

Der Kardiologe

Organ der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e. V.
hervorgegangen aus Clinical Research in Cardiology Supplements

Elektronischer Sonderdruck für S. Sarikouch

Ein Service von Springer Medizin

zur nichtkommerziellen Nutzung auf der
privaten Homepage und Institutssite des Autors

Kardiologe 2010 · 4:474–487 · DOI 10.1007/s12181-010-0270-6

© Springer-Verlag 2010

**S. Sarikouch · P. Beerbaum · M. Gutberlet · P. Barth · F. Rakebrandt · S. Müller-Mielitz · U. Sax ·
B. Peters · T. Kühne**

Nutzen telemedizinischer Netzwerke für die kardi- ovaskuläre Forschung: MR-Bildgebung angebore- ner Herzfehler als Beispiel

6-Jahres-Erfahrung des Kompetenznetzes Angeborene Herzfehler (KN AHF)

Kardiologie 2010 · 4:474–486
 DOI 10.1007/s12181-010-0270-6
 Online publiziert: 15. Juli 2010
 © Springer-Verlag 2010

S. Sarikouch¹ · P. Beerbaum² · M. Gutberlet³ · P. Barth⁴ · F. Rakebrandt⁵ ·
 S. Müller-Mielitz⁵ · U. Sax^{5,6} · B. Peters⁷ · T. Kühne⁸

¹ Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie, Medizinische Hochschule Hannover; ² Division of Imaging Sciences, King's College London, Guy's & St Thomas' Hospital, London; ³ Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universität Leipzig – Herzzentrum Leipzig; ⁴ Institut für Radiologie, Nuklearmedizin und Molekulare Bildgebung, Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen; ⁵ Abteilung Medizinische Informatik, CIOffice Medizinische Forschungsnetze, Universitätsmedizin Göttingen; ⁶ Geschäftsbereich Informationstechnologie, Universitätsmedizin Göttingen; ⁷ Institut für Biometrie und Medizinische Informatik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; ⁸ Klinik für Angeborene Herzfehler, Deutsches Herzzentrum Berlin

Nutzen telemedizinischer Netzwerke für die kardiovaskuläre Forschung: MR-Bildgebung angeborener Herzfehler als Beispiel

6-Jahres-Erfahrung des Kompetenznetzes Angeborene Herzfehler (KN AHF)

Der Einsatz von telemedizinischen Netzwerken zu Forschungszwecken ist insbesondere in Fachbereichen mit geringen Fallzahlen ein vielversprechender Ansatz, um diese Limitierung zu überwinden und im Sinne einer evidenzbasierten Medizin über verbundene Forschung statistisch verwertbare Daten zu erhalten. Wir berichten über die mittlerweile 6-jährige Erfahrung in einem Forschungsverbund in dem über die zentrale Erfassung von Studienergebnissen hinaus Strukturen insbesondere im Bereich der teleradiologischen Auswertung magnetresonanztomographischer Untersuchungen entwickelt wurden.

Kompetenznetz Angeborene Herzfehler

Im Jahr 2003 wurde das Kompetenznetz Angeborene Herzfehler (KN AHF), ausgehend von einer Initiative des Bundes-

ministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), gegründet. Hauptziel war die horizontale und vertikale Vernetzung der an der Versorgung von Menschen mit angeborenen Herzfehlern beteiligten Einrichtungen sowie die Förderung der wissenschaftlichen Kooperation in diesem Gebiet (<http://www.kompetenznetz-ahf.de>).

Unter dem Gründungssprecher Prof. Peter E. Lange (emer. DHZB Berlin) wurden ab 2004 bundesweite Studien initiiert mit dem Ziel, die Datengrundlage in der Kardiologie angeborener Herzfehler insbesondere im Bereich der nichtinvasiven Diagnostik und Belastungsuntersuchungen zu erweitern. Aufgrund der Heterogenität der Herzfehler stehen in diesem Bereich der Kardiologie häufig nur kleine Patientenkollektive für vergleichende Analysen zur Verfügung. Es wurden daher identische Querschnittsprojekte zur Echokardiographie, Magnetresonanztomographie und Spiroergometrie in allen (Haupt-)Studien des KN AHF verankert, um so über Quervergleiche die

Datenbasis bei den angeborenen Herzfehlern erheblich zu verbreitern (▣ **Abb. 1**). Der Schwerpunkt in der Bildgebung wurde dabei auf die nichtinvasive Diagnostik des rechten Ventrikels gelegt.

Kardiale Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) zur kardiovaskulären Primär- und Sekundärdiagnostik hat einen enormen Aufschwung in den letzten 10 Jahren erfahren. Neben der verbesserten räumlichen und zeitlichen Auflösung anatomischer Strukturen haben sich die Vitalitätsdiagnostik des Myokards und hämodynamische Untersuchungen mittels ventrikulärer Volumetrie und Flussmessungen in den groß-

Projektleiter des Querschnittsprojektes Magnetresonanztomographie bei Angeborenen Herzfehlern (BMBF-FKZ: 01G10210, 01GI0601, 01EV0704): Samir Sarikouch, Philipp Beerbaum, Matthias Gutberlet, Titus Kühne.

Hier steht eine Anzeige.



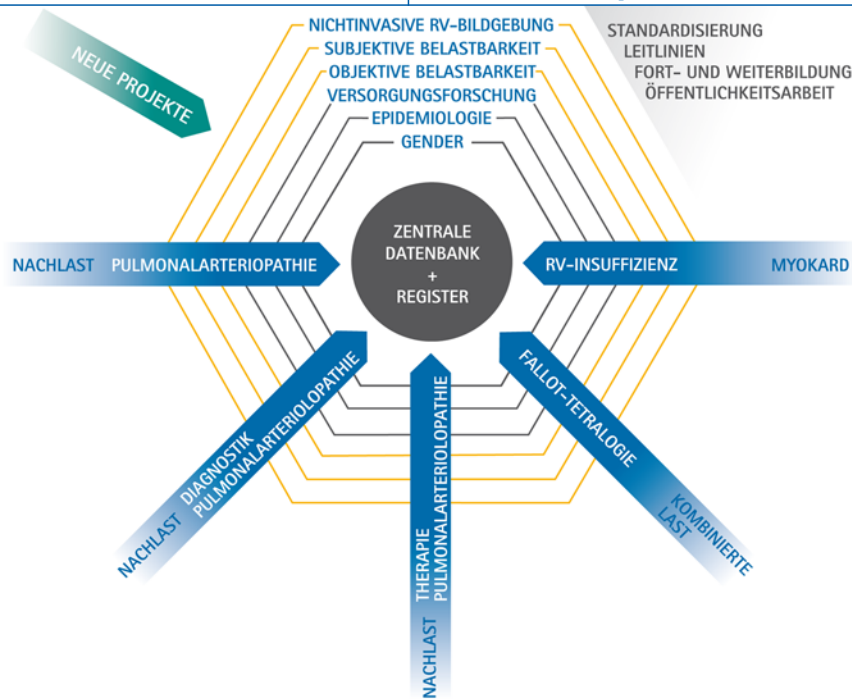


Abb. 1 Im Zentrum der klinischen Forschung des Kompetenznetzes Angeborene Herzfehler stehen Studien zu Therapie und Prävention von Funktionsstörungen des rechten Ventrikels. Alle wissenschaftlichen Studien werden so in die Forschungsstruktur eingegliedert, dass eine vernetzte Auswertung der Daten möglich ist. (Quelle: Kompetenznetz Angeborene Herzfehler)

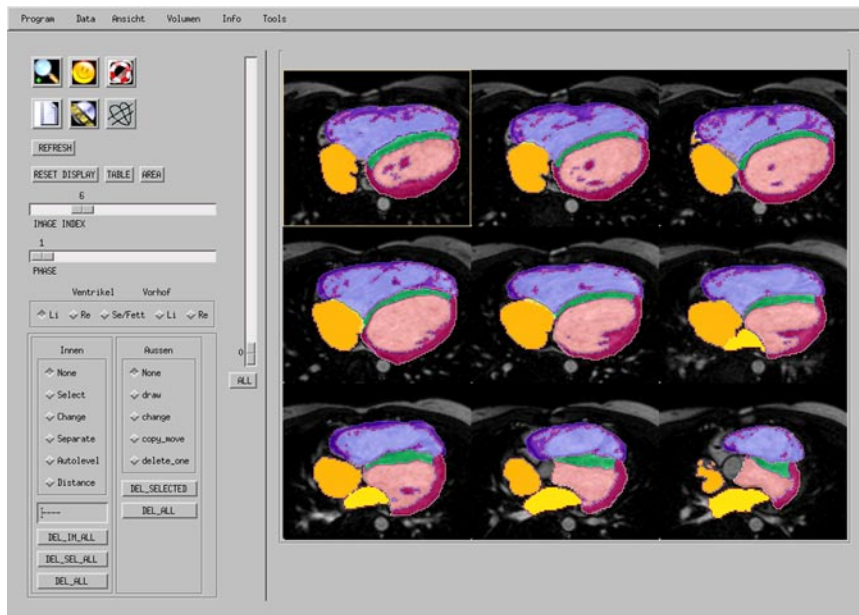


Abb. 2 MRT-Auswertung der Ventrikelvolumina und -masse eines Patienten mit korrigierter Fallot-Tetralogie (Software-Entwicklung Dipl. Phys. P. Barth)

en Gefäßen als wertvolle Erweiterungen der kardialen Diagnostik erwiesen [1, 2].

Die Reproduzierbarkeit der Befunde, insbesondere in Spezialgebieten der Kardiologie, wo die Entscheidungsfindung zu operativen oder katheterbasierten Interventionen sich immer häufiger auf alleinige MRT-Daten stützt, ist für den einzel-

nen Patienten eminent wichtig [3, 4]. Bei multizentrischen Studien sind die Standardisierung der Bildakquisition und die Minimierung des „Observer-Errors“ unabdingbare Voraussetzung jeglicher wissenschaftlicher Nutzung hämodynamischer MRT-Diagnostik.

Querschnittsprojekt Kardiale Magnetresonanztomographie

Der initiale Projektantrag für das Querschnittsprojekt Magnetresonanztomographie bei angeborenen Herzfehlern wurde von Kliniken aus Bad Oeynhausen (Beerbaum), Berlin, DHZB (Kühne), und Berlin, Charite (Gutberlet), gestellt, und darin wurden 3 angestrebte Phasen definiert:

- Phase 1: Etablierung eines neuen methodischen Standards zur MR-tomographischen Ventrikel- und Vorhofvolumetrie einschließlich Analyse der Gesamtvarianz der Methode (= Interobserver-/Intraobserver-/Interexamination-Variabilität).
- Phase 2: Ermittlung physiologischer Referenzwerte und charakteristischer Werte der RV-Funktion bei den in den Teilprojekten des Kompetenznetzwerkantrages definierten ventrikulären Belastungsformen. Die Untersuchungen sollen dabei mit der in Phase 1 erarbeiteten standardisierten MRT sowie echokardiographischen Methoden durchgeführt werden. Die erhobenen Daten sollen in einer zentralen Datenbank verwaltet werden.
- Phase 3: Erarbeitung neuer Erkenntnisse über die funktionelle Adaptation von Subkompartimenten des druck-/volumenbelasteten rechten Ventrikels (Sinus vs. Infundibulum) sowie der atrioventrikulären und ventrikuloventrikulären Interaktion mithilfe methodisch neuer MRT-Techniken.

Zunächst wurde innerhalb der 1. Förderperiode des KN AHF (2003–2006) ein standardisiertes MRT-Untersuchungsprotokoll erarbeitet, das auf modernen Messtechniken basiert und erfolgreich in vielen Zentren Deutschlands etabliert werden konnte (<http://www.kompetenznetz-ahf.de/forschung/klinische-studien/magnetresonanztomographie>). Es besteht aus einer Kombination von anatomischen Sequenzen inklusive hämodynamischen Untersuchungen mittels Volumetrie und Phasenkontrastflussmessungen und kontrastmittelverstärkten Angiographien und ermöglicht eine vollständige Beurteilung der kardiovaskulären Funktion in den meisten Situationen.

Organisation der Infrastruktur, Datenschutzkonzept, Software, Hardware und Internet

Bei der Definition der methodischen Standards bei der Akquisition der MRT-Daten bestand Konsens über die Notwendigkeit einer zentralen Auswertung, um eine hohe Vergleichbarkeit in der Analyse der Bilddaten zu gewährleisten. Es erfolgte der Aufbau zweier kooperierender Auswerteeinheiten in Berlin und Bad Oeynhausen (ab 2008 in Hannover), die mittels VPN-Verbindungen verbunden wurden, um Telekonferenzen zu realisieren [5, 6].

Für die Auswertung kardialer MRT-Bilddaten gibt es kommerziell erhältliche Software-Lösungen. Es zeigte sich jedoch oft, dass diese Software und Workstations für spezielle Anwendungen, insbesondere von dynamischen Messungen (Cine-MRT, Flussmessungen), aufgrund spezifischer „private tags“ in den Headern der DICOM-Dateien nur bedingt dynamische Daten anderer Hersteller bearbeiten können, was jedoch eine unabdingbare Voraussetzung für die Analyse der MRT-Daten aller am KN AHF beteiligten Zentren war. Des Weiteren stellt insbesondere die Analyse der RV-Funktion und -Geometrie mit ihren verschiedenen Subkompartimenten besondere Herausforderungen an die Auswertungssoftware, was bisher von keiner kommerziell erhältlichen Software befriedigend berücksichtigt wurde. Daher wurde eine spezielle Softwarelösung zur MRT-Analyse entwickelt (Dipl. Phys. Peter Barth), mit der die Bilddaten unabhängig vom verwendeten DICOM-Typ der einzelnen Hersteller (Siemens, Philips, General Electric) eingelesen und analysiert werden können (▣ **Abb. 2**).

Nach initial postalischem Versand der MRT-Untersuchungen auf CD, was neben der Zeitverzögerung auch zu Datenverlust führte, wurde mit Beginn der 2. Förderphase (2006–2008) der internetbasierte Versand der Bilddaten angestrebt [7, 8, 9, 10, 11].

Die Einhaltung eines bestmöglichen Datenschutzes war dabei wesentlich (http://www.kompetenznetzahf.de/fileadmin/documents/knahf_datenschutzkonzept_ver_1_24.pdf).

Zusammenfassung · Abstract

Kardiologie 2010 · 4:474–486 DOI 10.1007/s12181-010-0270-6
© Springer-Verlag 2010

S. Sarikouch · P. Beerbaum · M. Gutberlet · P. Barth · F. Rakebrandt · S. Müller-Mielitz · U. Sax · B. Peters · T. Kühne

Nutzen telemedizinischer Netzwerke für die kardiovaskuläre Forschung: MR-Bildgebung angeborener Herzfehler als Beispiel. 6-Jahres-Erfahrung des Kompetenznetzes Angeborene Herzfehler (KN AHF)

Zusammenfassung

Einleitung. Für einen Spezialbereich der Kardiologie, die angeborenen Herzfehler, erfolgte die Implementierung eines telemedizinischen Forschungsnetzwerkes, in dem 16 Zentren bundesweit miteinander kooperieren. Zielvorgabe der Kooperation war die Etablierung standardisierter Untersuchungs- und Auswertetechniken in der kardialen Bildgebung, deren Qualitätsmanagement sowie der Aufbau eines zentralen Auswertelabors und eines Archivs für Bild- und numerische Daten.

Methode. Deskriptive Analyse der technischen Implementierungen und der Mithilfe dieser Netzwerkstruktur ermöglichten Studienergebnisse.

Ergebnisse und Schlussfolgerung. Technisch basiert das Netzwerk auf dem datenschutzkonformen, internetbasierten Versand von Bilddaten, der Erfassung numerischer Daten mithilfe elektronischer Formulare und dem Aufbau eines nationalen PACS-Systems

mit klaren Zugriffs- und Qualitätssicherungshierarchien. Durch die Netzwerkstruktur wurden relevante Messunterschiede für kardiale MRT-Funktionsparameter zwischen den verschiedenen Institutionen eliminiert. Die zentrale Auswertung kardialer MRT-Bilddaten unter Anwendung von „standard operation procedures“ (SOPs) führte zu einem signifikant verbesserten Qualitätsniveau, essenziell für multizentrische Studien. Die zentrale Bilddatenbank ermöglicht erstmals longitudinale Verlaufsstudien unter Verwendung von standardisierten Bilddaten. Ein bedeutsamer Nutzen ist die Schaffung eines umfangreichen Datenpools für ansonsten seltene Erkrankungen.

Schlüsselwörter

Magnetresonanztomographie · Kardiologie · Telemedizin · Kompetenznetz Angeborene Herzfehler · Forschungsdatenbank

Benefits of telemedicine networks for cardiovascular research: MR imaging of congenital heart defects as an example. Six years experience of the German Competence Network for Congenital Heart Defects

Abstract

Introduction. A telemedicine network for cardiovascular research, focusing on congenital heart defects, was implemented in Germany with 16 participating centers. The goal of this cooperation was to standardize data acquisition and analysis, including quality control mechanisms, and to establish a core laboratory and a central archive for numerical and imaging data

Methods. Descriptive analysis of technical implementations and scientific results facilitated by this network structure

Results and conclusions. The network is technically based on secure Internet-based image data transfer, electronic data capture of numerical data, and organization of a na-

tionwide PACS system with a structured access and quality control hierarchy. Inter-institutional variance for functional MRI data was minimized by this network structure. Central image analysis, using SOPs, led to a significant quality increase, which is essential for multicenter studies. The established image database enables for the first time longitudinal studies using standardized image data and represents a unique data pool for orphan diseases

Keywords

Magnetic resonance imaging · Cardiology · Telemedicine · German Competence Network Congenital Heart Defects · Research database

In einer von den Datenbanken (Göttingen) räumlich und organisatorisch getrennten Institution (DHZB) wird daher der PID-Generator der Telematikplattform für Medizinische Forschungsnetz e.V. (<http://www.tmf-ev.de>) eingesetzt [12]. Dieser erzeugt einen 8-stelligen Patientenidentifikator aus den personenbezogenen Daten der Studienteilnehmer, unter dem fortan alle Studiendaten verarbeitet werden (■ **Abb. 3**).

Die Anbindung der Studienzentren an die beiden MRT-Auswerteorte und die Etablierung einer zentralen Bildstudien-datenbank für das Kompetenznetz AHF in Göttingen wurde mit einer Softwarelösung der Fa. Chili GmbH realisiert. Diese ermöglicht den webbasierten Versand von MRT-Daten an die zentrale Datenbank und von dort die Weiterleitung der Bilder über ein Virtual Private Network (VPN) an die beiden Auswertezentren. Dort findet die erwähnte Auswertung statt, und es gibt die Möglichkeit der Telekonsultation zwischen den beiden Standorten.

Vor dem Upload der Daten werden aus Datenschutzgründen die personenbezogenen Daten aus den DICOM-Daten durch das Pseudonym ersetzt sowie das Geburtsdatum der Patienten auf den ersten Tag des jeweiligen Monats verallgemeinert (■ **Abb. 4**).

Ein integriertes E-Mail-Benachrichtigungssystem meldet den Auswerteorten den Eingang von neuen Untersuchungen, die daraufhin über die Chili-Arbeitsstationen die Daten herunterladen und auswerten können. Die Studienzentren haben ihrerseits Zugriff auf die Ergebnisse der zentralen Auswertung ihrer MRT-Aufnahmen, können jedoch die Resultate anderer Studienzentren nicht einsehen.

Mittlerweile besteht diese Anbindung an 16 kinder-kardiologische Zentren im Bundesgebiet. Einzige Voraussetzung zur Anbindung an das Netzwerk ist ein internetfähiger PC mit im Browser installiertem JAVA. Somit steht dieses System auch für internationale Vorhaben zur Verfügung.

Die zentrale Bilddatenbank in Göttingen fungiert als „nationales Bildarchiv“, in dem MRT-Daten für longitudinale Studien und/oder klinische Verlaufskontrollen verwaltet werden. Der Zugriff auf die gespeicherten MRT-Daten erfolgt mit Zu-

griffsrechten, die von der IT-Administration des KN AHF vergeben werden.

Dieses telemedizinische Netzwerk mit datenschutzkonformem, internetbasiertem Versand von Bilddaten, der Erfassung numerischer Daten mithilfe elektronischer Formulare und dem zentralen Bildarchiv in Göttingen ist in der aktuellen Form seit 2006 implementiert. Über die Laufzeit hat es sich als stabil und sicher erwiesen. Es kam zu keinem Datenverlust oder zu fehlgeleiteten Datenübertragungen. Die zentrale Bilddatenbank verfügt mittlerweile über 1200 Bilddatensätze mit über 2000 volumetrischen Auswertungen vorwiegend aus den klinischen Hauptstudien zu den diversen Belastungsformen des rechten Ventrikels bei angeborenen Herzfehlern, die jederzeit verfügbar sind und mit entsprechender Berechtigung für wissenschaftliche Analysen lokal heruntergeladen werden können.

Wissenschaftliche Untersuchungen des Querschnittsprojektes Kardiale MRT

Interobserver-Problematik

Im Gebiet der angeborenen Herzfehler erfolgen mit wachsender Zahl Therapieentscheidungen nur aufgrund der Ergebnisse von MRT-Untersuchungen. Daher muss auch die Reproduzierbarkeit solcher Daten kritisch betrachtet werden. Inter-Observer-, Inter-Study- und Intra-Observer-Variabilitäten bei der Bestimmung der Ventrikelfunktion und Phasenkontrast-Flussmessungen sind in einer Vielzahl von Studien untersucht worden. Die Resultate dieser Untersuchungen zeigen, dass Inter-Observer-Variabilitäten wahrscheinlich die größte Fehlerquelle darstellen, abhängig vom Studiendesign können auch die Fehler durch Inter-Study- und Intra-Observer-Variabilitäten beträchtlich sein.

Für die Analyse funktioneller MRT-Parameter innerhalb der bundesweiten Studien des KN AHF erfolgen zentrale Auswertungen durch erfahrene und konstant in diesem Bereich tätige Auswerter in Berlin und Hannover. Regelmäßige Konsensustreffen an beiden Auswerteorten minimieren die Auswertearienzen. Eine Doppelauswertung jedes zehnten eingehenden Datensatzes dient der kontinuierlichen Qualitätssicherung.

Interinstitutionelle Varianzen entfallen durch dieses Setting eines zentralen „MRT-CoreLab“. Dass dies ein erheblicher Fortschritt ist, konnte durch eine vergleichende Untersuchung in 3 Zentren mit ausgewiesener MRT-Expertise im Gebiet der angeborenen Herzfehler nachgewiesen werden. Die Variabilitäten zwischen den verschiedenen Institutionen im Bereich der Volumetrie des rechten Ventrikels betragen bis zu 40% (■ **Abb. 5**). Konsensusfindung unter Nutzung der telemetrischen Funktionalität reduzierte die interinstitutionellen Unterschiede erheblich bis zu einem Bereich ähnlich den Varianzen innerhalb einer einzelnen erfahrenen Institution [13].

Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung einer zentralen Auswertung von Bilddaten innerhalb multizentrischer Studien.

Erstellung von pädiatrischen Referenzwerten für Ventrikelgrößen und Masse für die kardiale MRT

Die magnetresonanztomographische Bestimmung von Ventrikelvolumina und Herzminutenvolumen unter Nutzung schneller Gradientenechosequenzen hat sich als Goldstandard etabliert (s. Klasse I-Empfehlung der Europäischen Gesellschaften für Kardiologie und kardiovaskuläre Magnetresonanztomographie [1]). Referenzwerte für die Größen der rechten und linken Herzkammer bei herzgesunden Kindern fehlten jedoch vollständig. Es war eines der zentralen Ziele, die Netzwerkstruktur für die Erstellung derartiger pädiatrischer Referenzwerte zu nutzen.

Wir untersuchten daher 114 gesunde Kinder im Alter von 6–18 Jahren (gleich verteilt für Altersklassen und Geschlecht) in kooperativer Atemanhaltetechnik in einem Standard 1,5-Tesla-Gerät. Es erfolgte eine axiale Volumetrie (Schichtdicke 5–6 mm, Auflösung 2,0–2,5×1,8 mm²). Zusätzlich erfolgten Flussmessungen mittels Phasenkontrasttechnik in Aorta und Pulmonalis.

Mittels der sog. „LMS-Methode“ nach Cole konnten Perzentilenkurven für Ventrikelvolumina und Masse erstellt werden [14]. Es zeigten sich für das verbreitete Vorgehen des Bezuges der Volumi-

Hier steht eine Anzeige.



Klinische Forschung / Epidemiologisches Register

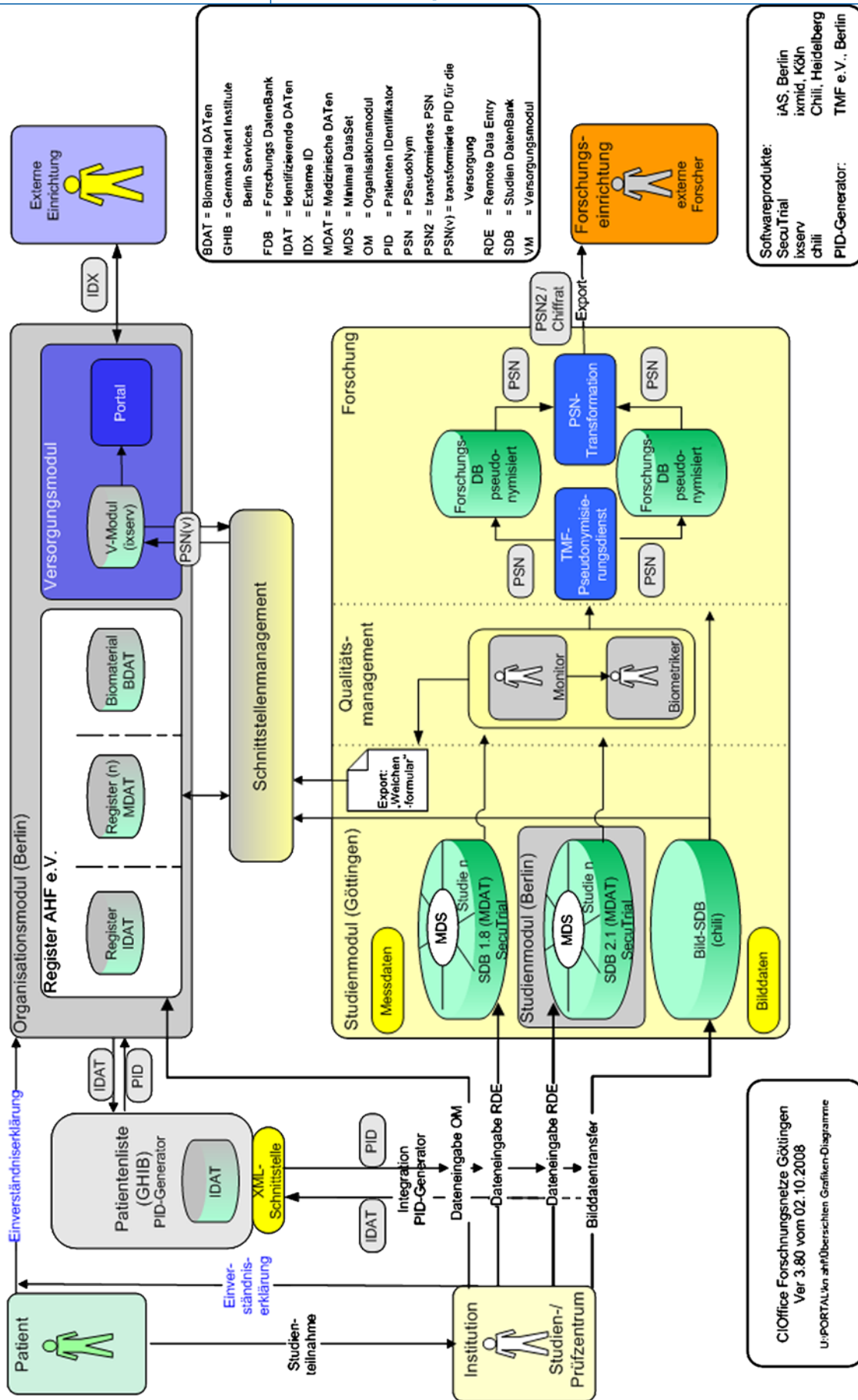


Abb. 3 ▲ Schematische Darstellung der Datenbankstrukturen sowie des implementierten Datenschutzkonzeptes des Kompetenznetzes Angeborene Herzfehler, bei dem eine vollständige räumliche/organisatorische Trennung zwischen den Patienten-identifizierenden Daten und den Studiendatenbanken besteht

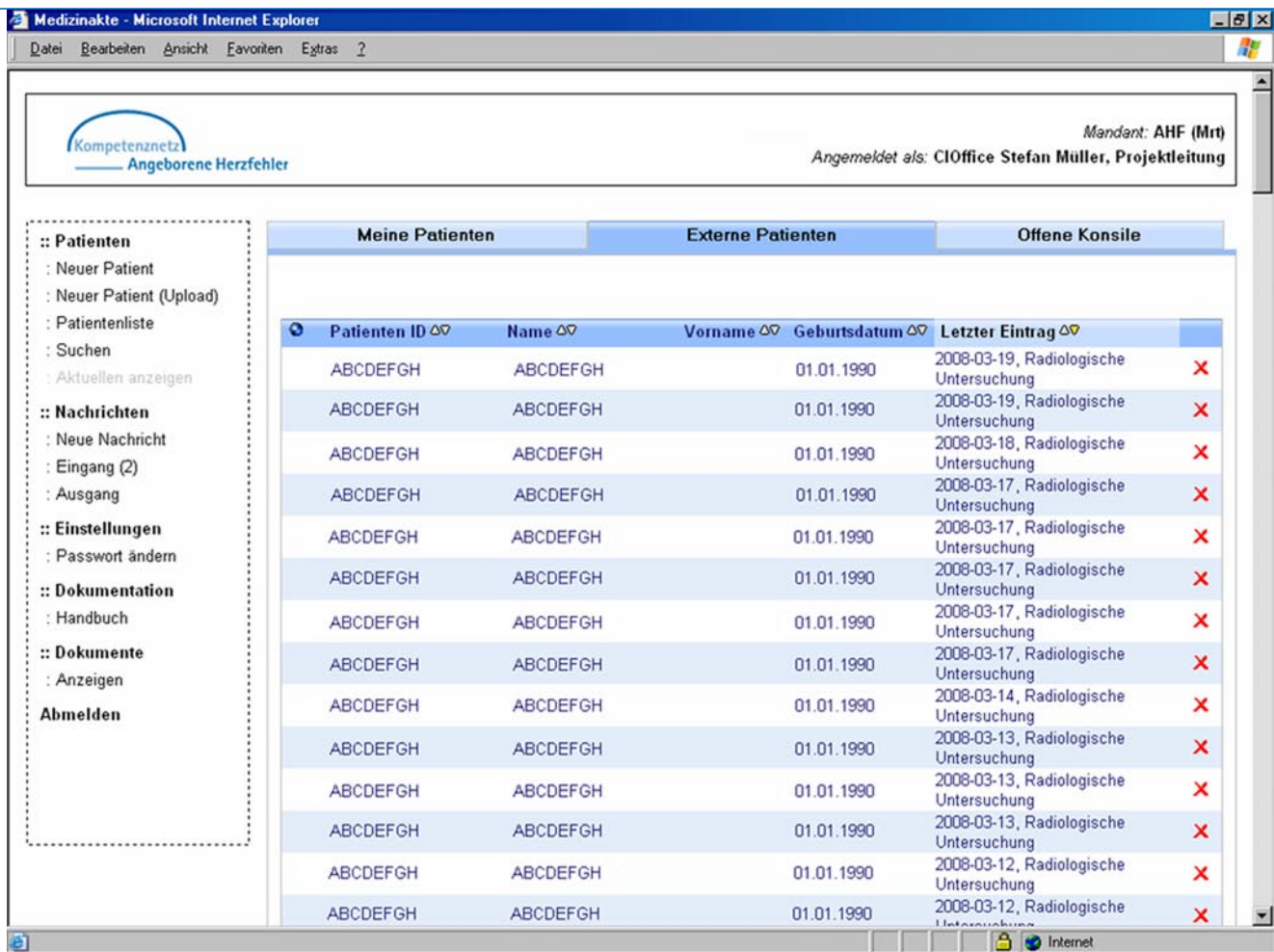


Abb. 4 ▲ Ausschnitt aus der Bilddatenbank im Kompetenznetz Angeborene Herzfehler. Alle Eingaben erfolgen unter einem Pseudonym, dem achtstelligen Patientenidentifikator (hier aus Datenschutzgründen ersetzt). Auch in den Bilddaten werden beim Upload sämtliche den Patienten identifizierende Daten überschrieben

na auf die Körperoberfläche (ml/m^2 BSA) signifikante Geschlechterdifferenzen, die die Erstellung geschlechterspezifischer Perzentilenkurven erforderlich machten (▣ **Abb. 6**). Mit diesen Referenzwerten liegen somit erstmalig geschlechtsspezifische Perzentilen für Ventrikelvolumina und Masse vor. Sie bieten eine verbesserte Entscheidungsbasis für medikamentöse oder chirurgische Behandlungen angeborener oder erworbener Herzerkrankungen im Kindes- und Jugendalter.

Herzfehlerspezifische Referenzwerte

Nächster Schritt wird die Erstellung herzfehlerspezifischer MRT-Referenzwerte der kardialen Funktion unter Nutzung der umfangreichen Bilddatenbank des KN AHF sein. Bei der Korrektur komplexer Herzfehler können residuelle Einschränkungen verbleiben, sodass diese Pa-

tienten nicht einfach mit den Maßstäben gesunder Personen beurteilt werden können. Ein realistischer Vergleich sollte daher am besten mit einem für diesen Herzfehler typischen Kollektiv erfolgen, wobei es wahrscheinlich ist dass auch hier Geschlechtsunterschiede zu berücksichtigen sein werden.

Für die Fallot-Tetralogie, dem häufigsten zyanotischen Herzfehler, wurden bereits unter Nutzung der LMS-Methode solche Referenzperzentilenkurven erstellt (▣ **Abb. 7**). An diesem Beispiel zeigt sich auch die sinnvolle Verknüpfung der zentralen Hauptprojekte mit den Querschnittsprojekten. Für die Erstellung der Fallot-spezifischen Referenzwerte konnten die prospektiv und standardisiert erhobenen MRT-Untersuchungen von 407 Patienten mit insgesamt 750 Untersuchungen aus dem Hauptprojekt 4.1 „Nichtinvasive Bildgebung und objekti-

vierte Belastbarkeit bei Fallot'scher Tetralogie“ herangezogen werden [15].

Parallel wurden für diese Patienten standardisierte Ergospirometrie-Referenzwerte im Querschnittsprojekt 1 „Objektive Belastbarkeit“ erhoben (Studienleiter Karl-Otto Dubowy). Damit können erstmals kardiale MRT-Referenzwerte mit ergospirometrischen Funktionsdaten verknüpft werden, was der bildgebenden Diagnostik ein besseres klinisches Korrelat gibt. Dies erscheint umso bedeutsamer, als bei Patienten mit Fallot-Tetralogie, die heutzutage erfreulicherweise 30-Jahres-Überlebensraten von bis zu 90% erreichen, häufig Rezi-diveingriffe im Sinne eines Pulmonalklappenersatzes oder Aortenklappenersatzes erforderlich sind, deren Indikation und Zeitpunkt mittels dieser Datenbanken nunmehr objektiver bestimmt werden können.

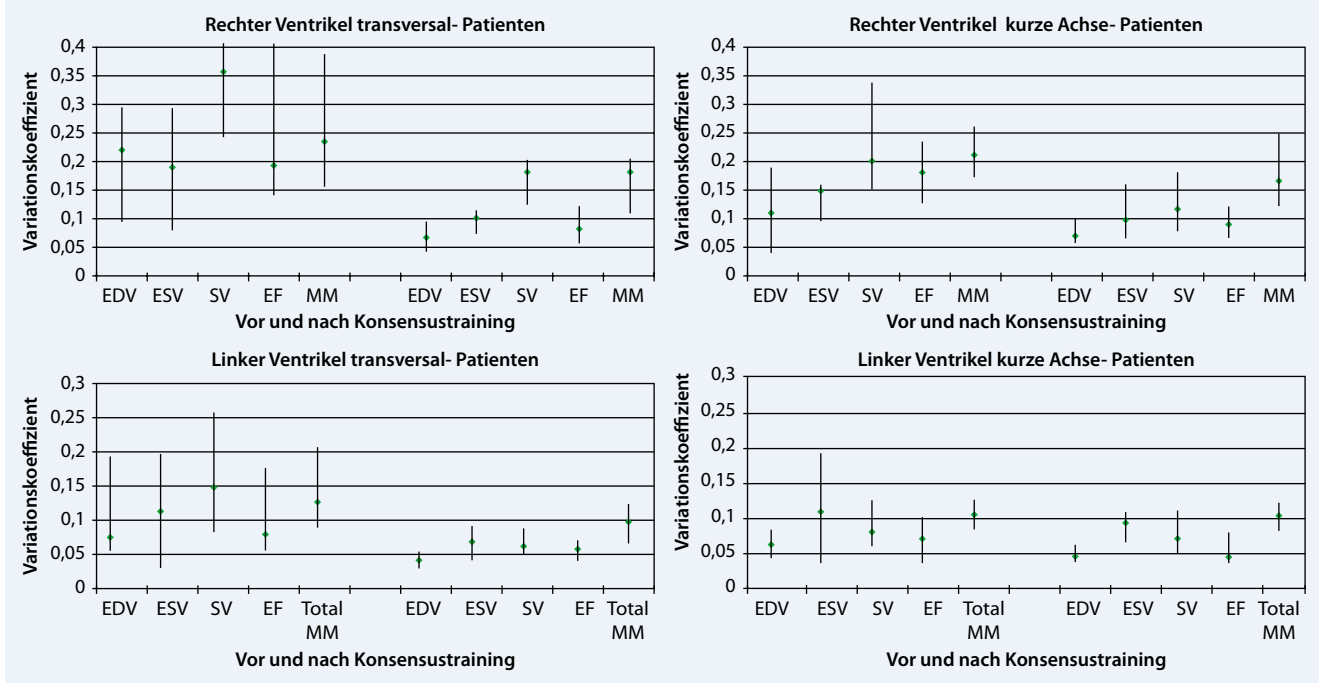


Abb. 5 ▲ Interinstitutionelle Varianzen volumetrischer Ventrikelparameter für Kurzachsenschnitte und transversale Schnittführung in der kardialen MRT jeweils vor und nach Konsensstraining

Subkompartiment-Analysen des rechten Ventrikels

Die komplexe Morphologie und Funktion des rechten Ventrikels erschwert die Beurteilung des Überganges von kompensierten Belastungssituationen, z. B. durch eine hochgradige Pulmonalinsuffizienz, zu einer manifesten oder irreversiblen Insuffizienz. Dadurch bleibt die verlässliche Indikationsstellung von katheterbasierten oder chirurgischen Prozeduren z. B. bei der Fallot-Tetralogie oder anderen den rechten Ventrikel betreffenden Fehlbildungen eine Herausforderung. Die Beurteilung der rechten Herzkammer als eine Einheit liefert wichtige Informationen über „Grenzwerte“ für das gesamte rechtsventrikuläre Volumen oder davon abgeleiteter Werte. Von einem funktionellen und morphologischen Standpunkt aus sollte der rechte Ventrikel jedoch nicht als eine Entität betrachtet werden (▣ **Abb. 8**). So zeigte sich der rechtsventrikuläre Ausflusstrakt in Studien als eine wichtige Quelle von Arrhythmien.

In einer Studie an 45 Patienten mit Fallot-Tetralogie und 24 gesunden Probanden konnten wir durch eine dezidierte Subkompartimentanalyse eine wichtige Rolle des apikalen trabekulären Anteiles nachweisen. Bei den gesunden Probanden lieferte dieser Anteil den wesentlichen Anteil der Kammerkontraktion. Bei

den druck- und/oder volumenbelasteten Ventrikeln erfuhr dieser Anteil auch die größten adaptiven Veränderungen. Der Einlass- und der Auslassanteil der rechten Herzkammer dagegen veränderten sich unter diesen Lastbedingungen nur wenig. Daher wird der trabekuläre Anteil des rechten Ventrikels Ziel künftiger Untersuchungen zu Früherkennung ventrikulärer Insuffizienz sein [16].

Diese methodische Arbeit sowie weitere aktuelle Analysen zur diastolischen RV-Funktion und der Kopplung zwischen atrialer und ventrikulärer Funktion stützen sich bereits auf die etablierte Bilddatenbank dieses telemedizinischen Netzwerkes für angeborene Herzfehler.

Ausblick auf eine „Verstetigung“

Die im Kompetenznetz Angeborene Herzfehler geschaffenen telemedizinischen Strukturen haben im Rahmen der Begutachtung der Arbeit des KN AHF durch das BMBF eine weitere Förderung bis zum Jahr 2012 erhalten. Danach muss sich das gesamte Netzwerk aus eigener Initiative weiter finanzieren. Der im Querschnittsprojekt Kardiale MRT erfolgte Aufbau von internetbasierten Strukturen ermöglicht die Nutzung für nationale und internationale Studien und ist auch für

kommerzielle Verwertungen einsetzbar. Eine Verstetigung durch erweiterte Nutzung der etablierten Infrastruktur ist jetzt schon erkennbar. So hat sich das zentrale Auswertelabor innerhalb dieses telekardiologischen Netzwerkes gegen 5 internationale Mitbewerber für die von den National Institutes of Health (NIH) geförderte „International Pediatric Cardiac MRI Normative Study in Infants and Children“ durchsetzen können. Ausschlaggebend waren neben dem mehrjährigen stabilen Betrieb des Netzwerkes insbesondere die Datenschutzkonzepte und die Vorerfahrungen bei der Erstellung von pädiatrischen Referenzwerten. Weitere Studien zur Nutzung der teleradiologischen Strukturen befinden sich in der Planung bzw. sind eingereicht zur Begutachtung, so z. B. eine Studie zum prognostischen Nutzen der MRT bei der Myokarditis im Kindesalter [17].

Die mittlerweile etablierte Infrastruktur steht unter anderem auch Antragstellern von DFG- oder industriegeförderten Projekten zur Verfügung, wenn sie mithilfe der qualitätsgestützten und standardisierten kardialen MRT ihre Studienhypothesen überprüfen wollen, und erspart den Antragstellern den Aufbau einer eigenen teuren Infrastruktur.

Hier steht eine Anzeige.



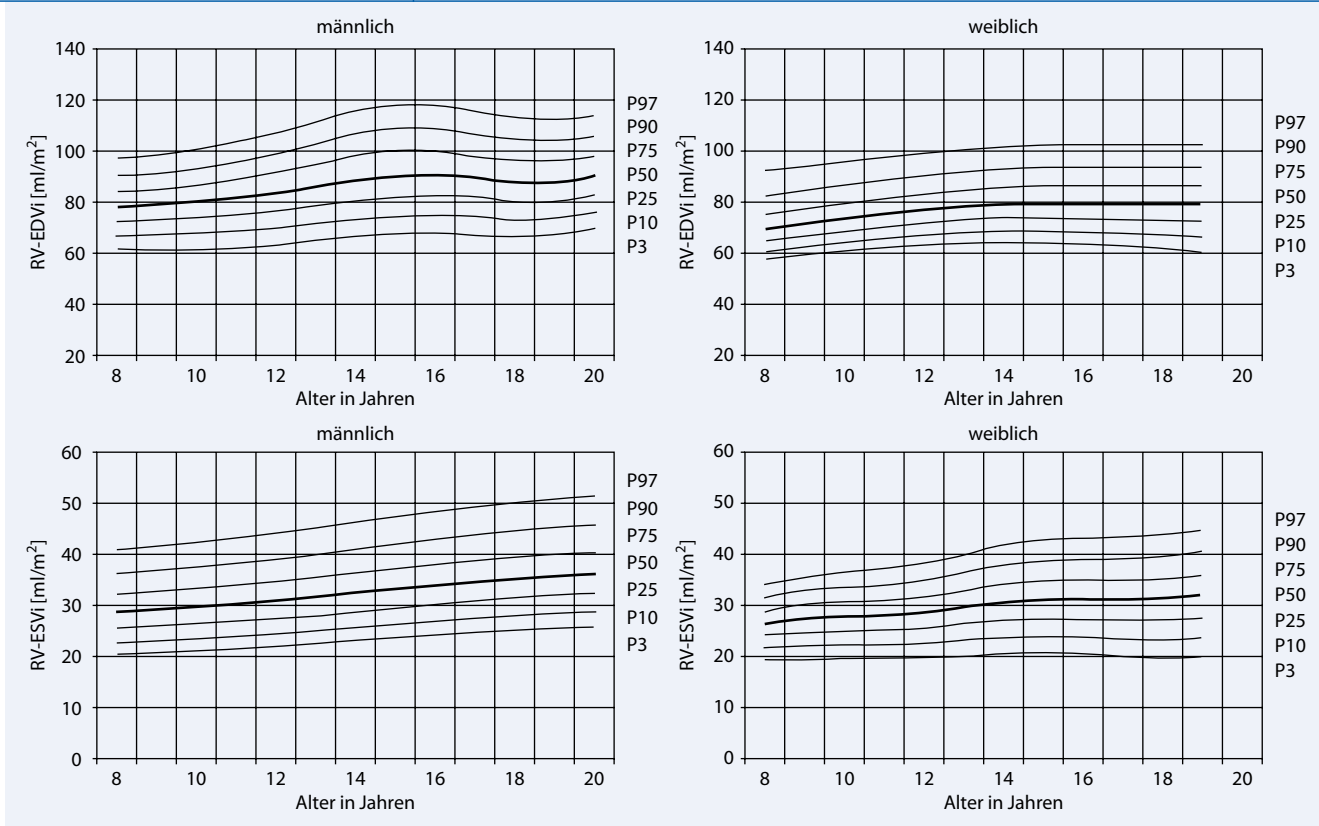


Abb. 6 ▲ Geschlechtsspezifische Perzentilenkurven der enddiastolischen und endsystolischen rechtsventrikulären Ventrikelvolumina gesunder Kinder/Adoleszenten bezogen auf die Körperoberfläche

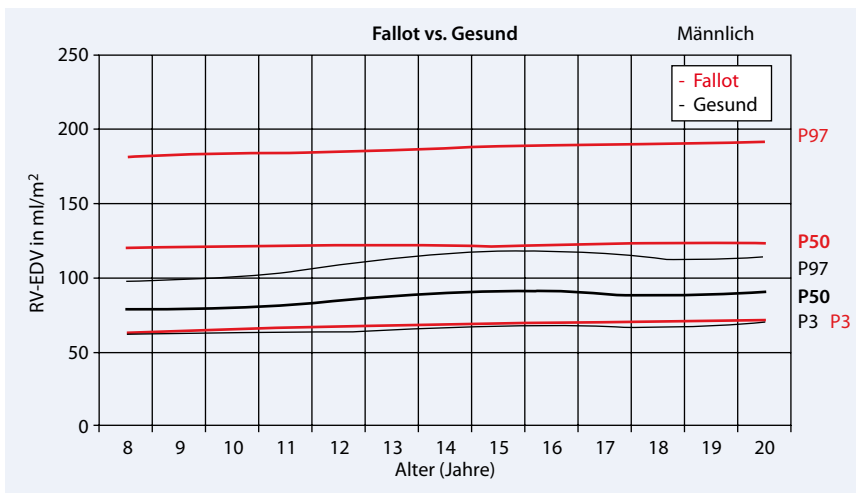


Abb. 7 ▲ Vergleich der Fallot-spezifischen enddiastolischen rechtsventrikulären Volumenperzentilen im Vergleich zur gesunden Referenzpopulation

Schlussfolgerung

Es wurde ein bundesweites telemedizinisches Netzwerk zur Forschung in einem Spezialgebiet der Kardiologie etabliert, das den Intentionen des Förderers (BMBF) zur Schaffung von überregionalen Netzwerken bei der Behandlung von spezifischen Krankheiten von ho-

her Morbidität und Mortalität entspricht. Die erfolgte Standardisierung bei der Akquisition und Auswertung kardialer magnetresonanztomographischer Untersuchungen sowie die Verknüpfung numerischer Daten mit Bilddaten aus verschiedenen miteinander verbundenen Haupt- und Querschnittsprojekten des Kompetenznetzes Angeborene Herzfehler erlau-

ben eine Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen, die ohne eine solche Netzwerkstruktur nicht durchführbar gewesen wären. Dabei sind strenge Datenschutzkonzepte realisiert worden. Internetbasierte Systeme für den pseudonymisierten Versand, die Speicherung und Archivierung von Bilddaten bilden die Voraussetzung für multinationale und longitudinale Studien im Bereich der Bildgebung angeborener und erworbener Herzfehler.

Korrespondenzadresse

Dr. S. Sarikouch

Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie, Medizinische Hochschule Hannover, Carl-Neuberg-Str. 1, 30625 Hannover sarikouch.samir@mh-hannover.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor weist auf folgende Beziehungen hin: Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der „Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals des International Committee of Medical Journal Editors“ besteht.

Die Arbeit wurde unterstützt durch das Kompetenznetz Angeborene Herzfehler, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen: 01G10210 – 1. Förderphase; 01GI0601 – 2. und 3. Förderphase, 01EV0704).

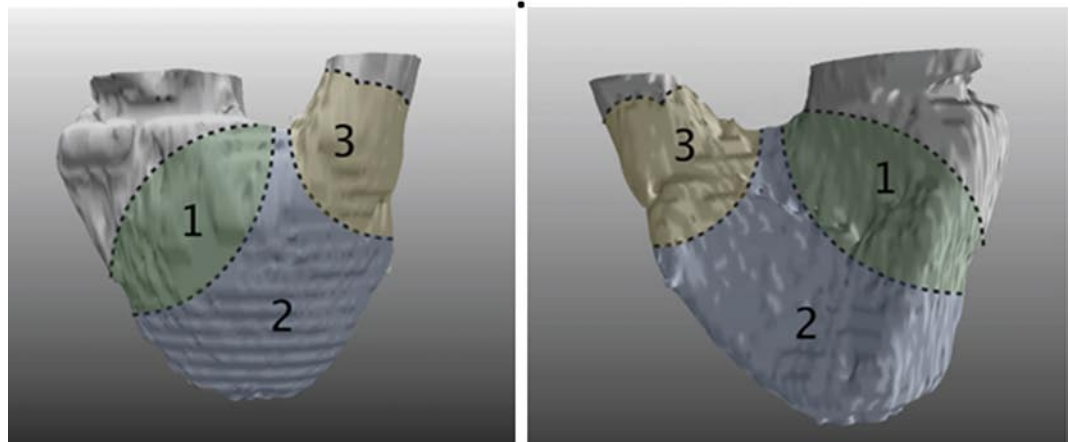
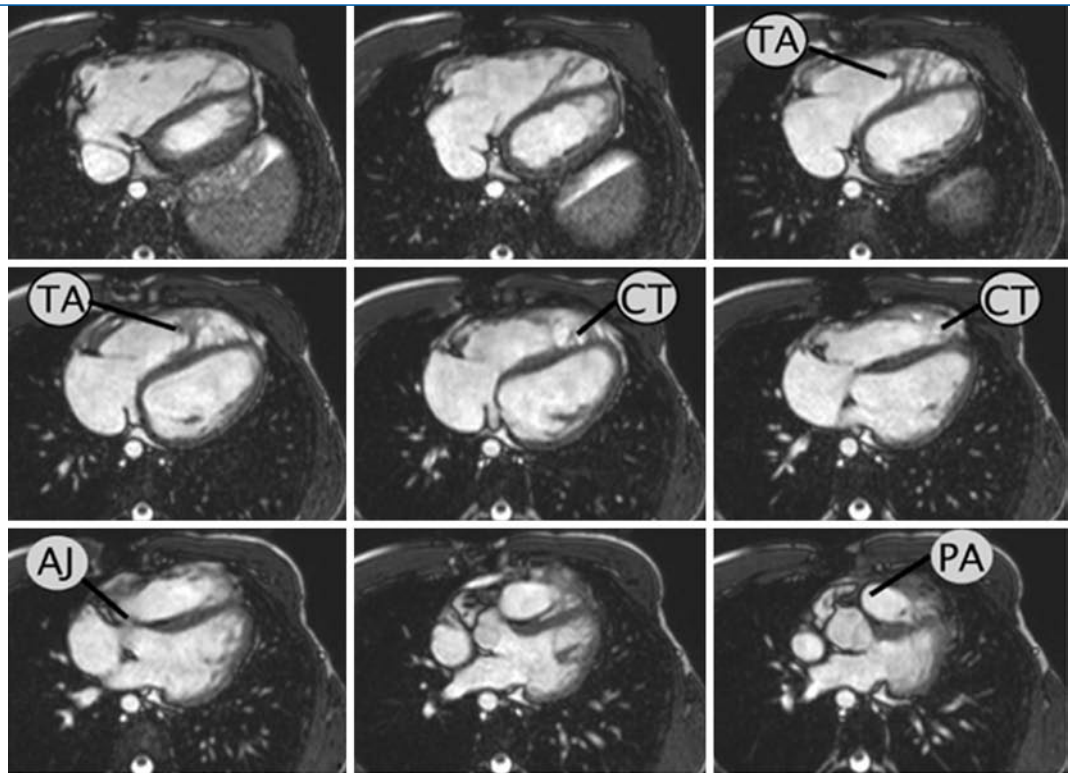


Abb. 8 ▶ Darstellung der Subkompartimente des rechten Ventrikels (1 Inlet, 2 trabekulärer, 3 Outlet-Anteil) und der anatomischen Anhaltspunkte in den transversalen Cine-Bildern

Literatur

- Pennell DJ, Sechtem UP, Higgins CB et al (2004) Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): Consensus Panel report. *Eur Heart J* 25:1940–1965
- Beerbaum P, Koerperich H, Barth P et al (2001) Noninvasive quantification of left-to-right shunt in pediatric patients: phase-contrast cine magnetic resonance imaging compared with invasive oximetry. *Circulation* 103:2476–2482
- Mooij CF, Wit CJ de, Graham DA et al (2008) Reproducibility of MRI measurements of right ventricular size and function in patients with normal and dilated ventricles. *J Magn Reson Imaging* 28:67–73
- Keenan NG, Pennell DJ (2007) CMR of ventricular function. *Echocardiography* 24:185–193
- Walsh C, Cosgrave J, Crean P et al (2006) Synchronized, interactive teleconferencing with digital cardiac images. *J Digit Imaging* 19:85–91
- Zhang J, Stahl JN, Huang HK et al (2000) Real-time teleconsultation with high-resolution and large-volume medical images for collaborative healthcare. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 4:178–185
- Hackländer T, Kleber K, Schneider H et al (2004) Development of a secure and cost-effective infrastructure for the access of arbitrary web-based image distribution systems. *Rofo* 176:1167–1174
- Weisser G, Walz M, Ruggiero S et al (2006) Standardization of teleradiology using Dicom e-mail: recommendations of the German Radiology Society. *Eur Radiol* 16:753–758
- Weisser G, Engelmann U, Ruggiero S et al (2007) Teleradiology applications with DICOM-e-mail. *Eur Radiol* 17:1331–1340
- Müller S, Beerbaum P, Gutberlet M et al (2007) IT-basierte Umsetzung von Teleradiologie-Arbeitsprozessen für die klinische Forschung. *German Medical Science GMS Online-Ausgabe (GM07gmds638)*:917–921
- Müller S, Kühne T, Beerbaum P et al (2008) MRT-Infrastruktur: Kosten der zentralen Auswertung für ein Kompetenznetz. *German Medical Science GMS Online-Ausgabe (GM08gmds192)*:432–433
- Rienhoff O, Sax U (2007) Befunddatenaustausch mit medizinischen Forschungsnetzen am Beispiel des Kompetenznetzes Angeborene Herzfehler, Bd 10. Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Berlin, S 59–66

13. Beerbaum P, Barth P, Kropf S et al (2009) Cardiac function by MRI in congenital heart disease impact of consensus training on interinstitutional variance. *J Magn Reson Imaging* 30:956–966
14. Sarikouch S, Kuehne T, Peters B et al (2010) Sex-specific pediatric percentiles for ventricular size and mass as reference values for cardiac MRI: assessment by steady-state free-precession and phase-contrast mri flow. *Circ Cardiovasc Imaging* 3:65–76
15. Sarikouch S, Peters B, Mir TS et al (2009) Improved evaluation of postoperative tetralogy of Fallot by heart defect specific reference values: What is „normal? *Clin Res Cardiol* 98:581–623
16. Bodhey NK, Beerbaum P, Sarikouch S et al (2008) Functional analysis of the components of the right ventricle in the setting of tetralogy of Fallot. *Circ Cardiovasc Imaging* 1:141–147
17. Gutberlet M, Spors B, Thoma T et al (2008) Suspected chronic myocarditis at cardiac MR: diagnostic accuracy and association with immunohistologically detected inflammation and viral persistence. *Radiology* 246:401–409

Kardiologie 2010 · 4:486–487 · DOI 10.1007/s12181-010-0314-y
© Springer-Verlag 2010

M. Moser¹ · T. Lickfeld² · M. Möckel³ · P. Radke⁴ · J. Vollert³ · Task Force „Patientenpfade“ der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- Kreislaufforschung · C. Bode¹

¹ Abteilung Innere Medizin III Kardiologie und Angiologie, Universitätsklinikum Freiburg

² Medizinische Klinik I, Städtische Kliniken Neuss – Lukaskrankenhaus- GmbH, Neuss

³ Medizinische Klinik m. S. Kardiologie, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow-Klinikum, Berlin

⁴ Medizinische Klinik II (Kardiologie, Angiologie, Internistische Intensivmedizin), Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck

Erratum zu: „Standard operating procedures“ zur Umsetzung der Leitlinien beim Nicht-ST-Hebungsinfarkt

Kardiologie (2010) 4: 389–399

<http://dx.doi.org/10.1007/s12181-010-0284-0>

Im oben genannten Beitrag wurde die **Abb. 2** leider fehlerhaft wiedergegeben. Folgende Diagrammfelder sind betroffen:

- Rechtes Diagrammfeld knapp oberhalb des Zeitpunktes 60 min:
Falsche Beschriftung:
„V.a. NSTEMI/Troponin positiv“
Korrekte Beschriftung:
„V.a. NSTEMI/Troponin *negativ*“.
- Rechtes Diagrammfeld zwischen den Zeitpunkten 60 min und <72 h:
Falsche Beschriftung:
„Instabile AP/Troponin positiv“.
Korrekte Beschriftung:
„Instabile AP/Troponin *negativ*“.

Wir bitten um entsprechende Beachtung.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. M. Moser

Abteilung Innere Medizin III Kardiologie und Angiologie, Universitätsklinikum Freiburg
Hugstetter Str. 55, 79106 Freiburg
Martin.Moser@uniklinik-freiburg.de

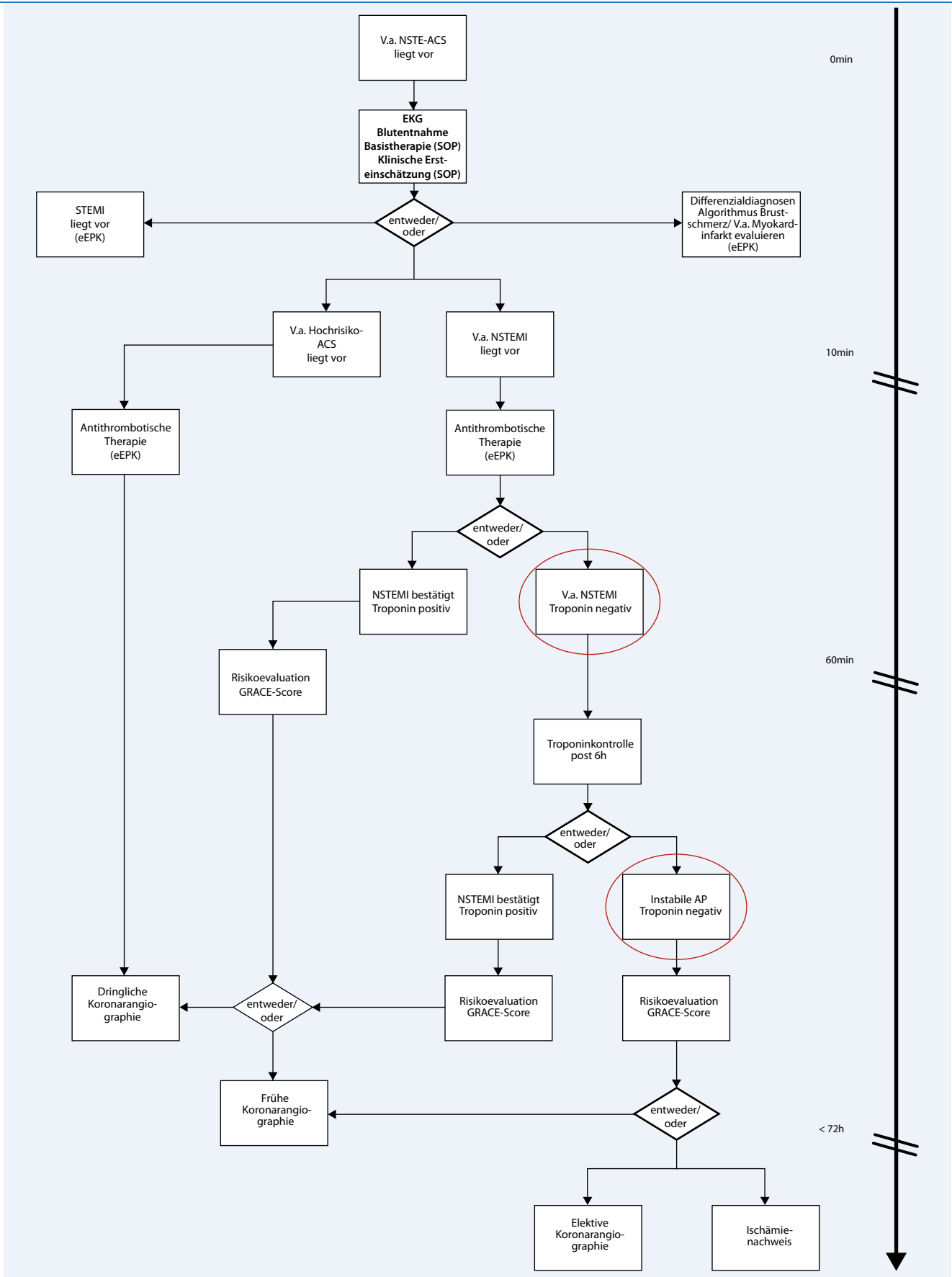


Abb. 2 ▲ Beispiel eines Flowcharts zum Ablauf bei Verdacht auf ein akutes Koronarsyndrom ohne ST-Elevation (NSTEMI-ACS)