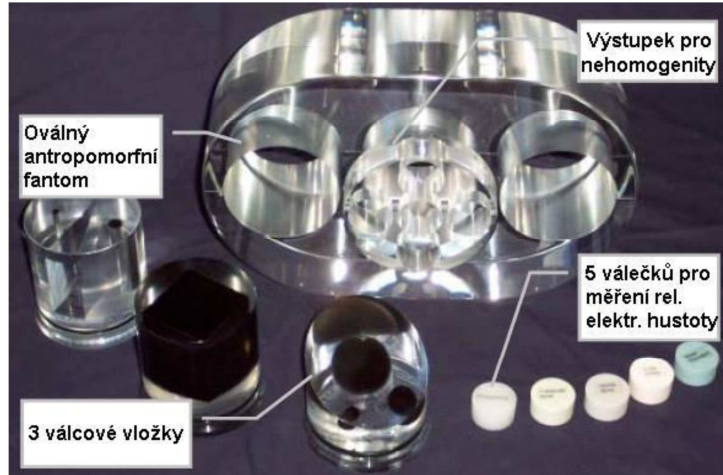


Postup pro pracoviště

Popis QUASAR antropomorfního fantomu

QUASAR antropomorfní fantom je zobrazen na Obr. 1.



Obr. 1: QUASAR antropomorfní fantom

Tento fantom simuluje část těla pacienta a skládá se ze tří vyjímatelných válcových vložek. V jedné z vložek jsou umístěny dvě různě velké krychle z různých materiálů (delrin, akryl). Zbylé dvě vložky obsahují vzduchový klín a válečky a koule z delrinu o různých průměrech. Fantom dále obsahuje pět válečků o známých relativních elektronových hustotách (RED). Tyto válečky simulují RED pro:

- plíce v nádechu
- polyethylen (podobný tukové tkáni)
- vodu
- řídkou kost (trabecular bone)
- hustou kost (dense bone)

Postup nasnímání QUASAR antropomorfního fantomu na CT

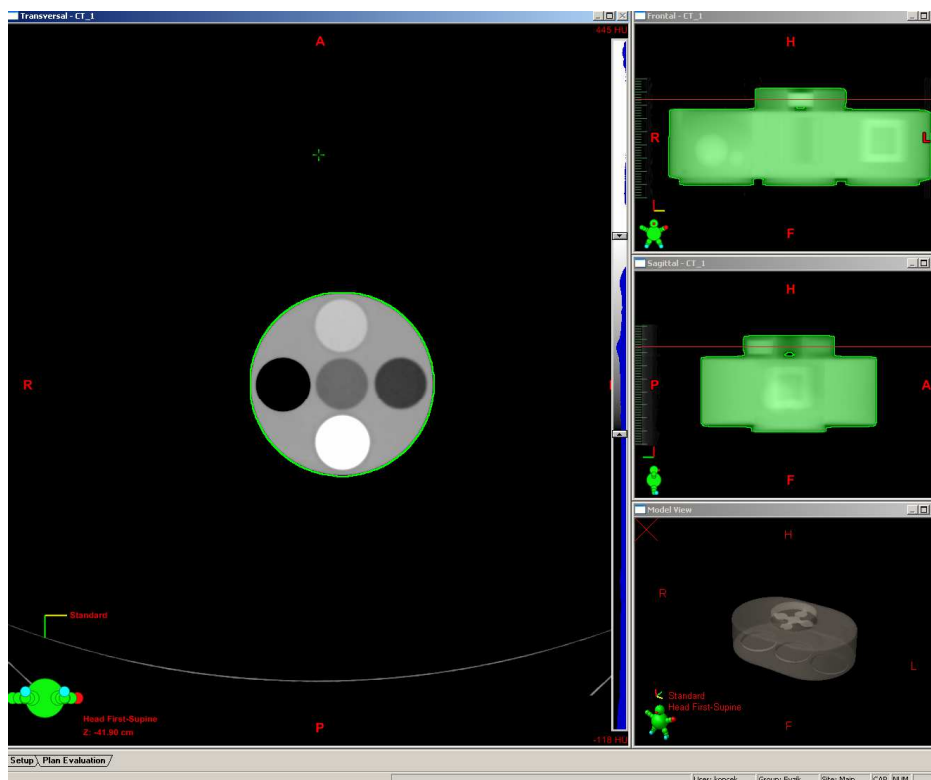
1. Ve fantomu jsou již zasunuty 3 válcové vložky a 5 válečků simulujících nehomogenity. Při vyndávání fantomu z kufru dávejte pozor, aby vložky a válečky z fantomu nevypadly a nerozbily se. Zkontrolujte, že váleček o RED řídké kosti (trabecular bone) se nachází naproti válečku o RED husté kosti (dense bone), a že váleček o RED vody je umístěn uprostřed. Umístěte fantom na rovný CT stůl výstupkem s válečky simulujícími nehomogenity blíže ke gantry. Zaměřovací lasery by měly dopadat na značky k tomu určené na oválné části fantomu.
2. Nasnímejte fantom na CT dle vašich zvyklostí (běžně používaná tloušťka řezu) po celé jeho délce. Tloušťka řezu a posunutí by nemělo překročit 5 mm.
3. Přeneste sadu CT řezů do plánovacího systému.
4. Do dotazníku vyplňte údaje o CT skeneru, tloušťku řezů a vzdálenost řezů.

Stanovení CT čísel v CT konzoli

1. V CT konzoli vyberte transverzální CT řez v blízkosti středu části fantomu s válečky pro ověření RED.
2. Ve středu každé projekce pěti válečků uvažujte plochu přibližně $1,5 \times 1,5 \text{ cm}^2$ a stanovte průměrná CT čísla. Pokud softwarové nástroje CT konzole neumožňují výpočet průměrného CT čísla ve vybrané oblasti, stanovte průměrná CT čísla pomocí průměrných hodnot CT čísel v jednotlivých bodech vybrané oblasti.
3. Průměrná CT čísla zaznamenejte do dotazníku.

Stanovení CT čísel v plánovacím systému

1. V plánovacím systému vyberte transverzální CT řez v blízkosti středu části fantomu s válečky pro ověření RED (viz Obr. 2).
2. Ve středu každé projekce pěti válečků uvažujte plochu přibližně $1,5 \times 1,5 \text{ cm}^2$ a stanovte průměrná CT čísla. Pokud softwarové nástroje plánovacího systému neumožňují výpočet průměrného CT čísla ve vybrané oblasti, stanovte průměrná CT čísla pomocí průměrných hodnot CT čísel v jednotlivých bodech vybrané oblasti.
3. Průměrná CT čísla zaznamenejte do dotazníku.



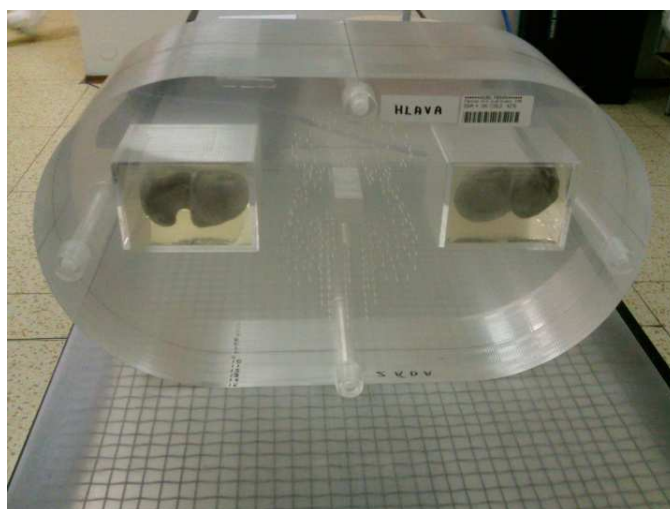
Obr. 2: Ukázka transverzálního CT řezu v blízkosti středu části fantomu s válečky pro ověření RED

Stanovení relativních elektronových hustot (RED)

1. V plánovacím systému vyberte transverzální CT řez v blízkosti středu části fantomu s válečky pro ověřování RED.
2. Pokud plánovací systém umožňuje zobrazovat přímo RED, stanovte průměrné RED pro jednotlivé válečky simulující nehomogenity analogickým způsobem, jako při stanovení CT čísel.
3. Pokud plánovací systém neumí zobrazovat RED, je nutné průměrné RED spočítat z CT čísel. Rovnice, jež převádí CT čísla na RED, by měla být uvedena v manuálu pro plánovací systém. Stanovené průměrné RED pro jednotlivé válečky zaznamenejte do dotazníku.

Popis fantomu malé pánve

Fantom malé pánve je zobrazen na Obr. 3.



Obr. 3: Fantom malé pánve

Fantom má znázorňovat oblast malé pánve. Geometrické parametry fantomu byly navrženy na základě podkladů získaných z reálných anatomických struktur vybraných pacientů s karcinomem prostaty léčených ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady v roce 2009 externí radioterapií. Fantom se skládá z 15 desek z PMMA. Ve fantomu jsou umístěny dvě nádoby, ve kterých jsou umístěny kosti. Kosti jsou v nádobách fixovány lukoprenem. Zároveň jsou ve fantomu prostřednictvím otvorů o průměru 1,5 mm naznačeny na vybraných deskách struktury simulující cílový objem (PTV), kterým je prostata, a kritické orgány, kterými jsou rektum a močový měchýř. Ve fantomu je v oblasti cílového objemu otvor, kam lze vložit inserty pro ionizační komory PTW 30013, CC01 a Semiflex. Inserty pro komory PTW 30013 a CC01 se vezmou z I^mRT fantomu Scanditronix Wellhofer. V oblasti rekta je otvor, kam lze vložit ionizační komoru Semiflex. Fantom je navržen tak, že se střed vložených ionizačních komor CC01 a Semiflex nachází přesně v transverzální rovině vedené středem desky č. 8. Spolu s fantomem je na pracoviště zaslán i insert pro vyplnění otvoru v cílovém objemu. Mezi desky fantomu lze vkládat gafchromické filmy.

Centrální CT řez fantomu je řez deskou fantomu č. 8, ve které se nachází geometrický střed fantomu. Geometrický střed fantomu by se měl nacházet na centrálním CT řezu fantomu.

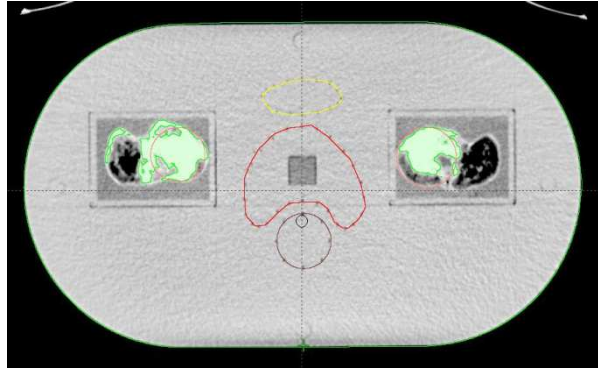
Na centrálním CT řezu fantomu jsou definovány 3 body:

- X_{PTV} bod v cílovém objemu, který je umístěn do místa, kde lze očekávat střed ionizační komory CC01 (tj. střed čtverce $2 \times 2 \text{ cm}^2$),
- X_{rec} bod v rektu, ve středu otvoru pro komoru Semiflex,
- $X_{rec,wall}$ bod ve stěně rekta co nejbližší k cílovému objemu (tj. bod, kde kruh znázorňující otvor pro komoru teče kruh vyznačující rektum).

Mimo centrální CT řez fantomu jsou definovány ještě body $X_{PTV+1cm}$ a $X_{PTV+3cm}$. Tyto body se od bodu X_{PTV} liší pouze tím, že jsou od bodu X_{PTV} vzdáleny 1 cm, resp. 3 cm v longitudinálním směru („posun směrem k nohám“). Bod $X_{PTV+1cm}$ by se měl nacházet v desce fantomu č. 7, bod $X_{PTV+3cm}$ by se měl nacházet v desce č. 5. Oba dva body se nacházejí v plánovacím cílovém objemu (PTV).

Postup nasnímání fantomu malé pánve na CT a vytvoření ozařovacích plánů

1. Na fantomu je předem označena pomocí kontrastního markeru transverzální rovina, v níž bude umístěn gafchromický film a ve které bude vyexportována dávková distribuce z plánovacího systému. Ověřte, že tento marker se nachází mezi deskami fantomu číslo 9 a 10 (to je 1,5 cm od středu desky č. 8, kde je vyznačen kříž na horní ploše fantomu). Vzdálenost mezi touto rovinou a koncem fantomu (kde jsou šrouby) je 6 cm.
2. Nasnímejte fantom malé pánve (s výplní otvoru v cílovém objemu bílým plným hranolem o rozměrech $2 \times 2 \times 16 \text{ cm}^3$) na CT dle vašich zvyklostí (běžně používaná tloušťka řezu, běžně používaná orientace pacienta tj. poloha na zádech nebo na břiše). Na fantom si můžete udělat pomocné značky nebo kontrastní markery, jako kdyby se jednalo o snímkování pacienta (pro zajištění přesného umístění fantomu při ozařování terapeutického plánu prostaty). Šrouby na fantomu musí být umístěny směrem ke gantry (tj. ta strana fantomu, na které je nalepen čárový kód). Snímky přeneste do plánovacího systému. Do dotazníku vyplňte polohu pacienta (na břiše, na zádech), tloušťku řezů a vzdálenost řezů (pokud se liší od CT skenu QUASAR fantomu).
3. Proveďte konturování struktur na všech řezech fantomu dle zvyklostí pracoviště (můžete využít konturovacích nástrojů nebo spojovat body přímkami). Ve fantomu se nachází ve střední části velké množství vyvrtaných děr (o průměru 1,5 mm), které vyznačují PTV a kritické orgány rektum a močový měchýř. Kromě toho zakonturujte hlavice femuru a Obrys těla (Body). Pokud používáte pro konturování template, můžete zakonturovat i skelet (viz Obr. 4). Odečtěte v plánovacím systému vypočtené objemy jednotlivých struktur a zaznamenejte je do dotazníku.



Obr. 4. Transverzální řez fantomem malé pánve. Červeně je zakontrováno PTV, žlutě močový měchýř, hnědě rektum, zeleně skelet, fialově hlavice femuru. Šedý čtverec - otvor pro vkládání insertu pro komoru PTW 30013, CC01 a Semiflex, kolečko v rektu – otvor pro vkládání ionizační komory Semiflex.

4. Vytvořte plán pro ověření kalibrace svazku: vodní fantom, přímé pole pro úhel gantry 0° , velikost pole $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Zadejte referenční bod na ose svazku v hloubce 11 cm pro SSD 89 cm, zvolte energii použitou pro terapeutický plán, dávka v referenčním bodě je 2 Gy. Počet MU zaznamenejte do dotazníku.
5. Vytvořte kalibrační plán pro komoru CC01 a Semiflex: Na centrálním CT řezu fantomu stanovte bod X_{PTV} (střed čtverce $2 \times 2 \text{ cm}^2$). Vytvořte přímé pole pro úhel gantry 0° , velikost pole je $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Zvolte energii použitou pro terapeutický plán. Střed pole umístěte do bodu X_{PTV} . Nastavte SSD tak, aby vzdálenost SAD k bodu X_{PTV} byla 100 cm. Posuňte fantom v longitudinálním směru o 1 cm ke gantry. Geometrie radiačního pole zůstává nezměněna. Do bodu na centrální ose svazku ve vzdálenosti SAD 100 cm předepište dávku 2 Gy. Odečtěte pro tuto geometrii počet MU v tomto bodě. Počet MU zaznamenejte do dotazníku.
6. Pomocí techniky IMRT nebo IMAT vytvořte klinicky přijatelný terapeutický plán prostaty. Terapeutický plán vytvořte dle zvyklostí, tj. zvolte fotonovou energii, počet, směr polí a celkovou předepsanou dávku, přičemž předepsaná dávka na frakci bude 2 Gy. V případě IMRT plánu volte optimalizační kritéria dle zvyklostí. Zaznamenejte do dotazníku celkovou předepsanou dávku a počet frakcí. Svazky by měly být koplanární. Zaznamenejte do dotazníku izodózu, na kterou předepisujete dávku. Normalizaci proveďte dle zvyklostí. Odečtěte dávky na jednu frakci v bodech X_{PTV} , $X_{PTV+1\text{cm}}$, $X_{PTV+3\text{cm}}$, $X_{\text{rec,wall}}$ a X_{rec} a zaznamenejte je do dotazníku. Pro body X_{PTV} a $X_{\text{rec,wall}}$ zaznamenejte do dotazníku také dílčí dávky pro jednotlivá pole. K vyplněnému dotazníku přiložte výtisk DVH a vyhodnocení DVH pro terapeutický plán. DVH pro jednotlivé struktury vyexportujte nejlépe jako soubor ASCII a zašlete je emailem na emailovou adresu: vladimir.dufek@suro.cz (viz bod 11).
7. Vyexportujte dvojrozměrnou dávkovou distribuci pro terapeutický plán: Zvolte příslušný transverzální řez (ten, kde bude viditelný kontrastní marker). Velmi pečlivě a pokud možno co nejpřesněji stanovte střed fantomu ve zvoleném řezu. Tento bod označte jako počátek souřadné soustavy („nulový bod“). Pro stanovení nulového bodu využijte toho, že výška fantomu je 240 mm a šířka 420 mm. Výškově je nulový bod 1 mm pod spodním okrajem insertu pro otvor v cílovém objemu. Cílem je, aby ve vyexportované dávkové distribuci byla souřadnice tohoto bodu (0,0).

Návod pro vyexportování dávkové distribuce v plánovacím systému Eclipse: po výběru požadované transverzální roviny v longitudinálním směru klikněte pravým tlačítkem

myši na nabídku *Dose* (v levém panelu), zvolte *Export dose plane* a *Absolute dose*. Nastavte *Matrix size* 30 x 30 cm² a *Points* 512 x 512.

Vyexportovanou dávkovou distribuci (pro jednu frakci) pošlete nejlépe jako soubor DICOM elektronicky na email: vladimir.dufek@suro.cz (viz bod 11).

8. Vytvořte kalibrační plány pro kalibraci gafchromických filmů: fantom malé pánve, velikost pole 10 x 10 cm², gantry 0°, referenční bod v hloubce 5 cm, SSD 95 cm, referenční bod se nachází v transverzálním centrálním CT řezu fantomu, laterálně se referenční bod nachází uprostřed fantomu, energii je stejná jako pro terapeutický plán prostaty, dávky v referenčním bodě jsou 0,3; 0,8; 1,3; 1,8 a 2,3 Gy.
9. Proveďte předléčebnou verifikaci terapeutického plánu tak, jako by se jednalo o patientský plán (např. měření dávky v bodě ve fantomu pracoviště). Výsledek předléčebné verifikace zaznamenejte do dotazníku, včetně popisu provedení verifikace. Můžete přiložit výpis z verifikace.
10. Minimálně jeden den před provedením prověrky umístěte fantom malé pánve do ozařovny (aby se fantom mohl temperovat).
11. Odešlete souhrnně ještě před provedením prověrky všechna požadovaná data v elektronické formě emailem na adresu vladimir.dufek@suro.cz. Jsou to následující data:
 - DVH pro jednotlivé struktury pro terapeutický plán prostaty (pro všechny frakce), nejlépe jako soubor ASCII
 - Dávková distribuce v dané transverzální rovině pro terapeutický plán prostaty (pro jednu frakci), nejlépe jako soubor DICOM
12. Zkontrolujte správnost a úplnost vyplnění Dotazníku k prověře moderních radioterapeutických metod a podepište jej.