

Bewertung von SBRT-Plänen am Halcyon-Linearbeschleuniger



Sabatino M.¹, Zimmermann M.¹, Moustakis C.², Würschmidt F.¹, Giro C.¹, Kretschmer M.¹

¹Radiologische Allianz, Hamburg, Germany

²Universitätsklinikum Münster, Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie, Münster, Germany

Fragestellung

- Das Halcyon-System (Fa. Varian, Palo Alto, USA) in der Version 2.0 ist ein kompaktes, auf einer Ring-Gantry montiertes, Linearbeschleunigersystem mit Bildgebungskomponenten. Die CT-ähnliche Öffnung hat einen Durchmesser von 100cm. Im Bildgebungsmodus sind Rotationsgeschwindigkeiten von bis zu vier Umdrehungen pro Minute möglich, für den Therapiestrah 2 Umdrehungen pro Minute.
- Die Kollimierung des ausgleichfilterlosen 6MV Behandlungsstrahls ($D' = 8\text{Gy/min}$ in D_{max}) als IMRT- oder VMAT-Behandlung erfolgt durch einen Dual-Layer MLC mit einer Leafbreite von 10mm. Durch einen Versatz der übereinander liegenden Leaf-Bänke um 5mm wird die effektive Leafbreite halbiert (Abb. 1). Die IGRT erfolgt als kV-CBCT.
- Laut Verwendungszweck ist das Halcyon-System auch für die Verabreichung von stereotaktischer Strahlentherapie und Präzisionsstrahlentherapie gedacht. Ziel dieser Untersuchungen war die Bewertung von Dosisverteilungen und die Umsetzbarkeit am Halcyon-Linearbeschleuniger** anhand von drei publizierten Patientenmodellen der DEGRO Arbeitsgemeinschaft Stereotaxie im Rahmen der Planvergleichsstudie bei der SBRT des NSCLC im Frühstadium [1].

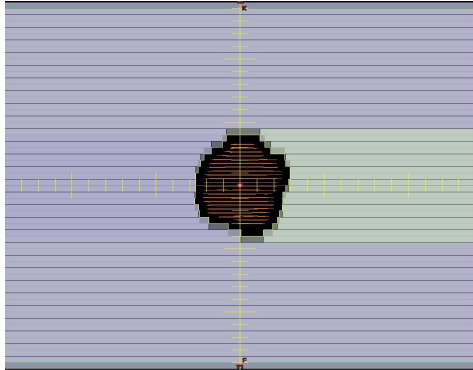


Abb.1: Konzept des Dual-Layer-MLCs mit 10mm Leafbreite am Beispiel eines irregulär geformten Volumens. Durch individuelles ansteuern von zwei übereinander liegenden, um 5mm versetzten, MLC-Bänken, wird die effektive Leafbreiten halbiert.

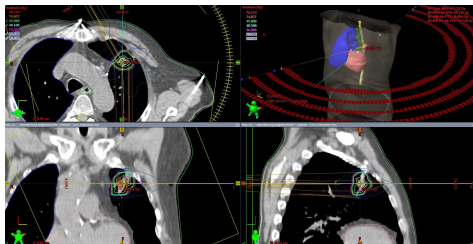


Abb.2: Dosisverteilung in 3 Ebenen für Patient 01 der SBRT-Planungsstudie und schematische Darstellung der Feldanordnung.

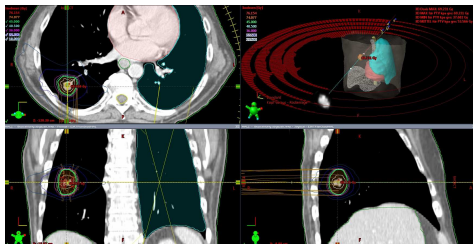


Abb.3: Dosisverteilung in 3 Ebenen für Patient 02 der SBRT-Planungsstudie und schematische Darstellung der Feldanordnung.

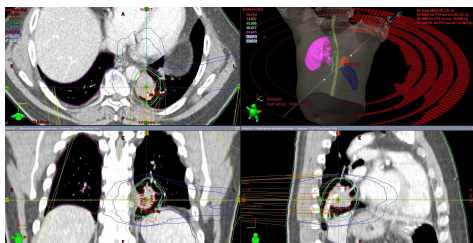


Abb.4: Dosisverteilung in 3 Ebenen für Patient 03 der SBRT-Planungsstudie und schematische Darstellung der Feldanordnung.

	Pat01 (Halcyon)	Pat02 (Halcyon)	Pat03 (Halcyon)	Halcyon	3D-CRT	TOMO SF-BRT	IMAT	CYBER-KNIFE	
PTV	D_{max} [Gy]	54,7	53,6	57,4	55,2	61,1	59,0	57,2	55,2
	D_{min} [Gy]	69,2	69,2	69,2	69,2	-	-	-	-
	$D_{50\%}$ [Gy]	36,1	37,7	35,9	35,5	42,0	42,8	42,4	40,9
	$D_{10\%}$ [Gy]	43,8	44,5	48,0	45,4	48,5	47,7	48,6	46,5
	$D_{2\%}$ [Gy]	66,8	66,2	66,0	66,3	68,6	67,3	64,8	66,9
	$D_{0.1\%}$ [Gy]	54,5	52,3	57,7	55,0	-	-	-	-
$Vol_{100\%}$	16,4	17,7	72,4	35,5	-	-	-	-	
$PTV_{95\%}$ [ccm]	15,7	17,1	72,3	35,0	-	-	-	-	
$Vol_{95\%}$ [ccm]	16,85	18,57	86,63	40,68	-	-	-	-	
Ch_{max}	0,89	0,89	0,83	0,87	0,70	0,69	0,69	0,78	0,82
	HI	0,42	0,41	0,31	0,38	0,30	0,32	0,29	0,36
Oesophagus	D_{max}	8,11	5,44	17,68	-	-	-	-	-
	D_{min}	4,00	10,52	16,54	-	-	-	-	-
Spinal cord	D_{max}	0,55	-	-	-	-	-	-	-
	D_{min}	4,15	0,61	6,99	-	-	-	-	-
Lung left	D_{max}	150,86	0,00	162,65	-	-	-	-	-
	D_{min}	64,30	0,00	116,40	-	-	-	-	-
Lung right	D_{max}	0,65	3,44	1,76	-	-	-	-	-
	D_{min}	0,00	237,66	8,02	-	-	-	-	-
RT-Zeit	07:13	07:05	09:08	07:48	-	-	-	-	-
	MU	5525	3925	5528	4993	3025	18647	4963	3625
									41748

Abb.5: Dosimetrische Ergebnisse der 3 Studienfälle für das Halcyon-System und Vergleich mit den Ergebnissen der Planstudie.

Methoden

- Es wurde jeweils ein VMAT-Plan auf Basis der drei konturierten CT-Studien im Eclipse-Planungssystem V15.6 mit AAA-Algorithmus erstellt. Isozentrische Tischrotationen sind konstruktiv nicht vorgesehen. Die Dosisverschreibung im PTV betrug 45Gy auf die 65% Isodose. Ausgewertet wurden DVH-Parameter. Die Qualitätssicherung erfolgte mit Octavius 4D-Phantom und SRS-Array (Fa. PTV, Freiburg) sowie mit der Portal-Dosimetrie (PD).

Ergebnisse

- Die erforderliche Konformität für das PTV stellte sich mit je vier VMAT-Feldern und unterschiedlichen Kollimatorwinkeln ein (Abb. 2-4). Die mittlere Dosis im PTV betrug 55,2Gy (53,6Gy-57,4Gy) bei durchschnittlich 4993MU (3925MU-5528MU). Die Konformitäten CI nach Paddick und C_{Δ} betragen im Mittel 0,87 (0,83-0,89) sowie 0,12 (0,07-0,20) (Abb.5).
- Risikoorganvorgaben konnten im Wesentlichen eingehalten werden.
- Die γ -Passraten (5%/1mm) von 12 VMAT-Feldern betragen $98,5\% \pm 0,2\%$ für Octavius 4D und $97,7\% \pm 1,6\%$ für PD (Abb. 6). Die Behandlungszeit betrug im Mittel 07:48min (07:05min-9:08min).

Schlussfolgerung

- Die berechneten PTV-Konformitäten liegen in guter Übereinstimmung mit den publizierten Daten der DEGRO AG Stereotaxie bei SBRT des NSCLC.
- Die Applikationszeit von unter acht Minuten für eine 15Gy Fraktion ist klinisch akzeptabel.
- Herstellerunabhängige Dosismessungen zeigen eine hohe Reproduzierbarkeit der berechneten VMAT-Dosisverteilungen am Halcyon.
- Da das Halcyon System werkseitig ohne Atemmanagement-System ausgeliefert wird, ist offiziell nur ein ITV-Konzept auf der Basis von 4D-CT-Bildgebung denkbar. Eine in-house Lösung mittels RGSC-System ermöglicht jedoch manuell gesteuerte DIBH-Prozeduren[2].

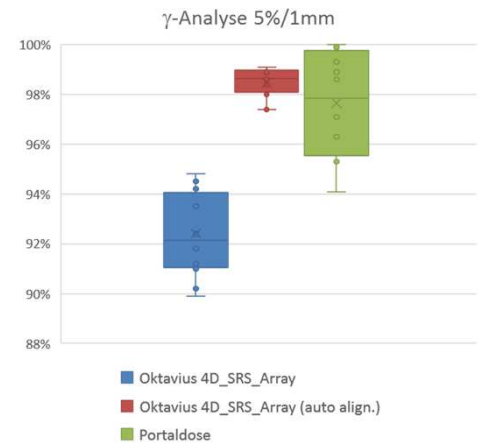


Abb.6: Boxplots von γ -Passraten der Qualitätssicherung von 12 VMAT-Behandlungsfeldern. In blau die Hersteller unabhängigen Messungen mit Octavius 4D Phantom. In rot die Ergebnisse mit Auto-Alignment-Funktion, da das flüssigkeitsgefüllte SRS-Array radiologisch nicht ausgerichtet werden kann. In grün die Ergebnisse der Portal-Dosimetrie.

Marcello Sabatino
Radiologische Allianz Hamburg
marcello.sabatino@radiologische-allianz.de
<https://www.radiologische-allianz.de/medizinphysik/>

