

Sebastian Maximilian Haberkorn
Dr. med.

Kardiovaskuläre Interventionen unter MRT-Bildgebungsbedingungen

Fach/Einrichtung: Innere Medizin

Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. med. Henning Steen

Zielsetzung dieser Arbeit war die Umsetzung einer kardiovaskulären Interventionen unter MRT-Bildgebungsbedingungen und die Entwicklung eines MRT-kompatiblen Myokardbiopsie-Systems. In den Versuchen zur Temperaturmessung von Herzschrittmacherelektroden unter MRT-Bildgebungsbedingungen konnte gezeigt werden, dass das Auftreten von Erhitzungen abhängig von der B_0 -Feldstärke des Magneten war. Die Experimente zeigten, dass in der *rt interactive* Sequenz Messwerte im 1.5 Tesla MRT-System erzielt wurden, die in den korrespondierenden Konfigurationen um $+0,5^\circ\text{C} \pm 0,1^\circ\text{C}$ ($p < 0,0001$) über denen des 1.0 Tesla System lagen. Des Weiteren war die räumliche Anordnung der Schrittmacherelektroden und der Ebene, in der sie in Relation zum Magnetfeld implantiert wurden, entscheidend für die Entstehung und das Ausmaß relevanter Erhitzungsphänomene. Waren Implantationsebene und Magnetfeld parallel zueinander ausgerichtet, resultierten die geringsten Erhitzungserscheinungen im 1.0 Tesla MRT-System, welche um $-0,2^\circ\text{C} \pm 0,1^\circ\text{C}$ ($p = 0,350$) unter den vergleichbaren Ansätzen lagen, wenn die Plexiglasplatte um 90° zur Magnetfeldebene rotiert war. Einschränkung muss erwähnt werden dass das Gefäßsystem in-situ keine symmetrische Ebene formt und weiter die erhobenen Temperaturschwankungen in diesem Zusammenhang im Bereich der Messgenauigkeit lagen, was bei gegebenem Signifikanzniveau die angenommene Hypothese nicht bestätigen konnte. Darüberhinaus erhitze das proximale Ende der Herzschrittmacherelektrode im 1.0 Tesla MRT-System um $+0,6^\circ\text{C} \pm 0,3^\circ\text{C}$ ($p = 0,032$) mehr, wenn der Herzschrittmacher dem Versuchsaufbau nicht angeschlossen war. Aussagen bezüglich des elektrischen Verhaltens des Versuchsaufbaus, wenn die Herzschrittmacherelektrode nicht vollends in das Kochsalzmedium eingeführt ist, ließen die Daten jedoch nicht zu. Bei unterschiedlichen dielektrischen Eigenschaften der dann aufeinandertreffenden Medien Luft und Kochsalzlösung könnten differente Erwärmungsphänomene resultieren.

Die in-vitro Versuche zur Myokardbiopsie im 1.0 Tesla MRT-System hatten am Tierherzmodell zu keiner potentiell gefährlichen Erhitzung ($< 1,0^\circ\text{C}$) geführt. Darüberhinaus wurden sowohl die anatomische Strukturen wie auch die Instrumente selbst stets gut dargestellt und führten lediglich zu kleinen Bildartefakten (2 mm x 2 mm), die die Intervention nicht kompromittieren. Durch die geringere Anzahl notwendiger Probenentnahmen bei überlegener Visualisierung konnte das Risiko von Komplikationen minimiert werden. Die Handhabung des Biopstoms während der Intervention war einem regulärem Biopstom kaum unterlegen und ermöglichte eine erfolgreiche Probenentnahme ohne die freie Wand des rechten Ventrikels zu perforieren. In den statischen in-vitro Versuchen war die Qualität der erzeugten Bilder jedoch überschätzt, da die Bildqualität

kompromittierende Atmung, der Herzschlag, sowie der Blutfluss ausgeblendet wurden. Weiter war durch das hier verwendete passive *tracking* ein Visualisierungsart gewählt, dass das Risiko birgt die Katheterspitze im Echtzeit-MRT-Bild zu „verlieren“ und so zu zeitaufwendigem Nachjustieren der Scanebene führt.

Zusammenfassend wurde gezeigt, dass MRT-geführte Interventionen zur Herzschrittmacherelektrodenimplantation bzw. endomyokardialen Biopsieentnahme prinzipiell möglich sind. In diesem Zusammenhang prädestinierte sich das 1.0 Tesla offene MRT-System, indem Magnetfeld- und Implantationsebene parallel zueinander ausgerichtet sind, für die klinische Anwendung, da auch eine geringere B_0 -Feldstärke aufgebaut wird und somit eine geringere Energiedepositionen resultiert, was geringere Erhitzungsphänomene zur Folge hat. Weder Herzschrittmacherelektroden noch das neuentwickelte, patentgeschützte Biopom führten in der 1.0 Tesla MRT-Umgebung zu potentiell gefährlichen Erhitzungserscheinungen, noch stören die metallischen Bestandteile die Bildinformation dermaßen, dass wesentliche Informationen verloren gingen bzw. die Intervention limitiert wurde. Dennoch muss in weiterführenden in-vivo Versuchen die entwickelte Methodik translatiert und kritisch evaluiert werden um sicher bestätigen zu können, dass die erprobten Verfahren auch in in-vivo Modellen durchführbar sind.