

Aus dem Institut für Radiologie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Extrakardiale Befunde in Herz-MRT-Untersuchungen: Eine
monozentrische, retrospektive Studie über 14 Jahre

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Felix Sokolowski

aus Berlin

Datum der Promotion: 23.06.2019

Inhaltsverzeichnis

Abstrakt (deutsch).....	3
Abstract (english).....	5
Manteltext	7
Einleitung.....	7
Material und Methoden	10
Ergebnisse.....	12
Diskussion	16
Literaturverzeichnis.....	21
Eidesstattliche Versicherung	23
Ausführliche Anteilserklärung an der erfolgten Publikation	23
Auszug aus der „Journal Summary List“	24
Originalpublikation	25
Lebenslauf	34
Publikationsliste	34
Danksagung.....	37

Abstrakt (deutsch)

Einleitung: Herz-Kreislauf-Erkrankungen stellen in Industrieländern die häufigste Todesursache dar. Es gibt viele verschiedene Modalitäten um Herz-Kreislauf-Erkrankungen und deren Folgen zu erkennen. Von Duplex-Sonographie zur Beurteilung der peripheren Gefäße über invasive Koronarangiographie bis hin zu kardialer Bildgebung mittels Computer- oder Magnetresonanztomographie. Gerade die CT- und MRT-Untersuchungen stellen aufgrund der Möglichkeit, extrakardiale Befunde (EKB) zu detektieren, eine besondere Herausforderung dar. In dieser Arbeit soll es um die Häufigkeit sowie die klinische Bedeutsamkeit von extrakardialen Befunden in der kardialen MRT-Bildgebung gehen.

Methoden: Wir haben sämtliche kardiale MRT-Befunde der Jahre 2000-2014 aus der RIS/PACS-Datenbank der Charité extrahiert (5.170 Befunde). Ausgeschlossen wurden 794 Befunde. Aus allen Befundtexten wurden die EKB sowie die Indikationen herausgearbeitet. Es erfolgte eine Klassifizierung der Befunde nach klinischer Relevanz. Wenn eine weitere Abklärung eines EKB empfohlen wurde, wurde dieses EKB als „major“ gewertet. In diesen Fällen erfolgte eine Prüfung unserer Datenbank, wenn sich hierbei Änderungen der Therapie des Patienten ergaben, wurde dieser extrakardiale Befund als „relevant“ gewertet. Im Anschluss erfolgte eine multivariate Analyse, untersucht wurde die Korrelation zwischen der Prävalenz von EKB mit dem Alter, dem Geschlecht sowie der Indikation zur MRT-Untersuchung.

Resultate: Es wurden insgesamt 1.670 extrakardiale Befunde bei 1.209 Patienten gefunden, hiervon 789 vaskuläre EKB bei 594 Patienten und 881 nicht-vaskuläre EKB bei 706 Patienten. Es ergaben sich 126 major EKB bei 122 Patienten. Von diesen als major klassifizierten EKB konnten 33 Befunde als klinisch relevant eingestuft werden. Die Prävalenz für jegliche EKB, major EKB und relevante EKB war: 34 % (95 % Konfidenzintervall (KI) 32,5 – 35,6 %), 3,4 % (95 % KI 2,9 – 4,1 %) bzw. 0,9 % (95 % KI 0,7 – 1,3 %).

Verschiedene Indikationen gingen mit unterschiedlichen Prävalenzen für einen EKB einher (Patienten mit kongenitalen Herzerkrankungen hatten häufiger einen EKB als solche mit Myokarditis (Inzidenzratenverhältnis 6 (95 % KI 5,1 – 7,1); $p < 0,001$)). Mit steigendem Patientenalter zeigte sich eine statistisch signifikante Zunahme der nicht-vaskulären EKB. Das Geschlecht hatte keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die EKB-Prävalenz.

Diskussion: Mit der unseres Wissens nach größten Studie zu diesem Thema konnten wir zeigen, dass EKB häufig sind und dass sie in 1 von 100 Patienten signifikant die weitere Therapie beeinflussen. Als erste Studie haben wir eine Korrelation zwischen Indikation zum MRT und der EKB-Prävalenz herstellen können. Hiermit konnten wir zeigen, dass verschiedene Indikationen verschiedene Wahrscheinlichkeiten für extrakardiale Befunde haben und dass dies ein Grund für die bisher so unterschiedlichen Studienergebnisse (EKB-Prävalenz von 5,3 bis 81 %) darstellen könnte.

Abstract (english)

Introduction: Cardiovascular disease represent the most common cause of death in industrial nations. Therefore, they are of great socioeconomic interest. There are various different modalities to detect cardiovascular disease and their complications, reaching from the evaluation of peripheral vascular system via doppler sonography to invasive (coronary-)angiography to cardiac imaging via magnetic resonance (MR) imaging and computed tomography (CT). Especially CT and MR examinations represent a challenge because of the possibility to detect extra-cardiac findings (ECF). In this paper we want to identify the prevalence and significance of extra-cardiac findings in cardiac MR imaging.

Methods: We extracted all cardiac MR reports from our RIS/PACS database for the years 2000 – 2014 (5170 reports). From all reports we worked out the extra-cardiac findings as well as the indication leading to the cardiac MR. When the radiologist recommended further evaluation of an ECF, it was considered as “major” finding. For these cases we explored our database for additional information. If the ECF was leading to a significant change in patients’ therapy, it indicated a “relevant” ECF. To analyse the association of indication, age and gender with extra-cardiac findings, Poisson regression and computed incidence rate ratios (IRR) were evaluated.

Results: Overall, we found 1670 extra-cardiac findings in 1209 patients. 789 of those were of vascular and 881 of non-vascular origin in 594 and 706 patients, respectively. Major ECF were found in 122 patients with a total of 126 findings. 33 of these findings were classified as relevant ECF. The prevalence for any, major and relevant ECF was 34 % (95 % confidence interval (CI) 32.5-35.6 %), 3.4 % (95 % CI 2.9-4.1 %) and 0.9 % (95% CI 0.7-1.3 %).

Different indications had different probabilities for the occurrences of ECF, e.g. patients with congenital heart disease were significantly more likely to have ECF compared to patients with myocarditis (IRR 6 (CI 5.2-7.2), $p < 0.001$). Older patients were significantly more likely to have non-vascular findings. Gender had no significant influence on ECF prevalence.

Discussion: To our knowledge this is the largest cohort concerning the issue of extra-cardiac findings in cardiac MR imaging. We were able to show that ECF are common in cardiac MR (34%) and that one out of 100 findings changes patients’ management significantly. Our data suggest that the indication is associated with ECF prevalence.

This could be one of the reasons for the wide heterogeneity in prior studies with EKB prevalence ranging from 5.3 to 81 %.

Manteltext

Einleitung

Kardiovaskuläre Erkrankungen stellen in Europa mit fast 50% die häufigste Ursache für einen frühzeitigen Tod dar und sind somit von hohem sozioökonomischem Interesse [1]. Es gibt viele verschiedene Untersuchungsmethoden, mit deren Hilfe kardiovaskuläre Erkrankungen diagnostiziert, verlaufskontrolliert oder therapiert werden können. Man kann zwischen invasiven und nicht-invasiven Methoden unterscheiden. Die farbkodierte Duplex-Sonographie stellt eine kostengünstige, nicht-invasive Maßnahme zur Detektion von Erkrankungen des peripheren Gefäßsystems (zum Beispiel der peripher arteriellen Verschlusskrankheit) dar. Der ‚Goldstandard‘ zur Diagnostik der koronaren Herzerkrankungen ist nach wie vor die invasive Koronarangiographie. Ein besonderer Vorteil der invasiven Koronarangiographie gegenüber z. B. der Myokardszintigraphie oder der Koronarangiographie mittels Computertomographie, ist die gleichzeitige Möglichkeit zur interventionellen Beseitigung von Koronarstenosen mittels perkutaner Koronarintervention. Allerdings werden dienen viele Herzkatheteruntersuchungen nur zur Diagnostik ohne entsprechende Intervention. So wurden 2011 in Deutschland knapp 750.000 Eingriffe durchgeführt, wobei nur in ca. 40 % eine Intervention erfolgte [2]. Deutschland ist im europäischen Vergleich das Land mit den meisten Koronarangiographien pro Einwohner. Da dies bei genauerer Betrachtung aber weder an einer erhöhten Morbidität noch Mortalität liegt, ist davon auszugehen, dass eine Reduktion der Koronarangiographien in Deutschland möglich sein sollte, ohne die Versorgungslage zu verschlechtern [3]. In den Fällen der reinen Diagnostik wäre es wünschenswert, die Koronarangiographie gegen eine weniger invasive Maßnahme zu ersetzen, da es im Rahmen der Herzkatheteruntersuchung zu schwerwiegenden Komplikationen kommen kann. Diese reichen von Nachblutungen mit z. T. Indikation zur operativen Versorgung über zentrale Gefäßverletzungen mit Gefahr von Dissektionen der Gefäßwände bis hin zu Embolien (z. B. ischämische Insulte).

In den vergangenen Jahren haben Herz-CT- und Herz-MRT-Untersuchungen als alternative Diagnostik zunehmend an Bedeutung gewonnen. Gerade die Herz-MRT-Bildgebung kann in verschiedensten Fragestellungen die diagnostischen Möglichkeiten deutlich erweitern. Die Einsatzbereiche reichen dabei z.B. von der Bestimmung der linksventrikulären Herzmasse im Rahmen von klinischen Studien [4]

über praxisnähere Indikationen wie die Untersuchung angeborener, struktureller Herzfehler oder erworbenen Herzklappenerkrankungen bis hin zu z.B. der Stress-MRT-Untersuchungen zur Beurteilung der (ischämischen) koronaren Herzkrankheit [5]. Darüber hinaus gibt es viele weiteren Indikationen (Peri- und Myokarditis, kardiale Raumforderungen, Kardiomyopathien etc.) [6–9]. Die häufigsten Indikationen auf Grund derer eine Herz-MRT-Bildgebung durchgeführt wird sind koronare Herzkrankheit, kongenitale Herzerkrankungen, Kardiomyopathie sowie Myokarditis [10–12]. Anders als bei der invasiven Herzkatheteruntersuchung kommen bei dieser Modalität neben den Koronargefäßen auch extrakardiale Strukturen zur Darstellung. Somit ergeben sich nicht selten extrakardialen Befunde (EKB). Diese EKB können zum einen helfen frühzeitig bösartige Erkrankungen zu diagnostizieren und schnell und adäquat zu therapieren. Zum anderen können sie aber auch eine Reihe unnötiger Test nach sich ziehen, an deren Ende keine Änderung der Therapie des Patienten notwendig ist. Aufgrund dieser Tatsache stehen EKB immer wieder in der Kritik, unnötige Untersuchungen zu erzeugen [13, 14].

In bisherigen Studien zum Thema EKB in Herz-CT und –MRT-Untersuchungen gab es eine sehr große Varianz in Bezug auf die EKB-Prävalenz. Kim et al berichteten in ihrer Studie zur Bestimmung von EKB in kardialer CT-Bildgebung von einer geringen Prävalenz für EKB von lediglich 7 % [15], wohin gegen Cademartiri et al von einer Prävalenz von 79 % berichteten [16]. In Bezug auf Herz-MRT-Untersuchungen zeigt sich ebenfalls eine große Heterogenität der Studienergebnisse mit einer Prävalenz von 5 bis 81 % [17, 18].

Als Ursachen für diese große Varianz führen die Autoren der bisher einzigen Metaanalyse verschiedene Punkte an [19]. So werden je nach Studiendesign verschiedene MR-Scanner benutzt (1,5 vs. 3 Tesla), ebenso unterscheiden sich auch die Protokolle nach denen die Patienten untersucht wurden (T₁-gewichtete Aufnahmen, cine gradient echos etc.). Des Weiteren gibt es immer wieder verschiedene Definitionen der EKB. Manche Autoren betrachten die Abgänge der großen Gefäße (Aorta und Pulmonalarterie) nicht als „extra-kardial“, da sie anteilig mit Perikard überzogen sind. Darüber hinaus gibt es laut Dunet et al auch deutliche Unterschiede in der EKB-Prävalenz je nach Erfahrung der Befunder (Radiologen vs. Kardiologen).

In dieser Arbeit soll es um die Prävalenz und klinische Relevanz von extrakardialen Befunden in Herz MRT-Untersuchungen gehen. Wir wollen darüber hinaus einen

Beitrag zur Beantwortung der Frage liefern, warum es in bisherigen Arbeiten zu diesem Thema zu so unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich der Prävalenzen für extrakardiale Befunde kam.

Material und Methoden

Zur Bearbeitung unserer Fragestellung extrahierten wir, nach vorheriger Genehmigung der Ethikkommission, alle Herz-MRT-Untersuchungen von 2000 bis 2014 aus dem RIS/PACS-Archiv der Charité. Der initiale Datensatz ergab insgesamt 5.170 Herz-MRT Befunde von 4.185 verschiedenen Patienten. Alle MRT-Befunde wurden mit der Frage nach extrakardialen Befunde gelesen. Außerdem wurden die Indikationen, welche zur Durchführung des MRT geführt haben, herausgearbeitet. 794 Befunde wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Bei 289 MRTs zeigte sich eine zu geringe Bildqualität, bei 195 MRTs gab es keinen schriftlichen Befund in unserem System, 173 der MRTs wurden mit erweitertem Untersuchungsbereich (z.B. Abdomen und Herz-MRT in einer Untersuchung) durchgeführt und daher ausgeschlossen. Zuletzt wurden 137 Befunde aufgrund fehlender Bilder in unserer Datenbank ebenfalls von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Somit verblieben 4.376 Befunde von 3.553 Patienten. Alle Befunde wurden initial entweder von einem Facharzt für Radiologie befundet oder von einem solchen supervidiert.

Die EKB wurden nach klinischer Relevanz sortiert. Alle EKB, in denen eine weitere Abklärung empfohlen wurde (weitere Bildgebung, Verlaufskontrollen, laborchemische Diagnostik etc.), wurden als „major“ EKB bezeichnet. Für diese Fälle erfolgte eine tiefere Recherche in unserer Datenbank. Es wurde sowohl im RIS/PACS-Archiv nach weiteren bildgebenden Verfahren als auch in SAP nach Arztbriefen, Laborparametern oder anderen klinischen Werten gesucht. Anhand dieser Ergebnisse erfolgte eine weitere Einteilung. Sollte es durch das initiale EKB zu einer signifikanten Änderung der Therapie des Patienten gekommen sein, wurde dieses EKB als „relevant“ eingestuft. Wenn sich für den Patienten weitere stationäre Aufenthalte, ambulante Vorstellung oder bildgebende Verfahren zeigten und in diesen (mindestens ein Jahr nach der MRT-Untersuchung) keine neuen relevanten Diagnosen oder Therapieänderungen zum Tragen kamen, wurde das EKB als „irrelevant“ gewertet. Wenn es keine Verlaufsberichte über den Patienten gab oder das Follow-up kürzer als ein Jahr war, wurden die EKB als „nicht-eindeutig“ klassifiziert.

Des Weiteren erfolgte eine Einteilung der extrakardialen Befunde in vaskuläre und nicht-vaskuläre EKB. Für die nicht-vaskulären EKB erfolgte eine weitere Klassifizierung nach dem Ort (z.B. Lungenparenchym, Leber etc.) und der Pathologie (z.B. Zyste, Infiltrat etc.).

Im Anschluss berechneten wir die 95%-Konfidenzintervalle (KI) mit Hilfe des Wilson-Intervalls. Darüber hinaus führten wir eine multivariate Analyse durch um die Beziehung zwischen Alter, Geschlecht und der Indikation zur MRT-Untersuchung in Bezug auf die EKB-Prävalenz zu ermitteln. Hierfür berechneten wir das Inzidenzraten-Verhältnis (IRR). Für die statistische Auswertung wurde die Software R verwendet (Version 3.4.1).

Ergebnisse

Das durchschnittliche Patientenalter lag bei 38,3 Jahren mit einer Standardabweichung von ± 20 Jahren (Reichweite: zwei Monate bis 87 Jahre). Männliche Patienten waren im Mittel 0,4 Jahre jünger. 60,8 % der untersuchten Patienten waren männlich. Durchschnittlich erhielt jeder Patient 1,23 MRT-Untersuchungen (3553 Patienten mit insgesamt 4376 Untersuchungen).

Die vier häufigsten Indikationen, welche zur Untersuchung geführt haben, waren Myokarditis (26,8 %; 1174/4376), kongenitale Herzerkrankung (16,4 %; 718/4376), Kardiomyopathien (11,4 %; 499/4376) sowie koronare Herzerkrankungen (10,1 %; 441/4376).

Extrakardiale Befunde zeigten sich bei 1.209 der 3.553 Patienten, dies resultiert in einer Prävalenz für gesamte EKB von 34 % (95% KI 32,5 – 35,6 %) auf Patientenebene. Insgesamt ergaben sich 1.670 extrakardiale Befunde, wobei hierunter 789 vaskuläre und 881 nicht-vaskuläre EKB vertreten waren (bei 594 bzw. 706 Patienten). Die Prävalenz für vaskuläre EKB lag bei 16,7 % (95 % KI 15,5-18,0 %), die für nicht-vaskuläre EKB etwas höher bei 19,9 % (95 % KI 18,6-21,2 %). Die Prävalenz für maligne EKB lag bei 0,7 % (95 % KI 0,5-1,1 %), wobei nur 3 der insgesamt 32 malignen Befunde zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht bekannt waren. Major EKB zeigten sich insgesamt in 126 Befunden bei 122 Patienten (Prävalenz 3,4 % (95 % KI 2,9-4,1 %)). Von diesen 126 Befunden stellten sich 33 als relevante, 62 als irrelevante und 31 als nicht-eindeutige EKB heraus. Es ergab sich somit eine Prävalenz von relevanten EKB, welche das weitere Management bzw. die Therapie des Patienten maßgeblich beeinflussten, von 0,9 % (95 % KI 0,7-1,3 %). Am häufigsten zeigten sich major EKB im Bereich der Lungen und des Abdomens, wobei im Bereich der Lunge 30 % der major EKB klinisch relevant waren (17 von 56 Befunden). Im Detail waren dies vor allem pulmonale Raumforderungen (5), welche sich im Verlauf z. B. als Metastasen oder primäre Bronchialkarzinome darstellten. Darüber hinaus zeigten sich bis dahin noch nicht diagnostizierte Pneumonien in weiteren 5 Fällen, welche eine antibiotische Therapie nach sich zogen. Im Bereich des Abdomens und Retroperitoneums wurden 45 major EKB beschrieben, von denen nur 13 % (6 von 45) klinisch relevant waren. Im Einzelnen waren dies komplizierte Nierenzysten (1) sowie Nebennierenadenome (2) und große Leberhämangiome (2), welche jährliche Verlaufskontrollen notwendig machten. Den größten Anteil an relevanten EKB pro major EKB zeigte sich bei Befunden im Bereich des Mediastinums

mit 46 % (6 von 13). Dort kamen vor allem maligne Erkrankungen zur Darstellung, wie Metastasen und Lymphome aber auch Abszesse, die zum Teil operativ saniert werden mussten (siehe auch Tabelle 1).

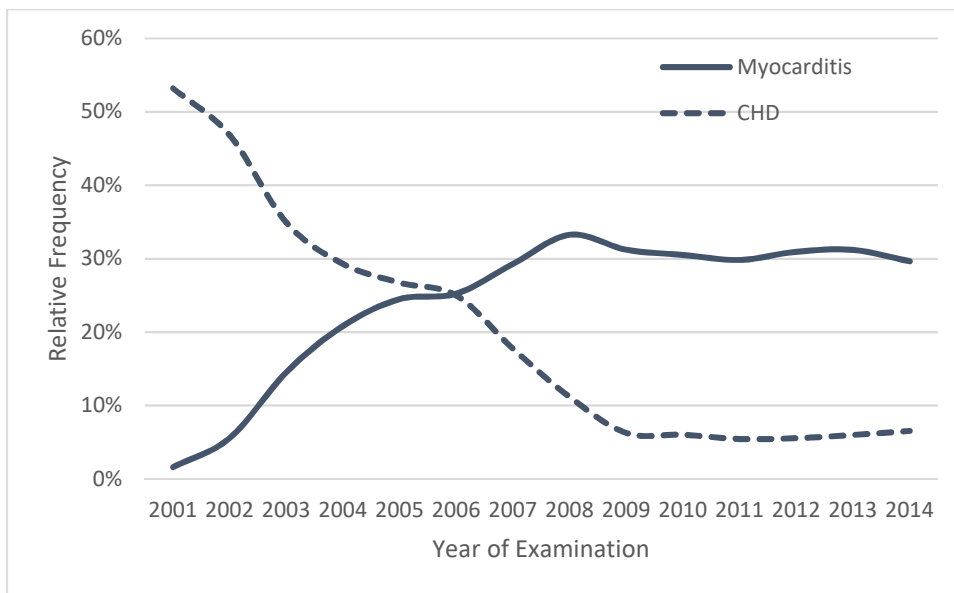
Tabelle 1:

Region des EKB	Major EKB			
	Relevant	Irrelevant	Nicht eindeutig	Total
Lunge	17	30	9	56
Gefäße	3	2	3	8
Abdomen/Retro-peritoneum	6	24	15	45
Knochen	1	1	0	2
Mediastinum	6	4	3	13
Andere	0	1	1	2
Total	33	62	31	126

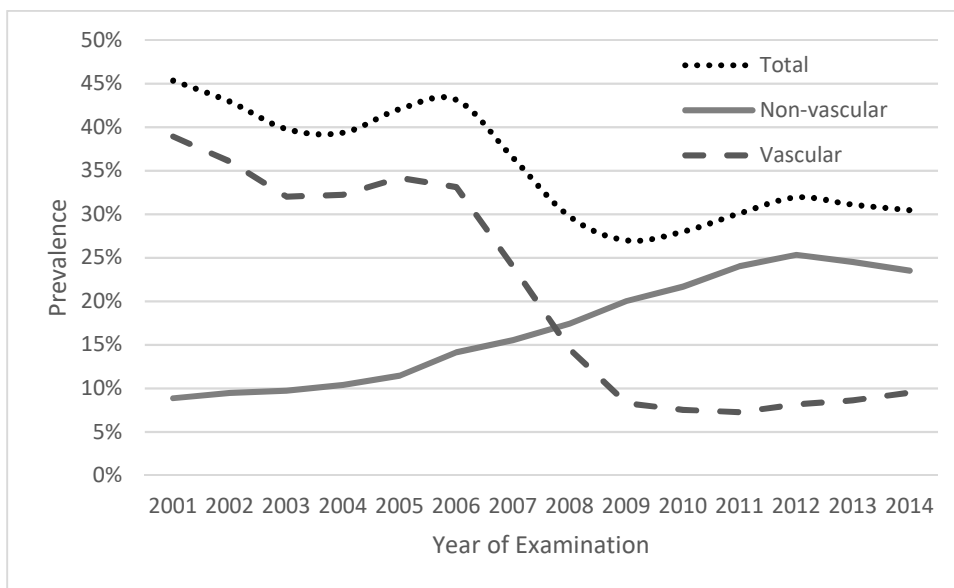
*Verändert aus „Extracardiac Findings at Cardiac MR Imaging: A Single-Center Retrospective Study over 14 Years“; European Radiology; First online 30.04.2018; FC Sokolowski et al.

Aufgrund unserer langen Einschlussdauer (2000-2014) hatten wir die Möglichkeit, verschiedene Effekte im Laufe der Zeit zu beobachten. So zeigte sich über den Beobachtungszeitraum ein Anstieg der nicht-vaskulären EKB von initial 10 auf 25 %. Des Weiteren zeigte sich ein Anstieg des durchschnittlichen Patientenalters über die Jahre. Auch die Indikationen, welche zur Durchführung der MRT-Untersuchung führten, änderten sich im Laufe der Zeit deutlich. Initial wurden ca. 40-45 % der Patienten aufgrund einer kongenitalen Herzerkrankung untersucht, diese Zahl reduzierte sich bis 2014 auf unter 10%. Dafür stieg der Anteil der Untersuchungen, die mit Verdacht auf bzw. als Verlaufskontrolle bei Myokarditis durchgeführt wurden, auf über 30% (siehe auch Figur 1 (a und b)).

Figur 1 a:



Figur 1 b:



*Übernommen aus „Extracardiac Findings at Cardiac MR Imaging: A Single-Center Retrospective Study over 14 Years“; European Radiology; First online 30.04.2018; FC Sokolowski et al.

Wir analysierten außerdem die Assoziation zwischen extrakardialen Befunden und dem Alter bzw. dem Geschlecht des Patienten sowie der Indikation. Für das Geschlecht ergab sich für keine Kategorie der EKB (gesamt ($p=0,44$), nicht-vaskulär ($p=0,89$), vaskulär ($p=0,28$) und major ($p=0,61$)) ein statistisch signifikanter Unterschied für die EKB-Prävalenz. Das Alter der Patienten hingegen hatte einen signifikanten Einfluss auf die Prävalenz, wobei ein höheres Patientenalter mit mehr extrakardialen Befunden assoziiert war. So ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied für die gesamten sowie nicht-vaskuläre EKB ($p<0,01$ bzw. $p<0,001$). Für

major EKB zeigte sich ebenfalls ein Trend in diese Richtung, welcher die statistische Signifikanz von $p < 0,05$ knapp verfehlte ($p = 0,051$). Für vaskuläre extrakardiale Befunde zeigte sich kein Zusammenhang zwischen Patientenalter und EKB-Prävalenz ($p = 0,25$). Im Rahmen der multivariaten Analyse zeigte sich außerdem, dass verschiedene Indikationen unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten für das Vorliegen eines EKB hatten. Patienten mit einer kongenitalen Herzerkrankung (CHD) hatten im Vergleich zu Patienten mit einer Myokarditis signifikant häufiger einen extrakardialen Befund (IRR 6 (95 % KI 5,1-7,1); $p < 0,001$). Nicht-vaskuläre EKB traten bei den Patienten mit einer CHD nicht häufiger auf (IRR 0,9 (95 % KI 0,7-1,2); $p = 0,65$). Dafür zeigte sich die Wahrscheinlichkeit für vaskuläre EKB deutlich erhöht (IRR 72,5 (95 % KI 43-133); $p < 0,001$). Die Prävalenz für major EKB war im Vergleich zu Patienten mit Myokarditis hingegen sogar reduziert (IRR 0,2 (95 % KI 0,02-0,5); $p < 0,05$) (siehe auch Tabelle 2).

Tabelle 2:

Indikation	Inzidenzratenverhältnis für EKB im Vergleich zur Indikation „Myokarditis“		
	Nicht-vaskuläre EKB	Vaskuläre EKB	Major EKB
Kongenitale Herzerkrankung	0.9 (95 % KI 0,7-1,2) ($p = 0,65$)	72.5 (95 % KI 43-133) ($p < 0,001$)	0.2 (95 % KI 0,02-0,5) ($p < 0,05$)
Koronare Herzerkrankung	0.9 (95 % KI 0,7-1,2) ($p = 0,39$)	3.0 (95 % KI 1,4-6,4) ($p < 0,01$)	1.4 (95 % KI 0,8-2,5) ($p = 0,21$)
Kardiale Raumforderung	3.0 (95 % KI 2,3-3,9) ($p < 0,001$)	4.2 (95 % KI 1,6-10,3) ($p < 0,01$)	2.3 (95 % KI 1,1-4,5) ($p < 0,05$)

Verändert aus „Extracardiac Findings at Cardiac MR Imaging: A Single-Center Retrospective Study over 14 Years“; European Radiology; First online 30.04.2018; FC Sokolowski

Diskussion

Wir konnten mit unseren Daten zeigen, dass extrakardiale Befunde in Herz-MRT-Untersuchungen häufig sind und in einem von 100 Fällen die weitere Therapie maßgeblich beeinflussen. Darüber hinaus zeigte sich eine Assoziation zwischen der Indikation zur MRT-Untersuchung und der EKB-Prävalenz.

Viele Arbeiten haben sich bisher mit dem Thema der extrakardialen Befunde in Herz-MRT-Untersuchungen beschäftigt. 2016 wurde die erste Metaanalyse hierzu veröffentlicht, in welche insgesamt 12 Studien mit 7.062 Patienten eingeschlossen wurden [19]. Die Variabilität der Prävalenzen ist dabei enorm groß und reicht von 5 bis 81 % [17, 18]. Dunet et al. berichteten in Ihrer Metaanalyse von einer gemittelten Gesamtprävalenz von 35 %. Dieser Wert ist fast identisch mit den 34 %, welche in unserer Studie ermittelt wurde. Es bleibt allerdings die Frage offen, warum eine so große Streubreite in den bisherigen Studien vorliegt. Dunet et al gaben einen signifikanten Unterschied zwischen Studien an, die sich auf Befundtexte bzw. eine (erneute) Analyse der Bilder zur Bestimmung der EKB konzentriert haben (18 bzw. 45 %; $p < 0,001$). Dass unsere Daten trotz Auswertung der Befundtexte eine so hohe Prävalenz erzielen konnten, lässt unserer Meinung nach einen Rückschluss auf die hohe Qualität unserer Daten zu. Von den Autoren der Metaanalyse werden, wie in der Einleitung erwähnt, verschiedene Gründe für die Variationsbreite in vorherigen Studien aufgeführt. Ein Aspekt, welchen wir als sehr wichtig erachten, wurde bisher allerdings nur wenig beleuchtet. Im Laufe der Zeit zeigte sich in unserer Population ein deutlicher Rückgang von sowohl der Indikation ‚kongenitale Herzfehler‘ als auch der Prävalenz für vaskuläre Befunde (vergleiche Figur 1 (a und b)). Wir sind der Meinung, dass die Indikation eine starke Assoziation zur EKB-Prävalenz hat. Leider ist in bisherigen Studien keine Auswertung hierzu erfolgt. Dunet et al berichten zwar über die Verteilung der Indikation (28 % ischämische Herzerkrankungen, 25 % Kardiomyopathien und arrhythmische Erkrankungen usw.) und einen möglichen Zusammenhang zwischen MR-Indikation und den verwendeten Sequenzen im Untersuchungsprotokoll, eine genauere Korrelation zwischen den Indikationen und der EKB-Häufigkeit bleiben die Autoren allerdings schuldig. Ob dies an der unvollständigen Datenlage der Primärquellen gelegen hat, lässt sich nicht abschließend festlegen. Unsere Daten legen jedenfalls eine Assoziation zwischen Indikation und EKB-Häufigkeit nahe. Je nach Unterscheidung zwischen vaskulären,

nicht-vaskulären, major und relevanten Befunde zeigten verschiedene Indikationen unterschiedliche Prävalenzen (siehe auch Tabelle 3).

Tabelle 3:

Indikation	N	Alter	Prevalenz für				
			Nicht-vaskuläre ECF	Vaskuläre ECF	Major ECF	Relevant ECF	Total ECF
Myokarditis	1174	40 ± 16	14%	1%	3.0%	0.8%	15%
Angeborene Herzfehler	718	18 ± 12	10%	58%	0.3%	0%	62%
Kardiomyopathie	499	43 ± 19	17%	3%	4.4%	0.8%	19%
Koronare Herzkrankheit	441	59 ± 13	17%	3%	4.5%	0.7%	19%
Vaskuläre Indikation	381	23 ± 16	11%	70%	1.6%	0.5%	73%
Myokardiale Beteiligung bei anderer Grunderkrankung	337	46 ± 14	26%	1%	2.4%	0.3%	27%
Klappen	205	33 ± 20	9%	38%	0.5%	0.5%	42%
Kardiale Raumforderung	156	50 ± 20	38%	4%	6.4%	5.1%	39%
Untersuchungen mit mehreren Fragestellungen	131	33 ± 18	17%	1%	0.8%	0%	17%
Unspezifische kardiale Symptome	105	40 ± 20	24%	12%	6.7%	1.9%	33%
Brustwandanomalien	70	24 ± 8	100%	0%	0%	0%	100%
Perimyokarditis	67	36 ± 15	24%	3%	1.5%	3.0%	25%
Evaluation vor/nach Intervention	60	50 ± 21	27%	2%	6.7%	1.7%	28%
Andere	32	50 ± 14	44%	6%	15.6%	0%	50%
Total	4376	37.4 ± 20	18%	19%	2.8%	0.8%	34%

Daten basierend auf Untersuchungsebene, daher Unterschiede zu den Daten auf Patientenebene.

*Verändert aus „Extracardiac Findings at Cardiac MR Imaging: A Single-Center Retrospective Study over 14 Years“; European Radiology; First online 30.04.2018; FC Sokolowski et al.

Patienten mit kongenitalen Herzerkrankungen zeigten im Vergleich zu denen mit Myokarditis signifikant weniger major EKB (IRR 0,2 (95 % KI 0,02 – 0,5); $p < 0,05$) bei einer deutlich erhöhten Anzahl für vaskuläre Befunde (IRR 72,5 (95 % KI 43 – 133); $p < 0,001$). Bei Patienten mit kardialen Raumforderungen war die Anzahl für major EKB am höchsten von allen Subgruppen (IRR 2,3 (95 % KI 1,1 – 4,5); $p < 0,05$). Diese Tatsache kann ein möglicher, bisher wenig besprochener, Ansatzpunkt für die große Heterogenität der vorherigen Studien sein (Prävalenz für EKB reicht bisher von 5,3 bis 81%). Je nach Standort oder Einschlusskriterien der Studien ergeben sich sehr unterschiedliche Patientenkollektive. Wie weiter oben bereits erwähnt zeigte sich alleine im Rahmen unserer Untersuchungszeit ein deutlicher Wandel der Indikationen und der EKB-Verteilung.

Es wird immer wieder Skepsis gegenüber dem Thema EKB und deren möglichen Folgeuntersuchungen geäußert. Aufgrund der oben genannten Unterschiede in den Studien ist dies auch nicht verwunderlich. Unserer Meinung nach ist aber weniger die große Schwankungsbreite der „Gesamtprävalenz“ (jegliche EKB ohne Bezug zur klinischen Relevanz) das entscheidende Problem. Hier wird es immer von Untersucher zu Untersucher starke Unterschiede geben und auch eine genauere Definition darüber, was „extra-kardial“ ist und was „kardial“ ist, wird dies nicht im Wesentlichen verändern. Am Ende liegt es am Untersucher selbst, ob jede noch so kleine Veränderung beschrieben wird oder nicht. Viel wichtiger sind die major EKB, da diese in der Regel eine Form der Verlaufskontrolle nahelegen. Im Rahmen der in der Metaanalyse dargestellten Studien zeigte sich hier eine Variabilität der major EKB von 2 bis 27 %, was verglichen mit den 5 bis 81 %, einen deutlich eingegrenzteren Bereich darstellt. Eine noch geringere Streubreite kommt zur Darstellung, wenn man sich die EKB ansieht, welche zu einer signifikanten Änderung der Therapie des Patienten geführt haben (in dieser Arbeit als „relevant“ EKB bezeichnet). Hier ergab sich eine Variabilität von 0,4 bis 4 % und eine mittlere Prävalenz von ca. 1 % [10]. Wenn man sich insbesondere andere Studien mit großen Patientenkollektiven anschaut, zeigen sich sehr ähnliche Ergebnisse im Vergleich mit unseren Daten. Sohns et al berichteten von major EKB in 5 und von relevanten EKB in 0,8 % der Fälle [20]. Bei Greulich et al zeigte sich 8 bzw. 0,7 % Prävalenz für major bzw. relevante EKB [21]. In unserer Studie hatten wir mit einer Prävalenz für major von 3,4 und einer Prävalenz für relevante EKB von 0,9 % vergleichbare Ergebnisse. Die Frage bleibt, wie sich unnötige Folgeuntersuchungen verhindern lassen. Ein mögliches Kriterium hierfür könnte das Verhältnis zwischen relevanten EKB und major EKB sein. Ein geringes Verhältnis würde dabei für eine geringere Anzahl an unnötigen Verlaufskontrollen sprechen. Dunet et al berichteten von einer zwölfprozentigen Prävalenz für major und von einer einprozentigen Prävalenz für relevante extrakardiale Befunde. Dies resultierte in einem Verhältnis von 12 zu 1, was zu einer unnötig hohen Anzahl an Verlaufskontrollen führen dürfte. In unserer Arbeit ergab sich ein Verhältnis von 3,8 zu 1. Diese Ergebnisse legen unserer Meinung nach den Schluss nahe, dass Herz-MRTs von Fachärzten für Radiologie mit einer langjährigen Erfahrung befundet oder supervidiert werden müssen, um unnötige Verlaufskontrollen und somit unnötige Kosten für das Gesundheitssystem zu verhindern.

Unsere Studie zeichnet sich durch das größte Patientenkollektiv und den längsten

Beobachtungszeitraum aller bisherigen Studien zu diesem Thema aus. Des Weiteren zeigt unsere Studie als erste, welchen Einfluss die Indikation auf die EKB-Prävalenz haben kann. Nichtsdestotrotz haben wir über einige Limitationen und mögliche Biases zu berichten. Zu Beginn unserer Studie wurde der Großteil der MRT-Untersuchungen im Rahmen von kongenitalen Herzerkrankungen durchgeführt und es wurden (wenig überraschend) viele vaskuläre extrakardiale Befunde gefunden, welche gerade bei Patienten mit angeborenen Herzfehlern sehr häufig vorkommen. Im weiteren Verlauf kam es zu einer deutlichen Abnahme der CHD-Patienten und zur Zunahme von Myokarditis-Patienten. Dies lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass ein Großteil der Patienten mit angeborenen Herzfehlern in z. B. das Deutsche Herzzentrum Berlin zur weiteren Betreuung gewechselt sind, da dort mit der ansässigen, spezialisierten Herzchirurgie eine bessere Versorgung dieser Patientengruppe gewährleistet ist. Die Zunahme der Indikation Myokarditis lässt sich möglicherweise auf eine deutliche Zunahme des Verständnisses der myokardialen Inflammation in dieser Zeit und die Etablierung des Standortes als Zentrum für Myokarditis erklären.

Darüber hinaus haben wir uns auf die Assoziation zwischen Alter, Geschlecht und Indikation zur EKB-Prävalenz konzentriert. Andere Faktoren, die möglicherweise ebenfalls einen Einfluss spielen könnten, wurden nicht berücksichtigt. Das wurde zum einen bewusst gewählt, um eine Überladung mit relevanten Informationen zu verhindern, zum anderen war für viele weitere Fragestellungen (z. B. Erfahrungswert der Befunder, Gerätetyp, MRT-Sequenzen) die Datenlage insbesondere für die älteren Befunde (vor 2008) nicht vollständig, sodass eine Analyse dahingehend unvollständig gewesen wäre.

Als weiteren Kritikpunkt müssen wir auf die unvollständigen Follow-up-Daten hinweisen. Von den 126 major EKB ließen sich in 31 Fällen in unserer Datenbank keine ausreichenden weiteren Informationen finden, sodass hier nur eine unvollständige Aufarbeitung möglich war.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, dass es auf Grund der z. T. komplexeren Fälle, welche häufig durch die Charité betreut werden, auch zu einer grundsätzlichen Verzerrung des Patientenkollektives gekommen sein könnte.

Mit Hilfe unserer Arbeit konnten wir zeigen, dass EKB in der kardialer MRT-Bildgebung häufig vorkommen (Prävalenz von 34 %). Major EKB, solche bei denen weitere Diagnostik empfohlen wurde, zeigten sich in 3,4 % der Fälle. Relevante Befunde, welche das Therapiemanagement des Patienten beeinflussten, traten bei einem von

100 Patienten auf. Unterschiedliche Patientenkollektive mit verschiedenen Indikationsschwerpunkten könnten ein neuer Erklärungsansatz für die große Streuung der EKB-Prävalenz in bisherigen Studien sein. Weitere Arbeiten zur Beantwortung dieser Frage sind notwendig.

Literaturverzeichnis

1. WHO - World Health Organisation: Häufigste Todesursachen in Europa. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/185312/Leading-causes-of-death-in-Europe-Fact-Sheet-Ger.pdf?ua=1 (last accessed on 8 April 2018 um 19:20 Uhr).
2. Deutsches Ärzteblatt: Knapp 750.000 Herz-katheter-Eingriffe pro Jahr in Deutschland. <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/60394/Knapp-750-000-Herzkatheter-Eingriffe-pro-Jahr-in-Deutschland> (last accessed on 8 April 2018 um 19:50 Uhr).
3. Wildwuchs in der deutschen Kardiologie. *Der Arzneimittelbrief* 2002(36, 54b).
4. Schmieder RE, Wagner F, Mayr M, Delles C, Ott C, Keicher C, Hrabak-Paar M, Heye T, Aichner S, Khder Y, Yates D, Albrecht D, Langenickel T, Freyhardt P, Janka R, Bremerich J: The effect of sacubitril/valsartan compared to olmesartan on cardiovascular remodelling in subjects with essential hypertension: The results of a randomized, double-blind, active-controlled study. *Eur Heart J* 2017; 38(44): 3308–17.
5. Al Sayari S, Kopp S, Bremerich J: Stress cardiac MR imaging: The role of stress functional assessment and perfusion imaging in the evaluation of ischemic heart disease. *Radiol Clin North Am* 2015; 53(2): 355–67.
6. Bogaert J, Francone M: Pericardial disease: Value of CT and MR imaging. *Radiology* 2013; 267(2): 340–56.
7. Coelho-Filho OR, Rickers C, Kwong RY, Jerosch-Herold M: MR myocardial perfusion imaging. *Radiology* 2013; 266(3): 701–15.
8. Motwani M, Kidambi A, Herzog BA, Uddin A, Greenwood JP, Plein S: MR imaging of cardiac tumors and masses: A review of methods and clinical applications. *Radiology* 2013; 268(1): 26–43.
9. Sakuma H: Coronary CT versus MR angiography: The role of MR angiography. *Radiology* 2011; 258(2): 340–9.
10. Bruder O, Wagner A, Lombardi M, Schwitter J, van Rossum A, Pilz G, Nothnagel D, Steen H, Petersen S, Nagel E, Prasad S, Schumm J, Greulich S, Cagnolo A, Monney P, Deluigi CC, Dill T, Frank H, Sabin G, Schneider S, Mahrholdt H: European Cardiovascular Magnetic Resonance (EuroCMR) registry--multi national results from 57 centers in 15 countries. *J Cardiovasc Magn Reson* 2013; 15: 9.
11. O'Donnell DH, Abbara S, Chaithiraphan V, Yared K, Killeen RP, Martos R, Keane D, Cury RC, Dodd JD: Cardiac MR imaging of nonischemic cardiomyopathies: Imaging protocols and spectra of appearances. *Radiology* 2012; 262(2): 403–22.
12. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, Poon M, Carr JC, Gerstad NA, Gillam LD, Hodgson JM, Kim RJ, Lesser JR, Martin ET, Messer JV, Redberg RF, Rubin GD, Rumsfeld JS, Taylor AJ, Weigold WG, Woodard PK, Brindis RG, Douglas PS, Peterson ED, Wolk MJ, Allen JM: ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: A report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48(7): 1475–97.
13. White CS: The pros and cons of searching for extracardiac findings at cardiac CT: Use of a restricted field of view is acceptable. *Radiology* 2011; 261(2): 338–41.
14. Rodrigues JCL, Lyen SM, Loughborough W, Amadu AM, Baritussio A, Dastidar AG, Manghat NE, Bucciarelli-Ducci C: Extra-cardiac findings in cardiovascular magnetic

- resonance: What the imaging cardiologist needs to know. *J Cardiovasc Magn Reson* 2016; 18(1): 26.
15. Kim JW, Kang E-Y, Yong HS, Kim YK, Woo OH, Oh Y-W, Lee KY, Han H: Incidental extracardiac findings at cardiac CT angiography: Comparison of prevalence and clinical significance between precontrast low-dose whole thoracic scan and postcontrast retrospective ECG-gated cardiac scan. *Int J Cardiovasc Imaging* 2009; 25 Suppl 1: 75–81.
 16. Cademartiri F, Malagò R, Belgrano M, Alberghina F, Maffei E, La Grutta L, Palumbo AA, Runza G, Mollet NR, Midiri M, Krestin GP, Mucelli RP: Spectrum of collateral findings in multislice CT coronary angiography. *Radiol Med* 2007; 112(7): 937–48.
 17. McKenna DA, Laxpati M, Colletti PM: The prevalence of incidental findings at cardiac MRI. *Open Cardiovasc Med J* 2008; 2: 20–5.
 18. Ulyte A, Valeviciene N, Palionis D, Kundrotaite S, Tamosiunas A: Prevalence and clinical significance of extracardiac findings in cardiovascular magnetic resonance. *Hellenic J Cardiol* 2016.
 19. Dunet V, Schwitter J, Meuli R, Beigelman-Aubry C: Incidental extracardiac findings on cardiac MR: Systematic review and meta-analysis. *J Magn Reson Imaging* 2016; 43(4): 929–39.
 20. Sohns JM, Schwarz A, Menke J, Staab W, Spiro JE, Lotz J, Unterberg-Buchwald C: Prevalence and clinical relevance of extracardiac findings at cardiac MRI. *J Magn Reson Imaging* 2014; 39(1): 68–76.
 21. Greulich S, Backes M, Schumm J, Grün S, Steubing H, Sechtem U, Geissler A, Mahrholdt H: Extra cardiac findings in cardiovascular MR: Why cardiologists and radiologists should read together. *Int J Cardiovasc Imaging* 2014; 30(3): 609–17.

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Felix Sokolowski, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Extrakardiale Befunde in Herz-MRT-Untersuchungen: Eine monozentrische, retrospektive Studie über 14 Jahre“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Mein Anteil an der ausgewählten Publikation entspricht dem, der in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben ist. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Ausführliche Anteilserklärung an der erfolgten Publikation

Ich habe selbstständig sämtliche schriftlichen, kardialen MRT-Befunde der Jahre 2000-2014 (aus dem RIS-PACS Archiv der Charité) ausgewertet und hierbei die erforderlichen Informationen extrahiert (extrakardiale Befunde, Indikation der Untersuchung). Ich habe die Ausschlusskriterien definiert und hiernach die entsprechenden Untersuchungen von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Im Anschluss habe ich die Datensätze so aufbereitet, dass eine statistische Analyse möglich war. Diese ist in Zusammenarbeit mit Alejandra Rodríguez (zum gegenwärtigen Zeitpunkt Statistikerin der Arbeitsgruppe Dewey) entstanden. Im weiteren Verlauf habe ich selbstständig die Publikation verfasst, inklusive aller Abbildungen (Figuren wie auch Tabellen). Die Arbeit wurde von Herr Prof. Dewey korrekturgelesen.

Publikation 1: Felix C. Sokolowski, Philipp Karius, Alejandra Rodríguez, Alexander Lembcke, Moritz Wagner, Bernd Hamm, Marc Dewey; „Extracardiac Findings at Cardiac MR Imaging: A Single-Center Retrospective Study over 14 Years“; European Radiology; First online 30.04.2018

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers/der betreuenden Hochschullehrerin

Unterschrift des Doktoranden/der Doktorandin

Auszug aus der „Journal Summary List“

Journal Data Filtered By: **Selected JCR Year: 2016** Selected Editions: SCIE,SSCI
 Selected Categories: **“RADIOLOGY, NUCLEAR MEDICINE and MEDICAL IMAGING”** Selected Category Scheme: WoS
Gesamtanzahl: 126 Journale

Rank	Full Journal Title	Total Cites	Journal Impact Factor	Eigenfactor Score
1	JACC-Cardiovascular Imaging	6,895	10.189	0.027050
2	RADIOLOGY	50,983	7.296	0.066140
3	EUROPEAN JOURNAL OF NUCLEAR MEDICINE AND MOLECULAR IMAGING	14,019	7.277	0.024910
4	Circulation-Cardiovascular Imaging	4,472	6.803	0.019120
5	JOURNAL OF NUCLEAR MEDICINE	24,977	6.646	0.037540
6	NEUROIMAGE	85,630	5.835	0.173210
7	JOURNAL OF CARDIOVASCULAR MAGNETIC RESONANCE	4,349	5.601	0.014950
8	SEMINARS IN RADIATION ONCOLOGY	2,232	5.356	0.003910
9	INVESTIGATIVE RADIOLOGY	5,925	5.195	0.011230
10	INTERNATIONAL JOURNAL OF RADIATION ONCOLOGY BIOLOGY PHYSICS	44,068	5.133	0.060060
11	ULTRASOUND IN OBSTETRICS & GYNECOLOGY	11,611	4.710	0.019350
12	HUMAN BRAIN MAPPING	18,139	4.530	0.041900
13	RADIOTHERAPY AND ONCOLOGY	15,639	4.328	0.028040
14	MEDICAL IMAGE ANALYSIS	5,539	4.188	0.010720
15	EUROPEAN RADIOLOGY	16,381	3.967	0.033340
16	IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING	15,215	3.942	0.019660
17	JOURNAL OF NUCLEAR CARDIOLOGY	3,021	3.930	0.003920
18	MAGNETIC RESONANCE IN MEDICINE	29,816	3.924	0.035960
19	CLINICAL NUCLEAR MEDICINE	4,008	3.640	0.006470
20	SEMINARS IN NUCLEAR MEDICINE	2,056	3.630	0.002800
21	AMERICAN JOURNAL OF NEURORADIOLOGY	21,720	3.550	0.032180
22	MOLECULAR IMAGING AND BIOLOGY	2,228	3.466	0.005880
23	ULTRASCHALL IN DER MEDIZIN	1,907	3.452	0.003930
24	RADIOGRAPHICS	10,286	3.427	0.009660

Originalpublikation

Felix C. Sokolowski, Philipp Karius, Alejandra Rodríguez, Alexander Lembcke, Moritz Wagner, Bernd Hamm, Marc Dewey; „Extracardiac Findings at Cardiac MR Imaging: A Single-Center Retrospective Study over 14 Years”; European Radiology; First online 30.04.2018

<https://dx.doi.org/10.1007/s00330-018-5432-0>

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Publikationsliste

Felix C. Sokolowski, Philipp Karius, Alejandra Rodríguez, Alexander Lembcke, Moritz Wagner, Bernd Hamm, Marc Dewey; „Extracardiac Findings at Cardiac MR Imaging: A Single-Center Retrospective Study over 14 Years“; European Radiology; First online 30.04.2018

Impact factor European Radiology (2016): 3,967

Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. Marc Dewey für die Betreuung während der Bearbeitung des Themas bedanken.

Für die mentale sowie fachliche Unterstützung danke ich ganz herzlich Philipp Karius. Außerdem bedanke ich mich bei Alejandra Rodríguez für die großartige Hilfe bei der statistischen Auswertung.