**Postup pro pracoviště s protonovými svazky - glioblastom**

***Poznámka:*** Součástí této prověrky je také měření ve vodním fantomu. Pracoviště by s tímto mělo počítat a mělo by mít vodním fantom nachystaný k dispozici.

***Postup nasnímání fantomu hlavy na CT***

1. Fantom umístěte na rovný CT stůl tak, jak by byl uložen pacient indikovaný pro radioterapii nádoru v oblasti glioblastomu. Přečtěte si požadavky na volbu ozařovacích polí uvedené v bodě 5 – Vytvoření ozařovacích plánů, a pokud není možné požadavkům vyhovět, proveďte rotaci fantomu hlavy izocentricky o 3° až 5°. Použijte fixační pomůcky (např. korýtko, termpolastickou masku), které by byly použity v daném případě pro reálného pacienta. Hlavu umístěte tak, aby desky fantomu ležely kolmo vůči stolu, tzn. svislý laser musí být rovnoběžný s rozhraním desek. Na hlavu nalepte štítky, na které zaznamenejte polohu laserů, případně postupujte dle zvyklostí vašeho pracoviště. Štítky lepte na termoplastickou masku. Zaměření hlavy musí být provedeno naprosto analogicky, jako by byl na CT snímkován skutečný pacient. Doporučujeme, aby při všech činnostech, které souvisí s lokalizací fantomu, asistoval radiologický asistent.
2. Nasnímejte fantom na CT dle vašich zvyklostí (běžně používaná tloušťka řezu) po celé jeho délce. Tloušťka řezu a vzdálenost řezů by neměla překročit 3 mm.
3. Přeneste sadu CT řezů do plánovacího systému.
4. Do dotazníku vyplňte údaje o CT skeneru, tloušťku řezů a vzdálenost řezů.

***Popis fantomu hlavy***

Fantom hlavy je vyroben z tkáňově ekvivalentních materiálů. Fantom se skládá z 10 desek (č. 0 – 9) tloušťky 2,5 cm. Desky jsou číslovány směrem od vrchlíku hlavy ke krku. Vrchlík hlavy má č. 0.

***PTV glioblastom***

Do fantomu je možné vložit směrem od vrchlíku hlavy 2 ionizační komory Semiflex tak, že jejich citlivý objem se bude nacházet uvnitř cílového objemu (glioblastomu) a kritického orgánu (chiasma opticum), což je v desce č. 3. Cílový objem a mozkový kmen jsou ve fantomu naznačeny prostřednictvím otvorů o průměru 1 mm. Struktury se vzájemně překrývají. Součástí PTV je tedy i část kritického orgánu. Strategii léčby proveďte jako u reálného pacienta. Chiasma není nijak vyznačeno a konturuje se dle zvyklostí. Mezi desky 3 a 4 bude umístěn pro terapeutické ozáření gafchromický film. Ve fantomu jsou v otvoru pro PTV i kritický orgán umístěny inserty z PMMA.

Centrální CT řez fantomu pro glioblastom je řez deskou fantomu č. 3, vzdálený 6 mm od rozhraní mezi deskami 3 a 4. V této rovině se budou nacházet referenční body obou ionizačních komor Semiflex.

Na centrálním CT řezu jsou referenční body obou ionizačních komor (pro polohu pacienta na zádech). Do dotazníku se budou vyplňovat hodnoty:

1. XPTV     průměrná dávka v citlivém objemu ionizační komory umístěné níže,
2. Xch průměrná dávka v citlivém objemu ionizační komory umístěné výše.

***Vytvoření ozařovacích plánů - glioblastom***

1. Po přenesení řezů fantomu hlavy z CT proveďte konturování struktur na všech řezech fantomu dle zvyklostí pracoviště (můžete využít konturovacích nástrojů nebo spojovat body přímkami). Zakonturujte obrys těla (Body), mozek, parotidy, chiasma opticum, míchu a oční bulvy tak, jak byste to provedli pro reálného pacienta (tyto struktury nijak naznačeny nejsou). Pokud používáte pro konturování template, můžete zakonturovat i skelet. Ve fantomu se nachází v mozkové části velké množství vyvrtaných děr (o průměru 1 mm), které vyznačují PTV glioblastom a kritický orgán mozkový kmen. Mozkový kmen naznačený vyvrtanými otvory zasahuje kaudálně až k míše. Pro dokončení kontury PTV na jednotlivých řezech využijte informaci o umístění kostních struktur, v blízkosti lebky nejsou otvory vyvrtány. Kaudální část PTV není otvory naznačena, konturu dokončete od viditelných otvorů ještě do hloubky cca 0,5 cm s využitím zužujících se viditelných kostních struktur tak, aby PTV vyplnilo v dané části všechen prostor, kde se nachází měkká tkáň. Mozkový kmen a PTV se překrývají.
2. Zakonturujte konce 2 insertů vložených směrem od vrchlíku hlavy vyplňující otvory pro komory v délce 7 mm od konce insertů a přiřaďte jim v této délce CT číslo okolních měkkých tkání. Objem každé struktury bude trochu větší než citlivý objem komor (0,125 cm3). Dva inserty umístěné ve fantomu směrem od krku nekonturujte, ani jim nepřiřazujte žádnou jinou hustotu.
3. Odečtěte v plánovacím systému vypočtené objemy jednotlivých struktur a zaznamenejte je do dotazníku.
4. Vytvořte plán „kostka 10x10x10 cm3“: vodní fantom, úhel gantry 0°, krychle 10x10x10 cm3 obdrží dávku přibližně 2 Gy, střed krychle v hloubce 7 cm. Do dotazníku zaznamenejte dávku v bodě ve středu krychle v hloubce 7 cm.
5. Pomocí techniky IMPT nebo jiné klinicky používané techniky vytvořte klinicky přijatelný terapeutický plán glioblastomu. Má se jednat o samostatnou radikální radioterapii. Energie volte tak, aby na distálním okraji PTV přispívalo k rozšířenému Braggovu píku více různých energií. Terapeutický plán vytvořte dle zvyklostí, tj. zvolte energii, počet, směr polí a celkovou předepsanou dávku, ovšem předepsaná dávka na frakci bude 2 Gy. **Směr polí však nesmí být takový, aby byly osy svazků rovnoběžné s rovinou filmu, který bude umístěn mezi deskami fantomu hlavy. Proto použijte takové úhly, aby svazky dopadaly na film minimálně pod úhlem 3° až 5°.** Není-li možné taková pole použít, musí být provedena rotace fantomu hlavy při skenování na CT o 3° až 5°. Pokud používáte klinicky jinou frakcionaci, použijte LQ model k výpočtu celkové dávky při normofrakcionaci a výpočet uveďte do dotazníku. Volte optimalizační kritéria dle zvyklostí. Zaznamenejte do dotazníku celkovou předepsanou dávku a počet frakcí pro normofrakcionaci, i pro frakcionaci používanou v klinické praxi. Zaznamenejte do dotazníku izodózu, na kterou předepisujete dávku. Normalizaci proveďte dle zvyklostí.
6. Odečtěte průměrné, minimální a maximální dávky na jednu frakci v objemech XPTV (glioblastom)aXch (chiasma opticum)a zaznamenejte je do dotazníku. Pro tyto objemyzaznamenejte do dotazníku také dílčí průměrné dávky pro jednotlivá pole.
7. Vyexportujte z plánovacího systému v DICOM formátu celý terapeutický plán, včetně snímků, struktur a dávky. Soubory odešlete přes úložiště.
8. Proveďte předléčebnou verifikaci terapeutického plánu tak, jako by se jednalo o pacientský plán. Výsledek předléčebné verifikace zaznamenejte do dotazníku, včetně popisu provedení verifikace. Můžete přiložit výpis z verifikace.
9. Minimálně jeden den před provedením prověrky umístěte fantom hlavy a vodní fantom do ozařovny (aby se fantomy mohly temperovat).
10. Zkontrolujte správnost a úplnost vyplnění dotazníku a podepište jej. V dotazníku se vyplňují pouze bílá pole, ale v případě potřeby je možné dotazník upravit.
11. Dotazník spolu s daty je třeba nahrát na úložiště nebo poslat emailem na adresu [audityrt@suro.cz](mailto:audityrt@suro.cz) minimálně 3 pracovní dny před dnem provedení nezávislé prověrky.
12. Při měření bude místní fyzik zodpovědný za správné nastavení fantomu. Pro ověření správného nastavení fantomu hlavy je možné využívat kilovoltážní zobrazovací metody. Je proto žádoucí, aby byl při tomto procesu přítomen radiologický asistent, který zobrazování běžně provádí.
13. Po měření vyexportujte log file týkající se zaznamenaných informací o všech odzářených plánech a odešlete přes úložiště.

***Stanovení CT čísel v plánovacím systému***

1. V plánovacím systému vyberte u fantomu hlavy transverzální řez v blízkosti středu fantomu tak, aby na něm byly viditelné měkké tkáně, vzduchové dutiny i kosti.
2. Uvažujte plochu přibližně 1,5 x 1,5 cm2 a stanovte průměrná CT čísla ve fantomu hlavy v oblasti měkkých tkání, vzduchových dutin a kostí. 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.

***Stanovení materiálových hustot***

1. V plánovacím systému vyberte u fantomu hlavy transverzální řez v blízkosti středu fantomu tak, aby na něm byly viditelné měkké tkáně, vzduchové dutiny i kosti.
2. Stanovte průměrné materiálové hustoty pro jednotlivé materiály, pro které jste stanovili CT čísla.
3. Hodnoty materiálových hustot zaznamenejte do dotazníku.