

Urban Malsch
Dr. sc. hum.

Entwicklung schneller elastischer Verfahren zur Relokalisation und Formanpassung segmentierter Strukturen für die adaptive Strahlentherapieplanung

Geboren am 11. 07. 1976 in Freiburg i. Brsg.
Diplom der Fachrichtung Medizinische Informatik
an der Universität Heidelberg/Fachhochschule Heilbronn

Promotionsfach: DKFZ Heidelberg, Medizinische Physik
Doktorvater: Prof. Dr. rer. nat. W. Schlegel

Bei der fraktionierten Strahlentherapie ist die erzielte Genauigkeit der Bestrahlung bisher dadurch reduziert, dass Lagerungsungenauigkeiten und Veränderungen in der Geometrie von Organen durch standardisierte Sicherheitssäume berücksichtigt werden müssen. Sind jedoch Bewegungsinformationen in der Patientengeometrie zwischen Planungszeitpunkt und Therapiefraktion bekannt, können Zielvolumina präziser definiert werden, sodass die Tumorkontrollwahrscheinlichkeit erhöht und gleichzeitig das gesunde Gewebe geschont werden kann, was die Komplikationsrate reduziert. Daher ist für die zeitlich-adaptive Strahlentherapie eine effektive und präzise Berechnung der Bewegungsinformation zwischen dem Planungsbild und den Kontrollbildern der Therapiefraktionen von besonderer Bedeutung, um die ursprüngliche Planung an jede Therapiefraktion individuell anpassen zu können.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Evaluation eines Algorithmus zur Erkennung von Bewegungen durch die Bildregistrierung. Der Algorithmus basiert auf dem Block-Matching Verfahren, mit dem korrespondierende Landmarken zwischen zwei CT Bildern schnell und präzise gefunden werden können. Diese Korrespondenzsuche wird hier mit einem lokalen Korrelationskoeffizienten über eine Berechnung im Frequenzraum durchgeführt. Die lokal bekannten Bewegungen werden danach mit einer modifizierten Thin-Plate Spline Interpolation auf den gesamten Datensatz propagiert. Das Konzept des Algorithmus erlaubt zudem eine separate Behandlung von Bildunstetigkeiten, wie sie beispielsweise durch zeitlich variierende Gasblasen im Darm oder Rektum auftreten. Durch die vollständige Transformation eines 3D Datensatzes (d. h. das Planungsbild zusammen mit den segmentierten Strukturen von Tumor und Risikoorganen) auf ein Lagekontrollbild kann, falls erforderlich, der ursprüngliche Bestrahlungsplan auf die veränderte Patientengeometrie angepasst werden, ohne dass eine neue zeitaufwändige Segmentierung durchgeführt werden muss.

Typische Berechnungszeiten, des durch diese Arbeit entwickelten Algorithmus, sind geringer als 5 Minuten, was den Einsatz des Verfahrens zwischen Bildgebung und Dosisapplizierung legitimiert. Zudem wurde eine Genauigkeit im Bereich von einem Voxel in relevanten Bildbereichen bei unterschiedlichen Tumorlokalisationen (Prostata, Paraspinal und Kopf-Hals) durch den Vergleich mit manuellen Landmarken erkannt. Sowohl eine visuelle Überprüfung als auch ein Konsistenztest bestätigen, dass die Ergebnisse die erforderliche Genauigkeit aufweisen.

Zusammenfassend wird mit dieser Arbeit die Entwicklung und Evaluation eines Algorithmus vorgestellt, mit dem ausreichend schnell, präzise und robust segmentierte Strukturen von Bestrahlungsplänen direkt vor einer Therapiefraktion angepasst werden können. Ein solcher adaptiver Therapieverlauf wurde vollständig an einem Kopf-Hals-Patienten exemplarisch gezeigt.