

Harald Evers
Dr. sc. hum.

Präoperative Planung beim Zervixkarzinom mittels Bildanalyse und Visualisierung multipler MR-Sequenzen

Geboren am 16.05.1968 in Niedermarsberg
Reifeprüfung am 13.06.1987 in Marsberg
Studiengang der Fachrichtung Medizinische Informatik vom WS 1988 bis SS 1993
Vordiplom am 11.10.1990 an der Universität Heidelberg / Fachhochschule Heilbronn
Diplom am 16.09.1993 an der Universität Heidelberg / Fachhochschule Heilbronn

Promotionsfach: Medizinische Biometrie und Informatik
Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. H.P. Meinzer

Beim rezidivierenden Zervixkarzinom können tumor-verdächtige Läsionen durch eine dynamische MR-Bildgebung nachgewiesen werden. Nach Infusion eines paramagnetischen Kontrastmittels (Gd-DTPA) reichern die suspekten Areale früher, steiler und stärker an als das umliegende Gewebe. Deshalb erlaubt die Analyse pharmacokinetischer Parameter eine Gewebedifferenzierung. Die Informationsmenge der aufgenommenen Bilddaten ist aber sehr umfangreich, so daß der Einsatz computer-basierter Methoden naheliegt, um die Diagnostik und die präoperative Planung zu unterstützen. Dazu wurde in der Dissertation eine umfangreiche Bildanalyse ausgearbeitet, die eine Visualisierung der funktionellen Zusammenhänge mit ihrem anatomischen Bezug ermöglicht.

Eingebettet in eine langfristige Studie der Abteilung für Onkologische Diagnostik und Therapie am Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg und der Universitäts-Frauenklinik in Mainz erfolgte die Akquisition verschiedener MR-Sequenzen. Dabei wurde auf die standardisierten Protokolle der Studie zurückgegriffen und zusätzlich eine Aufnahme im Hinblick auf die Bildverarbeitung hinzugefügt. Die Kontrastmitteldynamik wurde mit einer Saturation Recovery TurboFLASH-Sequenz aufgenommen und ergänzt durch eine konventionelle, T1-gewichtete Aufnahme und eine Angio-MT-Sequenz. Im Rahmen der Bildanalyse bestand das Ziel anschließend darin, in den unterschiedlichen MR-Aufnahmen bestimmte anatomische Strukturen des weiblichen Beckens zu erkennen und in einem neuen Ergebnisvolumen zu kombinieren.

Nach der Untersuchung der aktuellen Forschungsarbeiten im Bereich 'Registrierung' wurde zur Kombination der Segmentierungsergebnisse eine neue Methode entwickelt, die eine affin-elastische Konturregistrierung vollzieht. Die äußere Körperkontur erwies sich in transversaler Ansicht als einziges Registrierungsmerkmal, das in allen verwendeten MR-Volumina automatisch detektierbar war. Durch die Registrierung wurde nicht nur die Kombination der MR-Volumen realisiert, sondern auch Atmungs- und Bewegungsartefakte korrigiert. In Verbindung mit ACR/NEMA-Feldinformationen der originären Daten konnte somit eine ortsgenaue Kombination erfolgen.

Die Bildsignale waren sowohl durch ein hochfrequentes Rauschen, als auch durch einen niederfrequenten Intensitätsverlauf gestört. Ein Schwerpunkt der Arbeit lag deshalb auf der Untersuchung von Methoden, die diese Artefakte weitestgehend unterdrücken. Aus ihr resultierte die Neuentwicklung einer adaptiven Filtertechnik sowie die Verbesserung eines bestehenden Verfahrens zur Korrektur von Inhomogenitäten. Beide Ansätze konnten im

aktuellen Forschungskontext dargestellt werden. Anhand einer systematischen Testreihe ließen sich die Vorzüge des iterativen, lokalen Region-Growing gegenüber bekannten Filter- und Diffusionsalgorithmen herausstellen. Durch die Anwendung der Methoden auf die MR-Aufnahmen wurde deren Bildqualität wesentlich verbessert.

Aufbauend auf der gelungenen Bildvorverarbeitung ließ sich die Segmentierung mit wenig komplexen Methoden wie Schwellwertverfahren und Region-Growing bewältigen. Einer hierarchischen Strategie folgend, wurden zunächst Organe ortsbezogen segmentiert, ehe eine Differenzierung von Fett- und Muskelgewebe im Restvolumen erfolgte. In der nachfolgenden Visualisierung wurden diese Bereiche mit den Ergebnissen der Tumorklassifikation überlagert. Der Anreicherungsgradient diente dabei als Merkmal zur Identifikation tumorverdächtiger Areale.

Die Segmentierung verschiedener Objekte war die Voraussetzung dafür, ein neues, attribuiertes Volumen abzuleiten. Die separierten, anatomischen und funktionellen Regionen wurden im Hinblick auf eine Visualisierung nach dem Heidelberger Raytracing Modell attribuiert. Dazu waren Einstellungen zur Dichtetransformation und zur Grundfarbe erforderlich. Adäquate Parameter wurden ausgiebig diskutiert und Erfahrungswerte dokumentiert. Sie liefern farbcodierte Visualisierungen des kombinierten MR-Volumens.

Zahlreiche Beispiele demonstrierten die Möglichkeiten der freien Navigation sowie die Auswirkungen einer Manipulation des Dichtemappings. Auf diese Weise konnten semi- und volltransparente 3-dimensionale Ansichten präsentiert werden, die einen intuitiven Eindruck der untersuchten Körperregion vermitteln. Insbesondere die räumliche Darstellung der tumorverdächtigen Strukturen gelang mit verschiedenen Visualisierungsalternativen, ohne den Bezug zu umgebenden, anatomischen Objekten zu verlieren. Ein retrospektiver Vergleich mit histopathologischen Großflächenschnitten belegte die Tumorlokalisierung auf der Basis der dynamischen MR-Bildgebung.

Die Arbeit deckt insgesamt ein breites Methodenspektrum ab, das von der Bildakquisition bis zur Volumenvisualisierung reicht. Mit der Synthese von neuen Algorithmen, verbesserten Standardverfahren und Parameterjustierungen wird ein vollständiger Bildanalysezyklus realisiert. Dieser mündet in einer flexiblen Volumenvisualisierung, die die diagnostischen Möglichkeiten erweitert und den Weg für eine präoperative Planung bereitet.