJB pro tuto činnost; řídit a vykonávat je mohou pouze fyzické osoby se zvláštní odbornou způsobilostí.

Pro vydání povolení k používání CT přístroje je nezbytný kladný výsledek přijímací zkoušky.

### 4 Zkoušky dlouhodobé stability (ZDS)

Při zkouškách dlouhodobé stability se v stanovené periodě ověřuje stabilita parametrů a vlastností CT přístroje v rozsahu stanoveném v českých technických normách, specifikovaném v technické dokumentaci zdroje projednané při typovém schvalování a upřesněném při přijímací zkoušce.

Zkoušky dlouhodobé stability se provádějí podle § 71 vyhlášky č. 307/2002 Sb.:

- při důvodném podezření na špatnou funkci zařízení, která by mohla ovlivnit kvalitu zobrazení nebo měla vliv na úroveň radiační ochrany pacienta, personálu,
- po údržbě nebo opravě, která by mohla ovlivnit vlastnost nebo parametr ověřovaný při zkoušce dlouhodobé stability,
- kdykoliv výsledky zkoušky provozní stálosti signalizují, že charakteristické provozní vlastnosti a parametry vybočují pro daný účel použití ze stanovených tolerancí,
- periodicky – jedenkrát ročně u významných ZIZ, pokud není v podmínkách povolení nebo rozhodnutí o typovém schválení stanoveno jinak.

Zkoušky dlouhodobé stability zajišťuje držitel povolení k nakládání se zdrojem záření, který má zdroj v držení. Provádět zkoušky může pouze osoba, která získala povolení SÚJB pro tuto činnost, řídit a vykonávat je mohou pouze fyzické osoby se zvláštní odbornou způsobilostí. Výsledky zkoušky dlouhodobé stability se zaznamenávají do protokolu o zkoušce, jehož kopie zasílá SÚJB firma, která zkoušky prováděla nejpozději do jednoho měsíce od provedení zkoušky.

**Odpovídající rozsah zkoušky dlouhodobé stability je stanoven v protokolu o přijímací zkoušce CT zařízení. Pokud u zařízení nebyla provedena přijímací zkouška, musí být provedena tzv. výchozí zkouška dlouhodobé stability. Provádí se v rozsahu přijímací zkoušky.**



## **5 Zkoušky provozní stálosti (ZPS)**

Zkouška provozní stálosti podle § 72 vyhlášky č. 307/2002 Sb. zahrnuje ověřování charakteristických provozních vlastností a parametrů nejen u vlastního CT přístroje, ale i u dalších částí zobrazovacího a dokumentačního systému, které mohou ovlivnit kvalitu obrazu. Zkoušky provozní stálosti zajišťuje držitel povolení a provádí je vybraní pracovníci s odpovídajícími znalostmi a zkušenostmi. ZPS nebo jejich části.

Zkouška provozní stálosti má monitorovat stálost funkčních vlastností přístroje dostupnými prostředky, a to zkušebními metodami, které jsou jednoduché, rychlé, snadno proveditelné, využívající relativní měření. Zkouška provozní stálosti se má provádět v pravidelných intervalech a rovněž vždy bezprostředně po preventivní nebo nápravné údržbě. Provádí se také při podezření na chybnou funkci přístroje. Doporučené parametry a jejich tolerance při zkouškách provozní stálosti jsou uvedeny v tabulce č. 1. Nevyhovují-li výsledky zkoušky provozní stálosti stanoveným kritériím, musí se zjistit příčina a provést příslušná nápravná opatření.

Minimální rozsah zkoušky provozní stálosti má být stanoven v Protokolu o přejímací zkoušce rentgenového zařízení nebo v Protokolu výchozí zkoušky dlouhodobé stability. Jejich rozsah a obsah však musí splňovat požadavky specifikované výrobcem zařízení resp. požadovaných v příslušných českých normách. Výsledky zkoušek provozní stálosti se zaznamenávají do protokolů o těchto zkouškách.

### **5.1 Výchozí zkouška provozní stálosti (VZPS) – stanovení referenčních hodnot parametrů jednotlivých testů**

VZPS je zkouškou provozní stálosti, při které se stanovují referenční hodnoty pro následné ZPS. Provádí se bezprostředně po PZ a po každé ZDS, dále pak po každé opravě, rekonfiguraci nebo jiném zásahu, které mohou ovlivnit zkoušenou vlastnost nebo parametr.

### **5.2 Referenční hodnoty**

Referenční hodnoty se stanovují jako střední hodnoty výsledků jednotlivých testů v rámci VZPS. Za předpokladu, že některé testy se realizují při ZDS i ZPS za stejných podmínek, při použití stejných zatěžovacích parametrů a se stejnými pomůckami, lze hodnoty získané při ZDS použít jako referenční hodnoty pro hodnocení výsledků těchto periodických testů v rámci ZPS.

### **5.3 Následné zkoušky provozní stálosti**

ZPS (periodické) se provádějí ve stanoveném rozsahu a u jednotlivých testů s obsahem stejným jako u VZPS.

Při každém testu zkoušky provozní stálosti se musí nastavovat takové parametry a dodržovat geometrické i jiné podmínky, které jsou specifikované ve výchozí zkoušce provozní stálosti. Výsledky každého testu se porovnávají s referenčními hodnotami, stanovenými při výchozí zkoušce provozní stálosti nebo převzatých ze ZDS (viz. 5.2).

## 5.4 Četnost zkoušek provozní stálosti

Není-li výrobcem přístroje stanoveno jinak, je doporučeno provádět ZPS s četností dle tohoto „Doporučení“.

Záznamy referenčních hodnot musí být uchovávány nejméně do té doby, než jsou stanovené nové referenční hodnoty.

## 5.5 Překročení tolerancí a nápravná opatření

1. Indikují-li výsledky, že přístroj nepracuje podle specifikovaných požadavků nebo stanovených kritérií, mají se ověřit vlastnosti zkušebních přístrojů a výsledek se má potvrdit opakováním zkoušky a to dříve, než jsou přijata jakákoliv další opatření.
2. Potvrdí-li výsledek opakované zkoušky, že přístroj nepracuje podle specifikovaných požadavků nebo stanovených kritérií, lze provést jedno nebo více z následujících opatření:
  - a) zahájí se činnost stanovená v programu zabezpečení jakosti pro řešení neshod,
  - b) informuje se osoba zodpovědná za zajištění radiační ochrany na příslušném pracovišti (dohlížející osoba, osoba s přímou odpovědností...),
  - c) informuje se osoba používající přístroj k určené činnosti (RTG laborant, lékař).
3. Indikují-li výsledky zkoušky mezní poruchu funkce podle specifikovaných požadavků nebo stanovených kritérií:
  - a) vyčká se výsledku příští zkoušky dlouhodobé stability, avšak současně se pečlivě sleduje kvalita produkovaných klinických snímků;
  - b) zvýší se četnost zkoušek neshodného parametru;
  - c) nevyhovující zkouška provozní stálosti se zaznamená jako položka vyžadující pozornost při příští pravidelné údržbě.
4. Pokud se vyskytly poruchy funkce přístroje z hlediska stanovených kritérií zkoušky stálosti již dříve, má personál, uvedený v 2 b) a c) zvážit:
  - a) provedení zkoušky stavu (zkoušky dlouhodobé stability); spolu se
  - b) zmírněním použitých kritérií; spolu s
  - c) omezením používání zkoušeného přístroje z hlediska kategorie radiologické aplikace; spolu s
  - d) uvedením přístroje na seznam přístrojů vyžadujících náhradu.

5. Jsou-li výsledky zkoušky z hlediska specifikovaných požadavků nebo stanovených kritérií zásadně nevyhovující:
- a) provede se zkouška dlouhodobé stability a její výsledky se oznámí personálu uvedenému v 2 b) a c);
  - b) zváží se rozsah, v němž je péče o přístroj
    - přiměřená; a
    - nebo má být okamžitě zlepšena; a
  - c) učiní se rozhodnutí, zda se
    - ukončí další klinické používání přístroje; nebo
    - provede opatření podle 4.
6. Rozhodnutí o dalších opatřeních závisí na uživateli.

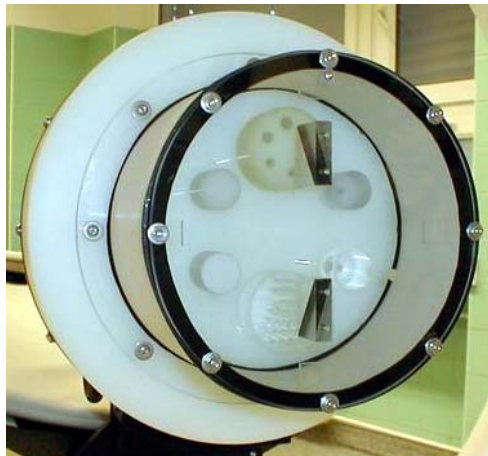
**Tab. 1: Přehled parametrů, ověřovaných skutečností a doporučených četností provádění jednotlivých testů v rámci ZPS**

Parametr, ověřovaná skutečnost	Četnost testu *)
<b>Testy vlastního CT zařízení</b>	
6.1 Vizuelní a funkční zkoušky, autokalibrace systému	denně
6.2 Posouzení výskytu artefaktů	denně
6.3 Šum, homogenita a střední CT číslo	týdně
6.4 Rozlišení při nízkém kontrastu	čtvrtletně
6.5 Prostorová rozlišovací schopnost	čtvrtletně
6.6 Kontrola funkčnosti bezpečnostních tlačítek „Emergency Stop“	čtvrtletně
6.7 Tloušťka tomografické vrstvy (řezu)	čtvrtletně
6.8 Nastavení podpěry pacienta	čtvrtletně
6.9 Přesnost měření vzdáleností	čtvrtletně
6.10 Přesnost anatomického zaměřovacího systému	čtvrtletně
6.11 Přesnost intervalu mezi axiálními skeny (GAP)	čtvrtletně
<b>OBRAZOVÉ DISPLEJE</b>	
7.1 Vizuelní kontrola obrazových displejů	denně
7.2 Neměnnost pozorovacích podmínek	čtvrtletně
7.3 Reprodukce stupnice šedi	vizuálně denně, měření jasu čtvrtletně
7.4 Prostorová rozlišovací schopnost a mezní rozlišitelný kontrast	čtvrtletně
7.5 Linearita přenosu pozičních souřadnic	vizuálně denně, měření čtvrtletně
7.6 Stabilita a artefakty obrazu	vizuálně denně
7.7 Hlediska barevnosti	čtvrtletně
<b>KAMERY PRO TRVALÝ ZÁZNAM</b>	
8.1 Reprodukce stupnice šedi	týdně
8.2 Prostorová rozlišovací schopnost a mezní rozlišitelný kontrast	týdně
8.3 Linearita přenosu pozičních souřadnic	týdně
8.4 Struktura kresby	týdně
8.5 Klinický referenční snímek	týdně

\*) Pokud je podezření na chybnou funkci jakékoliv části zobrazovacího procesu, je třeba ověřit parametry nebo ověřované skutečnosti okamžitě.

## Testovací pomůcky a zkušební zařízení

- **CT QA fantom**



Obr. 1: příklady několika QA CT fantomů při měření

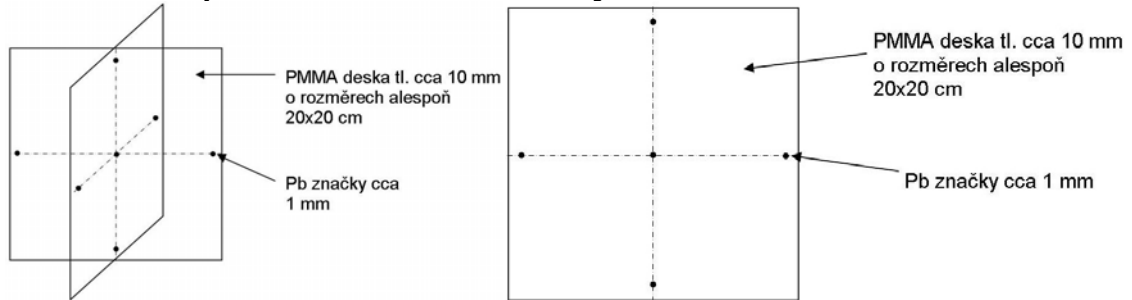
- **Držák QA CT fantomu**



Obr. 2: držák QA CT fantomu

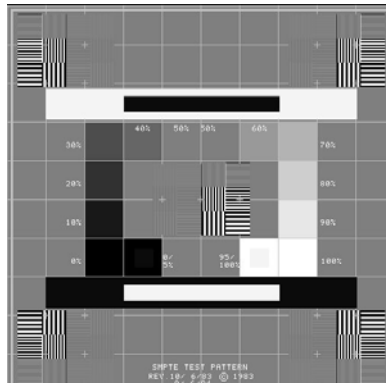
- **Skiagrafická nebo bezfóliová plastová kazeta s filmem**
- **Délkové měřítko (pravítko) délky cca 30 až 50 cm**

- **Zkušební pomůcka zaměřovacího systému**



Obr. 3: příklady konstrukčního řešení zkušebních pomůcek zaměřovacího systému

- **Měřič jasu** – candelometr s měřícím rozsahem od 0,1 cd/m<sup>2</sup> do 5000 cd/m<sup>2</sup>
- **Měřič intenzity osvětlení** – luxmetr s měřícím rozsahem od 0,1 lx do 400 lx
- **Zkušební obrazce** – jako součást softwarového vybavení kamer pro trvalý záznam a obrazových displejů.



Obr. 4: příklad zkušebního obrazce k testům kamer pro trvalý záznam a obrazových displejů (SMPTE)

## 6 Vlastní zařízení pro počítačovou tomografii

### Doporučené parametry expozice a uspořádání v zobrazovaném poli

Zkoušky provozní stálosti se mají provádět se zatěžovacími faktory, které jsou blízké používaným v klinické praxi. Všechna zkoušená zařízení, zkušební přístroje a pomůcky včetně jejich vzájemného geometrického uspořádání musí být při výchozí zkoušce provozní stálosti identifikovány a zaznamenány, aby při dalších zkouškách provozní stálosti byly použity tytéž parametry a geometrie. Pokud výrobce pomůcky doporučuje v průvodní dokumentaci specifické metody a četnosti zkoušek, pak se má přednostně postupovat podle nich.

Při zkouškách provozní stálosti těchto zařízení se obvykle používá anodové napětí rentgenky 120 kV a proud 150 mA. Při použití různých druhů fantomů se mohou tyto hodnoty lišit a proto je nutné se seznámit s doporučením výrobce fantomu.

Je nezbytné zabezpečit, aby podmínky při provádění jakéhokoliv testu zkoušky provozní stálosti byly stejné jako při výchozí zkoušce provozní stálosti, tj. aby anodové napětí  $U$  [kV], proud rentgenky  $I$  [mA], skenovací čas  $t_{ST}$  [s], úhel snímání  $I_{RT}$  [°], jmenovitá tloušťka tomografického řezu  $T_{hk}$  [mm], geometrické uspořádání, poloha a umístění jednotlivých testovacích pomůcek byly shodné jako při výchozí zkoušce provozní stálosti.

### 6.1 Vizuální a funkční zkoušky, autokalibrace systému

Jedná se o zkoušky prováděné každodenně obsluhou CT zařízení za účelem vizuálního a poslechového posouzení uvedení zařízení do provozu a správnosti funkce nejdůležitějších ovládacích prvků.

Po zapnutí CT přístroje probíhají zpravidla automaticky testy jednotlivých podsystémů zařízení, která jsou zakončena autokalibrací přístroje na vzduchové prostředí. V případě ukončení tohoto procesu bez výskytu chybových hlášení je přístroj připraven ke klinickému použití.

**Vyhodnocení:** spočívá v hodnocení:

- vizuální kontroly, při které obsluha sleduje funkci ovládacích a indikačních prvků podle návodu k použití. V případě, že zařízení provádí po zapnutí vlastní testy, je povinností obsluhy při této zkoušce sledovat na příslušných indikátorech nebo displejích průběžné výsledky těchto testů.
- poslechové kontroly, která zahrnuje především kontrolu rotace anody rentgenky. Při ní se sleduje hluchost a eventuálně doba doběhu rentgenky. Kontrola dále obsahuje zjišťování přítomnosti netypických zvukových projevů dalších pohyblivých součástí CT zařízení.
- kontroly akustických a světelných návěstí, včetně indikátorových komunikačních hlášení systému. Při této kontrole jde především o signalizaci rentgenky ve stavu zatěžování, překročení stanovených omezení, signalizaci chybových stavů, chyb obsluhy a připravenosti systému ke klinickému provozu.
- kontroly funkčnosti nejdůležitějších ovládacích prvků. Provádí obsluha před zahájením klinického provozu.

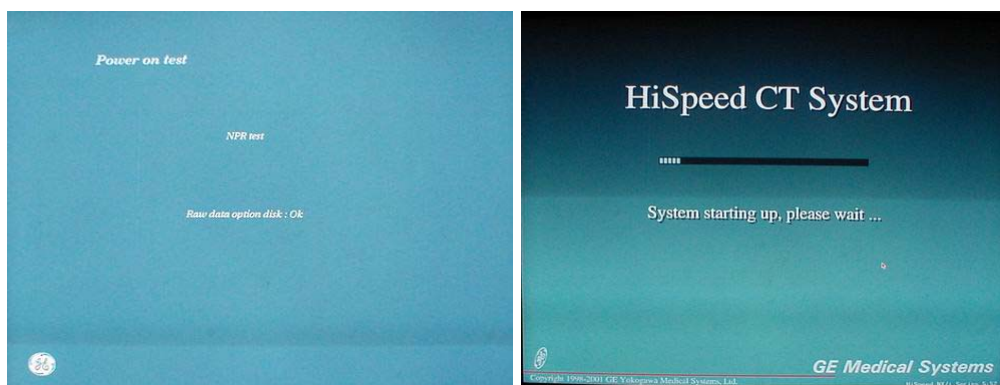
## Požadavky, tolerance:

Bezchybná funkce ovládacích a indikačních prvků, zařízení musí být zajištěna v plném rozsahu.

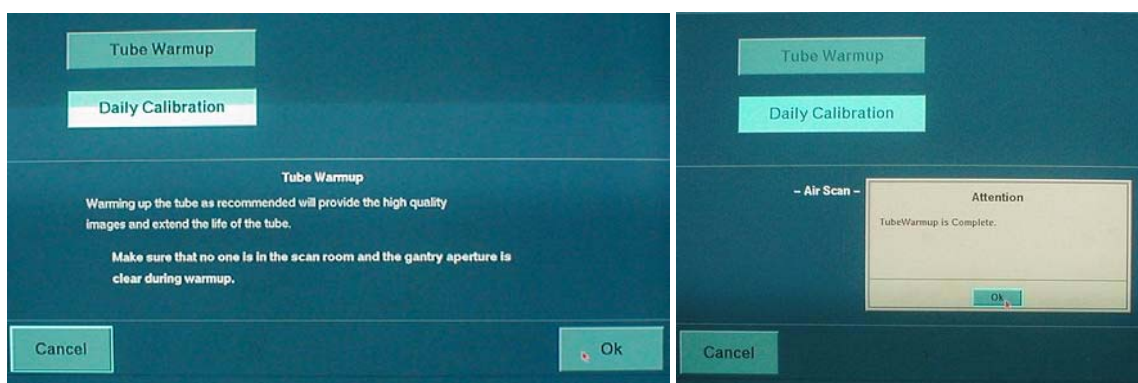
**Četnost:** denně – před zahájením klinického provozu



Obr. 5: kontrola funkčnosti ovládacích a indikačních prvků



Obr. 6: příklad průběhu interních testů CT systému



Obr. 7: příklad průběhu interní autokalibrace CT systému

## 6.2 Posouzení výskytu artefaktů

Tímto testem se ověřuje správnost funkce detekčního a rekonstrukčního systému. Provádí se až po kladném výsledku autokalibrace. Jedná se o nejjednodušší a nejzákladnější test posouzení funkčnosti daného systému.



### Zkušební postup:

1. Při použití vhodných zatěžovacích faktorů (např.  $U = 120 \text{ kV}$ ,  $I = 150 \text{ mA}$ ,  $t_{ST} = 2 \text{ s}$ ,  $T_{hk} = 10 \text{ mm}$ ,  $SFOV = 50 \text{ cm}$ , případně největší dostupné) se provede axiální sken vzduchového prostředí. Podpěra pacienta je při tom mimo skenovací prostor.
2. Na zhotoveném skenu se vizuálně posuzuje přítomnost artefaktů (především kruhových) a vizuálně homogenita pole.

### Vyhodnocení:

Na zhotoveném skenu se vizuálně posuzuje přítomnost kruhových artefaktů a homogenita pole.

### Požadavky, tolerance:

Bez přítomnosti zejména kruhových artefaktů, zobrazené pole nevykazuje významné odchylky v homogenitě.

**Četnost:** denně – před zahájením klinického provozu



Obr. 8: příklad výsledku testu posouzení výskytu artefaktů (vpravo)

## 6.3 Šum, homogenita a střední CT číslo

Šum, střední hodnota CT čísel materiálů (prostředí) s různou absorpcí rtg záření a homogenita zobrazení daného prostředí jsou základními parametry, kterými lze hodnotit správnou reprodukční schopnost daného CT systému zobrazovat prostřednictvím stupnice šedi různé materiály (různá prostředí).

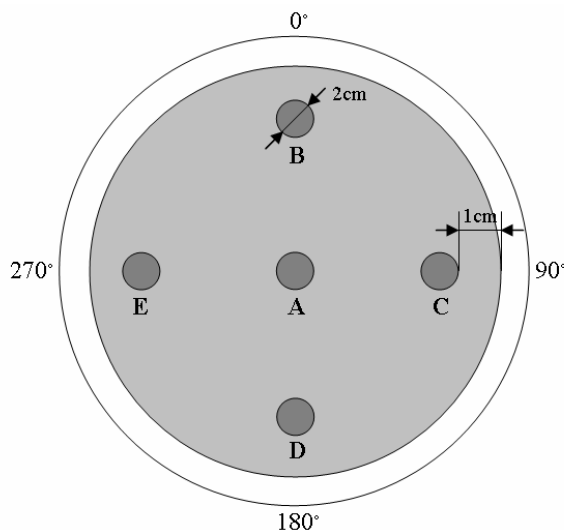
Šum, střední CT číslo a homogenita jsou hodnoceny stanovením průměru a standardní odchylky CT čísla v definovaných oblastech zájmu (ROI) v prezentovaném obraze homogenního testovacího zařízení – obvykle vodního fantomu.

### Zkušební prostředky a přístroje:

- QA CT fantom
- držák pro QA fantom

### Zkušební postup:

1. QA CT fantom se umístí na podpěru pacienta dle doporučení výrobce.
2. Pomocí zaměřovacího zařízení se vycentruje QA fantom v gantry tak, aby se oblast ve fantomu určená k měření šumu, homogenity a středního CT čísla (zpravidla homogenní vodní prostředí) nacházela v rovině řezu.
3. Provede se tomografický sken při parametrech doporučených výrobcem fantomu (např.  $U = 120 \text{ kV}$ ,  $I = 150 \text{ mA}$ ,  $t_{\text{ST}} = 2 \text{ s}$ ,  $T_{\text{hk}} = 10 \text{ mm}$ ,  $\text{SFOV} = 25 \text{ cm}$ ).
4. V oblastech dle obr. 9 se provede pomocí nástroje pro měření denzity (zpravidla ROI) měření hodnot šumu, středních CT čísel a homogenity. Výběr ROI se provádí na základě těchto kritérií:
  - ROI se volí kruhového tvaru o průměru zpravidla 2 cm, vždy však  $< 10\%$  průměru fantomu,
  - periferní ROI jsou voleny min. 1 cm od okraje testovacího zařízení,
  - jednotlivé ROI se nesmí překrývat ani dotýkat.



Obr. 9: oblasti měření na QA fantomu

### Vyhodnocení:

- šum je parametr jenž se hodnotí srovnáním směrodatné odchylky CT čísla pro centrální ROI s ustanovenou referenční hodnotou (přednostně s hodnotou udanou výrobcem),
- střední CT číslo se hodnotí srovnáním s ustanovenou referenční hodnotou a určí se zda odpovídá daným kritériím,
- homogenita se hodnotí srovnáním hodnoty středního CT čísla v centrální ROI s hodnotami středního CT čísla v periferních ROI (měř. ob. A / B,C,D,E). Rozdíly se porovnávají s referenčními hodnotami.

**Požadavky, tolerance:**

- odchylka šumu  $\leq 10\%$ , nebo  $\pm 0,2$  HU referenční hodnoty,
- odchylka středního CT čísla  $\leq CT_{ref} \pm 4$  HU,
- odchylka homogenity  $\leq 2$  HU (pokud výrobce nestanovil jinak).

**Četnost:** týdně

**6.4 Rozlišení při nízkém kontrastu**

Rozlišení při nízkém kontrastu je důležitým ukazatelem zobrazovací schopnosti CT zařízení rozlišit od sebe struktury s nízkým kontrastem. Tato schopnost má důležitý význam při rozlišování měkkých tkání a je současně také největším přínosem CT techniky ve srovnání s klasickou rentgenovou technikou.

Vzhledem k široké škále fantomů určených pro měření rozlišení při nízkém kontrastu je nutné vycházet z doporučení výrobce a tomu přizpůsobit i metodiku tohoto testu.

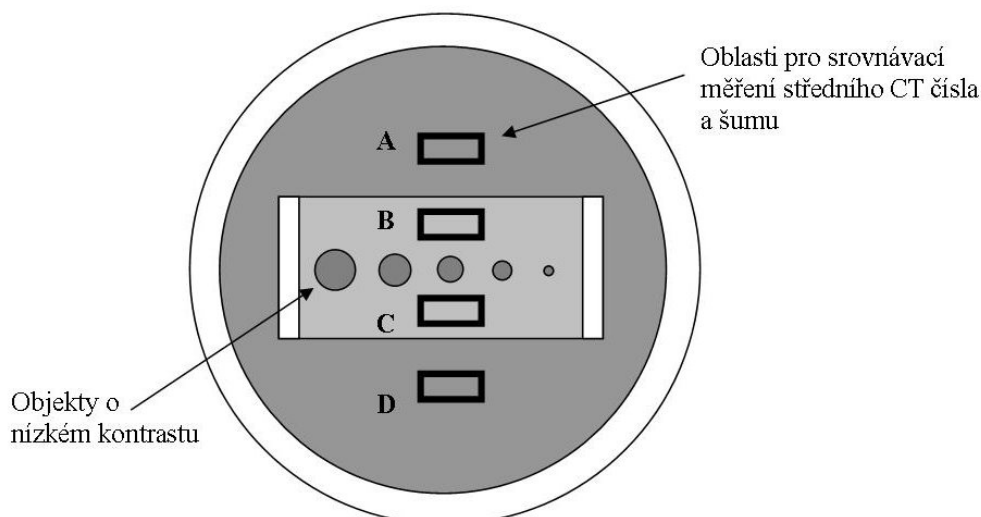
**Poznámka:** vyhodnocování rozlišení při nízkém kontrastu ve směru osy  $z$  je z důvodu komerční nedostupnosti nezbytných testovacích zařízení je prozatím problematická záležitost. Předpokládá se, že s dalším rozvojem spirální CT techniky se stanou potřebné pomůcky dostupnější. Hodnocení tohoto parametru u spirálních CT systémů je totiž pro osu  $z$  stejně důležité jako pro osy  $x$  a  $y$ .

**Zkušební prostředky a přístroje:**

- QA CT fantom s objekty pro měření rozlišení při nízkém kontrastu
- držák pro QA fantom

**Zkušební postup:**

1. QA CT fantom se umístí na podpěru pacienta dle doporučení výrobce.
2. Pomocí zaměřovacího zařízení se vycentruje QA fantom v gantry tak, aby se oblast ve fantomu určená k měření rozlišení při nízkém kontrastu nacházela v rovině řezu.
3. Provede se tomografický sken při parametrech doporučených výrobcem fantomu (např.  $U = 120$  kV,  $I = 150$  mA,  $t_{ST} = 2$  s,  $T_{hk} = 10$  mm, SFOV = 25 cm).
4. Na obrazovém displeji se nastaví dle doporučení výrobce okno zobrazení (např. WW = 30, WL = 0) tak, aby kontrast mezi hodnocenými objekty a pozadím byl dostatečný.
5. Hodnocení jednotlivých objektů pro nízký kontrast se provede dle doporučení výrobce.



Obr. 10: příklad oblasti QA CT fantomu pro měření rozlišení při nízkém kontrastu

### Vyhodnocení:

CT obrazy testovacího zařízení se na monitoru zobrazí tak, aby byl kontrast mezi periodickými obrazci a pozadím dostatečný a stanoví se, jaké nejmenší detaily jsou ještě rozlišitelné v obrazovém šumu. U různých fantomů doporučuje výrobce provádět některá dodatečná měření. K tomu slouží u některých fantomů, např. na obr. 10 definované oblasti k měření středního CT čísla a šumu. K zabezpečení reprodukovatelnosti podmínek pro hodnocení jednotlivých měření v oblasti rozlišení při nízkém kontrastu musí být CT čísla v těchto měřících oblastech přibližně shodná.

**Poznámka:** rozlišení při nízkém kontrastu je silně závislé na úrovni šumu a tudíž na součinu proudu rentgenky a skenovacího času, na napětí rentgenky, na velikosti fantomu pro hodnocení rozlišení při nízkém kontrastu a na velikosti rozdílu CT čísel materiálů rozlišovaných objektů a jejich okolí. Z těchto důvodů se doporučuje hodnocení rozlišení při nízkém kontrastu specifikovat vždy pro konkrétní hodnoty HU a součinu proudu rentgenky a skenovacího času.

### Požadavky, tolerance:

Jediným objektivním kritériem je porovnání s technickými specifikacemi výrobce. Lze však připustit i hodnocení počtu viditelných objektů na specifikovaném pozadí.

**Četnost:** čtvrtletně

## 6.5 Prostorová rozlišovací schopnost

Je u zařízení pro výpočetní tomografii schopnost rozlišit rozdílné objekty v zobrazeném obraze, je-li rozdíl v zeslabení objektů a pozadí ve srovnání se šumem dostatečně velký. Lze ji ověřit několika způsoby, např. zjišťováním hloubky modulace periodických obrazců – čárových, děrových nebo tyčinkových. Tato metoda je vyhovující pro testování konvenčních CT zařízení.

**Poznámka:** i u konvenčního CT zařízení může dojít k narušení osově symetrické distribuce hodnot prostorové rozlišovací schopnosti při částečných skenech, při kterých se obrazy jednotlivých řezů rekonstruují z dat získaných během neúplné rotace akvizičního systému – např. v úhlu 180°. Lepší hodnoty rozlišení při částečném skenu budou dosaženy v polohách bližších polohám rentgenky, horší rozlišení bude na opačné straně.

Pro spirální CT zařízení je třeba uvážit, že prostorová rozlišovací schopnost se nejen mírně zhoršuje směrem od středu zobrazovacího pole, ale že je i funkcí polohy rekonstruovaných řezů na ose  $z$ . Z těchto důvodů je třeba měřit také mimo střed zobrazovaného pole, např. 15 cm od středu. Pro taková měření je vhodné drátové testovací zařízení pro impulsní odezvu umístěné mimo střed a následný výpočet MTF.

Přibližně může být distribuce rozlišovací schopnosti stanovena také skenováním periodického vzoru s vysokým kontrastem (čárového fantomu).

V obou posledních případech musí být však obrazy rekonstruovány s malými přírůstkami souřadnice  $z$  a vyhodnoceny jako funkce relativní  $z$ -pozice pro popis periodických změn v rozlišení. Vypočtená MTF je nejpřesnějším popisem rozlišovacích schopností skeneru. Metodu lze však použít jen za předpokladu, že je skener vybaven softwarem pro výpočet těchto křivek. V tomto případě se postupuje dle doporučení výrobce CT zařízení.

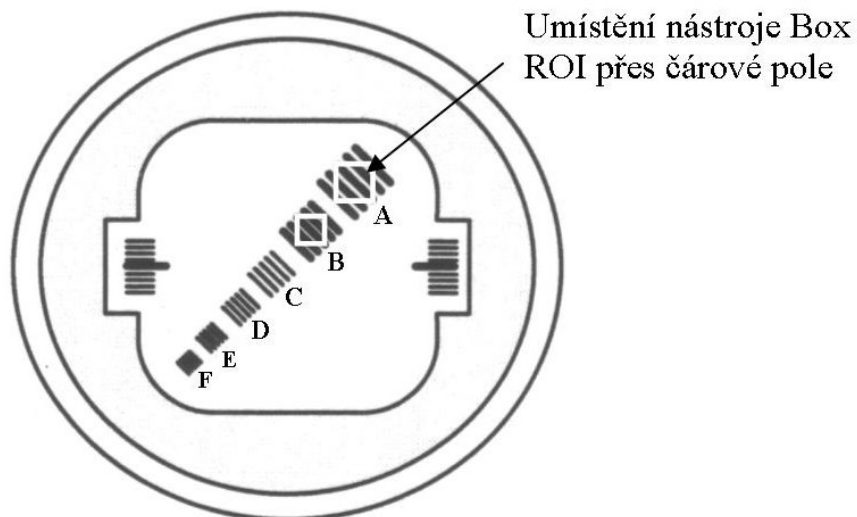
**Při testování prostorové rozlišovací schopnosti stanovením rozlišitelnosti periodických obrazců (čárových, děrových nebo tyčinkových) pozorovatelem se jedná o subjektivní a tudíž relativně nepřesnou metodu, v praxi při realizaci ZPS však postačující. Proto se tato metoda ke sledování prostorové rozlišovací schopnosti v rámci ZPS doporučuje.**

#### **Zkušební prostředky a přístroje:**

- QA CT fantom s objekty pro stanovení prostorové rozlišovací schopnosti
- držák pro QA fantom

#### **Zkušební postup:**

1. QA CT fantom se umístí na podpěru pacienta dle doporučení výrobce.
2. Pomocí zaměřovacího zařízení se vycentruje QA fantom v gantry tak, aby se oblast ve fantomu určená k měření prostorové rozlišovací schopnosti nacházela v rovině řezu.
3. Provede se tomografický sken při parametrech doporučených výrobcem fantomu (např.  $U = 120$  kV,  $I = 150$  mA,  $t_{ST} = 2$  s,  $T_{hk} = 10$  mm, SFOV = 25 cm).
4. Hodnocení prostorové rozlišovací schopnosti se provede dle doporučení výrobce. Příklad vyhodnocení prostorové rozlišovací schopnosti pomocí fantomu s čárovými objekty je uveden na obr. 11. Fantom tohoto typu umožňuje také vyhodnocení stanovením hloubky modulace postupem popsáním v normě ČSN EN 61223-2-6<sup>10</sup> v odstavci 5.2. 4.



Obr. 11: oblast QA CT fantomu pro měření prostorové rozlišovací schopnosti

### Vyhodnocení:

- **Výpočet modulace přenosové funkce MTF:** dle doporučení výrobce CT zařízení.
- **Stanovení rozlišitelnosti periodických obrazů pozorovatelem:** subjektivní stanovení rozlišovací schopnosti spočívá ve stanovení velikosti prvků nejmenšího v obraze ještě rozlišitelného periodického obrazce. Za rozlišené považujeme ty proužky, které se zobrazí oddělenými obrazy nebo alespoň sníženou denzitou mezi nimi. Žádné dva proužky by se neměly slévat v jediný obraz. Pokud se například zobrazí pouze čtyři proužky s polohami ležícími mezi skutečnými polohami ve fantomu, nelze dotyčnou řadu proužků považovat za rozlišenou. Obdobný způsob vyhodnocení se provádí při použití fantomů s jinými objekty nebo periodickými obrazci. Konkrétní metodika hodnocení pro tyto případy se nachází v doporučení výrobce pro použití příslušného fantomu.

### Požadavky, tolerance:

- zjištěná hodnota MTF musí být v pásmu  $\pm 15\%$  referenčních hodnot,
- rozlišitelnost objektů pro stanovení prostorové rozlišovací schopnosti nesmí být snížena o více jak jednu skupinu periodického obrazce vzhledem k referenčním hodnotám.

**Četnost:** čtvrtletně

## 6.6 Kontrola funkčnosti bezpečnostních tlačítek „Emergency Stop“

Tento test slouží k ověření funkčnosti bezpečnostních tlačítek. Ověřuje, zda se po stisknutí tlačítka provede operace přidělená tomuto tlačítku.

### Zkušební postup:

- **Test funkčnosti bezpečnostních systémů přerušení elektrického napájení:** funkčnost nouzového tlačítka (EMERGENCY STOP) se testuje aktivací tlačítka při zapnutém přístroji. Po přerušení chodu CT zařízení nouzovým tlačítkem je nutné provést opětovný start způsobem předepsaným pro dané zařízení.



Obr. 12: tlačítko EMERGENCY STOP

- **Test funkčnosti bezpečnostních systémů přerušení záření:** funkčnost bezpečnostních systémů přerušení záření se ověřuje aktivací příslušného tlačítka při simulovaném vyšetření bez pacienta (např. s použitím fantomu).



Obr. 13: tlačítka pro přerušení záření

- **Test funkčnosti antikolizních bezpečnostních systémů, STOP tlačítek podpěry stolu a koncových spínačů:** funkčnost bezpečnostních systémů pro přerušení pohybů se testuje aktivací uvedených systémů (dotykem antikolizních lamel za pohybu i bez pohybu podpěry pro pacienta - tj. např. při sklápění akviziční jednotky, aktivací STOP tlačítek za pohybu podpěry a při pohybu podpěry do koncových poloh, je-li jimi zařízení vybaveno).



Obr. 14: jeden z prvků antikolizního systému

**Poznámka:** ověření antikolizních bezpečnostních systémů, STOP tlačítek a koncových spínačů se provádí v podmínkách klinického provozu bez pacienta.

### **Vyhodnocení:**

do protokolu se zaznamenává umístění a označení příslušných bezpečnostních tlačítek a výsledek jednotlivých testů.

### **Požadavky, tolerance:**

funkční, bez mechanického poškození.

**Četnost:** čtvrtletně

## **6.7 Tloušťka tomografické vrstvy (řezu)**

Tloušťka tomografické vrstvy se hodnotí při použití fantomu s příslušnými objekty ke stanovení tohoto parametru např. měřením šířky zobrazení hliníkových pásků uložených šikmo k tomografické vrstvě nebo zobrazením protilehlých objektů dle použitého fantomu. Při testování tohoto parametru u spirálních CT se doporučuje použití např. fantomu RMI 461A s vložkami obsahujícími spirální struktury.

Metoda měření tloušťky tomografické vrstvy pomocí fantomů s příslušnými objekty je vhodná pro konvenční CT systémy. Tloušťka tomografické vrstvy je v tomto případě rovna plné šířce obrazu objektu měřené v polovině maxima FWHM (při sklonu pásků k rovině řezu v úhlu  $45^{\circ}$ , při jiném sklonu je nutno tloušťku vypočítat).

Pro spirální CT systémy neposkytuje tato metoda jednoznačné výsledky. Jako teoreticky přijatelná metoda se pro tyto systémy jeví metoda „delta impulsu“, jejímuž praktickému použití však brání komerční nedostupnost odpovídajícího testovacího zařízení. Východiskem z této situace je pro spirální CT systémy měření tloušťky tomografické vrstvy v konvenčním režimu, které dostatečně přesně ověřuje stav kolimačního systému, nebo použití ne zcela běžného fantomu RMI 461A.

Druhou možnou metodou stanovení tloušťky tomografické vrstvy je metoda filmová, jejíž přesnost je pro ZPS dostatečná.

### **6.7.1 Stanovení tloušťky tomografické vrstvy pomocí fantomu**

Základním prostředkem k ověřování shody mezi nastavenou a skutečnou tloušťkou tomografické vrstvy je hodnocení tohoto parametru pomocí CT fantomu, který obsahuje struktury určené k tomuto měření. V praxi existuje celá řada těchto fantomů, zpravidla dodávaná s každým CT systémem. Vzhledem k této skutečnosti nelze doporučit univerzální postup a proto musí uživatel vycházet z doporučení výrobce daného fantomu. Následující postup je proto nutné považovat pouze za metodické vodítko pro zpracování vlastní metodiky tohoto testu.

### **Zkušební prostředky a přístroje:**

- QA CT fantom obsahující struktury pro stanovení tloušťky tomografické vrstvy
- držák pro QA CT fantom





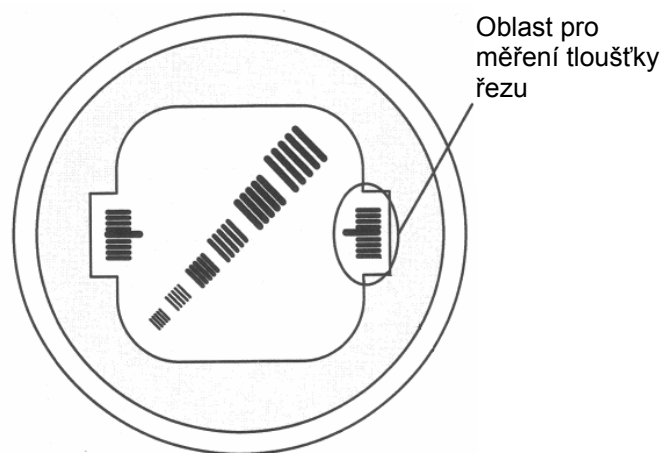
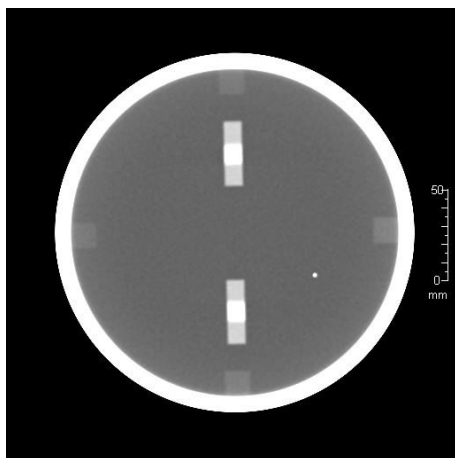
Obr. 15: příklady fantomů obsahující struktury pro stanovení tloušťky tomografické vrstvy

### Zkušební postup:

1. Dle doporučení výrobce se QA CT fantom umístí na podpěru pacienta.
2. Pomocí zaměřovacího systému se QA fantom vycentruje v gantry tak, aby se oblast určená k měření tloušťky tomografické vrstvy nacházela v rovině řezu.
3. Pro tloušťky řezu  $T_{hk} = 1, 2, 4, 6$  a  $10$  mm se zatěžovacími parametry dle doporučení výrobce (např.  $U = 120$  kV,  $I = 150$  mA,  $t_{ST} = 2$  s, SFOV = 25 cm) se provede tomografický sken.

### Vyhodnocení:

Hodnocení tloušťky tomografické vrstvy se provádí dle doporučení výrobce použitého fantomu. Okno zobrazení každé měřené tloušťky se nastavuje rovněž dle doporučení výrobce použitého fantomu. Naměřené hodnoty se zaznamenají do zkušební zprávy.



Obr. 16: příklady dvou možných struktur QA fantomů pro měření tloušťky tomografické vrstvy

### Požadavky, tolerance:

- pro tloušťky řezu  $\geq 2$  mm:  $\pm 1$  mm
- pro tloušťky řezu  $\leq 2$  mm:  $\pm 50\%$

**Četnost:** čtvrtletně

### 6.7.2 Stanovení tloušťky tomografické vrstvy pomocí filmu

Tato metoda je použitelná pro konvenční i spirální CT systémy (v konvenčním režimu). Tloušťka tomografické vrstvy se hodnotí měřením šířky jednotlivých pruhů, které na filmu reprodukuje zvolené tloušťky tomografických vrstev. Tímto testem se ověřuje zároveň i funkce kolimace svazku a geometrická efektivita.

### Zkušební prostředky a přístroje:

- skiagrafická nebo bezfóliová plastová kazeta s filmem

### Zkušební postup:

1. Na podpěrnou desku CT stolu se umístí kazeta s filmem formátu 18x24 nebo 24x30.
2. Kazeta s filmem se umístí do středu snímaného pole v gantry tak, aby startovní pozice ležela od okraje kazety cca 20mm.
3. Pro tloušťky řezu  $T_{hk} = 1, 2, 4, 6$  a 10 mm se zatěžovacími parametry (např.  $U = 120$  kV,  $I = 150$  mA,  $t_{ST} = 2$  s, SFOV = 25 cm) se provede tomografický sken.
4. Exponovaný film se vyvolá.



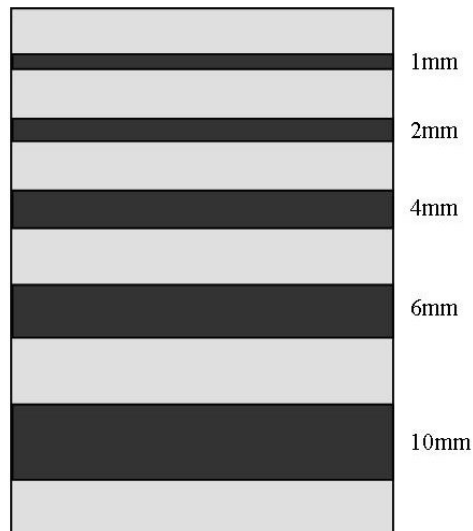
Obr. 17: umístění plastové kazety s filmem na podpěrné desce při měření tloušťky tomografické vrstvy

### Vyhodnocení:

Po vyvolání filmu se pomocí pravítka změří zobrazené tloušťky jednotlivých řezů viz obr. 18. Indikované a naměřené hodnoty se zaznamenají do zkušební zprávy. Výsledky měření lze interpretovat:

- odchylkami naměřených hodnot od nastavených, nebo
- pomocí veličiny geometrická efektivita, která je definována jako poměr mezi šířkou průřezu citlivosti a dávkového profilu a má význam u CT přístrojů se sekundární kolimací (před detektorem) pomocí vztahu:

$$\text{geometrická efektivita} = \frac{\text{změřená šířka řezu}}{\text{ozářená šířka řezu}} \times 100 [\%]$$



Obr. 18: obraz výsledku testu pro zvolené tloušťky

#### Požadavky, tolerance:

- pro tloušťky řezu  $\geq 2$  mm:  $\pm 1$  mm
- pro tloušťky řezu  $\leq 2$  mm:  $\pm 50\%$
- geometrická efektivita  $\geq 70\%$

**Četnost:** čtvrtletně

### 6.8 Nastavení podpěry pacienta

Tímto testem se ověřuje souhlas indikované (nastavené) a skutečné délky pohybu podpěry pacienta. Provádí se pohybem podpěry pacienta o definovanou vzdálenost a zpět a hodnotí se přesnost nastavení i vůle (mrtvý chod).

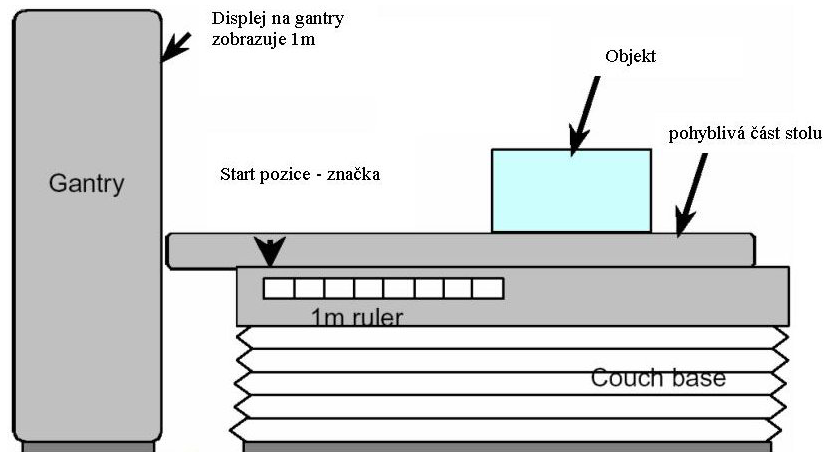
#### Zkušební prostředky a přístroje:

- objekt o hmotnosti cca 70 kg
- délkové měřítko (pravítko)

#### Zkušební postup:

1. Podpěra pacienta se zasune do gantry cca o 1 m.
2. Na pohyblivou část stolu se umístí objekt o hmotnosti cca 70kg simulující standardního pacienta.
3. K pevné části CT stolu se připevní měřítko (pravítko), pokud již není jeho součástí.
4. Na pohyblivé části CT stolu (podpěra pacienta) se zvolí (vyznačí) vhodný **pevný bod** pro odečet délky jeho pohybu vzhledem k měřítku (pravítku) tak, aby jeho poloha vzhledem k stupnici měřítka se nacházela přibližně v polovině. Tento bod se na stupnici měřítka se zvolí jako **nulový**.
5. Podpěra pacienta se dle indikátoru CT zařízení zasune do gantry o 50 mm.
6. Na měřítku se odečte vzdálenost mezi **pevným bodem** a bodem **nulovým**. Tato vzdálenost se označí jako  $L_{for}$ .
7. Ověří se, zda se hodnota délky posunu podpěry pacienta indikovaná displejem CT zařízení shoduje s hodnotou  $L_{for}$ . Tyto hodnoty se zaznamenají.

8. Podpěra pacienta se dle displeje na CT zařízení opět uvede do výchozího stavu (nulového bodu).
9. Odečte se vzdálenost mezi **nulovým** a **pevným bodem**. Tato vzdálenost se označí jako  $C_{for}$ .
10. Postup dle bodů 5. až 9. se opakuje i v opačném směru pohybu stolu a stejným způsobem se měří vzdálenosti mezi značkami  $L_{back}$  a  $C_{back}$ .



Obr. 19: schematické uspořádání prvků pro test nastavení podpěry pacienta

11. Měření se opakuje se zvětšujícími se vzdálenostmi po krocích např. 50 mm až do vzdálenosti  $\pm 30$  cm.



Obr. 20: detailní zobrazení umístění měřítka na pevné části a „pevného bodu“ na pohyblivé podpěře pro pacienta při testu nastavení podpěry pacienta

### Vyhodnocení:

- naměřené vzdálenosti posunu stolu v podélném směru  $L_{for}$  a  $L_{back}$  se porovnají se vzdálenostmi indikovanými dle displeje CT zařízení,
- vůle (mrtvý chod) je dána hodnotami rozdílů  $C_{for}$  a  $C_{back}$ .

### Požadavky, tolerance:

$$L_{for} \text{ a } L_{back} \leq 2 \text{ mm}$$

$$C_{for} \text{ a } C_{back} \leq 2 \text{ mm}$$

**Četnost:** čtvrtletně.

## 6.9 Přesnost měření vzdáleností

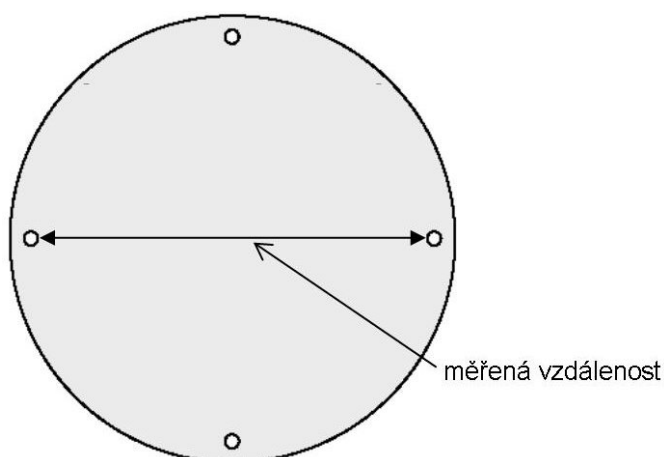
Ověřuje shodu mezi skutečnou vzdáleností dvou bodů snímaného objektu a vzdáleností indikovanou (měřenou) softwarovým vybavením CT zařízení. V uvedeném postupu se popisuje provedení testu pomocí hlavového CT fantomu. Lze však použít jakoukoliv jinou pomůcku, obsahující dva viditelné body, jejichž vzájemná vzdálenost je známá.

### Zkušební prostředky a přístroje:

- QA fantom hlavy  $\varnothing$  16 cm nebo jiná vhodná pomůcka

### Zkušební postup:

1. Délkovým měřítkem (pravítkem) se změří skutečná vzdálenost mezi dvěma otvory ve fantomu obr. 21 a hodnota se zaznamená.
2. QA CT fantom se umístí na podpěru pacienta a pomocí zaměřovacího zařízení se vycentruje.
3. Při zatěžovacích faktorech např.  $U = 120$  kV,  $I = 200$  mA,  $t_{ST} = 2$  s,  $T_{hk} = 10$  mm a celokruhovém úhlu snímání  $I_{RT} = 360^\circ$  se provede tomografický sken.



Obr.: 21 příklad měření vzdálenosti mezi zvolenými body

### Vyhodnocení:

Na monitoru se pomocí nástroje pro měření vzdáleností (distance) změří vzdálenost mezi dvěma zobrazenými body. Hodnota indikovaná softwarovým vybavením CT zařízení na monitoru se porovná s hodnotou naměřenou na fantomu.

### Požadavky, tolerance:

odchylka mezi indikovanou a skutečnou vzdáleností  $\leq 1$  mm.

**Četnost:** čtvrtletně a po jakémkoliv upgrade software CT.

## 6.10 Přesnost anatomického zaměřovacího systému

### 6.10.1 Úhel sklonu gantry

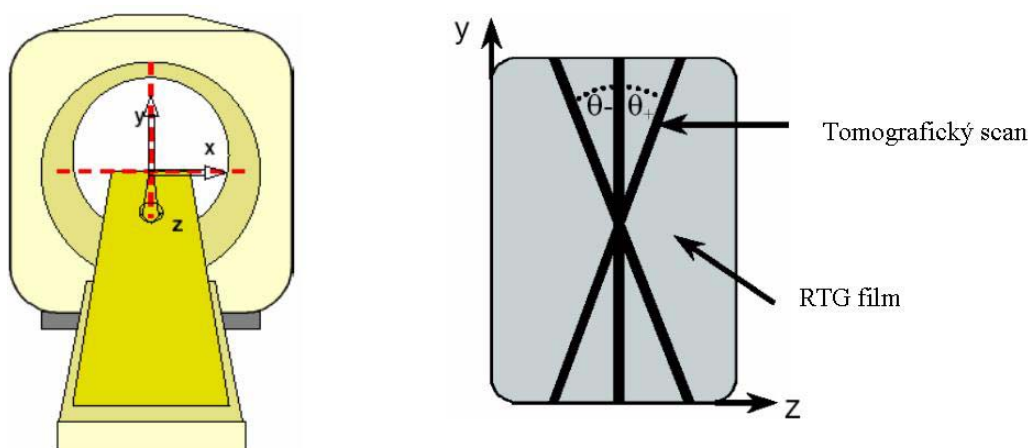
Tímto testem se ověřuje zda skutečný úhel sklonu gantry odpovídá přístrojově nastavené hodnotě indikované na displeji gantry.

#### Zkušební prostředky a přístroje:

- skiagrafická nebo plastová kazeta s filmem
- úhломěr

#### Zkušební postup:

1. Na podpěru pacienta se umístí skiagrafická nebo plastová kazeta s filmem a fixuje se dle obr. 23 vzhledem k rovině vymezené osami  $\underline{y}$  a  $\underline{z}$ .
2. Pohyblivá podpěra pacienta s fixovanou kazetou se zasune do gantry a pomocí světelného zaměřovacího systému se poloha kazety upraví tak, aby osa  $\underline{x}$  procházela přibližně středem kazety.
3. Provede se sérii tří skenů o tloušťce např.  $T_{hk} = 1$  mm s úhlem sklonu  $0^\circ$ ,  $+25^\circ$ ,  $-25^\circ$ .
4. Film se vyvolá.



Obr.22: uspořádání souřadnicové soustavy CT systému a příklad výsledku testu úhlu sklonu gantry

#### Vyhodnocení:

Na vyvolaném filmu se změří úhly, které svírají obrazy jednotlivých skenů ( $0^\circ$  a  $+25^\circ$ ,  $0^\circ$  a  $-25^\circ$ ) a porovnájí se s nastavenými hodnotami. Naměřené hodnoty se zaznamenají.



Obr.23: ukázka fixace RTG kazety při testu úhlu sklonu gantry

### Požadavky, tolerance:

Odchylka indikovaného a skutečného úhlu sklonu gantry  $\leq 2^\circ$

### Četnost:

- čtvrtletně,
- po servisním zásahu, který může ovlivnit indikaci úhlu sklonu gantry,
- po upgrade softwaru.

### 6.10.2 Test souhlasu jednotlivých rovin zobrazení s rovinami zaměřovacího systému

Shoda a přesnost světelného zaměřovacího systému s jednotlivými rovinami zobrazení je podmínkou pro správnou lokalizaci zájmových objektů k realizaci intervenčních výkonů prováděných pod CT kontrolou a pro přípravu a plánování radioterapie. Při běžné CT diagnostice není tento problém aktuální a proto se provádění tohoto testu doporučuje pouze na pracovištích, kde se intervenční výkony nebo plánování radioterapie na CT zařízení provádí.

### Zkušební prostředky a přístroje:

- zkušební pomůcka zaměřovacího systému (jednoduchá pro měření dvou rovin nebo komfortnější pro měření všech tří rovin)

### Zkušební postup:

1. Na podpěru pacienta se umístí zkušební pomůcka zaměřovacího systému.
2. Za použití světelného zaměřovacího systému se upraví poloha pomůcky tak, že se testované roviny ztotožní s příslušnými světelnými rovinami. V případě použití jednodušší pomůcky se tato operace musí provádět ve třech etapách a to zpravidla pro rovinu transverzální (vymezenou osami  $\underline{x}$  a  $\underline{y}$ ), rovinu koronární (vymezenou osami  $\underline{x}$  a  $\underline{z}$ ) a posléze pro rovinu sagitální (vymezenou osami  $\underline{y}$  a  $\underline{z}$ ).
3. Jako výchozí polohu pro skenování (nulovou polohu) zvolíme průsečík os  $\underline{x}$   $\underline{y}$  a  $\underline{z}$  a provedeme sérii cca 10 skenů v konvenčním režimu s tloušťkou řezu  $T_{hk} = 1$  mm a intervalem mezi axiálními skeny  $l_{GAP} = 1$  mm v oblasti cca  $\pm 5$  mm od nulové polohy. Zatěžovací faktory volíme s ohledem na materiál z něhož je pomůcka vyrobena např.  $U = 120$  kV,  $I = 150$  mA,  $t_{ST} = 2$  s.
4. K ověření shody a přesnosti sagitální zobrazovací roviny (v ose  $\underline{y}$ ) se provedou postupně dva skeny v místech nejvzdálenějších značek pomůcky v ose  $\underline{z}$ .

Zatěžovací faktory volíme stejné jako v předchozím případě. Tloušťka řezů se však v tomto případě volí  $T_{hk} = 10 \text{ mm}$ .

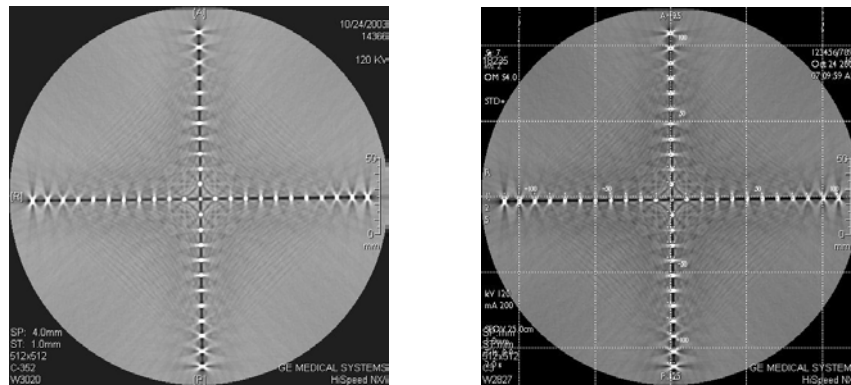


Obr. 24: umístění jednoduché pomůcky při provádění testu souhlasu jednotlivých rovin zobrazení s rovinami zaměřovacího systému

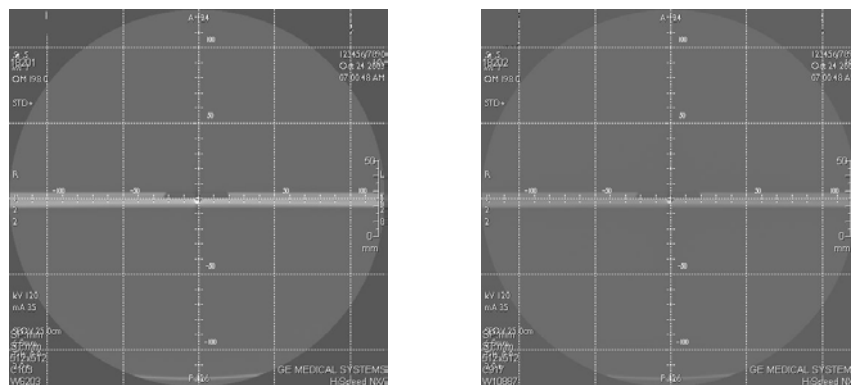
### Vyhodnocení:

Provádí se zpravidla na primární konzole testovaného CT zařízení pomocí nástroje GRID (mřížka). Vlastní vyhodnocení lze rozdělit do dvou fází:

- testování odchylky průsečíku os  $x$ ,  $y$  a  $z$  světelného zaměřovacího systému od izocentra,
- testování odchylky jednotlivých rovin světelného zaměřovacího systému od příslušných rovin CT obrazu.



Obr. 25: příklad výsledku testu souhlasu transversální roviny řezu s příslušnými rovinami světelného zaměřovacího systému



Obr. 26: příklad výsledku testu souhlasu koronární roviny řezu s příslušnou rovinou světelného zaměřovacího systému



Postupně se pro roviny transverzální a koronární najde společný průsečík, jehož polohu označíme jako nulovou a od které hledáme případnou odchylku zobrazení krajních značek na osách  $x$  a  $y$ . Stejná procedura se provede pro rovinu sagitální.

#### Požadavky, tolerance:

- odchylka průsečíku os  $x$ ,  $y$  a  $z$  od izocentra  $\leq 1$  mm,
- odchylka polohy zobrazovaných bodů testovací pomůcky od jednotlivých rovin zobrazení  $\leq 1\%$  z jejich vzdálenosti od izocentra.

**Poznámka:** poloha zobrazovaných bodů testovací pomůcky odpovídá poloze jednotlivých rovin zaměřovacího systému.

#### Četnost:

- čtvrtletně,
- po servisním zásahu, který může ovlivnit souhlas ověřovaného parametru,
- po upgrade softwaru.

### 6.11 Test přesnosti intervalu mezi axiálními skeny

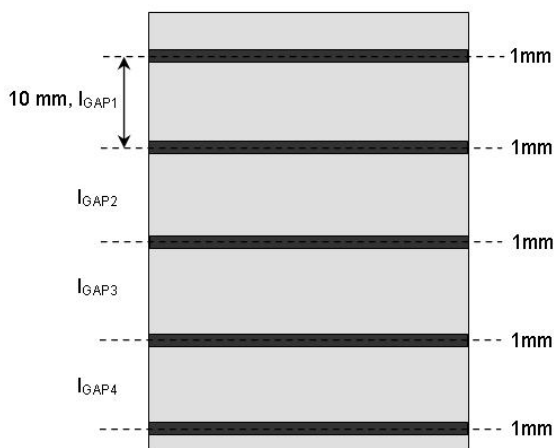
Tato metoda má ověřit, zda softwarově nastavená hodnota intervalu mezi axiálními, po sobě následujícími skeny odpovídá skutečné hodnotě.

#### Zkušební prostředky a přístroje:

- objekt o hmotnosti cca 70 kg
- zkušební skiagrafická nebo bezfóliová plastová kazeta s filmem
- pravítko

#### Zkušební postup:

1. Na pohyblivou část stolu se umístí objekt o hmotnosti cca 70kg simulující standardního pacienta a zkušební kazeta s filmem dle obr. 27.
2. Podpěra pacienta se zkušební kazetou se zasune do prostoru skenování tak, aby se film v kazetě nacházel ve skenovacím prostoru.
3. Provede se série pěti skenů o tloušťce řezu  $T_{hk} = 1$ mm s intervalem mezi axiálními skeny  $I_{GAP} = 10$  mm.
4. Film se vyvolá.



Obr. 27: ukázka výsledku a způsobu vyhodnocení testu přesnosti intervalu mezi axiálními skeny

**Vyhodnocení:**

Dle obr. 27 se změří vzdálenost  $l_{GAP1}$  až  $l_{GAP4}$  mezi osami pruhů zobrazených na filmu a vypočte se aritmetický průměr této hodnoty. Tento aritmetický průměr se porovná s indikovanou (nastavenou) hodnotou  $l_{GAP}$ . K orientačnímu posouzení správné reprodukovatelnosti hodnoty  $l_{GAP}$  se mohou s indikovanou (nastavenou) hodnotou  $l_{GAP}$  porovnávat změřené hodnoty  $l_{GAP1}$  až  $l_{GAP4}$ .

**Požadavky, tolerance:**

odchylka naměřené hodnoty  $l_{GAP} \leq 10\%$  indikované hodnoty.

**Četnost:** čtvrtletně.

## 7 Obrazové displeje<sup>4</sup>

Obrazové displeje (image display device) jsou zařízení, pomocí nichž se ze vstupního signálu, poskytovaného zdrojovým systémem, vytváří vizuálně hodnotitelné obrazy zobrazované scény. U diagnostických zobrazovacích systémů platí, že každý článek zobrazovacího řetězce tohoto systému může omezit, případně zhoršit výslednou kvalitu zobrazení vyšetřované scény. Limitujícími prvky výsledného zobrazení bývají zpravidla obrazové displeje. Rozlišení, jas a kontrast jsou determinujícími faktory jejich použitelnosti pro konkrétní diagnostické systémy, metody a pracovní podmínky. Níže popsané postupy mají umožnit obsluze odhalit případné nedostatky v jejich použitelnosti a změny v jakosti zobrazení vytvářeného obrazovým displejem. Pro platnost výsledků zkoušek provozní stálosti je nutné zajistit, aby nebyly významně ovlivněny ničím jiným, než změnami zkoušených parametrů.

### Pomůcky:

- měřič jasu
- denzitometr
- technický zkušební obrazec (SMPTE) – zpravidla je generován programovým vybavením zobrazovacího systému
- klinický referenční snímek

### 7.1 Vizuální kontrola obrazových displejů

Provádí se s cílem posouzení čistoty monitorů, zejména jejich stínítek. V případě potřeby se obrazové displeje čistí speciálními přípravky a pomůckami určenými výhradně pro toto použití.

**Četnost:** denně.

**Požadavky:** stínítka monitorů čistá, bez prachu a otisků prstů.

### 7.2 Neměnnost pozorovacích podmínek

Důležitými hledisky pro vytvoření správných pozorovacích podmínek pro uživatele jsou pracovní místo obrazového displeje a podmínky pracovního prostředí. Pracovní podmínky musí být co nejméně rušeny nebo jinak ovlivňovány podmínkami vnějšího prostředí. Je nutno zajistit, aby žádná z podmínek prostředí neovlivňovala stav vizuální adaptace pozorovatele. Požadavky na světelné podmínky na pracovních místech vyplývají z:

- úrovně osvětlení pracovních míst;
- jasu monitorů;
- ochrany obsluhy před oslněním způsobeným přímým světlem nebo odrazy jasných předmětů.

Osvětlení popisovny (pracovního místa) musí být vyřešeno tak, aby byly zabezpečeny optimální světelné poměry mezi jasnem monitorů a osvětlením pracovního místa. Z důvodu, že práce s obrazovými displeji klade vysoké nároky na zatížení zraku, je nutné nastavením optimálních světelných podmínek předcházet jeho poškození a současně zabezpečit maximální diagnostickou výtěžnost

---

<sup>4</sup> ČSN IEC 1223-2-5 Hodnocení a provozní zkoušky při zpracování lékařských obrazových informací – Část 2-5: Zkoušky stálosti – Obrazové displeje.

hodnocení těchto vyšetření. Všeobecným požadavkem na intenzitu osvětlení těchto pracovních míst je hodnota do 100 lx. Doporučuje se konstrukčně vyřešit osvětlení místnosti světelnými zdroji s plynulou regulací jasu. Na pracovních místech je nutno dosáhnout vyváženého rozložení intenzity osvětlení a instalací vhodných stínících prostředků oken se vyhnout účinkům rušivých odrazů a přímého vlivu slunečního svitu a denního světla na světelné podmínky pracovního místa.

#### **Četnost testu:**

- čtvrtletně
- při všech změnách na pracovní stanici, které mohou ovlivnit optimální podmínky prostředí.

#### **Postup:**

1. Zpočátku, alespoň jeden týden se test provádí denně, aby se stanovily referenční hodnoty světelných poměrů pracovního místa. Test zahrnuje:
  - měření intenzity osvětlení na pracovním místě měřidlem jasu umístěným ve výšce očí pozorovatele. Test se provádí při vypnutém displeji;
  - vizuální kontrolu pracovního místa na přítomnost světelných odrazů na stínítku displeje;
  - vizuální kontrolu pracovního místa na přítomnost světelných zdrojů a přímého světla v zorném poli uživatele.
2. Při dalších zkouškách (pro účely stanovení referenčních hodnot) musí být tyto zaznamenané podmínky reprodukovány. Nejsou-li při vizuálních kontrolách pozorovány žádné další světelné zdroje nebo odražené světelné skvrny, pak zaznamenané výsledky vytvářejí referenční podmínky. Jsou-li pozorovány další světelné zdroje, nebo odražené světelné skvrny, musí být určen jejich původ a musí být odstraněny.
3. Při zkouškách stálosti se srovnává změřená hodnota intenzity osvětlení pracovního místa s referenční hodnotou. Jsou-li zjištěny další světelné zdroje nebo odražené světelné skvrny, musí být určen jejich původ a provedena příslušná nápravná opatření.

**Hodnocení testu:** změřená hodnota intenzity osvětlení se srovná s referenční hodnotou, světelné podmínky se srovnají s referenčními podmínkami a výsledky se zaznamenají.

**Požadavky:** hodnota intenzity osvětlení pracovního místa nesmí být větší než 100 lx, nesmí být zjištěny žádné další světelné zdroje nebo odražené světelné skvrny.

### **7.3 Reprodukce stupnice šedi**

Test se provádí pomocí zkušební obrazce zobrazeném na testovaném displeji. Požadavky na zkušební obrazce pro zkoušky provozní stálosti obrazových displejů i kamer pro trvalý záznam jsou shodné.

#### **Četnost testu:**

- denně – vizuální pozorování odstínů stupnice šedi
- čtvrtletně – měření jasu.

**Postup:**

1. Zpočátku, alespoň jeden týden se test provádí denně, aby se stanovily referenční hodnoty. Všechny uživateli přístupné nastavovací prvky se nastaví tak, jak je v klinické praxi obvyklé. Toto nastavení se zaznamená a stejné nastavení se použije pro všechny zkoušky stálosti. Obrazový displej musí být zapnut alespoň 30 minut před vlastním měřením.
2. Na displeji se zobrazí zpravidla programovým vybavením generovaný referenční zkušební obrazec. Součástí tohoto obrazce je i potřebná stupnice šedi.
3. Na zobrazené stupnici šedi se vizuálně zhodnotí, které stupně šedi lze od sebe rozlišit. Výsledek se zaznamená. Referenční hodnotu získáme jako průměr z tohoto týdenního sledování.
4. Přístrojem k měření jasu se změří jas bílého a černého čtverce. Tato měření je nutné provádět vždy ve stejné vzdálenosti od displeje. Výsledky se zaznamenají. Referenční hodnoty jsou průměrem z těchto během týdne provedených měření.
5. Při zkouškách stálosti se srovnává rozlišitelnost stupňů šedi a hodnoty jasu změřené v bílém a černém čtverci s referenčními hodnotami.

**Hodnocení testu:** změřené hodnoty jasu se srovnají s referenčními hodnotami. Stupně šedi, které lze odděleně vnímat se srovnají s úrovněmi zaznamenanými při výchozí zkoušce stálosti.

**Požadavky:** rozlišitelnost stupňů šedi nesmí klesnout o více než jeden stupeň. Odchylka jasu černého čtverce nesmí být větší než  $\pm 25\%$  a odchylka jasu bílého čtverce nesmí být větší než  $\pm 20\%$  od referenční hodnoty.

#### **7.4 Prostorová rozlišovací schopnost a mezní rozlišitelný kontrast**

Test se provádí pomocí zkušebního obrazce zobrazeného na testovaném displeji. Požadavky na zkušební obrazce pro zkoušky provozní stálosti obrazových displejů i kamer pro trvalý záznam jsou shodné.

**Četnost:** čtvrtletně.

**Postup:**

1. Všechny uživateli přístupné nastavovací prvky se nastaví tak, jak je v klinické praxi obvyklé. Toto nastavení se zaznamená a stejné nastavení se použije pro všechny zkoušky stálosti. Obrazový displej musí být zapnut alespoň 30 minut před vlastním měřením.
2. Na displeji se zobrazí zpravidla programovým vybavením generovaný referenční zkušební obrazec. Součástí tohoto obrazce jsou i potřebné skupiny párů čar.
3. Zobrazení vysocekontrastních proužků na obrazci se potom vizuálně porovnávají s jejich zobrazením při výchozí zkoušce stálosti. Kontrolovanými skutečnostmi jsou:
  - odchylky jasu mezi vodorovnými a svislými proužkovými obrazci téže modulace ve čtyřech rozích;
  - odchylky jasu mezi vodorovnými a svislými proužkovými obrazci téže modulace ve čtyřech rozích a ve středu;

- ostrost vodorovných a svislých proužkových obrazců téže modulace ve čtyřech rozích a ve středu nebo odchylky ostrosti mezi středem a rohy;
- odchylky jasu mezi vodorovnými proužkovými obrazci rozdílné modulace (ve středu);
- odchylky jasu mezi svislými proužkovými obrazci rozdílné modulace (ve středu).

**Hodnocení testu:** zobrazení zkušební obrazce prostorové rozlišovací schopnosti a mezního rozlišitelného kontrastu na displeji musí být při zkouškách stálosti vizuálně posouzeno a hodnocení musí být srovnáno s hodnocením téhož obrazu při výchozí zkoušce stálosti. Vizuálně se posuzují všechny proužkové obrazce na zobrazení.

**Požadavky:** srovnání prostorové rozlišovací schopnosti a mezního rozlišitelného kontrastu na zobrazení při zkoušce stálosti nesmí vykazovat významné odchylky vzhledem k prostorové rozlišovací schopnosti a meznímu rozlišitelnému kontrastu při výchozí zkoušce stálosti.

## 7.5 Linearita přenosu pozičních souřadnic

Test se provádí pomocí zkušební obrazce zobrazeném na testovaném displeji. Požadavky na zkušební obrazce pro zkoušky provozní stálosti obrazových displejů i kamer pro trvalý záznam jsou shodné.

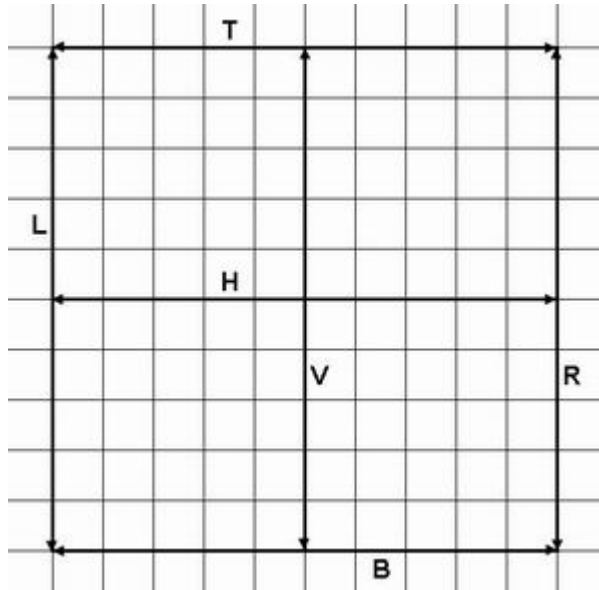
### Četnost:

- denně – vizuální zkoušky
- čtvrtletně – měření.

### Postup:

1. Všechny uživateli přístupné nastavovací prvky se nastaví tak, jak je v klinické praxi obvyklé. Toto nastavení se zaznamená a stejné nastavení se použije pro všechny zkoušky stálosti. Obrazový displej musí být zapnut alespoň 30 minut před vlastním měřením.
2. Na displeji se zobrazí zpravidla programovým vybavením generovaný referenční zkušební obrazec. Součástí tohoto obrazce je i potřebný rastr pro test linearity přenosu pozičních souřadnic.
3. Na zobrazení obrazce pravoúhlého rastru se identifikují přímky nejvíce nahoře (přímka  $t$ ), dole (přímka  $b$ ), vlevo (přímka  $l$ ) a vpravo (přímka  $r$ ). Čtyři průsečíky těchto přímek (tj. čtyři vrcholy pravoúhelníku, tvořeného přímkami  $t$ ,  $b$ ,  $l$  a  $r$  a jeho strany) musí být viditelné.
4. Délky vyznačených úseků se změří takto:
  - $T$  = úsek přímky  $t$  mezi průsečíky s přímkami  $l$  a  $r$ ;
  - $B$  = úsek přímky  $b$  mezi průsečíky s přímkami  $l$  a  $r$ ;
  - $L$  = úsek přímky  $l$  mezi průsečíky s přímkami  $t$  a  $b$ ;
  - $R$  = úsek přímky  $r$  mezi průsečíky s přímkami  $t$  a  $b$ .
5. Zjistí se počet přímek mezi  $t$  a  $b$  a mezi  $l$  a  $r$ . Vybere se vodorovná přímka ( $h$ ) a svislá přímka ( $v$ ), nejbližší mediánům uvedeného pravoúhelníku. Délky úseků na těchto přímkách se změří takto:
  - $H$  = úsek přímky  $h$  mezi průsečíky s přímkami  $l$  a  $r$ ;
  - $V$  = úsek přímky  $v$  mezi průsečíky s přímkami  $t$  a  $b$ .

6. Vizually se posoudí zkrzení obrazu vepsané kružnice (je-li použita) a přítomnost obrysového obrazce na všech čtyřech stranách obrazu (je-li použit).



Obr. 28: schematické znázornění obrazce pravoúhlého rastru k měření přenosu pozičních souřadnic

**Hodnocení testu:** zobrazení obrazce pravoúhlého rastru, vepsané kružnice (je-li použita) a obrysového obrazce (je-li použit) se během zkoušek stálosti posoudí a výsledky se srovnají s výsledky získanými při výchozí zkoušce stálosti. Totéž platí i pro délkové poměry naměřené na obrazci pravoúhlého rastru.

- Na obrazci pravoúhlého rastru se vizuálně posuzuje:
  - zkrzení;
  - čtvercová pole, jevící se jako obdélníková;
  - poduškovité nebo soudkovité zkrzení;
  - nelinearita;
  - délky **T**, **B**, **L**, **R**, **H** a **V**.
- Na vepsané kružnici (je-li použita) se vizuálně posuzuje:
  - zkrzení kružnice a správnost orámování.
- Na obrysovém obrazci (je-li použit) se vizuálně posuzuje:
  - jeho přítomnost na všech čtyřech stranách obrazu.

**Požadavky:** výsledky získané vizuálním posouzením při zkouškách stálosti se nesmí významně lišit od výsledků získaných při výchozí zkoušce stálosti. Kterékoliv délky, měřené na těchto zobrazeních, se nesmí lišit o více než 5% od příslušných délek změřených na referenčním zobrazení.

## 7.6 Stabilita a artefakty obrazu

Test se provádí pomocí zkušební obrazce zobrazeného na testovaném displeji. Požadavky na zkušební obrazce pro zkoušky provozní stálosti obrazových displejů i kamer pro trvalý záznam jsou shodné.

Stanovit přesná kritéria pro posuzování stability a artefaktů obrazu je vzhledem k jejich nekvantifikovatelné a na vnímání subjektem závislé povaze velice obtížné.

**Četnost:** vizuálně denně.

### Postup:

1. Všechny uživateli přístupné nastavovací prvky se nastaví tak, jak je v klinické praxi obvyklé. Toto nastavení se zaznamená a stejné se použije pro všechny zkoušky stálosti. Obrazový displej musí být zapnut alespoň 30 minut před vlastním měřením.
2. Na displeji se zobrazí zpravidla programovým vybavením generovaný referenční zkušební obrazec.
3. Stabilitu obrazu hodnotíme tak, že si všímáme nežádoucích jevů, kterými mohou být např.:
  - nadměrné blikání;
  - nesprávné prokládání řádků;
  - vodorovné nebo svislé pohyby;
  - časově závislé zkeslení přenosu pozičních souřadnic.
4. Všechny ostatní odchylky jakosti obrazu zkušební obrazce nebo jasu, které nejsou součástí obrazu, by měly být považovány za artefakty a příslušně ošetřeny. Příčinami artefaktů obrazu mohou být např.:
  - vypálení luminoforu;
  - skvrny;
  - duchy;
  - zákmity na černo-bílých přechodech;
  - viditelné příčné bílé čáry (zpětné běhy).

**Hodnocení testu:** hledají se odchylky mezi skutečnostmi zjištěnými při zkouškách stálosti vzhledem ke skutečnostem zjištěným při výchozí zkoušce stálosti.

**Požadavky:** výsledky získané vizuálním posouzením při zkouškách stálosti se nesmí významně lišit od výsledků získaných při výchozí zkoušce stálosti.

### 7.7 Hlediska barevnosti

Jedná-li se o barevný obrazový displej, provedou se navíc zkoušky stálosti následujících vlastností zobrazovacího systému:

- konvergence barevných složek;
- stálost odstínů stupnice šedi;
- vyváženost barev;
- absence permutací barevných kanálů;
- neutrální podání obrazce rozlišovací schopnosti.

**Četnost:** čtvrtletně.

### Postup:

1. Všechny uživateli přístupné nastavovací prvky se nastaví tak, jak je v klinické praxi obvyklé. Toto nastavení se zaznamená a stejné nastavení se použije pro všechny zkoušky stálosti. Obrazový displej musí být zapnut alespoň 30 minut před vlastním měřením.
2. Na displeji se zobrazí zpravidla programovým vybavením generovaný referenční zkušební obrazec.
3. Na tomto zkušebním obrazci se provede kontrola hledisek barevnosti následovně:
  - **konvergence barevných složek** – vizuálně se zkontroluje obrazec pravoúhlého rastru. Hledají se případné neshodné barevné čáry na



svislých a vodorovných přímkách obrazce pravoúhlého rastru. Jsou-li nalezeny, přítomnost tohoto jevu a místo výskytu se zaznamená;

- **stálost odstínů stupnice šedi** – hledají se případné změny odstínu na stupnici šedi a poznamená se jeho posun včetně příslušného místa stupnice šedi;
- **absence nevýznamných barevných oblastí** – na obrazci pravoúhlého rastru nebo obrazci prostorové rozlišovací schopnosti a mezního rozlišitelného kontrastu se hledají možné barevné oblasti na homogenním pozadí. Jsou-li nalezeny, zaznamená se jejich přítomnost a barevný odstín jevu i místo výskytu;
- **vyváženost barev** – pozoruje se celkové barevné podání obrazu a zaznamenává se dojem z tohoto zobrazení. Zvláštní pozornost by měla být věnována výrazně nepřirozeně barevným laděním obrazu;
- **absence permutací barevných kanálů** – pozorují se barvy a souvisící místa tří barevných oblastí a výsledky se zaznamenají.
- **Neutrální podání obrazce rozlišovací schopnosti** – hledá se možná přítomnost barvy (barev) v obrazci rozlišovací schopnosti. Zaznamená se přítomnost jevu, barvy a místo jejich výskytu.

4. Výsledky se zaznamenají.

**Hodnocení testu:** při zkouškách stálosti se kontrolují zobrazení na displeji a nálezy se srovnávají se zaznamenanými referenčními pozorováními.

**Požadavky:** výsledky zkoušek stálosti vlastností barevných displejů se nesmí významně lišit od výsledků získaných při výchozí zkoušce stálosti.

## 8 Kamery pro trvalý záznam<sup>5</sup>

Kamery pro trvalý záznam (hard copy camers) jsou zařízení, vytvářející ze vstupního signálu poskytovaného zobrazovacím systémem (pomocí snímacích obrazovek, laserového svazku, termotisku apod.) trvalé obrazy na listovém materiálu (např. na fotografickém filmu nebo materiálech citlivých na infračervené záření). U diagnostických zobrazovacích systémů determinuje každý článek zobrazovacího řetězce výslednou kvalitu zobrazení tohoto systému. Z tohoto pohledu jsou kamery pro trvalý záznam jedny z nejdůležitějších prvků tohoto řetězce. Při jejich nesprávné funkci může být degradována i jinak správná funkce ostatních částí řetězce. Níže popsané zkušební postupy mají umožnit obsluze zjistit změny v jakosti zobrazení vytvářeného kamerami pro trvalý záznam. Pro platnost výsledků zkoušek provozní stálosti je nutné zajistit, aby nebyly významně ovlivněny ničím jiným, než změnami zkoušených parametrů. Zejména se jedná o používání vždy stejného typu zobrazovacího média.

**Četnost:** týdně.

**Pomůcky:**

- zkušební film (zobrazovací médium)
- bodový denzitometr
- technický zkušební obrazec (SMPTE) – zpravidla je generován programovým vybavením každé kamery pro trvalý záznam
- klinický referenční snímek

### 8.1 Reprodukce stupnice šedi

Realizuje se pomocí zobrazení stupnice šedi zkušebního obrazce. Stupnice šedi se 16 až 32 rovnoměrně rozdělenými úrovněmi intenzity (zčernání) musí s využitím plného dynamického rozsahu zdroje vstupu obrazu poskytovat na digitální stupnici řadu optických hustot, zahrnující rozsah od 0,25 do 1,6 (nad optickou hustotu podložky a závoje filmu). Lze však použít i obrazec se sníženým počtem 11 rovnoměrně rozdělených úrovní šedi, pokud jsou jeho součástí další dvě úrovně, odpovídající polovině stupně od první a poslední úrovně (5% a 95% modulace). Výška každého úseku stupnice šedi však nesmí být menší než 1/16 výšky obrazu. Všechny tyto základní znaky obsahuje obrazec SMPTE.

**Poznámka:** modulací pro potřeby realizace tohoto a dalších testů se rozumí procentuální úroveň optické hustoty škály šedi s krajními hodnotami, kdy 100% modulace odpovídá nejnižší dosažené optické hustotě a 0% modulace odpovídá nejvyšší dosažené optické hustotě.

**Postup:**

1. Na záznamové médium se zaznamená zpravidla programovým vybavením generovaný referenční zkušební obrazec. Součástí tohoto obrazce je i potřebná stupnice šedi.
2. Ke stanovení referenčních hodnot se vyberou tři stupně obrazu stupnice šedi. Tyto vybrané stupně pak budou sledovány při zkouškách provozní

---

<sup>5</sup> ČSN IEC 1223-2-4 Hodnocení a provozní zkoušky při zpracování lékařských obrazových informací – Část 2-4: Zkoušky stálosti – Kamery pro trvalý záznam

stálosti. Musí splňovat následující požadavky na optickou hustotu, měřenou nad úrovní optické hustoty podložky a závoje filmu):

- $B1_{\text{Ref.}} = 0,20 \pm 0,05$
- $B2_{\text{Ref.}} = 1,00 \pm 0,15$
- $B3_{\text{Ref.}} = 1,75 \pm 0,20$

3. Záznamová média exponovaná během zkoušek stálosti, se potom porovnávají s tímto referenčním záznamem.

**Hodnocení testu:** hodnoty optických hustot vybraných stupňů (B1, B2 a B3) se porovnávají s referenčními hodnotami.

**Požadavky:** úrovně tolerancí pro optické hustoty stupňů B1, B2 a B3 stupnice šedi jsou:

- $B1 = B1_{\text{Ref.}} \pm 0,05$
- $B2 = B2_{\text{Ref.}} \pm 0,20$
- $B3 = B3_{\text{Ref.}} \pm 0,25$

## 8.2 Prostorová rozlišovací schopnost a mezní rozlišitelný kontrast

Zkušební obrazec, zpravidla generovaný programovým vybavením kamery pro trvalý záznam musí obsahovat svislé a vodorovné skupiny párů čar umístěné na pěti místech obrazce (čtyři rohy a střed). Modulace párů čar musí být 100%. Ve středu zkušební obrazce by k realizaci tohoto testu měly nacházet rovněž nízkokontrastní proužkové obrazce (skupiny párů čar) s modulací 25% a 6,25%, symetricky umístěné kolem 50% hodnoty modulace stupnice šedi. Všechny tyto základní znaky obsahuje obrazec SMPTE.

### Postup:

1. Na záznamové médium se zaznamená zpravidla programovým vybavením generovaný referenční zkušební obrazec. Součástí tohoto obrazce jsou i potřebné skupiny párů čar.
2. Záznamová média, exponovaná během zkoušek stálosti se potom vizuálně porovnávají s referenčním záznamem. Kontrolovanými skutečnostmi jsou:
  - odchylky jasů mezi vodorovnými a svislými proužkovými obrazci téže modulace ve čtyřech rozích;
  - odchylky jasů mezi vodorovnými a svislými proužkovými obrazci téže modulace ve čtyřech rozích a ve středu;
  - ostrost vodorovných a svislých proužkových obrazců téže modulace ve čtyřech rozích a ve středu nebo odchylky ostrosti mezi středem a rohy;
  - odchylky jasů mezi vodorovnými proužkovými obrazci rozdílné modulace (ve středu);
  - odchylky jasů mezi svislými proužkovými obrazci rozdílné modulace (ve středu).

**Hodnocení testu:** obraz zkušební obrazce prostorové rozlišovací schopnosti a mezního rozlišitelného kontrastu na filmu musí být při zkouškách stálosti vizuálně posouzen srovnáním s tímtož obrazem na referenčním filmovém záznamu. Vizuálně se posuzují všechny proužkové obrazce na obrazech.

**Požadavky:** srovnání prostorové rozlišovací schopnosti a mezního rozlišitelného kontrastu na obrazech zaznamenaných na záznamové médium při zkoušce stálosti a na referenčním záznamu nesmí vykazovat významné odchylky.

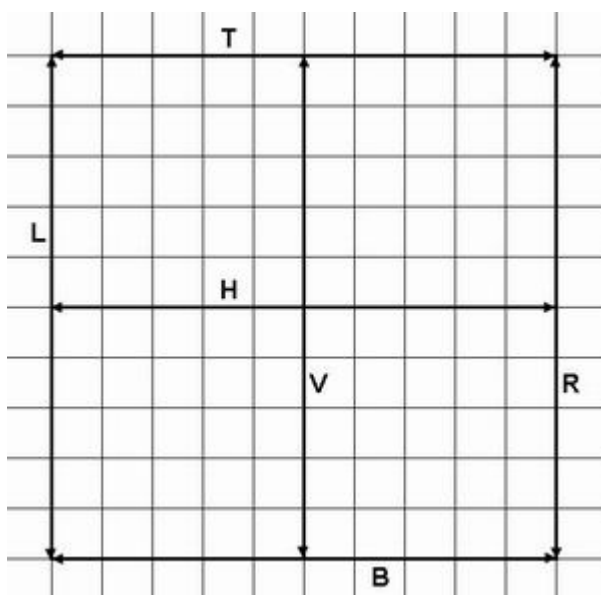
**Četnost:** týdně.

### 8.3 Linearita přenosu pozičních souřadnic

Linearitu přenosu pozičních souřadnic hodnotíme pomocí pravoúhlého rastru, který je součástí zkušební obrazce, zpravidla generovaného programovým vybavením kamery pro trvalý záznam. Rastr musí mít 11 až 17 přímek (přednostně lichý počet) na výšku i šířku zkušební obrazce. Vodorovné i svislé přímky musí mít tloušťku 2 pixely a 100% modulaci, aby byla umožněna jejich dobrá viditelnost na homogenním pozadí, které musí být tvořeno 50% modulací. Na hranici zkušební obrazce by měl být zobrazen rozeznatelný obrysový obrazec pro snadné posouzení zkreslení a ořezání. Všechny tyto základní znaky obsahuje obrazec SMPTE.

#### Postup:

1. Na záznamové médium se zaznamená zpravidla programovým vybavením generovaný referenční zkušební obrazec. Součástí tohoto obrazce je i potřebný rastr pro test linearity přenosu pozičních souřadnic.
2. Na snímku obrazce pravoúhlého rastru se identifikují přímky nejvíce nahoře (přímka **t**), dole (přímka **b**), vlevo (přímka **l**) a vpravo (přímka **r**). Čtyři průsečíky těchto přímek (tj. čtyři vrcholy pravoúhelníku, tvořeného přímkami **t**, **b**, **l** a **r** a jeho strany) musí být viditelné.
3. Délky vyznačených úseků se změří takto:
  - **T** = úsek přímky **t** mezi průsečíky s přímkami **l** a **r**;
  - **B** = úsek přímky **b** mezi průsečíky s přímkami **l** a **r**;
  - **L** = úsek přímky **l** mezi průsečíky s přímkami **t** a **b**;
  - **R** = úsek přímky **r** mezi průsečíky s přímkami **t** a **b**.
4. Zjistí se počet přímek mezi **t** a **b** a mezi **l** a **r**. Vybere se vodorovná přímka (**h**) a svislá přímka (**v**), nejbližší mediánům uvedeného pravoúhelníku. Délky úseků na těchto přímkách se změří takto:
  - **H** = úsek přímky **h** mezi průsečíky s přímkami **l** a **r**;
  - **V** = úsek přímky **v** mezi průsečíky s přímkami **t** a **b**.



Obr. 29: schematické znázornění obrazce pravoúhlého rastru k měření přenosu pozičních souřadnic

**Hodnocení testu:** záznamová média, exponovaná během zkoušek stálosti, se porovnávají s referenčním záznamem. Vizually se posuzuje:

- zkreslení;
- čtvercová pole, jevící se jako obdélníková;
- poduškovité nebo soudkovité zkreslení;
- nelinearita.

**Požadavky:** srovnání zkušebních obrazců pro linearitu přenosu pozičních souřadnic na obrazech zaznamenaných na záznamovém médiu při zkoušce stálosti a na referenčním záznamu nesmí vykazovat významné odchylky. Kterékoliv délky, měřené na těchto obrazech, se nesmí lišit o více než 5% od příslušných délek na referenčním záznamu.

**Četnost:** týdně.

## 8.4 Struktura kresby

Tímto testem se ověřuje, zda řádně pracuje systém prokládání řádků (přítomnost nebo nepřítomnost viditelných čárových struktur) a posuzuje se homogenita pozadí těchto struktur. Prostředkem pro realizaci tohoto testu je zkušební obrazec, který musí být kombinací dvou zkušebních prvků:

- první vytváří homogenní pozadí s optickou hustotou  $1,0 \pm 0,3$  nad optickou hustotou podložky a závoje filmu;
- druhý sestává ze svislých a vodorovných vysocekontrastních zkušebních obrazců.

Všechny tyto základní znaky obsahuje obrazec SMPTE.

### Postup:

1. Na záznamové médium se zaznamená zpravidla programovým vybavením kamery pro trvalý záznam generovaný referenční zkušební obrazec. Součástí tohoto obrazce jsou i prvky potřebné pro vyhodnocení strukturu kresby.
2. Filmy exponované během zkoušek stálosti se potom porovnávají s referenčním záznamem.

**Hodnocení testu:** obrazy zkušebních prvků pro strukturu kresby pořízené při zkouškách stálosti se srovnávají s referenčním záznamem.

**Požadavky:** srovnání zkušebních prvků pro strukturu kresby na obrazech zaznamenaných na záznamovém médiu při zkoušce stálosti a na referenčním záznamu nesmí vykazovat významné odchylky. Zejména musí být zabezpečena homogenita pozadí pro čárové struktury a jednotlivé páry čar musí mít zřetelně ohraničené okraje bez znatelných interferencí a nelinearit.

**Četnost:** týdně.

## 8.5 Klinický referenční snímek

Klinický referenční snímek se pořizuje v obvyklé oblasti použití kontrolované kamery pro trvalý záznam.

### **Postup:**

1. V režimu typickém pro obvyklou oblast použití se nejprve na záznamové médium provede klinický referenční snímek.
2. Snímky provedené v dané typické oblasti použití během zkoušek stálosti se potom porovnávají se záznamem referenčního klinického snímku.

**Hodnocení testu:** obrazy klinických snímků pořízené při zkouškách stálosti se srovnávají se záznamem referenčního klinického snímku.

**Požadavky:** srovnání klinických referenčních snímků na obrazech zaznamenaných na záznamovém médiu při zkoušce stálosti a na referenčním záznamu nesmí vykazovat významné odchylky.

**Četnost:** týdně.

## 9 Závěr zkoušky provozní stálosti CT zařízení

O výsledku zkoušky je nutno vypracovat protokol, který obsahuje:

- jméno osoby, která zkoušku provedla
- datum zkoušky
- jednoznačnou identifikaci zařízení, kterého se zkouška týká
- všechny expoziční parametry, které zařízení indikuje nebo obsluha nastavuje (pro každý test samostatně).
- testovací pomůcky a měřicí přístroje s uvedením typu a výrobního čísla
- tolerance hodnocených parametrů a ověřovaných skutečností s vyjádřením "Soulad – Ano / Ne".

**Poznámka:** v textové zprávě se doporučuje se zobrazovat výsledky jednotlivých zkoušek provozní stálosti také v grafech, které usnadňují sledování kolísání jednotlivých parametrů. Případné odchylky tak nelze přehlednout na rozdíl od textové formy zápisu výsledků (zkušební zpráva, protokol).

V případě negativního závěru zkoušky informovat osoby na daném pracovišti odpovědné za každodenní péči o zkoušený přístroj a dále postupovat dle PZJ.

### **Příloha 3: Záznamy vstupních parametrů CT vyšetření.**

Optimalizace radiační ochrany při lékařském vyšetření se dosahuje především volbou vhodného radiodiagnostického postupu a dodržováním programu jakosti. Je třeba používat doporučených provozních parametrů vyšetřovacího zařízení s uvážením požadavků na kritéria správného zobrazení a s použitím správné zobrazovací techniky tak, aby dávky v tkáních ve vyšetřované části těla byly co nejnižší, aniž by to zabránilo získání nezbytné diagnostické informace.

Podle současné legislativy je držitel povolení povinen zaznamenávat údaje umožňující posouzení velikosti ozáření vyšetřované osoby. Záznamy jsou určeny pro zpětný výpočet, příp. odhad střední absorbované dávky.



## Seznam použité literatury

- [ 1 ] ČSN IEC 788 Lékařská radiologie – Terminologie, Český normalizační institut 1999, Třídící znak 84 0003
- [ 2 ] Report of Assembly (Form FDA 2579) is required for diagnostic x-ray components – Ch. I § 1020.33
- [ 3 ] ČSN 018015 Znak radiačního nebezpečí. Tvar a rozměry
- [ 4 ] ČSN EN 61223-2-5 Hodnocení a provozní zkoušky při zpracování lékařských informací – Část 2-5: Zkoušky stálosti – Obrazové displeje, Český normalizační institut 1997, Třídící znak 85 4012
- [ 5 ] ČSN EN 61223-2-4 Hodnocení a provozní zkoušky při zpracování lékařských informací – Část 2-4: Zkoušky stálosti – Kamery pro trvalý záznam, Český normalizační institut 1997, Třídící znak 85 4012
- [ 6 ] Vyhláška č. 307/2002 Sb. Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně
- [ 7 ] Zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů
- [ 8 ] ČSN EN 60601-1-3 Zdravotnické elektrické přístroje – Část 1: Všeobecné požadavky na bezpečnost – 3. skupinová norma: Všeobecné požadavky na ochranu před zářením u diagnostických rentgenových zařízení, Český normalizační institut, 1997, Třídící znak 36 4800
- [ 9 ] ČSN EN 60601-2-44 Zdravotnické elektrické přístroje – Část 2-44: Zvláštní požadavky na bezpečnost rentgenových zařízení pro výpočetní tomografii, Český normalizační institut, 2000, Třídící znak 36 4800
- [ 10 ] ČSN EN 61223-2-6 Hodnocení a provozní zkoušky při zpracování lékařských obrazových informací – Část 2-6: Zkoušky stálosti – Rentgenová zařízení pro výpočetní tomografii, Český normalizační institut, 1996, Třídící znak 85 4012
- [ 11 ] ČSN EN 60601-2-7 Zdravotnické elektrické přístroje – Část 2-7: Zvláštní požadavky na bezpečnost vysokonapěťových zdrojů diagnostických rentgenových generátorů, Český normalizační institut, 1999, Třídící znak 36 4800
- [ 12 ] Vyhláška č. 146/1997 Sb. Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, kterou se stanoví činnosti, které mají bezprostřední vliv na jadernou bezpečnost, a činnosti zvláště důležité z hlediska radiační ochrany, požadavky na kvalifikaci a odbornou přípravu, způsob ověřování zvláštní odborné způsobilosti a udělování oprávnění vybraným pracovníkům a způsob provedení schvalované dokumentace pro povolení k přípravě vybraných pracovníků ve znění vyhlášky č. 315/2002 Sb.
- [ 13 ] Zákon č. 505/90 Sb., o metrologii, poslední úpravy 4/1993 a 20/1993 Sb.
- [ 14 ] ČSN EN 60601-1: Zdravotnické elektrické přístroje. Část 1: Všeobecné požadavky na bezpečnost, Český normalizační institut, 1997, Třídící znak 36 4800
- [ 15 ] ČSN IEC 878: 1988, Značky nahrazující nápisy – Grafické značky nahrazující nápisy – Grafické značky pro elektrická zařízení ve zdravotnictví, Český normalizační institut, 1998, Třídící znak 36 4806

- [ 16 ] ČSN EN 60601-2-28, Zdravotnické elektrické přístroje – Část 2.: Zvláštní požadavky na bezpečnost sestav zdroje rentgenového záření a rentgenových zářičů pro lékařskou diagnostiku, Český normalizační institut, 1997, Třídící znak 36 4800
- [ 17 ] ČSN IEC 1223-1 Hodnocení a provozní zkoušky při zpracování lékařských obrazových informací – Část 1: Všeobecná hlediska, Český normalizační institut 1999, Třídící znak 85 4012