

Komplexní onkologické centrum FN Hradec Králové	Platnost od:	1.1.2023
	Počet stran:	11
	Přílohy:	2
Dokument: standardní léčebný postup	Verze:	2023.1
Protokol pro stereotaktickou radioterapii		
Schválili:		
Garant standardu:	Doc. MUDr. Igor Sirák, Ph.D.	
Klinika onkologie a radioterapie		
Přednosta kliniky a vedoucí Komplexního onkologického centra	Prof. MUDr. Jiří Petera, Ph.D.	
Zástupce přednosta pro LP	Doc. MUDr. Milan Vošmik, Ph.D.	
Vedoucí lékařský fyzik	Ing. Petr Paluska, Ph.D.	

I. Úvod

Protokol obsahuje standardní léčebné postupy aplikované v rámci Komplexního onkologického centra FN Hradec Králové pro nejčastější indikace léčby stereotaktickou radioterapií. Tento protokol neřeší všechny možné klinické situace, ty méně časté jsou zvažovány v případě potřeby individuálně.

II. Odpovědnost jednotlivých pracovišť

Stereotaktická radioterapie a systémová léčba: Klinika onkologie a radioterapie

Poléčebné sledování: Klinika onkologie a radioterapie, Příslušné kliniky dle indikací (např. Plicní klinika; Urologická klinika; Neurochirurgická klinika, atp.)

III. Obecné principy stereotaktické radioterapie

Stereotaktická radioterapie (SRT) je speciální technika zevní radioterapie, jejímž principem je precizní ozáření malých cílových objemů vysokou dávkou záření na frakci s použitím menšího počtu frakcí (obvykle 1 - 5 frakcí). Základem kvalitní SRT je stabilní fixace pacienta speciálními fixačními pomůckami; dále přesná 3D (resp. 4D) definice cílového objemu pomocí 3D/4D CT zobrazení (ev. s registrací MR či PET/CT zobrazení); dále zajištění přesného nastavení pacienta před a během ozáření s využitím obrazem navigované radioterapie (IGRT; Image Guided Radiation Therapy), případně nastavení v reálném čase (RPM; Real-time Position Management); a konečně samotné ozáření pomocí radioterapie s modulovanou intenzitou (IMRT, VMAT) s použitím vysokého dávkového příkonu pro zajištění co nejkratšího času aplikace jednotlivých frakcí.

A) Terminologie:

- SRT = stereotaktická radioterapie (Stereotactic Radiotherapy): obecný pojem
- SABR = stereotaktická ablativní radioterapie (Stereotactic Ablative Radiotherapy): SRT aplikovaná v dávce \geq EQD2 100Gy s cílem definitivní ablace ložiska; obvykle je použita dávka \geq 8 Gy na jednotlivou frakci
- SRS = stereotaktická radiochirurgie (Stereotactic RadioSurgery): ablativní SRT aplikovaná v jediné frakci s velmi vysokou dávkou záření. Pro SRS jsou určeny speciální přístroje (GamaKnife – FN Na Homolce; CyberKnife – FN Ostrava). SRS na lineárním urychlovači ve FNHK neprovádíme.
- SFRT = stereotaktická frakcionovaná radioterapie (Stereotactic Fractionated Radiotherapy): SRT aplikovaná ve více než jedné frakci
- SBRT = stereotaktická extrakraniální radioterapie (Stereotactic Body Radiotherapy)

B) Frakcionace:

Přehled možných frakcionačních režimů pro SFRT, používaných na Klinice onkologie a radioterapie FN Hradec Králové:

Frakcionace SFRT	EQD2 ($\alpha/\beta = 10$)	EQD2 ($\alpha/\beta = 3$)
5 x 12 Gy	110 Gy	180 Gy
5 x 11 Gy	96 Gy	154 Gy
5 x 10 Gy	83 Gy	130 Gy
5 x 9 Gy	71 Gy	108 Gy
5 x 8 Gy	60 Gy	88 Gy
5x 7 Gy	50 Gy	70 Gy
5 x 6,6 Gy (pankreas)	46 Gy	63 Gy
5 x 6 Gy	40 Gy	54 Gy
5 x 5 Gy	31 Gy	40 Gy
4 x 8 Gy	48 Gy	70 Gy
3 x 10 Gy	50 Gy	78 Gy
3 x 8 Gy	36 Gy	53 Gy

EQD2 = ekvivalentní dávka při 2 Gy na frakci

Režimy s EQD2 nad 100 Gy mají radikální potenciál (vhodné např. pro časná stadia NSCLC); režimy s EQD2 pod 100 Gy mají paliativní potenciál (vhodné zejména pro oligometastatické onemocnění).

C) Obecné indikace:

1. Kraniální SRT: mozkové metastázy, kavita po resekci metastáz, meningeomy
2. Extrakraniální SRT: primární a sekundární nádory plic
primární a sekundární nádory jater
inoperabilní nádory pankreatu
oligometastatické onemocnění (skelet, páteř, lymfatické uzliny)

D) Kombinace systémové léčby a SRT:

Systémová léčba se řídí léčebnými protokoly pro jednotlivé diagnózy.

Vyjma androgenní deprivace a endokrinní terapie doporučujeme systémovou léčbu během SRT přerušit, alespoň týden před a týden po ukončení SRT.

IV. Kraniální stereotaktická radioterapie

Indikace kraniální SRT se řídí samostatným léčebným protokolem (viz. Protokol pro léčbu CNS metastáz solidních nádorů). Pacienti vhodní k intrakraniální SRS jsou směřováni preferenčně na Gamanůž (ložiska do 3-4cm max.3-10ložisek.). Ostatní pacienty, nevhodné k SRS, lze ozářit frakcionovaně (SFRT) na lineárním urychlovači na našem pracovišti.

Velikost ozařovaného ložiska ideálně < 5 cm, maximálně 3 ložiska současně

Poloha, fixace, simulace

Poloha pacienta na zádech, paže podél těla. Hlava fixována pomocí termoplastické masky. Plánovací CT s rekonstrukcí řezů po 2 mm. Pro přesné zakreslení nutno využít registraci s kontrastním T1 váženým MR zobrazením.

Cílové objemy

Mozkové metastázy, meningeom:

- GTV = makroskopicky viditelné ložisko
- PTV = GTV + 3 mm (set-up margin)

Pooperační ozáření resekcí kavity:

- CTV: celá kontrastně se sytící kavita (kontrastní T1-MR) bez otoku, včetně operační cesty viditelné na kontrastním CT či MR. Pokud bylo ložisko před operací v kontaktu s dura mater, mělo by CTV obsahovat 5-10 mm okraj podél kosti v místě kontaktu ložiska před operací. Pokud bylo ložisko před operací v kontaktu se sinus venosus, mělo by CTV obsahovat 1-5 mm okraj podél tohoto sinu.
- PTV: CTV + 3 mm (set-up margin)

Rizikové struktury konturujeme dle lokality, např. oko, optický nerv, chiasma, mozkový kmen, skelet, apod.

Dávka a frakcionace

- mozkové metastázy, meningeom: 5 x 6-8 Gy, denní frakcionace
- pooperační ozáření resekcí kavity: 5 x 6 Gy, denní frakcionace

Techniky

- VMAT, IMRT nebo 3D-CRT

Plánování a normalizace dávky

- dávku předepisujeme typicky na 80% isodosu
- plánování a normalizace dávky viz. příloha „Fyzikální aspekty SRT“
- maximální dávky na rizikové struktury viz. příloha „Dávky na rizikové struktury“

Verifikace

- verifikace nastavení se provádí pomocí CBCT před každou frakcí (preferenčně), nebo pomocí OBI před každou frakcí
- lékař i fyzik jsou přítomni při nastavení

V. Extrakraniální stereotaktická radioterapie (SBRT)

A) Primární a sekundární nádory plic

- NSCLC T1-2N0M0 při kontraindikaci či odmítnutí chirurgického výkonu
- oligometastatické postižení plic

Velikost ozařovaného ložiska ideálně < 5 cm, maximálně 2 ložiska současně

Není vždy nutná histologická verifikace procesu

Pouze periferní ložiska, vzdálená více než 2 cm od struktur mediastina (trachea, bronchy, srdce, aorta, dutá žíla, jícn, mícha, plexus brachialis, n.phrenicus, n.laryngeus recurrens).

Poloha, fixace, simulace

Poloha pacienta na zádech, wingboard – elevace paží, fixace pomocí individuálně tvarované vakuové matrace. Plánovací retrospektivní 4D-CT celých plic s rekonstrukcí řezů po 2 mm.

Cílové objemy

- GTV = lze zakreslit buď ve všech nasnímaných fázích dechového cyklu (0-90) a provést sumaci do AIP z vybraných fází, nebo lze zakreslit do MIP z vybraných fází.
- PTV = GTV + 3-5 mm (set-up margin)

Rizikové struktury konturujeme v AIP (Average/Mean Intensity Projection) dle lokality, např. plíce, dýchací cesty, jícn, srdce, žebra, mícha, brachiální plexus, velké cévy, apod.

Dávka a frakcionace

- radikální SBRT 5 x 10-11 Gy, denní frakcionace
- paliativní SBRT 5 x 5-10 Gy, denní frakcionace

Techniky

- VMAT, nebo IMRT

Plánování a normalizace dávky

- dávku předepisujeme typicky na 80% isodosu
- plánování a normalizace dávky viz. příloha „Fyzikální aspekty SRT“
- maximální dávky na rizikové struktury viz. příloha „Dávky na rizikové struktury“

Verifikace

- verifikace nastavení se provádí pomocí CBCT (ev. 4D-CBCT) před každou frakcí
- ozáření s pomocí RPM fázovým či amplitudovým gatingem, ev. backup gatingem
- lékař i fyzik jsou přítomni při nastavení

B) Primární a sekundární nádory jater

- Hepatocelulární karcinom při kontraindikaci resekce či TACE, max. Child-Pough B
- oligometastatické postižení jater

Velikost ozařovaného ložiska ideálně < 5 cm, maximálně 2 ložiska současně

Není vždy nutná histologická verifikace procesu

Poloha, fixace, simulace

Poloha pacienta na zádech, wingboard – elevace paží, fixace pomocí individuálně tvarované vakuové matrace. Plánovací retrospektivní 4D-CT celých jater s kompresí epigastria, rekonstrukce řezů po 2 mm. Pro přesné zakreslení vhodné využít registraci s MR či PET/CT zobrazením. Před simulací vhodné zavedení fiducial markerů do jater pod UZ (ev. CT) kontrolou.

Cílové objemy

- GTV = makroskopicky viditelné ložisko
- ITV = GTV ve všech vybraných dechových fázích, zakresleno v MIP
- PTV = ITV + 3-5 mm (set-up margin)

Rizikové struktury konturujeme v AIP (Average/Mean Intensity Projection) dle lokality, např. plíce, duodenum, srdce, žebra, mícha, ledviny, velké cévy, apod.

Dávka a frakcionace

- 5 x 6-10 Gy, denní frakcionace (dle velikosti PTV a dávky na rizikové struktury)
- u pacientů Child-Pough B preferovaná dávka maximálně 5 x 8 Gy, denní frakcionace

Techniky

- VMAT, nebo IMRT

Plánování a normalizace dávky

- dávku předepisujeme typicky na 80% isodosu
- plánování a normalizace dávky viz. příloha „Fyzikální aspekty SRT“
- maximální dávky na rizikové struktury viz. příloha „Dávky na rizikové struktury“

Verifikace

- verifikace nastavení se provádí pomocí CBCT (ev. 4D-CBCT) před každou frakcí
- ozáření s pomocí RPM fázovým či amplitudovým gatingem, ev. backup gatingem
- lékař i fyzik jsou přítomni při nastavení

C) Inoperabilní nádory pankreatu

Lokálně pokročilý karcinom pankreatu, inoperabilní či nevhodný k operaci.

Stereotaktická radioterapie následuje až po aplikaci případné systémové terapie.

Vždy nutná histologická verifikace procesu

Poloha, fixace, simulace

Poloha pacienta na zádech, wingboard – elevace paží, fixace pomocí individuálně tvarované vakuové matrace. Plánovací retrospektivní 4D-CT celých jater a pankreatu s rekonstrukcí řezů po 2 mm. Pro přesné zakreslení vhodné využít registraci s MR zobrazením.

Pacient je instruován k lačnění alespoň 2 hodiny před simulací a před každou frakcí SBRT.

Cílové objemy

- GTV = makroskopicky viditelné ložisko
- ITV = GTV ve všech vybraných dechových fázích, zakresleno v MIP
- PTV = ITV + 3 mm (set-up margin), PTV nezasahuje do duodena

Rizikové struktury konturujeme v AIP (Average/Mean Intensity Projection): duodenum, játra, ledviny, žaludek, tenké střevo, mícha, skelet, velké cévy, apod.

Dávka a frakcionace

- 4 x 8 Gy, frakcionace 1x týdně
- 5 x 6,6 Gy, frakcionace 5x týdně

Techniky

- VMAT, nebo IMRT

Plánování a normalizace dávky

- dávku předepisujeme typicky na 80% isodosu
- plánování a normalizace dávky viz. příloha „Fyzikální aspekty SRT“
- maximální dávky na rizikové struktury viz. příloha „Dávky na rizikové struktury“

Verifikace

- verifikace nastavení se provádí pomocí CBCT (ev. 4D-CBCT) před každou frakcí
- ozáření s pomocí RPM fázovým či amplitudovým gatingem, ev. backup gatingem
- lékař i fyzik jsou přítomni při nastavení

D) Oligometastatické onemocnění

- oligometastatické postižení skeletu mimo páteř
- oligometastatické postižení páteře
- oligometastatické postižení lymfatických uzlin

Velikost ozařovaného ložiska ideálně < 5 cm, maximálně 2 ložiska v jednom orgánu současně
Není vždy nutná histologická verifikace procesu

Poloha, fixace, simulace

Poloha pacienta na zádech, wingboard – elevace paží, fixace pomocí individuálně tvarované vakuové matrace. V případě postižení krční páteře fixace termoplastickou maskou. Plánovací 3D-CT alespoň 15 cm nad a pod cílovou oblast s rekonstrukcí řezů po 2 mm. Pro přesné zakreslení vhodné využít registraci s MR či PET/CT zobrazením.

Cílové objemy

- GTV = makroskopicky viditelné ložisko skeletu či lymfadenopatie
- CTV = GTV + 1 cm u kostních ložisek (mimo páteř), CTV nikdy nepřesahuje kost
= GTV + celé segmenty páteře dle doporučení ISRC (viz. níže)
= GTV v případě lymfadenopatie
- PTV = CTV + 3-5 mm (set-up margin) u ložisek skeletu a lymfatických uzlin

= CTV + 3 mm (set-up margin) u ložisek páteře, PTV vždy mimo míchu
 Rizikové struktury konturujeme dle příslušné lokality.

Dávka a frakcionace

- 5 x 6-8 Gy, denní frakcionace (případně obden)

Techniky

- VMAT, IMRT, nebo 3D-CRT

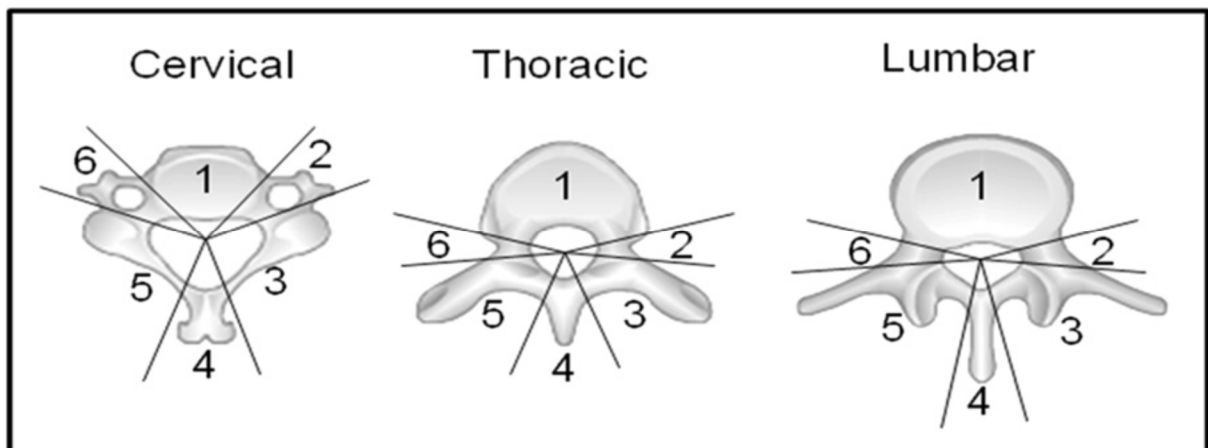
Plánování a normalizace dávky

- dávku předepisujeme typicky na 80% isodosu
- plánování a normalizace dávky viz. příloha „Fyzikální aspekty SRT“
- maximální dávky na rizikové struktury viz. příloha „Dávky na rizikové struktury“

Verifikace

- verifikace nastavení se provádí pomocí CBCT před každou frakcí
- lékař i fyzik jsou přítomni při nastavení

Definice CTV pro SRT páteře podle doporučení International Spine Radiosurgery Consortium



Plánovací CT

Podle umístění cílového objemu a záměru radioterapie se použijí příslušné fixační pomůcky pro stereotaktickou radioterapii: termoplastická fixační maska při kraniální SRT, SBRT lůžko s vakuovou fixační podložkou a říditky při extrakraniální SBRT. V případě potřeby se použijí speciální pomůcky jako např. abdominální komprese. Pro skenování se použijí standardní protokoly dle lokality. Pouze se pro účely přesnějšího výpočtu dávkové distribuce upraví šířka vrstvy na 2 mm.

Izocentrum se umístí do středu cílového objemu s ohledem na možné kolize gantry urychlovače s pacientem, případně s fixačními pomůckami.

Motion management

Pro SBRT v oblasti plic a jater je nutné provést akvizici 4DCT. Před skenováním je nutné poučit pacienta o správném dýchání a provést nácvik. Po posouzení kvality dechové křivky se rozhodne o typu 4DCT (prospektivní, retrospektivní, DIBH). Na kůži pacienta je zakreslena pozice marker blocku. Postupuje se podle standardu pro Motion Management.

Contouring

Je vhodné konvertovat cílové struktury (GTV, CVT, PTV) a některé OAR (např. optické nervy, žebra) do vysokého rozlišení (funkce **Convert to High Resolution Segment**).

Zakreslují se všechny fixační pomůcky, kterými prochází svazek záření (stůl, deska SBRT lůžka, vakuová podložka, apod.). Všechny fixační pomůcky musí mít v typu struktury uvedeno Support a musí mít přiřazenou odpovídající hodnotu HU (typicky deska SBRT lůžka: -750 HU, vakuová podložka: -900 HU).

Při registraci s dalšími zobrazovacími modalitami (PET, MR) je plánovací CT voleno jako target image.

Plánování

Je třeba klást zvláštní důraz na předpis dávky, který se výrazně liší oproti normofrakcionaci. Dávka se předepisuje na izodózu (cca 60-90%, typicky 80%). Plány se normalizují tzv. do maxima (100% = Target Maximum). Předepsaná izodóza musí být zaznamenána v ozařovacím protokolu. V plánovacím systému Eclipse se tento předpis provede na kartě Dose zadáním předepsané izodózy do pole Treatment Percentage (%). Výsledkem je nehomogenita v cílovém objemu cca 25% a prudký spád dávky mimo cílový objem.

Při vytváření plánu je třeba zvážit na tyto body:

- je vhodné použít techniku **SRS Arc** (automaticky **Calculation resolution 1,25 mm**)
- při optimalizaci použít **Fine resolution 1,25mm**
- při optimalizaci je vhodné použít nástroj Normal Tissue Objective (NTO)
- použít energii 10XFFF nebo 6XFFF s maximálním dávkovým příkonem, v případě plic použít přednostně 6XFFF (menší polostín a menší laterální rozptyl)
- velikost clon nesmí být menší než 4x4 cm (vypnutý Jaw Tracking)
- preferovat plány s menším počtem MU (ideálně 200-400MU/Gy)
- počet kyvů se volí tak, aby modulace probíhala přednostně pohybem lamel a změnou dávkového příkonu bez omezení rychlosti rotace gantry
- použití alespoň dvou kyvů VMAT v oblastech ovlivněných dýchacími pohyby minimalizuje tzv. interplay effect
- v případě použití statických IMRT polí by se na vstupu neměly překrývat a jejich počet by se měl pohybovat od 5 do 8
- pro výpočet dávky použít jemnější výpočetní mřížku 1,25 mm
- v případě, kdy je pokrytí PTV limitováno překročením dávky na OAR, má přednost dodržení limitů na OAR

Hodnocení plánu

- předepsaná izodóza by měla pokrývat alespoň 98% PTV
- maximální dávka by měla být uvnitř CTV (resp. GTV)
- povrchová dávka na kůži by měla být menší než 30% předepsané dávky; při hodnocení je třeba vzít v potaz navýšení povrchové dávky ozařovacím stolem či fixačními pomůckami
- Conformity Index CI = objem předepsané izodózy / objem PTV ≤ 1.2 , v optimálním případě = 1.0
- Minimalizovat Gradient Measure = difference between the equivalent sphere radius of the prescription and half-prescription isodoses
- ozáření rizikových orgánů se hodnotí dle tabulky v Příloze 2

Dozimetrická verifikace ozařovacího plánu

Portálová dozimetrie: kriteria 2%, 2mm, $\gamma < 1$: 97%, threshold 10%

Ozařování

První ozařovací frakci je přítomen lékař i fyzik. Před každou ozařovací frakcí se provádí verifikace nastavení. Zakreslení nebo překreslení značek na pacienta se provádí až po ozáření.

Příloha 1. Fyzikální aspekty stereotaktické radioterapie

GTV involvement	ISRC GTV anatomic classification	ISRC bony CTV recommendation	CTV description
Any portion of the vertebral body	1	1	Include the entire vertebral body
Lateralized within the vertebral body	1	1, 2	Include the entire vertebral body and the ipsilateral pedicle/transverse process
Diffusely involves the vertebral body	1	1, 2, 6	Include the entire vertebral body and the bilateral pedicles/transverse processes
GTV involves vertebral body and unilateral pedicle	1, 2	1, 2, 3	Include entire vertebral body, pedicle, ipsilateral transverse process, and ipsilateral lamina
GTV involves vertebral body and bilateral pedicles/transverse processes	3	2, 3, 4	Include entire vertebral body, bilateral pedicles/transverse processes, and bilateral laminae
GTV involves unilateral pedicle	2	2, 3 ± 1	Include pedicle, ipsilateral transverse process, and ipsilateral lamina, ± vertebral body
GTV involves unilateral lamina	3	2, 3, 4	Include lamina, ipsilateral pedicle/transverse process, and spinous process
GTV involves spinous process	4	3, 4, 5	Include entire spinous process and bilateral laminae

Abbreviations: CTV = clinical target volume; GTV = gross tumor volume; ISRC = International Spine Radiosurgery Consortium.

Příloha 2. Dávky na rizikové struktury

5 frakcí				
Sériové orgány	Objem	Max dávka v objemu [Gy]	Max. bodová dávka** [Gy]	Komplikace (≥ Grade 3)
Optické dráhy	< 0.2 cc	23.0 Gy (4.6Gy/fx)	25.0 Gy (5.0Gy/fx)	neuritis
Kochlea			25.0 Gy (5.0Gy/fx)	hearing loss
Mozkový kmen	< 0.5 cc	23.0 Gy (4.6Gy/fx)	31.0 Gy (6.2Gy/fx)	cranial neuropathy
Mícha a prodloužené mícha	< 0.35 cc < 1.2 cc	23.0 Gy (4.6Gy/fx) 14.5 Gy (2.9Gy/fx)	30.0 Gy (6.0Gy/fx)	myelitis
Kauda Equina / pl. sacralis	< 5 cc	30.0 Gy (6.0Gy/fx)	32.0 Gy (6.4Gy/fx)	neuritis
Sakrální Plexus	< 5 cc	30.0 Gy (6.0Gy/fx)	32.0 Gy (6.4Gy/fx)	neuropathy
Jícen*	< 5 cc	19.5 Gy (3.9Gy/fx)	35.0 Gy (7.0Gy/fx)	stenosis / fistula
Brachiální Plexus	< 3 cc	27.0 Gy (5.4Gy/fx)	30.5 Gy (6.1Gy/fx)	neuropathy
Srdce / Perikard	< 0.5 cc	27.0 Gy (5.4Gy/fx)	29.0 Gy (5.8Gy/fx)	pericarditis
Velké cévy	< 10 cc	47.0 Gy (9.4Gy/fx)	53.0Gy (10.6Gy/fx)	aneurysm
Trachea a velké bronchy*	< 0.5 cc < 4 cc	32.0 Gy (6.4Gy/fx) 16.5 Gy (3.3Gy/fx)	40.0 Gy (8.0Gy/fx)	stenosis / fistula
Malé bronchy	< 0.5 cc	21.0 Gy (4.2Gy/fx)	33.0 Gy (6.6Gy/fx)	stenosis with atelectasis
Žebro, hrudní stěna	< 0.5 cc < 1 cc	39.0 Gy (7.8Gy/fx) 35.0 Gy (7.0Gy/fx)	43.0 Gy (8.6Gy/fx)	pain or fracture
Kůže	< 10 cc	36.5 Gy (7.3Gy/fx)	39.5 Gy (7.9Gy/fx)	ulceration
Žaludek	< 1 cc < 5 cc	30.0 Gy (6.0Gy/fx) 25.0 Gy (5.0Gy/fx)	32.0 Gy (6.4Gy/fx)	ulceration / fistula
Duodenum*	< 1 cc < 5 cc < 10 cc	26.0 Gy (5.2Gy/fx) 18.0 Gy (3.6Gy/fx) 12.5 Gy (2.5Gy/fx)	32.0 Gy (6.4Gy/fx)	ulceration
Jejunum / Ileum*	< 1 cc < 5 cc	30.0 Gy (6Gy/fx) 19.5 Gy (3.9Gy/fx)	35.0 Gy (7.0Gy/fx)	enteritis /obstruction
Tračník, rektum	< 0.5 cc < 20 cc	32.0 Gy (6.4Gy/fx) 25.0 Gy (5.0Gy/fx)	38.0 Gy (7.6Gy/fx)	colitis / fistula
Společný žlučovod			50.0Gy (10.0Gy/fx)	proctitis / fistula
Stěna močového měchýře	< 15 cc	18.0 Gy (3.6Gy/fx)	38.0 Gy (7.6Gy/fx)	cystitis / fistula
Penilní bulbus	< 3 cc	30.0 Gy (6.0Gy/fx)	50.0Gy (10.0Gy/fx)	impotence
Hlavice femurů	< 10 cc	30.0 Gy (6.0Gy/fx)		necrosis
Hilus ledviny	< 2/3 volume	23.0 Gy (4.6Gy/fx)		malignant hypertension
Ureter	< 1 cc	40.0 Gy (8.0Gy/fx)		Stenosis, fistula
Paralelní orgány	Kritický objem [cc]	Max dávka [Gy] v kritickém objemu		Komplikace (≥ Grade 3)
Plíce (pravá + levá)	1500 cc 1000 cc	12.5 Gy (2.5 Gy/fx) 13.5 Gy (2.7 Gy/fx)		basic lung function pneumonitis
Játra	700 cc	21.0 Gy (4.2 Gy/fx)		basic liver function
Kůra ledvin	200 cc	17.5 Gy (3.5 Gy/fx)		basic renal function

*) vyloučit ozáření celého obvodu orgánu

**) bodová dávka definována v objemu 0.035cc

Benedict et al., Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101. Med Phys 2010.

Hanna, et al. UK Consensus on Normal Tissue Dose Constraints for Stereotactic Radiotherapy Clin Oncol 2017