



**Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**  
**Medizinische Fakultät Mannheim**  
**Dissertations-Kurzfassung**

**In vitro und in vivo Evaluation eines multimodalen Embolisats  
mittels Fluoroskopie, Magnetresonanz- und Computertomographie**

Autor: Johannes Budjan  
Institut / Klinik: Institut für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin  
Doktormutter: Prof. Dr. M. Sadick

Die Katheterembolisation ist ein Verfahren, das bei der Behandlung verschiedener Erkrankungen eingesetzt wird. Neben der Embolisation von arteriellen Blutungen findet sie Einsatz bei der Devaskularisation von Tumoren. Die momentan kommerziell verfügbaren partikulären Embolisationsmaterialien sind allesamt nicht direkt sichtbar. Es ist nicht möglich, während ihrer Applikation Informationen über ihre Verteilung zu gewinnen. Dies kann dazu führen, dass eine Fehlembolisation nicht oder erst zu spät bemerkt wird. In den letzten Jahren wurden verschiedene direkt sichtbare Materialien entwickelt. Sie sollen eine Echtzeitkontrolle der Embolisation erlauben. Diese neuen Embolisate befinden sich im Entwicklungsstadium und lassen sich in jeweils nur einer Modalität detektieren.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde erstmalig ein Embolisationsmaterial getestet, das eine Sichtbarkeit in mehreren radiologischen bildgebenden Modalitäten aufweist. Das Embolisationsmaterial besteht aus zwei Komponenten, die als Einzelkomponenten bereits Anwendung in verschiedenen Kontrastmitteln finden. Ein Iodpolymer als Partikelkern erlaubt eine Detektion des Materials unter Röntgenstrahlung. Eine zusätzliche Beschichtung des Kerns mit Eisenoxid ermöglicht die Detektion mittels Kernspintomographie.

Die Partikel wurden in einem Agarphantom mittels Fluoroskopie, Computer- und Kernspintomographie untersucht. Sie wiesen einen deutlichen Kontrast zum umgebenden Agarsignal auf (Signal-zu-Rausch-Verhältnis in der CT  $206 \pm 13,5$ ; MR  $35,65 \pm 11,37$ ). Die räumliche Verteilung des Partikelsignals deckte sich in den verschiedenen Modalitäten.

Im Tierversuch wurden die Nieren von 6 Kaninchen embolisiert. Die Tiere wurden vor, während und nach der Embolisation fluoroskopisch, in CT sowie MRT untersucht. Angiographiezeitserien konnten in allen Fällen die erfolgreiche Embolisation der Nieren belegen. Drei geblindete erfahrene Radiologen verglichen die Aufnahmen vor und nach Embolisation jeweils in den drei Modalitäten und bewerteten die Sichtbarkeit der Partikel auf einer Ordinalskala von 0-2. In der Fluoroskopie ließen sich die Partikel in allen Fällen als punktförmige Verschattungen in Projektion auf das Nierenparenchym nachweisen (Sichtbarkeits-Gesamtscore vor Embolisation 0/36, nach Embolisation 30/30). In der Computertomographie fanden sich nach der Embolisation punktförmige umschriebene Hyperdensitäten im Nierenparenchym (Gesamtscore vor Embolisation 0/36, nach Embolisation 36/36). In der Magnetresonanztomographie stellten sich die Embolisatpartikel als Signalauslöschungen dar (Gesamtscore vor Embolisation 0/36, nach Embolisation 36/36).

Die räumliche Verteilung des Partikelsignals korrespondierte in den unterschiedlichen Modalitäten. Es gelang darüber hinaus in allen drei Modalitäten, den Partikeleinstrom unter direkter Bildkontrolle in Echtzeit zu verfolgen.

Die hier vorgestellten Embolisatpartikel sind das erste multimodal sichtbare Embolisat. Nicht nur die Partikel als solche, sondern auch das Konzept der multimodalen Sichtbarkeit von Embolisatmaterial, wurden im Rahmen dieser Arbeit erstmals untersucht und tierexperimentell etabliert. Dies eröffnet neue Wege für die Embolisationstherapie. Durch die direkte Sichtbarkeit wird eine gezielte Steuerung des Embolisationsprozesses ermöglicht und dem Auftreten von Komplikationen frühzeitig entgegengewirkt. Neue Ansätze in der Embolisatforschung können angegangen werden, der Einfluss von Verschlussebene, Embolisatmenge und anderen Parametern kann direkt mittels Bildgebung untersucht werden. Die vorgestellten Partikel erlauben den Einsatz in modernen Hybridumgebungen und können die einzelnen Vorteile verschiedener Modalitäten vereinen. Damit werden sie den Anforderungen der modernen Interventionellen Radiologie gerecht.