

Aus der Klinik für Pädiatrie mit dem Schwerpunkt Kardiologie im
Campus Virchow Klinikum der Medizinischen Fakultät Charité –
Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Ergebnisse der Katheterablation tachykarder
Herzrhythmusstörungen bei Kindern, Jugendlichen und
Erwachsenen unter besonderer Betrachtung der Lebensqualität

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité –
Universitätsmedizin Berlin

von

Susanne Schmeltzer

aus Staaken

Gutachter: 1. Prof. Dr. med. F. Berger
 2. Prof. Dr. med. D. Schranz
 3. Prof. Dr. med. W. Haverkamp

Datum der Promotion: 21.11.2008

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	9
1.1. Elektrische Erregung des Herzens	9
1.2. Elektrokardiogramm	11
1.3. Herzrhythmusstörungen	12
1.3.1. Akzessorische Leitungsbahnen	14
1.3.2. AV-Knoten-Reentry-Tachykardien	15
1.3.3. Intraatriale Reentrytachykardien	16
1.3.4. Ventrikuläre Tachykardien	16
1.4. Elektrophysiologische Untersuchung	17
1.4.1. Durchführung	18
1.4.2. Komplikationen	20
1.5. Therapieoptionen	21
1.5.1. Akuttherapie	21
1.5.2. Präventionstherapie	21
1.5.3. Therapieindikationen tachykarder Herzrhythmusstörungen	22
1.5.4. Ablationstherapie	24
1.5.4.1. Hochfrequenzstromablation	26
1.5.4.2. Kryoablation	28
1.6. Lebensqualität	30
2. Aufgabenstellung	33
3. Methodik	35
3.1. Datenerfassung	35
3.2. Patientendaten	35

3.3.	Herzrhythmusstörungen	36
3.4.	Ablationsdaten	36
3.5.	Erfolgsdaten	37
3.6.	Komplikationen	38
3.7.	Lebensqualitätsmessung	38
3.7.1.	KINDL ^R -Fragebogen.....	38
3.7.2.	SF-36-Fragebogen.....	39
3.8.	Statistische Auswertung	40
3.8.1.	Auswertung der Patientendaten	40
3.8.2.	Auswertung der Ablationsdaten	41
3.8.3.	Auswertung der Lebensqualität.....	41
4.	Ergebnisse	43
4.1.	Patientendaten	43
4.1.1.	Demographie	43
4.1.2.	Herzfehler	44
4.2.	Herzrhythmusstörungen	47
4.3.	Auswertung der Ablationstherapie	49
4.3.1.	Anästhesie	49
4.3.2.	Ablationsarten	49
4.3.3.	Untersuchungsdaten	50
4.3.4.	Mehrere Ablationen.....	54
4.3.5.	Dreidimensionale Darstellungen	55
4.4.	Elektrophysiologische Diagnostik	56

4.5. Erfolgsraten.....	60
4.5.1. Akuterfolg	60
4.5.2. Langzeiterfolg.....	65
4.6. Komplikationen	66
4.7. Auswertung der Lebensqualität	68
4.7.1. Auswertung des KINDL ^R -Fragebogens	68
4.7.2. Auswertung des SF-36-Fragebogens.....	70
5. Diskussion	73
6. Zusammenfassung	83
7. Literaturverzeichnis.....	85
8. Abkürzungsverzeichnis.....	93
9. Anhang	95
10. Danksagung.....	109
11. Lebenslauf	111
12. Erklärung	112

1. Einleitung

1.1. Elektrische Erregung des Herzens

Kein anderes Organ verbindet der Mensch so sehr mit der Bedeutung des Lebens wie das Herz. Dieses rund 300g schwere muskuläre Organ schlägt etwa 100.000 mal pro Tag und fast 3 Milliarden mal in einem Menschenleben.

Die für die Herztätigkeit erforderlichen elektrischen Impulse werden in speziellen Muskelfasern generiert. Diese Zellen besitzen die Fähigkeit zur spontanen, rhythmischen Erregungsbildung und -fortleitung und werden zusammen als das Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem bezeichnet (Systema conducens cordis, Stationen im folgenden Abschnitt fett hervorgehoben) [1].

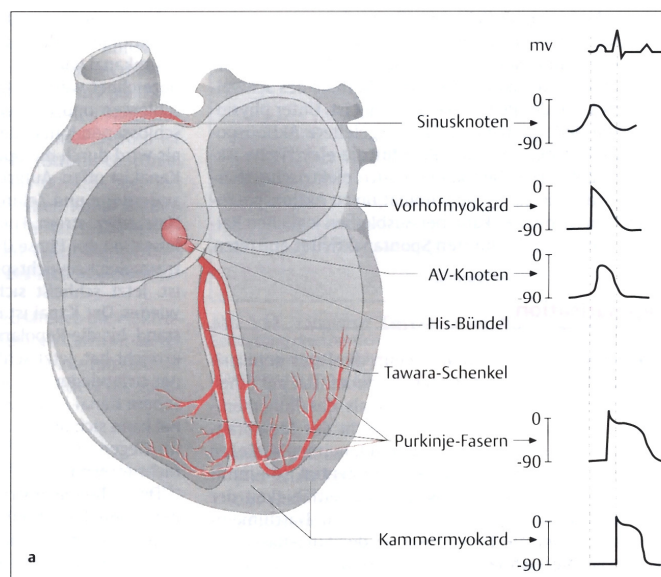


Abb. 1: Links: Querschnitt eines Herzens mit Darstellung des anatomischen Verlaufes des Reizleitungssystems (rot)

Rechts: Zeitliche Auflösung der Aktionspotentiale in den unterschiedlichen Abschnitten des Reizleitungssystems [2]

Diese Fasern verlaufen vor allem in Bündeln und bilden zwei Knoten (Abb. 1, rot dargestellte Fasern). Im **Sinusknoten** (Nodus sinu-atrialis), oder auch nach seinen Entdeckern Keith-Flack-Knoten genannt, beginnt die Erregung. Er befindet sich nahe der Einmündung der Vena (V.) cava superior und generiert bei Erwachsenen 60-80 Impulse in der Minute, die sich in den Vorhöfen ausbreiten.

Die nächste Station, welche die Erregung erreicht, ist der **AV-Knoten** (Nodus atrioventricularis, Aschoff-Tawara-Knoten), welcher sich zwischen der Einmündung des Koronarvenensinus und dem septalen Segel der Trikuspidalklappe befindet. Hier wird die Erregung um bis zu 110 ms verzögert, um ein optimales Zusammenspiel der Vorhof- und Kammererregung zu gewährleisten. Von ihm geht das sogenannte **His-Bündel** ab. Als einzige muskuläre Verbindung zwischen den Vorhöfen und den Kammern leitet es die Erregung mit 2 m/s in die Kammern. Das His-Bündel teilt sich auf in einen linken und einen rechten **Tawara-Schenkel**, welche in einem Netz aus Fasern im Kammermyokard enden, den **Purkinjefasern**. Sie wurden schon 1845, weit vor den anderen Strukturen des Reizleitungssystems, von Jan Evangeliska Purkinje entdeckt und sorgen für eine gleichmäßige Erregung der Kammern [1].

Jede Zelle besitzt durch ungleiche Verteilung von Ionen ein Ruhemembranpotential. Wird durch Aktivierung oder Inaktivierung von Ionenkanälen und Ein- oder Ausstrom von Ionen dieses Potential verändert und ein bestimmtes Schwellenpotential erreicht, kommt es zur Depolarisation dieser Zelle. Diese löst ein Aktionspotential aus. In der Abb. 1 rechts sind die Aktionspotentiale, wie sie in den verschiedenen Stationen der Erregungsbildung und -leitung generiert werden, dargestellt.

Diese Form der Erregung wird durch die Zellen des Reizleitungssystems weitergeleitet und löst im Arbeitsmyokard, letztlich durch Einstrom von Kalziumionen, die Kontraktion der Herzmuskelzelle aus. Am Ende einer Erregung wird jede Zelle wieder repolarisiert und das Ruhemembranpotential hergestellt, sodass die Zelle erneut erregbar ist. Prinzipiell ist jede Zelle des Reizleitungssystems in der Lage, eine Erregung zu generieren, nur mit einer niedrigeren Frequenz als der Sinusknoten. Daher geht die Erregung im Normalfall vom Sinusknoten aus und erregt alle weiteren Zellen, bevor diese eigene Impulse generieren können.

1.2. Elektrokardiogramm

Ende des 19. Jahrhunderts, als Waller und Einthoven die Möglichkeit entdeckten, elektrische Herzströme abzuleiten, konnte man mit Hilfe des Elektrokardiogramms (EKG) die Rhythmusstruktur des Herzens analysieren. Augustus Waller (Abb. 2) bediente sich eines Kapillar-Elektrometers, welches 1873 von dem Franzosen Gabriel Lippmann zur Messung von Spannungen entwickelt wurde. 1887 wendete Waller erstmals diese Methode an, um die elektrischen Herzströme des Menschen mittels zwei Elektroden abzuleiten, welche er auf der Brust oder an den Gliedmaßen angebracht hatte [3]. Abbildung 3 zeigt das erste abgeleitete menschliche EKG durch Waller.



Abb. 2: Links: A. D. Waller mit seinem Laborhund Jimmy [4]

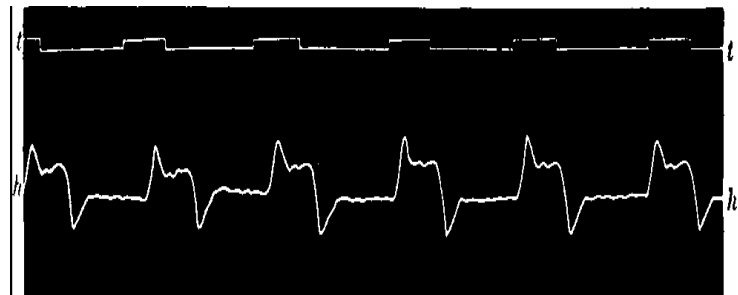


Abb. 3: Rechts: Erstes abgeleitetes menschliches Elektrokardiogramm 1887; Darstellung des Zeitimpulses (t), der abgeleiteten Herzströme (h) [4]

Willem Einthoven dagegen gab sich mit der Qualität dieser Ableitungen nicht zufrieden und entwickelte eine neue, wesentlich empfindlichere Methode, die elektrische Herzaktivität abzuleiten [5]. 1903 veröffentlichte er einen ausführlichen Artikel über eine stark weiterentwickelte Variante des Stringgalvanometers des Franzosen Clément Ader [6]. Hierbei wurde ein mit Silber überzogenes Quarzfilament in ein starkes Magnetfeld gespannt. Die minimalen Bewegungen des Filamentes bei Durchfluss eines elektrischen Stromes, konnten mit Hilfe eines Mikroskops beobachtet und aufgezeichnet werden. Diese Methode hatte eine wesentlich bessere zeitliche Auflösung als das Kapillar-Elektrometer von Waller. 1924 erhielt Einthoven hierfür den Nobelpreis für Medizin [5].

1.3. Herzrhythmusstörungen

Herzrhythmusstörungen (HRST) gehören zu den häufigsten Erkrankungen in der Kardiologie. Pschyrembel [7] definiert HRST als eine „Bezeichnung für alle Veränderungen der elektrischen Herztätigkeit, die durch eine unregelmäßige Abfolge der Erregungen (Arrhythmie), eine Abweichung von der normalen Herzfrequenz (60-100/min) oder eine Störung des zeitlichen Ablaufs der einzelnen Herzaktionen gekennzeichnet sind“.

Die Ruhe-Herzfrequenz schwankt altersabhängig zwischen 125 - 145/min im ersten Lebensjahr und um 80 - 100/min ab dem jugendlichen Alter (siehe Tab. A im Anhang) [8]. Herzfrequenzen über der Altersnorm werden als Tachykardien bezeichnet.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, tachykarde HRST einzuteilen. Zum einen kann man sie nach dem **Ort der Entstehung** in *supraventrikuläre* Tachykardien (entstehen im Vorhof und im AV-Knoten) und *ventrikuläre* Tachykardien (entstehen in den Herzkammern) unterteilen.

Auf zellulärer Ebene unterscheidet man drei verschiedene **Mechanismen der Entstehung**:

1. *Gesteigerte Erregungsbildung:*

In den regulären Automatiezentren (Sinusknoten, AV-Knoten) oder außerhalb des Erregungsbildungssystems entstandene Erregung. Sie wird durch gesteigerte, abnorme oder getriggerte Automatie ausgelöst.

2. *Abnorme Erregungsleitung:*

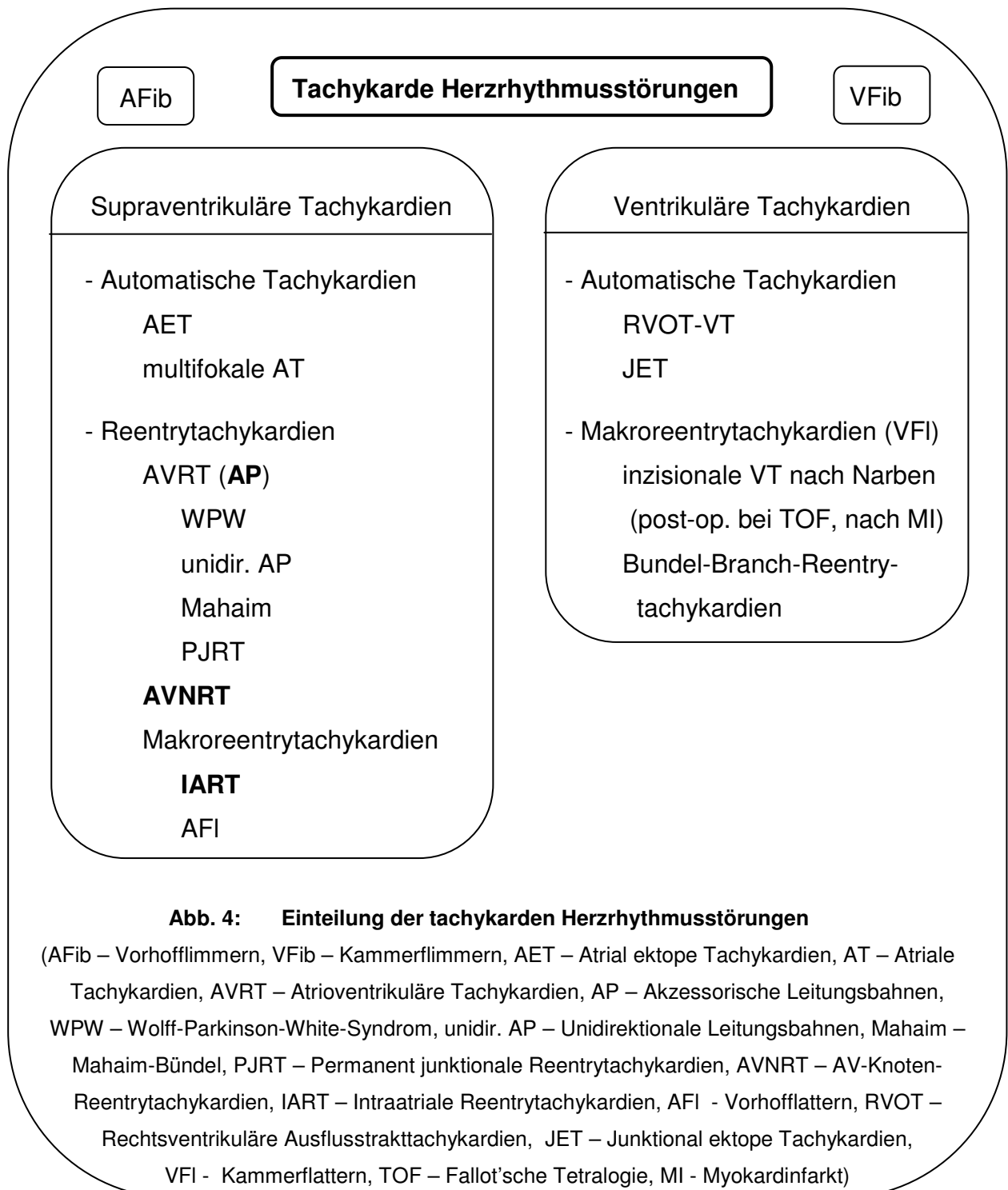
Sie wird durch zusätzliche Leitungsbahnen ermöglicht, wodurch kreisende Erregungen entstehen können (Reentrymechanismus).

3. *Veränderte Depolarisation:*

Sie wird hervorgerufen durch unterschiedliche Ionenkanalstörungen (z.B. beim Long-QT-Syndrom).

Für die Diagnostik sowie die Methode der Therapie ist auch die **Art des Auftretens** der HRST entscheidend. Sie können *permanent* oder *paroxysmal* (spontan beginnend und meist selbstlimitierend) auftreten.

Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die Einteilung der tachykarden Herzrhythmusstörungen (Abb. 4).



Im Folgenden werden drei der für diese Arbeit relevanten SVT (in der Grafik fett hervorgehoben) und die ventrikulären Tachykardien genauer beschrieben.

1.3.1. Akzessorische Leitungsbahnen

Akzessorische Leitungsbahnen (AP, accessory pathways) sind die häufigsten paroxysmalen SVT bei Kindern [9, 10]. Es handelt sich dabei um angeborenes, zwischen dem Vorhof und der Kammer liegendes Herzmuskelgewebe, das die Erregung schneller weiterleiten kann als normales Herzmuskelgewebe. Dadurch kann es zu kreisenden Erregungen über diese Leitungsbahn kommen.

Läuft die Erregung antegrad von den Vorhöfen zu den Kammern und über den AV-Knoten wieder zurück, so spricht man von einem Präexzitationssyndrom, dem WPW-Syndrom (Wolff-Parkinson-White-Syndrom). Es findet sich mit einer Prävalenz von insgesamt 0,15 - 0,3% in der Gesamtbevölkerung und tritt am häufigsten im ersten Lebensjahr auf. Bei 90% der Patienten mit diagnostiziertem WPW-Syndrom verschwindet dieses wieder bis zum 18. Lebensmonat [11, 12]. Bei 30% dieser Patienten tritt die Tachykardie in ihrem weiteren Leben wieder auf [12]. Das WPW-Syndrom tritt häufiger bei Jungen als bei Mädchen auf [13]. Im EKG zeigt sich eine charakteristische Delta-Welle (Abb. 5 und 6).

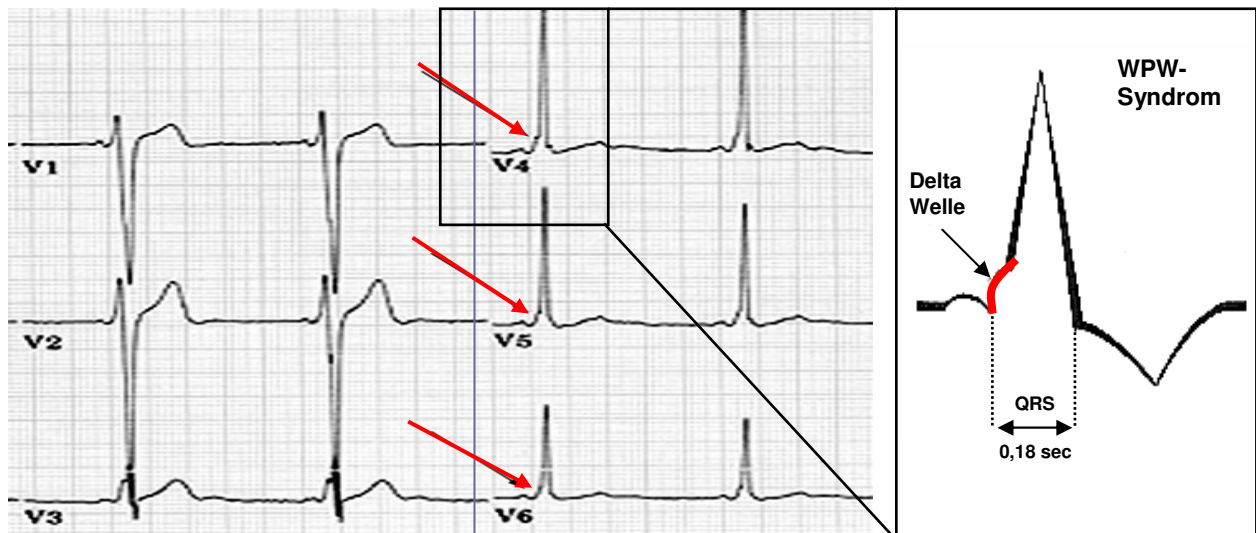


Abb. 5: Links: EKG mit den Brustwand-Ableitungen V1-V6. Deltawelle (Pfeil) als flacher Anstieg des QRS-Komplexes beim Wolff-Parkinson-White-Syndrom

Abb. 6: Rechts: Darstellung des QRS-Komplexes beim WPW-Syndrom mit Angabe des Zeitintervalls und Hervorhebung der Deltawelle

Die Erregung kann auch retrograd und in manchen Fällen sogar nur retrograd, von der Kammer zu den Vorhöfen laufen, dies liegt bei 50% der Kinder mit AP vor [9]. In diesem Fall spricht man von verborgenen (concealed) akzessorischen Leitungsbahnen.

Eine Sonderform der akzessorischen Leitungsbahnen ist die permanent junctionale reziproke Tachykardie (PJRT). Sie tritt bei etwa 1-6% aller Kinder mit SVT auf und ist bedingt durch eine langsam leitende retrograde Leitungsbahn in der Nähe des Koronarvenensinus [14]. Diese HRST tritt permanent und nicht paroxysmal auf.

Das Mahaim-Bündel, eine weitere Sonderform der AP, ist ein langsames nur antegrad leitendes spezielles Faserbündel, welches eine Verbindung zum rechten Faszikel bildet und durch variable Präexzitation und eine Linksschenkelblockmorphologie im EKG charakterisiert ist.

1.3.2. AV-Knoten-Reentry-Tachykardien

AV-Knoten-Reentrytachykardien (AVNRT) bilden die zweitgrößte Gruppe der SVT bei Kindern [9].

Die Erregung läuft innerhalb des AV-Knotens, welcher aus einer langsamen und einer schnellen Leitungsbahn besteht. Beide Bahnen haben verschieden lange Refraktärzeiten. Trifft eine Extrasystole auf die refraktäre schnelle Leitungsbahn (siehe Abb. 8 B), so kann die Erregung nur über die langsame Leitungsbahn fortgeleitet werden und trifft dann am Ende auf die inzwischen repolarisierte schnelle Leitungsbahn und wird zurück zum Vorhof geleitet. Es beginnt ein Reentryzirkulus (Abb. 7 und 8).

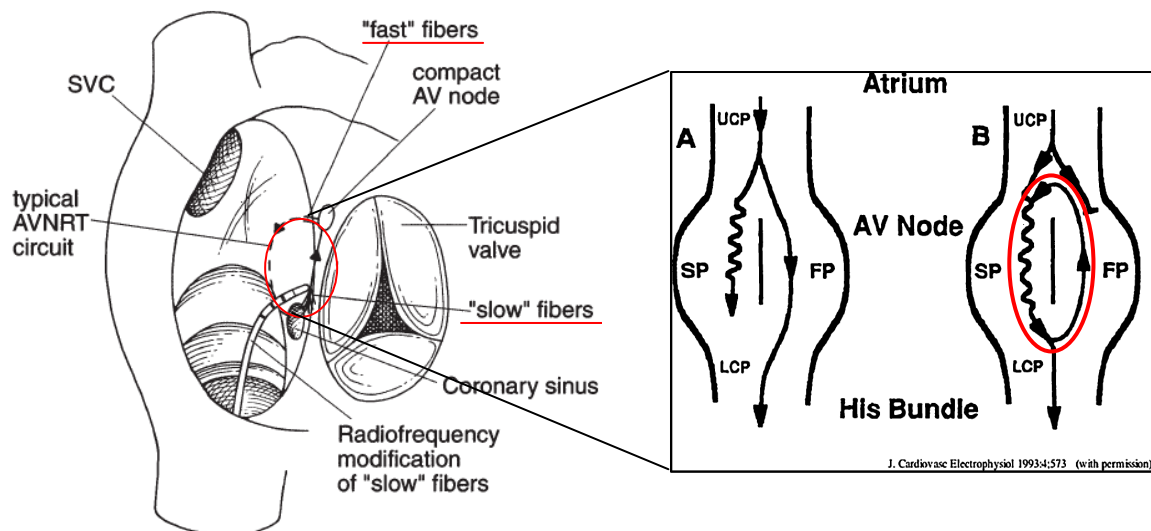


Abb. 7: Links: Anatomische Lage des AV-Knotens auf Ebene der Trikuspidalklappe, Darstellung des Reentryzirkulus (roter Kreis) über die schnelle und langsame Leitungsbahn [15]

Abb. 8: Rechts: Schematische Darstellung der schnellen und langsamen Leitungsbahnen (SP – slow pathway, FP – fast pathway), zeitlicher Ablauf der Entstehung der AVNRT [16]

1.3.3. Intraatriale Reentrytachykardien

Intraatriale Reentrytachykardien (IART) treten vor allem bei Patienten auf, die wegen eines strukturellen Herzfehlers operiert worden sind und verlaufen meist um das Narbengewebe. Diese Erregungen kreisen fast ausschließlich in den Vorhöfen. Durch die Gefahren einer Herzinsuffizienz, schneller Überleitungen mit Kammerflimmern sowie auftretendem Hirninfarkt, sind sie mit einer signifikant erhöhten Morbidität und auch Letalität assoziiert [17, 18].

1.3.4. Ventrikuläre Tachykardien

Ventrikuläre Tachykardien (VT) kommen vor allem bei Erwachsenen vor, selten bei Kindern. Als Ursache findet sich entweder ein Fokus mit gesteigerter Automatie oder getriggelter Aktivität oder es handelt sich um einen Reentrymechanismus.

Die häufigste Form der idiopathischen VT im Kindesalter sind Tachykardien aus dem Bereich des Ausflusstraktes der Aorta, sie werden RVOT (rechtsventrikuläre Ausflusstrakttachykardien) genannt. Selten entspringen die VT bei Kindern aus dem linksventrikulären Ausflusstrakt (LVOT) [9].

Treten VT bei Kindern nach operativer Korrektur angeborener Herzfehler auf, wie z.B. bei 8% der Kinder nach Korrektur einer Fallot'schen Tetralogie, spricht man von inzisionalen ventrikulären Tachykardien. Sie verlaufen als kreisende Erregungen um das Narbengewebe und können zu einem plötzlichen Herztod führen [11].

Die junktional ektopen Tachykardien (JET) sind eine seltene Sonderform der permanenten VT. Nur bei etwa 25% der erkrankten Kinder verschwinden sie im Laufe des Lebens wieder [11]. Durch hohe Kammerfrequenzen sind sie mit einer erhöhten Letalität verbunden [13].

1.4. Elektrophysiologische Untersuchung

Das EKG ist eine nicht invasive Methode, Herzrhythmusstörungen zu diagnostizieren. Dies gelingt jedoch oft nicht, da ein Großteil der HRST nur intermittierend auftreten und man sie zum Zeitpunkt der EKG-Ableitung nicht erfassen kann. Eine weitere Möglichkeit, HRST genau zu klassifizieren, ist die invasive Methode der elektrophysiologischen Untersuchung (EPU). Hierbei wird intrakardial ein EKG abgeleitet und mittels Stimulation über Elektroden können HRST zu diagnostischen Zwecken ausgelöst und dadurch ausführlich analysiert werden

Schon Anfang des 20. Jahrhunderts wurden erste Versuche zur Darstellung der intrakardialen Strukturen mit Hilfe eines transkutanen Katheters durchgeführt [2]. Werner Forssmann (Abb. 9), ein junger Arzt aus Berlin, war der Überzeugung, dass die Katheterisierung, wie Bernard sie zur Druckmessung bereits am Pferd durchführte, auch für den Menschen vollkommen harmlos sei [19].

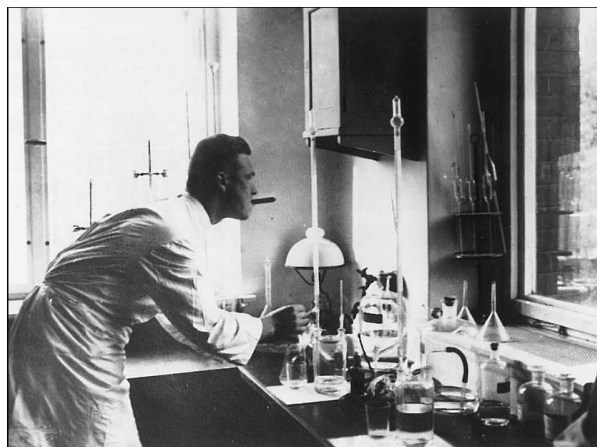


Abb. 9: 1928, Werner Forssmann an seinem Arbeitsplatz bei der Vorbereitung der Selbstkatheterisierung [19]

Zunächst konnte er jedoch seine Kollegen nicht davon überzeugen und anstatt die geforderten Tierversuche zum Nachweis der Sicherheit vorzunehmen, entschloss er sich 1929, das Experiment an sich selbst durchzuführen. Nach Punktion der linken V. cubitalis führte er einen Ureteralkatheter 65 cm weit ein. Unter Röntgenkontrolle konnte er die Lage beurteilen [20].

Cournand und Richards, zwei Amerikaner, entwickelten die Herzkatheterisierung weiter und etablierten sie als eine standardisierte kardiologische Untersuchungsmethode. Alle drei erhielten 1956 den Nobelpreis für Medizin [19].

Mit der elektrophysiologische Untersuchung können komplexe Herzrhythmusstörungen lokalisiert und die Funktionen von Sinusknoten, AV-Knoten und dem elektrischen Reizleitungssystem bewertet werden.

Durch progrediente elektrische Stimulation oder medikamentöse Provokation (z.B. durch Katecholamine) können viele Arrhythmien ausgelöst und somit ihr Entstehungsort oder der Verlauf der Erregung spezifisch analysiert werden. Sie dient ebenfalls der Risikoabschätzung maligner Arrhythmien bei Patienten mit angeborenen Herzfehlern.

1.4.1. Durchführung

Die EPU wird bei Kindern meist in Analgosedierung durchgeführt.

Die Untersuchung läuft unter sterilen Bedingungen ab. In den meisten Fällen wird ein Führungskatheter über die Leistenvene (V. femoralis) mit modifizierter Seldinger-Technik bis zum rechten Herzen vorgeschoben. Alternativ oder zusätzlich werden auch die V. subclavia oder die V. jugularis interna punktiert. Danach werden mehrere Elektrodenkatheter ins Herz vorgeschoben und unter Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen an verschiedenen Positionen platziert: Hoher rechter Vorhof (HRA), Nähe des His-Bündels (HIS), Koronarvenensinus (CS) und rechtsventrikulärer Apex (RVA). Abb. 10 zeigt die röntgenologische Lage der Katheter im Herzen.

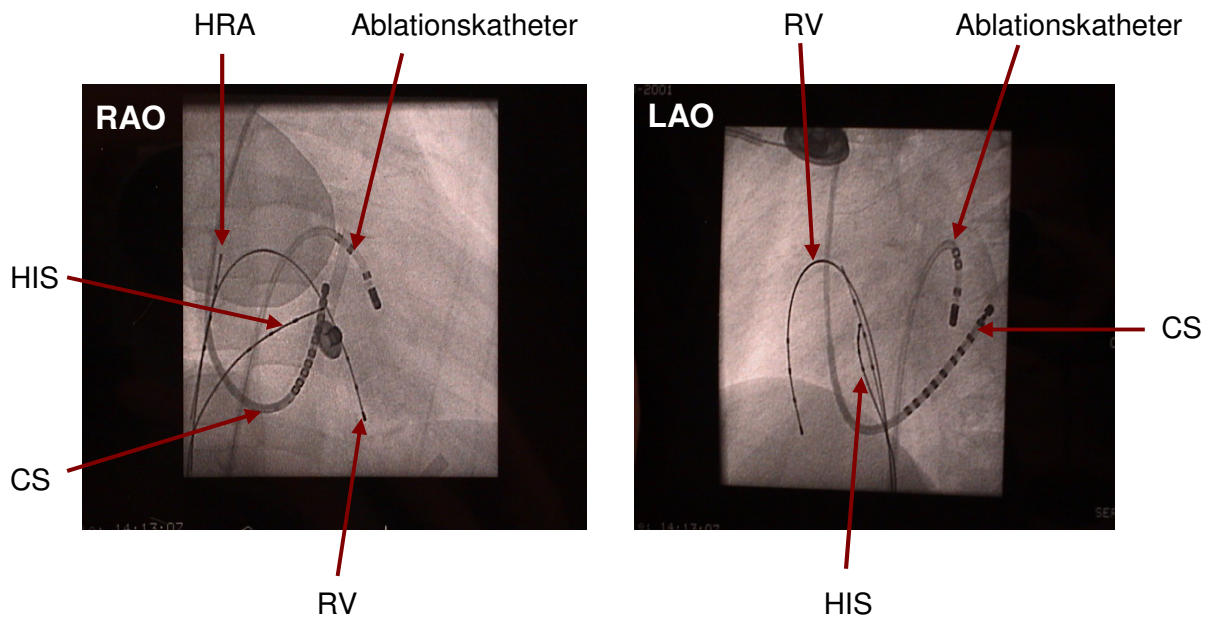


Abb. 10: Darstellung der Herzkatheter im röntgenologischen Bild während einer Ablation

(RAO – rechts anteriore oblique Sicht, LAO – links anteriore oblique Sicht;

HRA – hoher rechter Vorhof, HIS – His-Bündel, CS – Koronarvenensinus, RV – rechter Ventrikel)

HRST aus dem rechten Vorhof oder Ventrikel können über die Katheterpositionen im rechten Vorhof oder Ventrikel erfasst werden. Um linksseitige HRST zu lokalisieren, erhält man die benötigten Signale über den Katheter im Koronarvenensinus oder man gelangt durch transseptale Punktion auf die linke Vorhofebene. Es ist auch ein retrograder Zugangsweg durch Punktion der A. femoralis direkt in den linken Vorhof bzw. die linke Kammer möglich.

Alle Katheter bestehen aus isolierten Drähten, jeder Draht ist an der Spitze des Katheters mit einer Elektrode verbunden. Das andere Ende ist außerhalb des Herzens an ein Messgerät angeschlossen. Die Katheter entsprechen bis auf die Anzahl der Elektroden den normalen Schrittmacherkathetern. Mit den Ableitungen der Katheter erhält man das intrakardiale EKG. Die zwischen zwei Elektroden an der Katheterspitze entstehende elektrische Aktivität kann in Form von bipolaren Signalen aufgezeichnet werden. Im Gegensatz zum Oberflächen-EKG wird nicht die Summe an elektrischer Herzaktivität abgeleitet, sondern die elektrische Erregung in dem Herzgewebe nahe des Elektrodenkatheters [21].

Meist werden vierpolige Katheter eingesetzt, womit zwei bipolare Signale abgeleitet werden können. Für einige Darstellungen benötigt man auch 12-polige Katheter, vor allem für genaue Ableitungen in der Nähe des His-Bündels. Der Querschnitt der einzelnen Katheter beträgt zwischen 2 – 8 French.

Der Vorteil eines intrakardial abgeleiteten Elektrokardiogramms liegt darin, dass man Störungen der Erregungsbildung oder -leitung genauer lokalisieren kann. Anhand der zahlreichen Ableitungen kann man den Verlauf der Erregung genau verfolgen und so zum Beispiel Vorzeitigkeiten der elektrischen Überleitung vom Vorhof zur Kammer erkennen, die darauf hinweisen, dass die elektrische Leitungsbahn nicht oder nicht nur über den AV-Knoten läuft.

Das intrakardiale EKG wird zusammen mit einem 12-Kanal-Oberflächen-EKG dargestellt (Abb. 11).

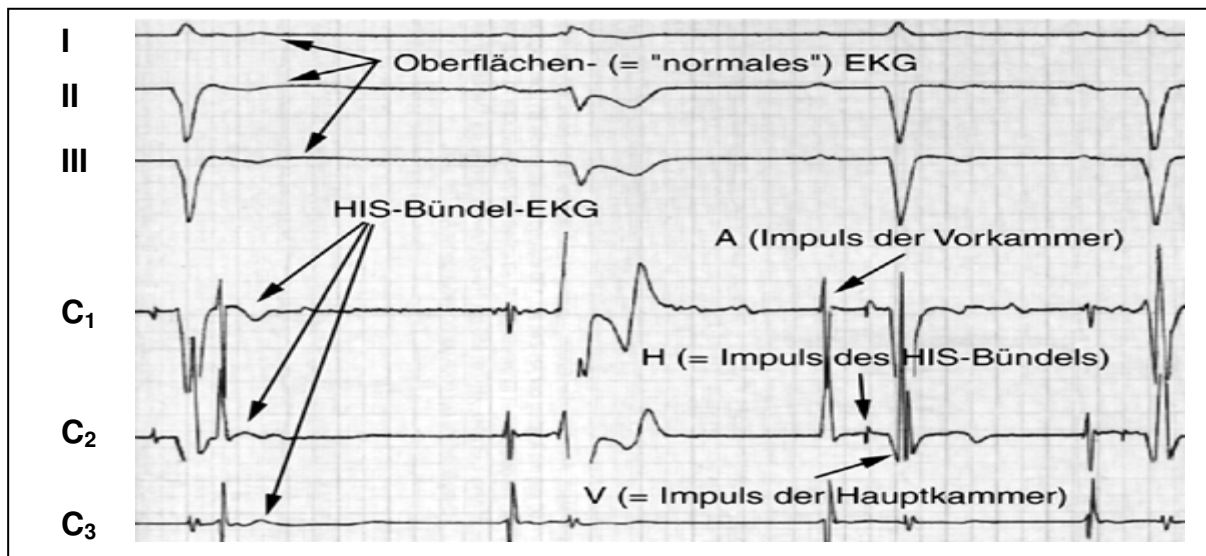


Abb. 11: Oberflächen-EKG mit den Extremitäten-Ableitungen I, II und III; intrakardiale Ableitungen aus dem Koronarvenensinus C₁, C₂ und C₃ mit Darstellung der His-Signale A, H und V

In der elektrophysiologischen Untersuchung wird die Erregung des Herzens abgeleitet und durch unterschiedliche Triggerprogramme stimuliert. Hierbei können von allen möglichen kardialen Positionen elektrische Impulse an das Herzgewebe abgegeben werden, wo sie zur Depolarisation dieser Zellen führen und somit eine elektrische Erregung durch das gesamte Herz auslösen. Untersucht wird, wie das Herzgewebe auf diese Extrastimuli reagiert und ob eine Herzrhythmusstörung ausgelöst werden kann.

1.4.2. Komplikationen

Die häufigsten Komplikationen sind Blutungen, Thrombosen oder Embolien, Phlebitiden und Infektionen der punktierten Region. Die Perforation von Gefäßen oder Herzmuskelgewebe mit Perikardtamponade oder die Verletzung des Plexus brachialis kommen selten vor (bei 0 - 0,5%) [2, 22]. Komplikationsraten durchgeführter EPU werden mit unter 2% angegeben [2, 21]. Van Hare et al. haben in einer umfassenden Studie mit über 2500 Kindern ebenfalls geringe Komplikationsraten zwischen 2,9 – 4,2% erhoben [23].

1.5. Therapieoptionen

Viele Rhythmusstörungen, die bei Neugeborenen und Säuglingen auftreten, bilden sich bis zum Ende des 1. Lebensjahres zurück und bedürfen keiner permanenten Therapie [24-26]. Besonders bei Kindern mit akzessorischen Leitungsbahnen gibt es Remissionsraten von 60 - 90% [27, 28], dahingegen kommt es bei Kindern ab dem 5. Lebensjahr oder Erwachsenen häufiger zu bleibenden HRST [12]. Eine wichtige Problematik bei bleibenden HRST ist die Frage, welche HRST das Kind oder später auch den Erwachsenen akut bedrohen und behandlungsbedürftig sind bzw. welche toleriert werden können [29, 30].

In Anlehnung an die Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für pädiatrische Kardiologie (DGPK) gibt es zwei Ziele in der Behandlung tachykarder HRST bei Kindern und jungen Erwachsenen: die Terminierung der akuten Tachykardie sowie die Prävention des Wiederauftretens der Tachykardie.

1.5.1. Akuttherapie

Bei paroxysmalen Tachykardien besteht die Möglichkeit, durch Stimulierung des parasympathischen Nervensystems, die Herzfrequenz zu beeinflussen und dadurch die Tachykardie zu unterbrechen. Dies kann durch verschiedene vagale Manöver erreicht werden: Massage der Carotiden, Trinken von kaltem Wasser oder eine Erhöhung des intraabdominellen Druckes durch Pressen (Valsalva-Manöver).

Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Akuttherapie ist die medikamentöse Behandlung. Durch antiarrhythmische Medikamente der Klassen Ic, II und III ist es möglich, akute Tachykardien zu durchbrechen.

Bei bestimmten HRST ist eine elektrische Stimulation bzw. Kardioversion zum Beenden der Tachykardie notwendig.

1.5.2. Präventionstherapie

Die breite Anwendung antiarrhythmischer Medikamente spielt in der Dauertherapie eine entscheidende Rolle. Antiarrhythmika ermöglichen es, die Häufigkeit auftretender HRST zu verringern und den Leidensdruck des Patienten zu mindern [13]. Hierbei handelt es sich jedoch oft um eine lebenslange Therapie.

Die zweite große Option der präventiven Therapie tachykarder HRST bilden die interventionellen Therapieoptionen. Hierzu zählen die chirurgischen Interventionen und die transvenöse Katheterablationstherapie. Sie greifen an den Orten der Entstehung der HRST an oder durchbrechen die Laufbahn kreisender Erregungen, wodurch die Arrhythmie dauerhaft beseitigt werden kann.

Die Entscheidung für eine Therapieform muss individuell erfolgen unter Berücksichtigung der Symptomatik, der Art und Häufigkeit der HRST und der sozialen Situation des Patienten [13, 29].

1.5.3. Therapieindikationen tachykarder Herzrhythmusstörungen

In Anlehnung an die DGPK werden im Folgenden die für die einzelnen Formen der Tachykardien empfohlenen Therapien beschrieben:

Akzessorische Leitungsbahnen inklusive Präexzitationssyndrom

Bei Säuglingen ist auf Grund der hohen Remissionsrate die medikamentöse Therapie mit Antiarrhythmika als Präventionstherapie empfohlen, eine Ablationstherapie ist nicht indiziert. Bei Kindern und Jugendlichen unter 15 kg mit symptomatischen Tachykardien besteht hingegen die Gefahr eines plötzlichen Herztodes. Hier ist die Ablationstherapie indiziert. Besteht bei Kindern mit strukturellem Herzfehler eine SVT auf Grund von AP, so wird empfohlen, die Ablationstherapie noch vor der operativen Korrektur durchzuführen.

AV-Knoten-Reentrytachykardien

Bei Kindern und Erwachsenen mit AVNRT besteht die Indikation zur selektiven Ablation bzw. Modulation der langsam leitenden Bahn des AV-Knotens mittels Katheterablation.

Permanent junctionale Reentrytachykardien

Bei Säuglingen und Kleinkindern mit eingeschränkter linksventrikulärer Funktion wird die medikamentöse Therapie bis zu einem Körpergewicht von 15 kg empfohlen, danach ist die Behandlung mittels Katheterablation indiziert.

Atrial ektope Tachykardien

Diese Form der SVT ist medikamentös meist nicht ausreichend beeinflussbar, daher ist auch hier eine Ablationstherapie indiziert.

Intraatriale Reentrytachykardien / Vorhofflattern

Als Akuttherapie ist die Durchbrechung der Tachykardie durch eine Kardioversion empfohlen. Als Dauertherapie ist eine medikamentöse Therapie möglich, die Katheterablation wird bei signifikanter hämodynamischer Relevanz empfohlen.

Ventrikuläre Tachykardien

Zur Rezidivprophylaxe wird die Therapie mit Beta-Blockern empfohlen, als Alternative ist auch eine Ablationstherapie indiziert, v.a. bei monomorphen und bidirektionalen VT. Zur Verhinderung eines plötzlichen Herztodes wird die Implantation eines Cardioverter-Defibrillators empfohlen.

Junktional ektope Tachykardien

Therapieziel dieser Sonderform der VT ist die Kontrolle der Kammerfrequenz mittels Antiarrythmika, in Ausnahmefällen ist eine His-Bündel-Ablation indiziert.

1.5.4. Ablationstherapie

Die Ablationstherapie ist eine seit Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts eingesetzte Therapiemethode zur kausalen Behandlung tachykarder HRST. Hierbei wird arrhythmogenes Herzmuskelgewebe intrakardial verändert und in nicht leitendes Narbengewebe umwandelt, sodass erregungsleitende oder erregungsbildende Areale direkt ausgeschaltet werden [26].

Bis zur Einführung der transvenösen Katheterablation war diese Form der Therapie in den 70er bis 80er Jahren nur chirurgisch möglich [31-33].

Seitdem wurden Techniken entwickelt, die benötigte Energie am Herzmuskelgewebe zu erreichen. Angefangen mit direktem Gleichstrom, über Hochfrequenzstrom und Laser bis hin zur Kälteablation. [25, 34-37].

Die Technik der elektrischen Katheterablation ist eine zufällige Entdeckung. 1979 beobachteten Fontaine et al. bei einem Patienten nach intrakardialer Defibrillation im Rahmen einer elektrophysiologischen Untersuchung das Auftreten eines AV-Blocks, weil ein Defibrillationskatheter mit einem für die EPU genutzten Katheter nahe des His-Bündels in Berührung kam. Als Ursache für die Schädigung wurde ein zwischen den Kathetern entstandener Gleichstrom vermutet [38]. Anfang der 80er Jahre wurde diese Form der Katheterablation von Gallagher und Scheinman aufgegriffen und als Therapieform weiterentwickelt [39, 40]. Die Ablation wurde zunächst mit Gleichstromschocks durchgeführt [41]. Hierbei wurde elektrische Energie von maximal 400 J an das Herzgewebe abgegeben und in Wärme umgewandelt. Zusätzlich entstanden eine Stoßwelle sowie eine explosive Gasformation. Alle Faktoren zusammen führten zur direkten Zerstörung des Herzmuskelgewebes, welches sich im Verlauf in narbiges Bindegewebe umwandelte [42]. Die Methode war sehr effizient, jedoch mit einer nicht unerheblichen Komplikationsrate verbunden: durch die Stoßwelle konnte es zu einer Barotraumatisierung kommen, mit Folge von ventrikulären Tachykardien, Hypotension oder sogar Perforation der dünnen Herzmuskelwände [43]. Die Mortalität betrug bis zu 5% [44]. Es gab weitere negative Aspekte wie die Notwendigkeit einer Vollnarkose wegen der Schmerzen, sodass man stetig auf der Suche nach alternativen Ablationstechniken war [43, 45]. Als wesentlich schonendere Form wurde in den späten 80er Jahren Hochfrequenzstrom eingesetzt.

Heutzutage ist es möglich, die Entstehung und den Ablauf von HRST dreidimensional darzustellen [46]. Diese neuen Techniken machen es möglich, auch komplexere HRST zu erkennen und erfolgreich zu therapieren. Eine Form dieser dreidimensionalen Darstellung ermöglicht das so genannte CARTO-System. Über ein Magnetfeld wird die endokardiale Oberfläche gescannt und als dreidimensionales Bild für die Navigation der Ablationskatheter dargestellt. Dadurch kann die sonst zur Positionierung der Katheter benötigte Durchleuchtungszeit deutlich reduziert werden. Beim sogenannten CARTO-Merge wird diese 3D-Darstellung mit den computertomographischen Bildern des Herzens gekoppelt. Es empfehlen sich dreidimensionale Darstellungen vor allem zur Lokalisation komplexer HRST bei Patienten mit angeborenen Herzfehlern nach chirurgischer Korrektur.

1.5.4.1. Hochfrequenzstromablation

Eine Alternative zur langjährigen Therapie mit Antiarrhythmika ist heutzutage die Hochfrequenzstromablation (RFA, radiofrequency ablation). Sie ist eine kausale Therapiemethode, die es ermöglicht, erregungsleitende oder erregungsbildende Areale direkt auszuschalten [26]. Dadurch ist die Hochfrequenzstromablation inzwischen die Therapie der Wahl für viele HRST [10, 24].

Bei dieser Ablationsform wird Wechselstrom mit Frequenzen von 500 – 1000 kHz eingesetzt. Durch diese hohen Frequenzen kommt es nicht mehr zu unerwünschten Muskelkontraktionen. Der Hochfrequenzstrom erhitzt das im Gewebe enthaltene Wasser so stark, dass es dort zu einer Koagulationsnekrose kommt, das Muskelgewebe wird dauerhaft geschädigt. Es kommt im Gegensatz zum Gleichstrom durch geringere Spannungen zu keiner schädlichen Gasproduktion (Wechselstrom: 40 – 60 V vs. Gleichstrom: 2000 – 4000 V) und ohne Barotrauma konnte diese Form der Ablation auch bald bei Kindern eingesetzt werden [21, 34, 47].

Die erste Hochfrequenzstromablation wurde 1987 von Budde et al. durchgeführt [48]. Vergleiche mit der Gleichstrom-Ablation erbrachten zunächst unbefriedigende Ergebnisse (Erfolg in 1 von 7 Patienten, 1988) [49].

In den folgenden Jahren wurden jedoch die Katheter und die gesamte Technik immer weiter entwickelt. Es wurden temperaturgesteuerte Katheter entwickelt, die eine wesentlich zielgenauere Schädigung des Myokards zuließen [2, 50, 51]. Neuere Studien zeigen die weit verbreitete Verwendung dieser Therapiemethode mit verbesserten Erfolgsraten und geringeren Komplikationen [26, 47, 52], zudem konnte die Krankenhausverweildauer verringert werden [53]. Inzwischen kann die Ablationstherapie mit Hochfrequenzstrom als sicher und effektiv angesehen werden [11, 26, 54, 55]. Dennoch werden Technik und Durchführung ständig weiterentwickelt.

Ablauf der Hochfrequenzstromablation

Der Ablauf gleicht dem der EPU (siehe Kapitel 1.4.1.). Es werden mehrere Elektrodenkatheter in den Herzkammern platziert und ein intrakardiales EKG abgeleitet. Um die HRST zu abladieren, muss diese bei einigen Formen der HRST während der Untersuchung auftreten. Entweder tritt sie spontan auf oder es sind Stimulationen in den einzelnen Herzkammern notwendig, um die HRST auszulösen. Bei einigen

Rhythmusstörungen ist es auch möglich, anhand des intrakardialen EKGs und dem Verlauf der elektrischen Erregung, festzustellen, von welchem Fokus aus die Erregung entsteht oder über welche Leitungsbahn sie weitergeleitet wird.

Konnte man die HRST genau lokalisieren, wird an dieser Stelle der Ablationskatheter positioniert. Hierüber wird durch Anlegen eines Hochfrequenzstroms mit 500 – 1000 kHz eine Erwärmung des Herzmuskelgewebes auf 50 bis 60 °C erreicht und über bis zu 60 Sekunden gehalten [56]. Mit einem Temperaturfühler an der Katheterspitze kann die gewünschte maximale Temperatur genau kontrolliert werden [2]. Das Gewebe im Bereich der Spitze des Ablationskatheters wird durch die Erwärmung zerstört, es entsteht eine Narbe und die unphysiologische Überleitung oder die Automtizität wird dadurch gestoppt. Als sogenanntes Safety bezeichnet man eine zusätzliche Applikation von Hochfrequenzstrom, um tiefere Läsionen zu schaffen, falls der initiale Impuls nur ein ausgedehntes Ödem verursacht hat.

Komplikationen

1991 bis 1999 wurden in einer großen Studie von Kugler et al. 7600 Kinder erfasst, die eine Hochfrequenzstromtherapie erhalten hatten [36]. Anhand dieser Daten konnten gute Informationen über mögliche Komplikationen erworben werden. Der Untersuchungszeitraum wurde in zwei Abschnitte unterteilt: 1991 – 1995 und 1996 – 1999. Es wurde bei allen Patienten eine Verminderung der Komplikationsrate von 4,2% in dem ersten Zeitraum auf 3,0% im zweiten Abschnitt beschrieben. Bei Patienten mit angeborenem Herzfehler kam es bei 7,8% zu Komplikationen. Hierunter fielen schwere Komplikationen wie ein zweit- oder dritt-gradiger AV-Block, Perforationen, Embolisationen, Verletzungen des Brachialplexus oder Pneumothoraces. Weitere Komplikationen waren Blutungen, Thrombosen, erst-gradige AV-Blöcke und Koronarspasmen. Die Gesamtmortalitätsrate lag bei 0,05%.

Ein höheres Risiko für Komplikationen bei der Ablationstherapie bilden Patienten vor dem 4. Lebensjahr bzw. mit einem Gewicht unter 14 kg, sowie Patienten mit angeborenen Herzfehlern und operierte Patienten (4.2% schwere Komplikationen, Mortalitätsrate 0,3%) [11, 57].

Schaffer et al. konnten anhand von großen Studien mit über 4000 Patienten Mortalitätsraten von 0,2% beobachten. Sie kamen ebenfalls vermehrt bei Kindern mit strukturellen Herzfehlern vor [58].

1.5.4.2. Kryoablation

Die Technik der Kryoablation (KRYO) ist wie auch die RFA aus der chirurgischen Anwendung bekannt [59]. Sie wurde in den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts als transvenöse Katheterablation zur Therapie von HRST eingeführt [60, 61]. Durch zirkulierendes flüssiges Stickoxid wird die Katheterspitze gekühlt und das anliegende Gewebe auf -60 bis -80 °C tiefgekühlt. Der Vorteil dieser Ablationsart ist die Möglichkeit, das Gewebe probeweise auf Temperaturen um -30 °C tief zu kühlen und dabei zu beurteilen, ob eine Ablation in diesem Bereich den gewünschten Therapieerfolg hat, ohne das umliegende Herzgewebe schon dauerhaft zu schädigen [62]. Indikationen für eine Kryoablation sind AV-Knoten-nahe Rhythmusstörungen, bei denen immer die Gefahr der Ablation des AV-Knotens besteht. Wird durch eine Testablation (sogenanntes Kryomapping) ein AV-Block ausgelöst, so kann sofort die Tiefkühlung gestoppt werden. Erst wenn sicher ist, dass nur die Rhythmusstörung ablatiert wird und keine Gefahr besteht, den AV-Knoten zu verletzen, wird eine komplette Kryoablation mit tiefen Temperaturen über mehrere Minuten durchgeführt, was zur dauerhaften Schädigung des Herzmuskelgewebes führt.

Histologisch konnte man feststellen, dass durch Tieffrierung des Gewebes ein kleinerer Bezirk narbig umgewandelt wird als bei der RFA [60]. Ein weiterer Vorteil der Kryoablation ist, dass die Katheterspitze durch die kalten Temperaturen am Gewebe haftet und somit die Gefahr einer Dislokation durch die Herzmuskelkontraktionen während der Ablation vermindert wird, es also weniger zu ineffektiven Ablationen oder Schädigungen des nahen Reizleitungssystems kommt [60, 63].

Durch diese technischen Vorteile konnte eine Reduktion schwerwiegender Komplikationen wie permanente AV-Blöcke, Endothelläsionen oder thrombotische Ereignisse gegenüber der RFA beschrieben werden [60, 64, 65].

Nachteile dieser Ablationsform gegenüber der RFA sind zum einen die Notwendigkeit wesentlich größerer Ablationskatheter, da für das permanente Kühlsystem ein zusätzliches Lumen benötigt wird. Hierdurch ist die Anwendung bei sehr kleinen Kindern eingeschränkt. Zudem ist nachgewiesen, dass es bei der Kryoablation eine höhere Rezidivrate gibt als bei RFA ($>20\%$ vs. $5-10\%$ bei RFA) [65-67].

Die Entwicklung besserer und kleinerer Katheter und die Forschung nach immer effektiveren Durchführungen, ermöglichen es heute, auch bei Kindern eine Kryoablation durchzuführen. Dennoch bleibt die Anwendung auf Grund der hohen Rezidivraten auf die Ablation von AV-Knoten-Reentrytachykardien und anteropetal gelegenen akzessorischen Leitungsbahnen beschränkt.

Aktuelle Studien zur Anwendung der Kryoablation bei Kindern beschreiben diese auch für Kinder als sichere und schmerzlose Alternative zur Hochfrequenzstromablation [62, 68, 69].

1.6. Lebensqualität

Der Begriff Lebensqualität (QoL, quality of life) wird von jedem Individuum anders verstanden - es ist ein subjektives multidimensionales Konstrukt. Dadurch ist eine exakte Definition der Lebensqualität nicht möglich [70]. Die World Health Organisation (WHO) beschreibt die Lebensqualität in Anlehnung an die Gesundheit als das „körperliche, psychische und soziale Befinden des Individuums“ [71]. Bullinger et al. beschreiben die QoL als „Qualität der körperlichen, psychischen, sozialen und rollen- bzw. funktionsassoziierten Lebenssituation eines Individuums“ [72]. Um die Lebensqualität dennoch zur wissenschaftlichen Analyse heranzuziehen und vergleichen zu können, bedient man sich der Erfassung der QoL mit Hilfe von Fragebögen.

Nicht nur der objektive Erfolg einer Intervention, sondern auch das psychische und emotionale Wohlbefinden der Patienten wird zur Bewertung von Therapiemethoden herangezogen. Als Parameter zur Bewertung einer medizinischen Therapiemethode gewinnt die Lebensqualität immer mehr an Bedeutung. Im Rahmen medizinischer Forschung spricht man von der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (health related quality of life).

In den letzten Jahren beschäftigten sich immer mehr Studien mit der Lebensqualität, vor allem von Erwachsenen [73-76]. Instrumente zur Erhebung der QoL bestehen zumeist aus standardisierten Fragebögen, welche vom Patienten selbst oder von Familienangehörigen auszufüllen sind.

Neben der Erfassung der allgemeinen QoL wird zunehmend die Lebensqualität in bestimmten Erkrankungsgruppen untersucht [77, 78]. Vorteile hierfür sind die wesentlich präzisere Erfassung der spezifischen Belastungen und Umstände der Erkrankten. Eingesetzt wurden diese Fragebögen zunächst vor allem bei chronisch erkrankten und krebserkrankten Menschen [79-81].

Auch in der Kardiologie gewinnt die Lebensqualität eine wichtige Stellung zur Bewertung von Therapieoptionen. Bisher war die Auswertung der QoL hier ebenfalls auf Erwachsene beschränkt [82, 83]. Doch auch bei Kindern kann die QoL als ein sehr wichtiges Kriterium zur Beurteilung des Erfolges von interventionellen therapeutischen Maßnahmen herangezogen werden [80, 84]. Besonders für jüngere Kinder (<12 Jahren) fehlten bisher Studien zur Erfassung der QoL [85-87].

Erst in den letzten Jahren wurden verschiedene Fragebögen zur Messung der QoL bei Kindern entwickelt [80, 88-91].

Erste Veröffentlichungen zur psychologischen Beeinträchtigung bei Kindern mit angeborenem Herzfehler oder nach Implantation eines intrakardialen Defibrillators, gibt es durch De Maso et al. [92, 93]. Hier zeigten sich nur geringe Verbesserungen verglichen mit der QoL vor der Therapie. Einzig die Bereiche Angst vor der Erkrankung und Sorgen durch die HRST verbesserten sich signifikant [94].

Die Untersuchung der Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen stellte im Vergleich zu den Erwachsenen in Deutschland lange ein vernachlässigtes Thema dar. Ein Rückblick über Veröffentlichungen in den 80er Jahren, zeigte dass das Thema Lebensqualität in den Vereinigten Staaten sehr stark diskutiert wurde, während es in Deutschland nur einige wenige Publikationen (< 10) gab [72, 84]. In letzter Zeit erlangte diese Thematik jedoch zunehmende Bedeutung.

Repräsentative Normdaten zur Lebensqualität der deutschen Bevölkerung gibt es erst seit 2007. In dem deutschen Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS) wurden knapp 15.000 Kinder und Eltern zur QoL befragt [89, 95]. Unter der Anwendung des international eingesetzten Lebensqualitätsfragebogens KINDL^R-R, speziell für Kinder entwickelt von Dr. U. Ravens-Sieberer [85], konnten Unterschiede in der QoL zwischen Kindern und Jugendlichen aus unterschiedlichen sozialen Lagen und mit unterschiedlichen Gesundheitszuständen untersucht werden. Diese Ergebnisse können nun als repräsentative Normdaten für die QoL deutscher Kinder und Jugendlicher für die Auswertung von Fragebögen zur Lebensqualität erkrankter Kinder mit einbezogen werden [96, 97].

Mit dem europäischen Projekt KIDSCREEN wurden bisher 22.800 Kinder aus 13 europäischen Ländern untersucht. Ziel dieser Forschungsgruppe ist es, aus den bisher existierenden unterschiedlichen Fragebögen zur Erfassung der QoL bei Kindern und Jugendlichen und unter Berücksichtigung verschiedener Nationen und Unterschiede in den Ländern, einen einheitlichen europaweit standardisierten Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen zu entwickeln [95, 96, 98, 99]. Mit diesem Fragebogen wird es nun möglich, auch internationale Therapiemethoden miteinander zu vergleichen.

2. Aufgabenstellung

Seit 2001 wird die Ablationstherapie bei Kindern und Jugendlichen mit tachykarden Herzrhythmusstörungen in der Klinik für Pädiatrie mit Schwerpunkt Kardiologie der Charité eingesetzt.

Ziel dieser Arbeit ist es, die ersten klinischen Ergebnisse dieser Methode retrospektiv zu erfassen und auszuwerten. Es erfolgt die Darlegung der Erfahrung an der Charité mit der Hochfrequenzstromablation sowie, in geringerem Umfang, mit der Kryoablation als Therapieoptionen für Herzrhythmusstörungen bei Kindern und Erwachsenen. Die erhobenen Daten werden mit aktuellen Studien verglichen und Unterschiede diskutiert.

Im Hinblick auf verschiedene demographische, rhythmologische und technische Faktoren werden die Untersuchungsdaten, das Diagnosespektrum sowie der Behandlungserfolg und auftretende Komplikationen für Patienten mit unterschiedlichen Herzrhythmusstörungen analysiert. Im Rahmen der Nachbeobachtung werden Langzeiterfolge und die Rezidivraten dargestellt.

Als weiterer Aspekt zur Einschätzung des Erfolges der Therapiemethode wird die Lebensqualität vor und nach der Ablationstherapie erhoben. Die Auswertung der Lebensqualität erfolgte unter besonderer Beachtung der Fragestellung, welchen Einfluss diese Therapiemethode auf die Lebensqualität der Patienten hat.

Weiterhin werden folgende Thesen in dieser Arbeit untersucht:

1. Die Ablationstherapie bei Kindern erreicht im Vergleich zur Ablationstherapie bei Erwachsenen gleiche Erfolgsraten und birgt keine höhere Komplikationsrate
2. Die Erfolgsrate bei Patienten mit komplexen strukturellen Herzfehlern ist geringer als bei Patienten ohne Herzfehler
3. Die Kryoablation unterscheidet sich von der RFA durch längere Untersuchungs- und Durchleuchtungszeiten sowie durch bessere Erfolgsraten und weniger Komplikationen.
4. Neben der kausalen Therapie des arrhythmogenen Substrates zeigt die Ablationstherapie auch eine Verbesserung der Lebensqualität.

3. Methodik

Diese Arbeit beinhaltet die retrospektive Analyse aller Patienten, die eine Ablationstherapie in dem Zeitraum von Juli 2001 bis Juni 2005 in der Klinik für Pädiatrie mit dem Schwerpunkt Kardiologie im Campus Virchow Klinikum der Charité erhalten haben.

3.1. Datenerfassung

Die benötigten Patienten- und Untersuchungsdaten aller in diesem Zeitraum ablatierten Patienten konnten fast vollständig den Ablationsprotokollen sowie den Patientenakten, die schriftlich oder elektronisch dokumentiert sind, entnommen werden. Etwaige fehlende Daten wurden durch Nachfrage bei den betreuenden Kinder- und Hausärzten erhoben.

Für die Erhebung der Lebensqualität wurden je nach Alter zwei verschiedene Fragebögen an alle Patienten geschickt. Die Beschreibung dieser Fragebögen erfolgt in Kapitel 3.7. Die Patienten wurden gebeten, den Fragebogen sowie ein beigelegtes Frageblatt über das aktuelle Wohlbefinden („besser“, „gleich“, „schlechter“ als vor der Therapie) und die aktuelle Medikation auszufüllen und mit beigelegtem frankierten Rückumschlag zurückzusenden.

3.2. Patientendaten

Die Studie umfasste die Analyse aller Patienten, die eine Hochfrequenzstrom- oder Kryoablation als Therapie ihrer HRST erhalten haben. Es gab keine Altersbegrenzung oder sonstige Ausschlusskriterien. Nicht erhaltene Daten wurden als fehlende Daten gewertet. Im Rahmen dieser Studie wurden ausschließlich Patienten untersucht, die zum ersten Mal eine Ablationstherapie erhalten haben.

Die Patienten wurden analysiert hinsichtlich des Vorliegens eines angeborenen oder erworbenen Herzfehlers, ihres Alters, des Geschlechts, sowie der Körpergröße, des Gewichtes und der Körperoberfläche (KOF¹). Es wurde erfasst, ob zuvor ein operativer Eingriff am Herzen in Form einer Korrektur bei strukturellen Herzfehlern oder einer Herzkatheteruntersuchung vorgenommen worden war.

¹ Berechnet nach der Mostseller-Formel: $KOF = \sqrt{\text{Größe [cm]} \times \text{Gewicht [kg]} / 3600}$

3.3. Herzrhythmusstörungen

Bei jedem Patienten wurde die vorliegende HRST unter elektrokardiographischen und klinischen Aspekten untersucht. Dabei wurde festgehalten, ob die HRST dokumentiert werden konnte oder ob sie anamnestisch erhoben worden ist. Neben der Tachykardie führte außerdem bei einigen Patienten das Vorliegen einer Synkope oder Präsynkope zur Ablationstherapie. Die bisherige medikamentöse Therapie wurde mit Anzahl und Art der Antiarrhythmika dokumentiert.

3.4. Ablationsdaten

Zur Durchführung der Ablationstherapie war eine Narkose bzw. Sedierung notwendig. Hierbei wurden zwei Formen eingesetzt: die intravenöse totale Narkose (ITN) oder die Analgosedierung.

Es wurde erfasst, wie viele Patienten eine Hochfrequenzstromablation erhielten und wie viele Patienten mittels Kryoablation therapiert wurden. In jeder Sitzung wurden unterschiedlich viele Ablationen (Läsionen) durchgeführt.

Die Ablation bei einer RFA beinhaltet jede Applikation von Hochfrequenzstrom mit einer Dauer von mindestens 9 Sekunden. Applikationen unter 9 Sekunden Dauer zählen als Testläsionen. Bei einigen Patienten wurde ein Safety durchgeführt.

Das Kryomapping mit einer Tieffrierung bei Temperaturen bis zu -30 °C über maximal 60 sec wird von der eigentlichen Kryoablation abgegrenzt. Als Kryoablationen gewertet und in die Auswertung mit einbezogen wurde eine Tieffrierung mit Zieltemperaturen von -75 bis -70 °C und einer Dauer von mehr als 60 Sekunden bis über mehrere Minuten.

Des Weiteren wurden folgende Untersuchungsdaten analysiert:

- Untersuchungsdauer (Erste Punktion bis zum Ziehen der Schleusen in Minuten)
- Durchleuchtungszeit (Applikation von Röntgenstrahlen in Minuten)
- Anzahl der Punktionsstellen zur Einführung der Katheter
- Summe der Durchmesser der Schleusen (in kumulierenden French)
- Indikation und Art der eingesetzten dreidimensionalen Systeme (CARTO, Localisa und CARTO-Merge)
- Durchführung einer transseptalen Punktion (TSP), welche notwendig war, um Lokalisationen in den linken Herzkammern zu erreichen
- Durchführung eines Herzkatheters zur Darstellung der anatomischen Strukturen

3.5. Erfolgsdaten

Von allen Patienten wurden sowohl die jeweils erste Ablation als auch weitere Ablationen, die in dem Zeitrahmen dieser Arbeit durchgeführt wurden, ausgewertet. Es wurde der **Akuterfolg** definiert, als die am Ende einer Ablationstherapie vorliegende Elimination des arrhythmogenen Substrates oder die fehlende Induzierbarkeit der zuvor getesteten Tachykardie. Beim Vorliegen mehrerer arrhythmogener Substrate wurde die Teilablation der klinisch bedeutsamen Tachykardie als Erfolg gewertet.

Weitere im Rahmen der Studie durchgeführte Ablationen bei den Patienten wurden hinsichtlich vorliegender Unterschiede in den Untersuchungsdaten, in der Verteilung der HRST und bezüglich der Erfolgsraten ausgewertet.

Die Ergebnisse über alle durchgeführten Ablationen eines einzelnen Patienten wurden als **Gesamterfolg** zusammengefasst.

Nach dem Akuterfolg wurde bei einigen Patienten eine Wartezeit dokumentiert. Einige Minuten nach der Ablationstherapie wurde bei diesen Patienten erneut im Rahmen einer EPU das Vorliegen einer Tachykardie überprüft. Bei einem Teil der Patienten wurde das Herz zusätzlich mit einem Sympathomimetikum (Alupent) provoziert und getestet, ob dadurch nach der Ablation eine Herzrhythmusstörung ausgelöst werden konnte.

Der **Langzeiterfolg** in dem maximal möglichen Nachbeobachtungszeitraum bis September 2005 beinhaltet die Auswertung derer Patienten, die weiterhin in dieser Klinik nachbetreut wurden. Hierzu zählen alle Kinder und die Erwachsenen, die einen strukturellen Herzfehler aufweisen (ausgenommen einer koronaren Herzerkrankung). Es wurden die Rezidivraten sowie die klinische Besserung und die Anzahl der antiarrhythmischen Medikamente nach der Therapie untersucht. Als langzeiterfolgreich wurden Patienten gewertet, die einen der folgenden Endpunkte erreichten: 1. Die Tachykardie war nicht mehr nachzuweisen. 2. Der Patient gab trotz einer vorliegenden Tachykardie eine subjektive Besserung an. 3. Der Patient war unter Medikamenten frei von seiner Tachykardie.

3.6. Komplikationen

Es wurden nicht ablationsbedingte Komplikationen von durch die EPU oder Ablation ausgelöste Komplikationen unterschieden. Letztere wurden in leichte und schwere Komplikationen unterteilt. Als nicht ablationsbedingte Komplikationen galten zum Beispiel durch die Lagerung verursachte neuronale Schädigungen wie Plexuparesen und Hypästhesien sowie nach der Ablation aufgetretene Entzündungen der Augen. Als leichte interventionsbedingte Komplikationen wurden Hämatome, passagere AV- oder Schenkelblockierungen, interventionsbedingte Pneumothoraces sowie andere interventionsbedingte passagere Funktionsstörungen gewertet.

Als schwere Komplikationen galten permanente AV-Blockierungen oder Sinusknotenstörungen, interventionsbedürftige Perikardergüsse oder Ventrikelfunktionsstörungen, embolische Ereignisse, notwendige Intubationen oder Reanimationen, transfusionsbedürftige Blutungen, permanente Nerven- oder Plexusläsionen, sowie ein interventionsbedingter Tod.

3.7. Lebensqualitätsmessung

Für die Messung der Lebensqualität wurde die Patientengruppe in zwei Altersgruppen unterteilt: als Kinder galten Patienten bis zum dem vollendeten 16. Lebensjahr, Erwachsene waren alle Patienten ab einem Alter von 17 Jahren. Je nach dem Alter des Patienten wurden zwei verschiedene Fragebögen verwendet. Die Kinder erhielten den speziell für Kinder entwickelten KINDL^R-Fragebogen, die erwachsenen Patienten erhielten den ab dem 14. Lebensjahr zugelassenen SF-36-Fragebogen. Beide Fragebögen sollten von den Patienten bzw. den Eltern sowohl einmal zu ihrem aktuellen Befinden ausgefüllt werden, als auch rückblickend beschreiben, wie es ihnen vor der Untersuchung ging. Beide Fragebögen werden im Folgenden dargestellt:

3.7.1. KINDL^R-Fragebogen

Der KINDL^R-Fragebogen (**R**evidierter **K**IND**L**er **L**ebensqualitätsfragebogen) wurde als spezieller Fragebogen für Kinder in seinen Grundzügen von Prof. Dr. M. Bullinger 1994 entwickelt [100] und von Bullinger und Ravens-Sieberer 1998 an chronisch kranken Kindern auf seine Validität hin überprüft und weiterentwickelt [85]. Er liegt für unterschiedliche Altersgruppen vor und ist inzwischen in mehr als 10 Sprachen übersetzt worden. Der KINDL^R ist ein europaweit eingesetzter validierter Fragebogen zur Messung der QoL bei Kindern [80, 85, 89].

Bislang wurde der Fragebogen für die Erfassung der QoL bei Kindern mit chronischen Erkrankungen eingesetzt, wie zum Beispiel bei adipösen Patienten, krebskranken Kinder oder Kindern mit Asthma [78, 80]. Aktuell wird der Fragebogen bei deutschen gesunden Kindern zur Erhebung von vergleichbaren Normdaten eingesetzt [89].

Die in dieser Arbeit verwendete Version Kid-Kiddo-KINDL^R ist speziell für Kinder im Alter von 8 – 16 Jahren formuliert worden. Der Fragebogen wurde den Patienten zugesandt und sollte mit Hilfe der Eltern ausgefüllt werden.

Folgende Lebensqualitätsbereiche wurden untersucht: körperliches und psychisches Wohlbefinden, Selbstwertgefühl, sowie die Integration in den Bereichen Familie, Freunde und Schule. Jedem Bereich ist ein Fragenkomplex zugeordnet. Der Fragebogen enthält insgesamt 6 Fragenkomplexe mit je 4 Fragen. Für jede Frage gab es folgende Antwortmöglichkeiten: „nie“, „selten“, „manchmal“, „oft“ oder „immer“ (siehe Abbildung A im Anhang).

3.7.2. SF-36-Fragebogen

Für alle Patienten älter als 16 Jahre wurde der SF-36-Fragebogen eingesetzt. Dieser Fragebogen wurde ursprünglich im Rahmen der MOS-Studie (Medical Outcome study) entworfen [101]. In dieser großen amerikanischen Multicenterstudie wurde in mehreren amerikanischen Kliniken der klinische Erfolg chronisch kranker Patienten nach unterschiedlichen Therapien unter anderem bezüglich der Gesundheit und dem subjektiven Wohlbefinden untersucht [102]. Der SF-36 ist ein überarbeiteter und gekürzter Befragungsbogen zur Erhebung der QoL mit 36 Frageelementen (36-item short form health survey, SF-36). Er ist ebenso ein international eingesetzter validierter Fragebogen zur Messung der individuellen QoL [103-105] und wurde von Prof. Dr. M. Bullinger der Universität von Hamburg ins Deutsche übersetzt [106].

Der SF-36-Fragebogen enthält, wie auch der KINDL^R-Fragebogen, mehrere Fragenkomplexe zur allgemeinen und speziellen Gesundheit. Hierbei werden die Lebensqualitätsbereiche körperliche und soziale Funktionsfähigkeit, körperliche und emotionale Rollenfunktion sowie körperliche Schmerzen, die allgemeine Gesundheit, die Vitalität und das psychische Wohlbefinden untersucht. Insgesamt enthält der Fragebogen 11 Fragenkomplexe mit unterschiedlich vielen Fragen. Es gibt verschiedene Fragetypen: Ja-Nein-Fragen oder Fragen mit mehreren Antwortmöglichkeiten wie „überhaupt nicht – sehr“, „ausgezeichnet – schlecht“ oder „nie – immer“ (siehe Abbildung B im Anhang).

3.8. Statistische Auswertung

Alle erhobenen Daten in dieser Arbeit wurden entweder deskriptiv (beschreibend) analysiert, mit vergleichenden Grafiken veranschaulicht oder mit Hilfe von statistischen Tests bezüglich signifikanten Unterschieden ausgewertet.

3.8.1. Auswertung der Patientendaten

Alle Patientendaten wurden in das Datenverarbeitungsprogramm SPSS Version 11.5.1 aufgenommen (**S**tatistical **P**ackage for **S**ocial **S**ciences, SPSS Incorporation, Chicago). In der deskriptiven Datenanalyse wurden der Mittelwert, der Median sowie die Standardabweichung (σ) und die Minimal- und Maximalwerte der demographischen Daten ermittelt und in tabellarischer Form angegeben.

Für die untersuchten Merkmale (z.B. Herzfehler, Diagnosen, OP) wurden die Anzahl und die prozentuale Verteilung in der Gesamtpatientengruppe oder in Untergruppen erhoben. Die Merkmalsverteilung in zwei Gruppen wurde mit Hilfe des χ^2 -Tests auf statistische Signifikanz überprüft. Die für diese Arbeit zugelassene maximale Irrtumswahrscheinlichkeit (p) wird auf 5% festgesetzt. Damit ist eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ als ein signifikanter Unterschied der Verteilung des Merkmals in diesen beiden Gruppen anzusehen.

Kreuztabellen (Vier- oder Mehrfeldertafeln) dienen zur Veranschaulichung der Verteilung eines Merkmals in zwei oder mehreren Gruppen. Hierdurch wurden Zusammenhänge zwischen dem Alter und Parametern wie der Art des Herzfehlers, die Verteilung der Diagnosen oder die Art der Therapie untersucht. Die Darstellung erfolgte in folgender beispielhafter Form (Tab. 1).

Erfolg	Kinder (%)	Erwachsene (%)
Ja	n1 (%)	n3 (%)
Nein	n2 (%)	n4 (%)

Tab. 1: Vierfeldertafel: Verteilung von einem Merkmal (Erfolg) in zwei Gruppen (Kinder / Erwachsene), n = Anzahl der jeweiligen Gruppe

3.8.2. Auswertung der Ablationsdaten

Die deskriptive Analyse der Ablationsdaten beinhaltete die Darstellung von Anzahl und prozentualer Verteilung bestimmter Merkmale innerhalb der Patientengruppe (Ablationsart, Narkoseart, etc.) sowie die tabellarische Veranschaulichung der Untersuchungsdaten der Ablationstherapie mit Angabe der Mittelwerte (MW), des Medians (M) und den Minimal- und Maximalwerten (Min, Max). Im Verlauf des Textes werden die Daten mit dem Median und der einfachen Standardabweichung wie folgt angegeben: (Median \pm Standardabweichung). Zum Vergleich eines oder mehrerer Merkmale in zwei Gruppen wurden paarige Balkendiagramme eingesetzt. Zur Analyse des Unterschiedes auf Signifikanz wurde bei einem Merkmal in zwei Gruppen ebenfalls der χ^2 -Test eingesetzt, bei mehreren unabhängigen Eigenschaften (wie z.B. Herzfehlergruppen) wurde die Signifikanz mittels des Mann-Whitney-U-Tests errechnet. Auch hier wird die Irrtumswahrscheinlichkeit mit 5% festgelegt, das heißt, $p < 0,05$ wird als signifikant gewertet.

3.8.3. Auswertung der Lebensqualität

Durch die Erhebung der Lebensqualität sowohl vor als auch nach der Therapie ergaben sich je zwei Werte für alle Lebensqualitätsbereiche. Jeder einzelnen Antwort wird ein Punktwert zugeordnet (z.B. nie = 1, immer = 5). Es werden alle Punkte jeder Frage des Fragenkomplexes summiert. Dieser Summenwert (Score) wird zur besseren Vergleichbarkeit auf eine Skala von 0 – 100 normiert, wobei 100 Punkte der höchsten Lebensqualität entsprechen.

Zum graphischen Vergleich der QoL vor und nach der Ablation wurden für jeden Bereich die auf 100 normierten Punktwerte in einem Boxplot nebeneinander dargestellt. Die Box beinhaltet 50% der Daten, es werden der Median sowie das obere (75 %) und untere (25%) Quartil angegeben. Die Ausläufer (auch Whisker genannt) definieren die höchsten bzw. niedrigsten Werte, die noch innerhalb des 1,5-fachen Interquartilsabstands (Boxlänge) liegen. Werte außerhalb dieser Grenzen werden als Ausreißer (°) oder Extremwerte (*) definiert und dargestellt (Abb. 12).

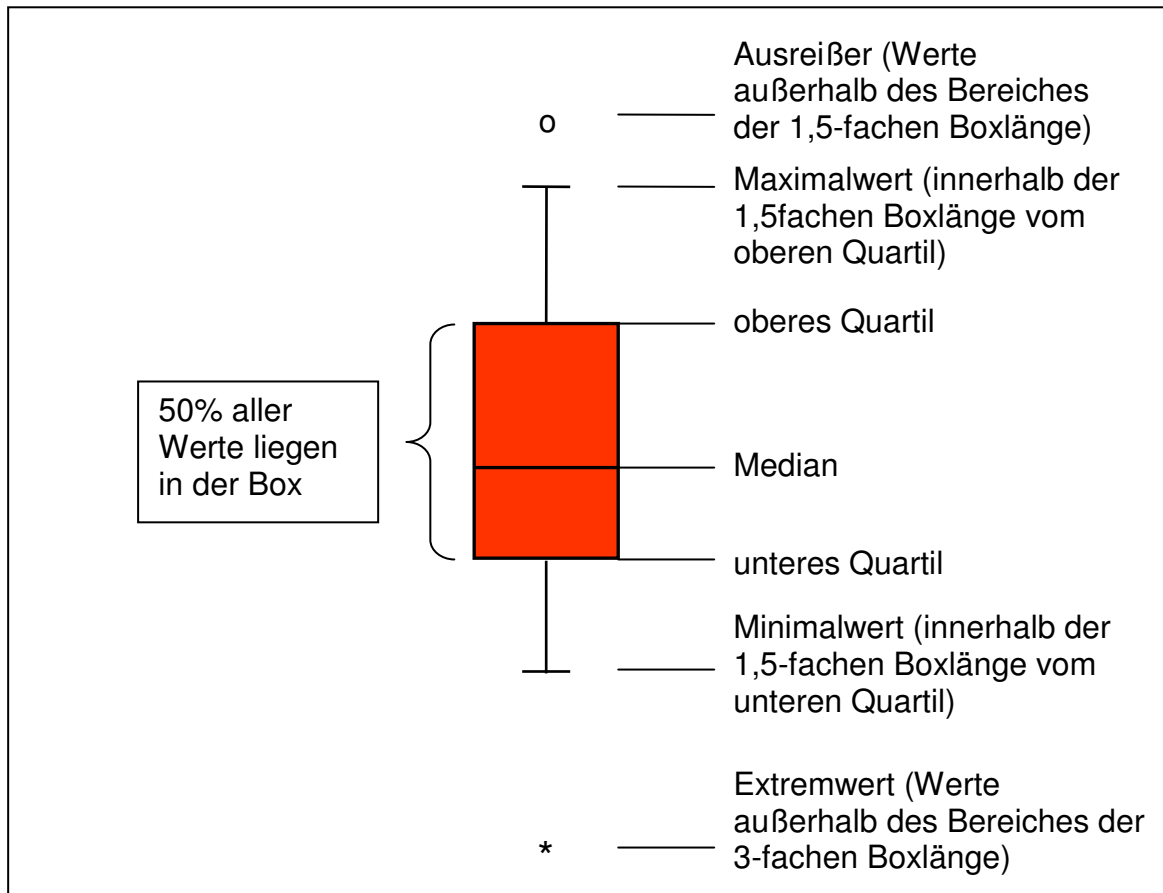


Abb. 12: Aufteilung eines Boxplots

Die Werte der Lebensqualität vor und nach der Therapie sind abhängige Variablen. Um festzustellen, ob sich die Lebensqualität mit statistischer Signifikanz verbessert, wurde der Wilcoxon-Test für abhängige Variablen durchgeführt. Die Signifikanz wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

4. Ergebnisse

4.1. Patientendaten

4.1.1. Demographie

Folgende Übersicht zeigt die demographischen Daten der gesamten Patientengruppe (Tab. 2).

Demographische Daten	Anzahl, männlich : weiblich
Patientenanzahl	129
Geschlecht (m : w)	83 : 46
	Anzahl der Patienten (%)
Kinder (0-16 J.)	75 (58,1)
Erwachsene	54 (41,9)
	MW (Min – Max)
Alter (Jahre)	21,5 (M 15,7) (0,7 – 80,8)
Größe (cm)	163,9 (90 – 198)
Gewicht (kg)	59,4 (5 – 110)
KOF (m ²)	1,6 (<0,01 - 2,4)
	Anzahl der Patienten (%)
Herzfehler	46 (35,7)
OP	40 (31)
Dokumentierte Tachykardie	77 (59,7)
Synkope	28 (21,7)

Tab. 2: Demographische Daten der gesamten Patientengruppe, MW – Mittelwert, M – Median, Min – Minimalwert, Max - Maximalwert

Die 129 untersuchten Patienten sind vorwiegend Kinder und junge Erwachsene (Abb. 13), sie lassen sich in zwei Altersgruppen einteilen: die Patientengruppe umfasst 75 Kinder im Alter bis zum vollendeten 16. Lebensjahr und 54 Erwachsene über dem 16. Lebensjahr bis zu einem Alter von 80,8 Jahren.

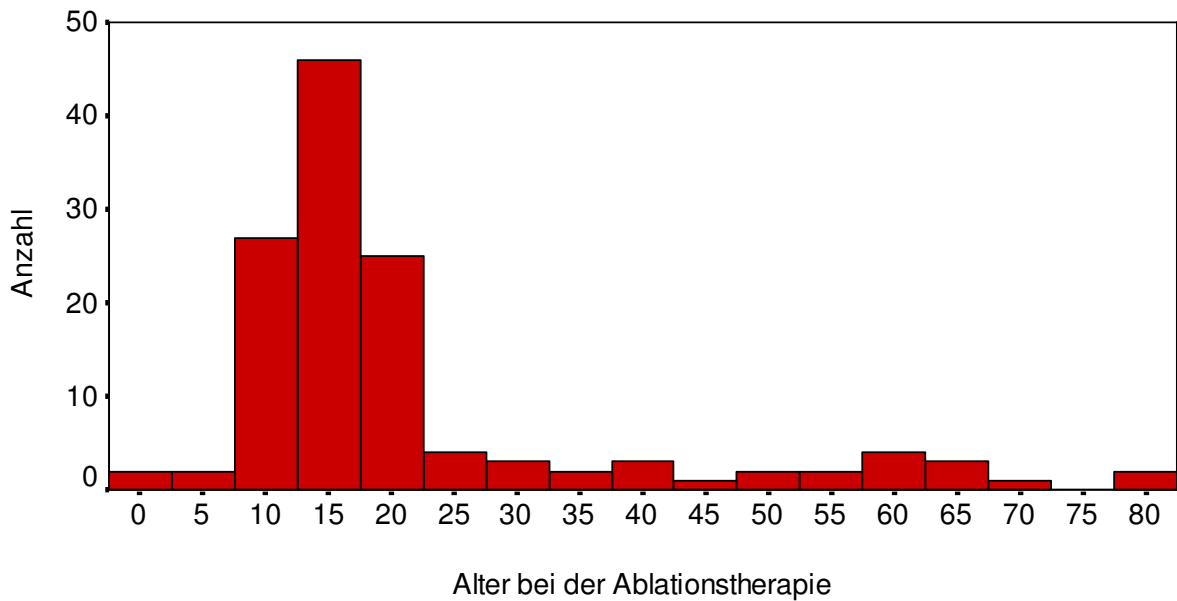


Abb. 13: Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt der Ablationstherapie

4.1.2. Herzfehler

46 Patienten der gesamten Patientengruppe (35,7%) weisen einen angeborenen oder erworbenen strukturellen Herzfehler auf. Von den Kindern haben 25,3% (n=19) einen Herzfehler, signifikant weniger als bei den Erwachsenen, bei denen 50% der Patienten einen Herzfehler aufweisen (n=27, p=0,004).

Zu den Herzfehlern zählen folgende Erkrankungen:

- Links-Rechts-Shunts (n=20)
 - o Vorhofseptumdefekte (ASD, n=4)
 - o Ventrikelseptumdefekte (VSD, n=3)
 - o Atrioventrikuläre Septumdefekte (AVSD, n=3)
 - o Persistierende Foramina ovale (PFO, n=10).
- Transposition der großen Gefäße (TGA, n=11)
- Kardiomyopathien (KMP, n=5)
- Fallot'sche Tetralogie (TOF, n=3)
- Koronare Herzerkrankungen (KHK, n=2)
- andere Erkrankungen (n=5)

Den größten Teil der Herzfehler nehmen Links-Rechts-Shunts und die Transposition der großen Gefäße ein (Summe 67,4%, Abb. 14).

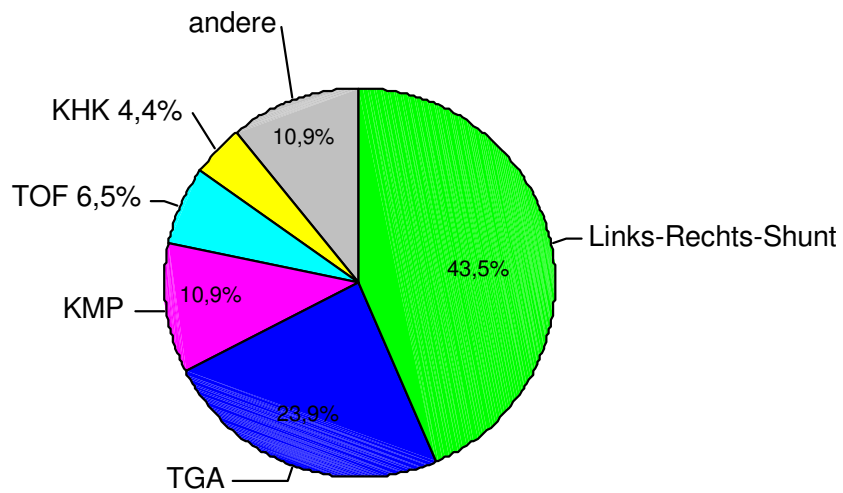


Abb. 14: Prozentuale Verteilung der Herzfehlergruppen

(TGA – Transposition der großen Arterien, KMP – Kardiomyopathie, TOF – Fallot’sche Tetralogie, KHK – Koronare Herzerkrankung)

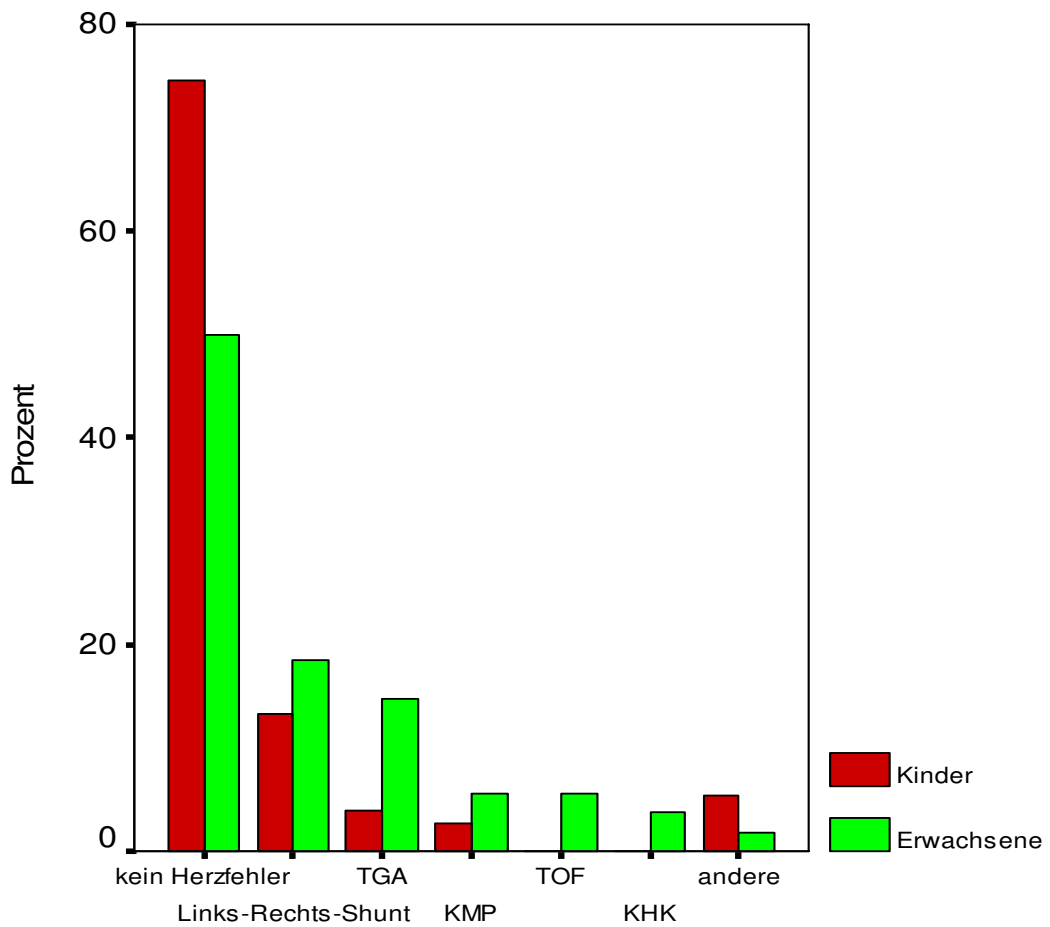


Abb. 15: Prozentuale Verteilung der Herzfehlergruppen bei Kindern und Erwachsenen

(Erklärungen siehe Abb. 14)

Komplexe Herzfehler wie die TGA oder Kardiomyopathien finden sich zu einem größeren Prozentsatz in der Erwachsenenengruppe als bei den Kindern (TGA: Erwachsene 14,8% vs. Kinder 4%; KMP: Erwachsene 5,6% vs. Kinder 2,7%). Die TOF sowie die koronare Herzerkrankung finden sich nur bei den Erwachsenen (Abb. 15, S. 45).

Zu der Gruppe „andere Herzfehler“ zählen vor allem Klappenerkrankungen wie Aortenklappenstenosen oder Mitralklappeninsuffizienzen. Diese Herzfehler treten überwiegend bei den Kindern auf (siehe Abb. 15, S. 45).

40 Patienten der gesamten Untersuchungsgruppe (31%) erhielten zuvor eine chirurgische Therapie oder andere invasive Interventionen am Herzen. Hierzu zählen folgende Eingriffe: a) operative oder interventionelle Verschlüsse von Links-Rechts-Shunts mittels Patch oder Schirmchen, b) komplexe Korrekturoperationen bei der Fallot'schen Tetralogie, c) die arterielle Switch-OP oder Vorhofumkehr nach Senning oder Mustard zur funktionellen Korrektur einer TGA, d) sowie Linksherzkatheterinterventionen bei Patienten mit KMP oder KHK. Von den Patienten mit einem Herzfehler erhielten 67,4% (n=31) eine Intervention, einige Patienten unterlagen keiner Therapie (Tab. 3).

Herzfehlergruppen	Anzahl der Operierten / Gesamtanzahl	% der jew. HF-Gruppe
L-R-Shunt	10 / 20	50%
TGA	11 / 11	100%
KMP	3 / 5	60%
TOF	3 / 3	100%
KHK	2 / 2	100%
Andere	2 / 5	40%

Tab. 3: Verteilung der Herzfehlergruppen, die eine kardiale Intervention / OP erhalten haben
(Erklärungen siehe Abb. 14)

4.2. Herzrhythmusstörungen

Bei 96,1% (n=124) der Patienten war anamnestisch eine tachykarde HRST bekannt. 2 der übrigen Patienten hatten ventrikuläre Extrasystolen, 3 Patienten ein WPW-Syndrom ohne bekannte Tachykardie. 59,7% der Tachykardien konnten zuvor dokumentiert werden. Bei 21,7% (n=28) aller Patienten führte eine Synkope oder Präsynkope zur Indikation der Ablation.

Der Verdacht auf eine tachykarde HRST wurde an Hand der Klinik und mit Hilfe von elektrokardiographischen Aufzeichnungen gestellt. Tabelle 4 zeigt die Zusammensetzung der präinterventionellen Diagnosen.

	Anzahl	%
SVT	59	45,7
WPW, SVT	20	15,5
WPW	3	2,3
IART	13	10,1
AET	5	3,9
AVNRT	5	3,9
PJRT	1	0,8
AFI	7	5,4
VT	14	10,9
VES	2	1,6
Gesamt	129	100,0

Tab. 4: Präinterventionelle Diagnosen mit Anzahl der Patienten und prozentuale Verteilung in der Gesamtpatientengruppe

(SVT – Supraventrikuläre Tachykardien, WPW – Wolff-Parkinson-White-Syndrom, IART – Intraatriale Reentrytachykardien, AET – Atrial ektope Tachykardien, AVNRT – AV-Knoten-Reentrytachykardien, PJRT – Permanent junktionale Reentrytachykardien, AFI – Vorhofflattern, VT – Ventrikuläre Tachykardien, VES – Ventrikuläre Extrasystolen)

Bei 59 Patienten (SVT, 45,7%) konnte die HRST nicht genau klassifiziert werden. Bei insgesamt 23 Patienten führte ein WPW-Syndrom zur Ablation. 20 dieser Patienten mit WPW-Syndrom hatten Tachykardien, während bei den übrigen 3 Patienten eine schnelle Überleitung oder eine Synkope eine Ablationstherapie indizierte. Bei 10,1% der Patienten war eine IART bekannt, bei 16 Patienten waren ventrikuläre HRST die Indikation zur Ablationstherapie.

Medikamentöse Therapie

65,1% (n=84) der Patienten erhielten vor der Ablationstherapie eine medikamentöse Therapie ihrer HRST, hierbei handelte es sich um folgende Antiarrhythmika (Tab. 5):

Ia	Chinidin, Ajmalin
Ib	Lidocain
Ic	Propafenon (Rytmonorm), Flecainid (Tambocor)
II	Beta-Blocker: Metoprolol, Atenolol (Tenormin), Esmolol
III	Sotalol, Amiodaron (Cordarex)
IV	Verapamil (Isoptin, Falicard)
	Digitalisglykoside: Digoxin, Digitoxin

Tab. 5: Auflistung der eingesetzten Antiarrhythmika mit Angabe ihrer Antiarrhythmika-Klasse

60,7% der medikamentös behandelten Patienten bekamen 1 Antiarrhythmikum. 9,5% der Patienten erhielten maximal 4 Antiarrhythmika gleichzeitig. Im Vergleich wurden bei älteren Patienten mehr Medikamente als bei den Kindern eingesetzt (Abb. 16). Bei den Kindern bekamen 29,5% mehr als ein Antiarrhythmikum, bei den Erwachsenen waren es 40%. Von der Gesamtpatientengruppe erhielten 9,3% der Patienten (n=12) eine Therapie mit Amiodaron.

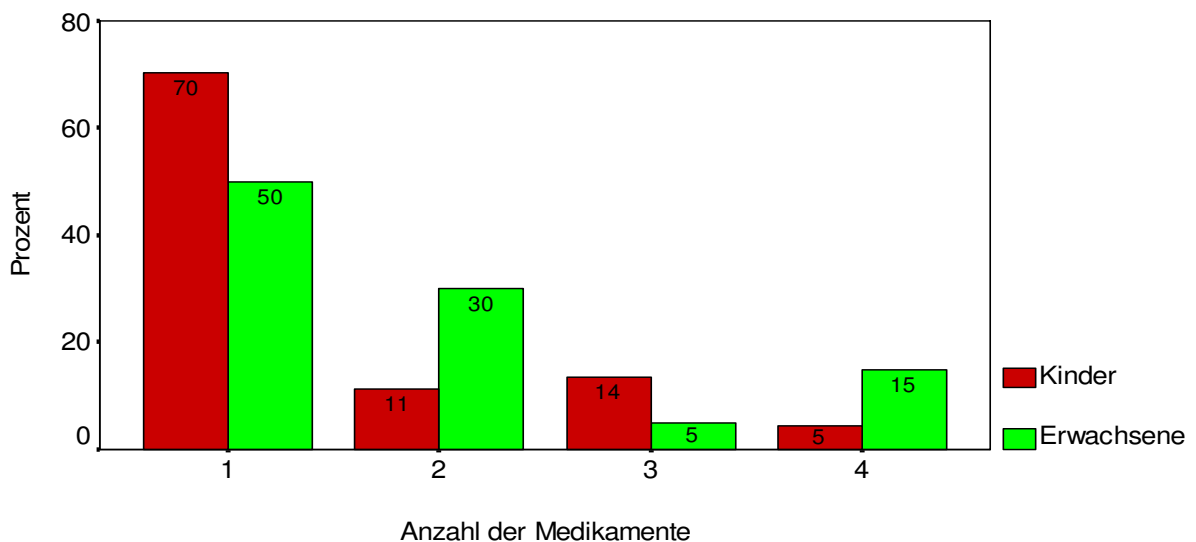


Abb. 16: Vergleich der Anzahl der Medikamente bei Kindern und Erwachsenen

In der Herzfehlergruppe erhielten 78,3% (n=36/46) eine medikamentöse Therapie, von diesen bekamen 22,2% Amiodaron.

4.3. Auswertung der Ablationstherapie

Insgesamt wurden 149 Ablationstherapien an 129 Patienten durchgeführt. Hierunter erhielten 112 Patienten im Rahmen der Studie 1 Ablationstherapie, 14 Patienten wurden zweimal und 3 Patienten dreimal ablatiert. Je nach Indikation und Art der Herzrhythmusstörung wurde entweder eine Hochfrequenzstromablation (RFA) oder eine Kryoablation (KRYO) durchgeführt. Bei einigen komplexen HRST wurden nacheinander beiden Therapieformen eingesetzt. Die Verteilung der Ablationsarten lag bei 127 RFA (85,2%), 15 KRYO (10,1%) und in 7 Fällen (4,7%) beide Therapiearten.

Im Folgenden werden die Daten der jeweils ersten Ablation (n=129) der Patienten ausgewertet.

4.3.1. Anästhesie

121 (93,8%) der Patienten wurden analgosediert. Die restlichen 8 Patienten, 6 davon waren Kinder, erhielten eine Vollnarkose.

4.3.2. Ablationsarten

Folgende Grafik gibt einen Überblick über die Verteilung der Ablationsarten in beiden Altersgruppen (Abb. 17).

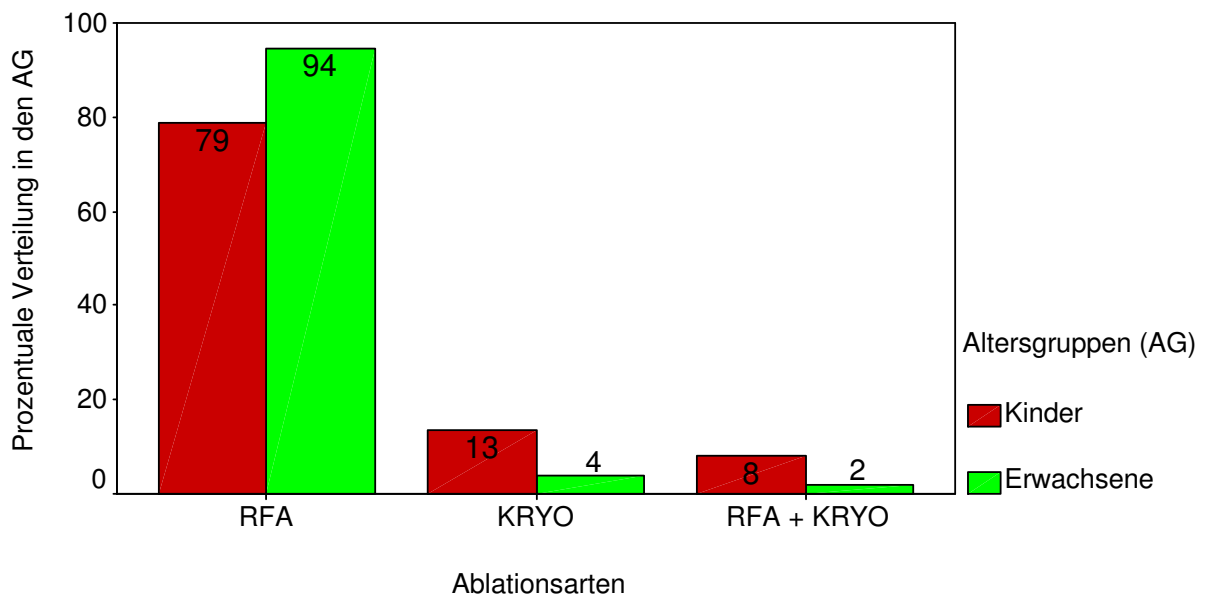


Abb. 17: Prozentuale Verteilung der Ablationsarten bei Kindern und Erwachsenen

Über 75% der Patienten in beiden Gruppen erhielten eine Hochfrequenzstromablation. Die Kryoablationen wurden überwiegend (83,3% aller Kryoablationen) bei den Kindern durchgeführt.

Für die Gruppe der Patienten mit Herzfehlern ergab sich ein sehr ähnliches prozentuales Verteilungsmuster wie für die Gruppe der Patienten ohne strukturellen Herzfehler (Abb. 18).

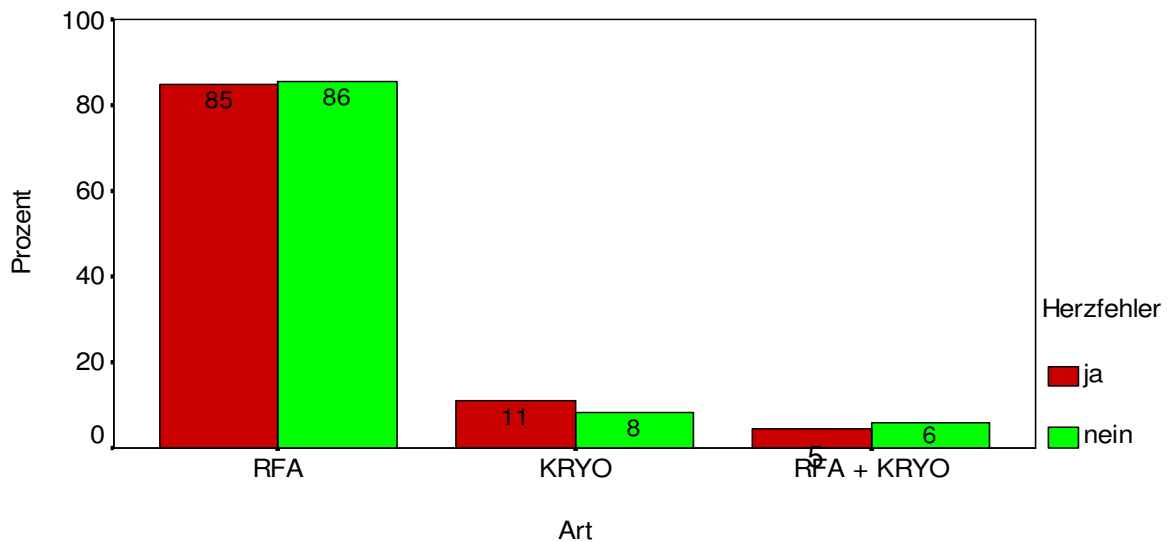


Abb. 18: Prozentuale Verteilung der Ablationsarten im Vergleich der Gruppen mit/ohne Herzfehler

4.3.3. Untersuchungsdaten

Folgende Tabelle (Tab. 6) gibt eine Übersicht über die durchschnittlichen Daten der Gesamtpatientengruppe für die Untersuchungsdauer, die Durchleuchtungszeit, die Anzahl der Punktionen, die kumulative French, die Anzahl der Testläsionen (RFA, < 9 sec) bzw. des Kryomappings sowie die Läsionen in der RFA (> 9 sec) oder KRYO.

Untersuchungsdaten	MW (Min – Max)
Untersuchungsdauer [min]	313,4 (110 – 720)
Durchleuchtungszeit [min]	33,1 (3,3 – 99,1)
Punktionen [Anzahl]	4,7 (1 – 7)
Kumulative French [French]	27,7 (6 – 41)
Testläsionen / Kryomapping [Anzahl]	0,5 (0 – 8)
Läsionen [Anzahl]	8,4 (1 – 37)

Tab. 6: Untersuchungsdaten der Patientengruppe mit Mittelwert, Minimal- und Maximalwert

Altersgruppen

Im Vergleich der beiden Altersgruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei den Daten der Untersuchungsdauer und der Durchleuchtungszeit (Abb. 19). Eine ausführliche Darstellung der einzelnen Daten findet sich in Tab. B im Anhang (Kap. 9).

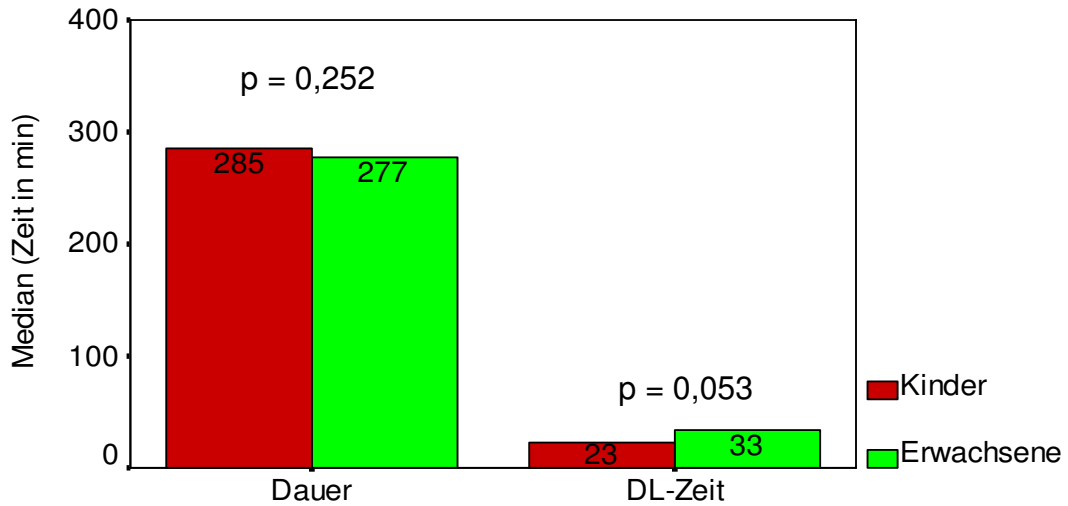


Abb. 19: Untersuchungsdauer (Dauer) und Durchleuchtungszeit (DL-Zeit) in beiden Altersgruppen

Auch bei der Anzahl der Punktionsstellen und den kumulativen French gab es in beiden Gruppen keinen Unterschied (Punktionsstellen: Kinder 5 ± 1 , vs. Erwachsene $5 \pm 1,3$; kumulative French: Kinder $29 \pm 5,8$ vs. Erwachsene $30 \pm 7,5$).

Es wurden bei den Erwachsenen mehr Läsionen gesetzt als bei den Kindern (Abb. 20). Die Anzahl der Testläsionen in beiden Altersgruppen unterschied sich nicht.

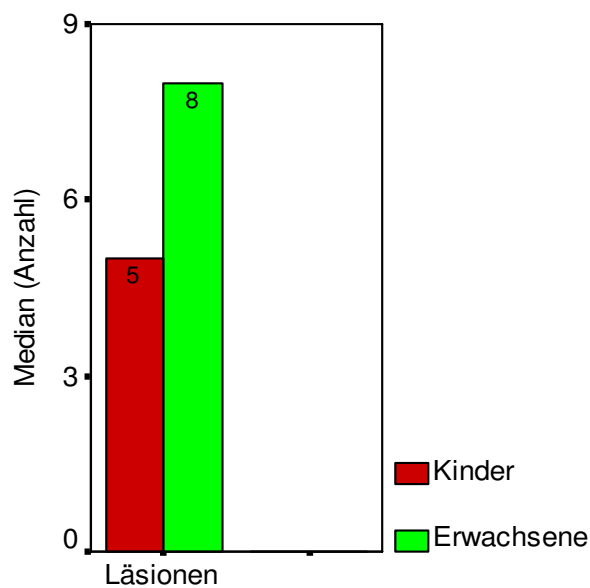


Abb. 20: Anzahl der Läsionen innerhalb der Altersgruppen

Herzfehler

Es wurden die Untersuchungsdaten innerhalb der Gruppen mit und ohne Herzfehler verglichen. Hierbei ergab sich eine signifikant längere Untersuchungsdauer bei den Patienten mit Herzfehlern gegenüber den Patienten ohne Herzfehler (Abb. 21), womit sich die Nullhypothese bestätigt. Eine ausführliche Darstellung der einzelnen Daten findet sich in der Tabelle C im Anhang (Kap. 9).

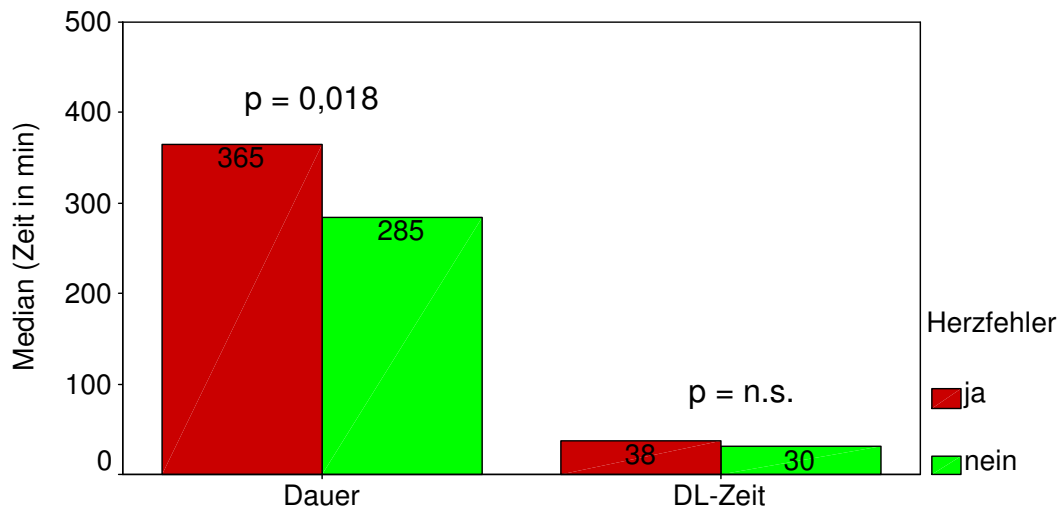


Abb. 21: Untersuchungsdauer (Dauer) und Durchleuchtungszeit (DL-Zeit) der Patienten mit und ohne Herzfehler

Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der Durchleuchtungszeit, der Anzahl der Punktionsstellen (mit $5 \pm 1,4$ vs. ohne 5 ± 1), den kumulativen French (mit $29 \pm 7,7$ vs. ohne $30 \pm 5,8$) sowie den Testläsionen (mit $0 + 1,1$ vs. ohne $0 + 1,4$) und Läsionen (mit $6,5 \pm \frac{7,9}{6,5}$ vs. ohne $5 \pm \frac{7,6}{5}$).

Ablationsarten

Die Untersuchungsdaten in den beiden Ablationsarten unterschieden sich signifikant in folgenden Bereichen: es fand sich bei der RFA eine längere Untersuchungsdauer, eine längere Durchleuchtungszeit sowie mehr abgegebene Läsionen als bei der Kryoablation. Die Kryoablation wurde nur bei bestimmten Rhythmusstörungen eingesetzt: AVNRT, AP, AET. Vergleicht man die Daten der Kryoablation mit den Daten der RFA bei den gleichen Rhythmusstörungen, so zeigten sich trotzdem signifikant längere Zeiten für die Untersuchungsdauer, die Durchleuchtungszeit (Abb. 22) sowie für die Läsionen (RFA $6 \pm \frac{8,6}{6}$ vs. KRYO $3 \pm \frac{3,2}{3}$). Dies widerlegt die angenommene Hypothese, dass die Zeiten bei der KRYO länger seien. Die ausführlichen Untersuchungsdaten beider Ablationsarten finden sich in der Tab. D im Anhang (Kap. 9).

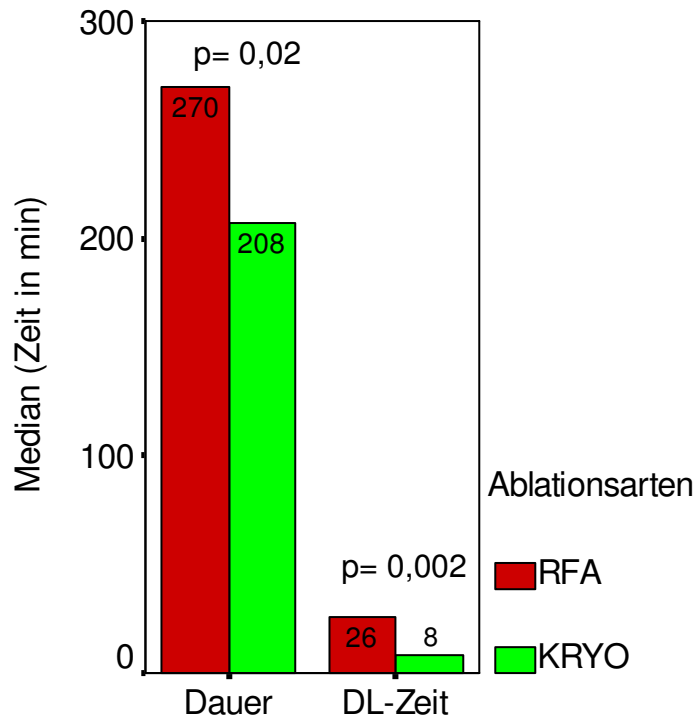


Abb. 22: Untersuchungsdauer (Dauer) und Durchleuchtungszeit (DL-Zeit) der Ablationsarten in den Diagnosen AVNRT, AP und AET

Safety

Bei 27,1% aller Patienten (n=35) wurde ein Safety appliziert. Bei diesen Patienten lagen folgende HRST vor: 22 AP, 3 AVNRT, 2 IART, 2 AET, 1 AFib und 5 VT.

Herzkatheter und transseptale Punktion

57 Patienten (44,2%) der Gesamtpatientengruppe erhielten während der Ablation eine Herzkatheteruntersuchung (HK) zur Darstellung der Anatomie des Herzens und der Herzfunktionsleistung. Davon hatten 59,1% einen Herzfehler. Die Patienten, bei denen ein Herzkatheter durchgeführt wurde, hatten eine signifikant längere Untersuchungsdauer (mit 300 min \pm 141,6 min vs. ohne 265 min \pm 109,4 min, $p < 0,05$), sowie längere Durchleuchtungszeiten (mit 34,5 min \pm 20,3 min vs. ohne 22,1 min \pm 21,7 min, $p < 0,05$). Bei 22,5% (n=29) wurde als linksventrikulärer Zugang eine transseptale Punktion (TSP) durchgeführt, bei 3 Patienten war das arrhythmogene Substrat im linken Vorhof oder im linken Ventrikel durch ein offenes Foramen ovale zu erreichen. Eine TSP wurde vorwiegend bei den Kindern (59,6% aller TSP) durchgeführt.

4.3.4. Mehrere Ablationen

17 Patienten erhielten nach ihrer ersten Ablation eine 2. Ablation, 3 dieser Patienten wurden einer 3. Ablationstherapie unterzogen.

Acht aller weiteren Ablationstherapien (2. oder 3. Ablation) wurden auf Grund der vorher nicht erfolgreichen Ablationen durchgeführt, in 7 Fällen musste eine erneute Ablation wegen eines Rezidivs durchgeführt werden, bei den restlichen 5 Therapien handelte es sich um eine neue Tachykardie, welche abladiert werden sollte.

Von diesen 17 Patienten waren 9 Kinder, das mittlere Alter lag bei 23,9 Jahren. Die Verteilung von Geschlecht, Körpergröße, Gewicht und Körperoberfläche unterschieden sich nicht wesentlich von der Gesamtpatientengruppe.

Zehn der Patienten mit mehreren Ablationen (58,8%) hatten einen Herzfehler (TGA=4, TOF=2, L-R-Shunts=2, KHK=1, andere HF=1), dies sind prozentual mehr Patienten mit Herzfehlern als in der gesamten Patientengruppe (35,7% von 129 Patienten).

Bei den weiteren Ablationstherapien zeigten sich im Vergleich zur ersten Ablation eine signifikant längere Untersuchungsdauer sowie weniger kumulative French (Abb. 23). Die übrigen Untersuchungsdaten zeigten keine wesentlichen Unterschiede zur Vergleichsgruppe.

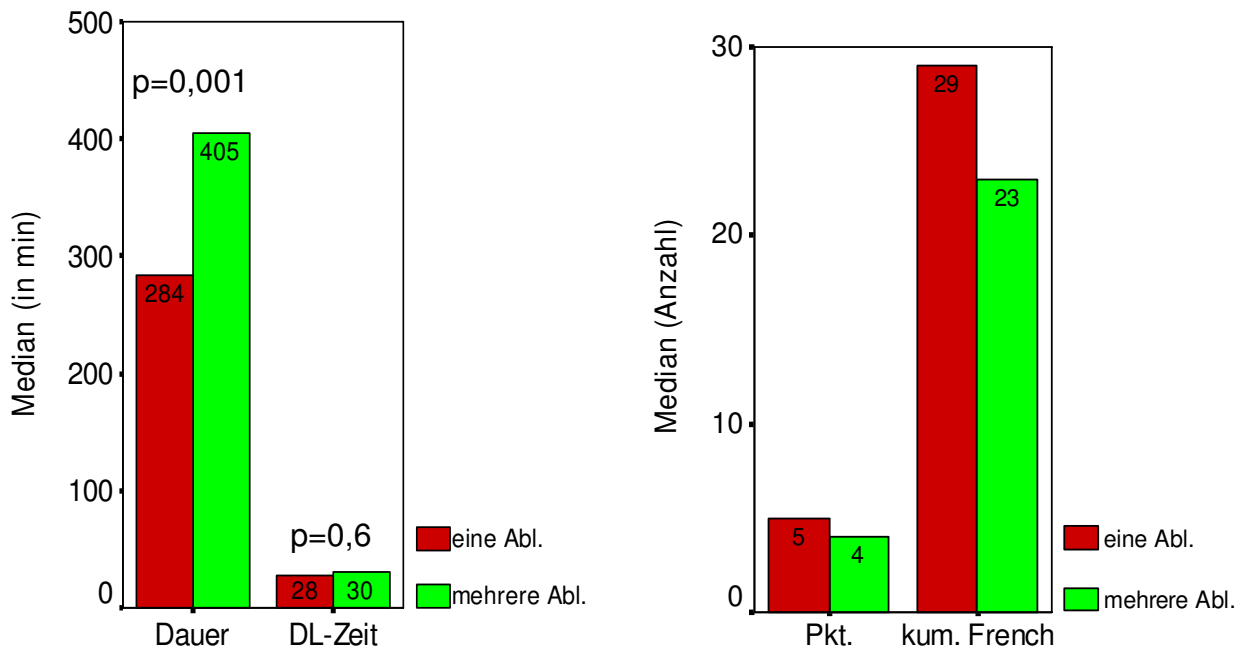


Abb. 23: Links: Untersuchungsdauer und DL-Zeit; Rechts: Anzahl der Punktionsstellen und der kumulativen French in den Gruppen mit einer oder mehreren Ablationen

4.3.5. Dreidimensionale Darstellungen

Seit August 2002 werden erstmals Ablationen schwieriger anatomischer HRST durch dreidimensionale Darstellungssysteme unterstützt: CARTO, CARTO-Merge oder das Localisa-System. Insgesamt wurden die 3D-Systeme in 37 Ablationen (24,8%) bei 27 Patienten eingesetzt (Tab. 7).

	Häufigkeit	Prozent aller Abl. (n=149)
CARTO	28	18,8
CARTO-Merge	1	0,7
Loca Lisa	8	5,4
Gesamt	37	24,8

Tab. 7: Häufigkeiten für die Verwendung von 3D-Systemen

Die 3D-Systeme CARTO und CARTO-Merge wurden vor allem bei den Herzfehlerpatienten mit komplexen IART eingesetzt. Das Localisa-System wurde überwiegend bei den AVNRT eingesetzt.

75,7% der Patienten, bei denen ein 3D-System eingesetzt wurde, hatten einen Herzfehler. Es handelte sich hierbei um Herzfehler wie Links-Rechts-Shunts (n=8), TGA (n=8) sowie TOF (n=2).

Die Untersuchungsdauer bei 3D-gestützten Ablationen war signifikant länger im Vergleich zu Ablationen ohne 3D-Systeme (3D 420 min ± 165,5 min vs. ohne 270 min ± 105,4 min, p<0,05), auch die Durchleuchtungszeit war verlängert (3D 37 min ± 23,5 min vs. ohne 26 min ± 19,8 min).

4.4. Elektrophysiologische Diagnostik

Den Hauptanteil der Patientengruppe stellten Patienten mit supraventrikulären Tachykardien dar (Tab. 8).

	Anzahl (n=129)	% aller Pt.
SVT	114	88,4
VT	15	11,6

Tab. 8: Verteilung der Diagnosegruppen aller Patienten
(SVT – Supraventrikuläre Tachykardien, VT – Ventrikuläre Arrhythmien)

Die Verteilung der einzelnen SVT zeigt Tabelle 9. Die beiden größten Gruppen, die akzessorischen Leitungsbahnen und die AV-Knoten-Reentrytachykardien, machten in Summe 65,9% aller Patienten aus.

	Einteilung der SVT (n=114)		
	Anzahl	% aller SVT	% aller Pt.
AP	49	43	38
AVNRT	36	31,6	27,9
IART	15	13,2	11,6
AET	7	6,1	5,4
AFI	6	5,3	4,7
AFib	1	0,9	0,8

Tab. 9: Einteilung der supraventrikulären Tachykardien (SVT)
(AP – Akzessorische Leitungsbahnen, AVNRT – AV-Knoten-Reentrytachykardien, IART – Intraatriale Reentrytachykardien, AET – Atrial ektope Tachykardien, AFI – Vorhofflattern, AFib - Vorhofflimmern)

Zu den ventrikulären Arrhythmien gehören die einfachen VT, die rechtsventrikulären Ausflusstrakttachykardien, die junktional ektope Tachykardien und die ventrikulären Extrasystolen (Tab. 10).

	Einteilung der VT (n=15)		
	Anzahl	% aller VT	% aller Pt.
einfache VT	6	40	4,7
RVOT-VT	6	40	4,7
VES	2	13,3	1,6
JET	1	6,7	0,8

Tab. 10: Einteilung der ventrikulären Arrhythmien (VT)

(Einfache VT – unspezifische ventrikuläre Tachykardien, RVOT-VT – Rechtsventrikuläre Ausflusstrakt-tachykardien, VES – Ventrikuläre Extrasystolen, JET – Junktional ektope Tachykardien)

Zu den akzessorischen Leitungsbahnen wiederum gehören a) das WPW-Syndrom, b) das Mahaim-Bündel, c) die permanent junktionalen Reentrytachykardien, sowie d) die unidirektionalen AP (Tab. 11):

	Einteilung der AP (n=49)	
	Anzahl	% aller AP
unidir. AP	26	53,1
WPW	19	38,8
PJRT	1	2
Mahaim	3	6,1

Tab. 11: Einteilung der akzessorischen Leitungsbahnen (AP)

(Unidir. AP – Unidirektionale Leitungsbahnen, WPW – Wolff-Parkinson-White-Syndrome, PJRT – Permanent junktionale Reentrytachykardien, Mahaim – Mahaim-Bündel)

Mit 53,1% traten in der Gruppe der Patienten mit akzessorischen Leitungsbahnen vorwiegend unidirektionale akzessorische Leitungsbahnen auf. Die zweitgrößte Gruppe wird durch die WPW-Syndrome mit 38,8% gebildet.

Eine graphische Veranschaulichung der Verteilung der Diagnosen findet sich in Abbildung 24. Die ventrikulären Arrhythmien sind unter VT zusammengefasst.

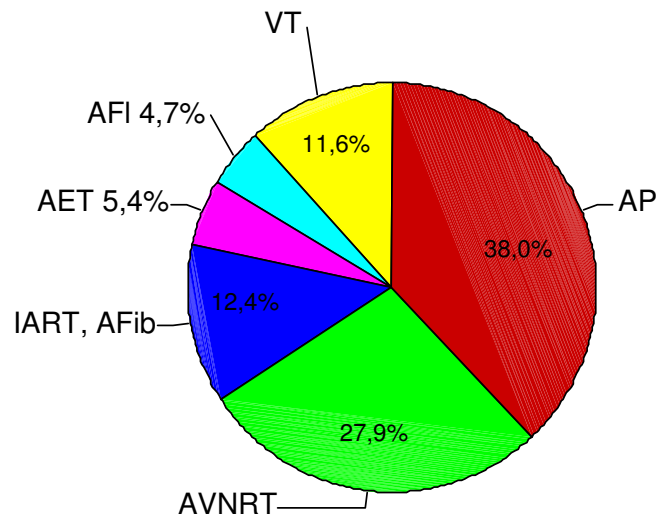


Abb. 24: Prozentuale Verteilung der Diagnosen

(Erklärungen siehe Tabellen 8 und 9)

Zusätzliche Rhythmusstörungen

Bei 32 Patienten konnten neben der zu abladiierenden Tachykardie zusätzliche HRST elektrophysiologisch diagnostiziert werden (Tab. 12). Abladiert wurde jedoch der arrhythmogene Fokus, welcher klinisch relevant war.

	zusätzliche HRST	
	Anzahl	%
IART	10	31,3
AET	6	18,8
AFib	5	15,6
AFI	4	12,5
VT, VES	4	12,5
AP	3	9,4

Tab. 12: Anzahl der Patienten mit mindestens einer 2. Diagnose neben ihrer Hauptdiagnose

(Erklärungen siehe Tabellen 9 und 10)

Überwiegend bei den intraatrialen Reentrytachykardien und den atrial ektope Tachykardien fanden sich mehr als eine kreisende Bahn bzw. mehr als ein ektope Fokus. Oftmals fand sich neben den Reentrytachykardien auch intermittierend ein Vorhofflattern oder Vorhofflimmern.

Synkopen

Patienten mit Synkopen oder Präsynkopen hatten zu 75% SVT (n=21) und zu 25% VT (n=7), dies sind signifikant mehr Patienten mit VT als bei den Patienten ohne Synkope (Synkope 25% vs. ohne Synkope 7,9%, p=0,02).

Herzfehler

Untersucht man die Verteilung der Herzfehler innerhalb der Diagnosegruppen, so hatten Patienten mit IART zu 93,8% einen Herzfehler (15/16 Patienten). Davon hatten neun Patienten eine TGA und vier Patienten einen Links-Rechts-Shunt. Die geringste Rate an Herzfehlern fand sich in der Gruppe der AVNRT (25%), in den übrigen Diagnosegruppen traten Herzfehler bei bis zu 33,3% der Patienten auf (Tab. 13).

Herzfehler		Diagnosegruppen					
		AP	AVNRT	IART, AFib	AET	AFI	VT
Ja	Anzahl	13	9	15	2	2	5
	%	26,5	25	93,8	28,6	33,3	33,3
Nein	Anzahl	36	27	1	5	4	10
	%	73,5	75	6,3	71,4	66,7	66,7
Gesamt	Anzahl	49	36	16	7	6	15

Tab. 13: Verteilung der Diagnosegruppen innerhalb der Gruppe mit und ohne Herzfehler
(Erklärungen siehe Tabellen 9 und 10)

Auswertung der weiteren Ablationen

Bei den Patienten mit mehreren Ablationen hatten 12 von 17 Patienten eine SVT, bei den restlichen 5 Patienten wurde eine VT therapiert. In den Diagnosegruppen fand sich folgende Verteilung: AP (n=6), IART (n=5), VT (n=5) sowie AET (n=1).

4.5. Erfolgsraten

4.5.1. Akuterfolg

Im Rahmen der jeweils ersten Ablation aller Patienten waren 110 Ablationen erfolgreich (Ersterfolg), was einer Akuterfolgsquote von **85,3%** entspricht. Berücksichtigt man, dass einige Patienten mehrere Ablationen erhalten haben und betrachtet man den Gesamterfolg für den Patienten über alle Ablationen, so ergibt sich eine Gesamterfolgsquote von **89,9%** (n=116/129). Diese Ergebnisse werden in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Erfolg		Ersterfolg	Gesamterfolg
Ja	Anzahl	110	116
	% von Abl	85,3	89,9
Nein	Anzahl	19	13
	% von Abl	14,7	10,1

Tab. 14: Darstellung von Ersterfolg und Gesamterfolg der Patientengruppe (Abl – Ablationen)

Von den 19 initial nicht erfolgreich therapierten Patienten hatten 6 einen epikardial oder parahissär gelegenen Fokus, welcher nicht abladiert werden konnte. Weitere Ablationen waren nicht erfolgreich, weil die klinische Tachykardie nicht oder nicht ausreichend ausgelöst werden konnte (n=3) oder weil auf Grund von technischen Problemen (n=1) bzw. wegen eingetretener Komplikationen (n=1) die Therapie vorzeitig abgebrochen werden musste. Die restlichen acht Patienten, die nicht erfolgreich abladiert werden konnten, hatten folgende Tachykardien: VT (n=3), IART (n=2), AVNRT (n=1), AET (n=1), Mahaim (n=1).

Bei 6 Patienten, in denen initial die Tachykardie nicht beseitigt werden konnte, wurde das arrhythmogene Substrat in einer 2. oder 3. Ablation erfolgreich abladiert. Bei 3 Patienten war auch eine nachfolgende Ablation nicht erfolgreich. 7 Patienten waren trotz akut nicht erfolgreicher Ablation im Verlauf klinisch gebessert, entweder durch nachträgliche Auswirkung auf das arrhythmogene Substrat (z.B. durch Narbenbildung) oder durch die Kontrolle ihrer HRST mit antiarrhythmischen Medikamenten.

Demographie

Die Erfolgsraten bei den Kindern und Erwachsenen unterschieden sich nicht signifikant (Kinder 85,3% vs. Erwachsene 85,2%, $p=1$) voneinander, was die Nullhypothese bestätigt. Bei den männlichen Patienten gab es eine nicht signifikant bessere Erfolgsrate (m 88% vs. w 80,4%, $p=0,302$).

Herzfehler

Im Vergleich der Gruppen mit bzw. ohne Herzfehler ergab sich eine nicht signifikant bessere Erfolgsrate bei den Patienten ohne Herzfehler (ohne 88% vs. mit 80,4%, $p=0,249$).

Betrachtet man den Erfolg in Bezug auf die einzelnen Herzfehlergruppen, so fällt auf, dass bei den komplexen Herzfehlern wie der TOF oder der TGA die Erfolgsraten wesentlich geringer sind als bei den übrigen Herzfehlerarten wie die KMP oder die KHK, hier waren alle Ablationen erfolgreich (Tab. 15). Dieses Ergebnis bestätigt die These, dass komplexe Herzfehler deutlich schlechtere Erfolgsraten haben.

Akuterfolg	Herzfehlergruppen (Anzahl)						
	kein HF	L-R-Shunt	TGA	KMP	TOF	KHK	andere
Ja (% von HF)	73 88	17 85	8 72,7	5 100	1 33,3	2 100	4 80
Nein (% von HF)	10 12	3 15	3 27,3	0 0	2 66,6	0 0	1 20
Gesamt	83	20	11	5	3	2	5

Tab. 15: Akuterfolgsraten in den Herzfehlergruppen; HF = Herzfehler

(L-R-Shunt – Links-Rechts-Shunt, die übrigen Erklärungen wie Abbildung 14, S. 45)

Analysiert man die Patienten, die zuvor operiert worden sind, so ergibt sich eine nicht signifikant geringere Erfolgsrate als bei den Patienten, die keine operative Intervention zuvor hatten (77,5% vs. 88,8%, $p=0,095$).

Erfolgsraten der Ablationsarten

Es ergaben sich unterschiedliche Erfolgsraten bei den verschiedenen Therapiearten (Tab. 16):

Akuterfolg	Art der Therapie (Anzahl)			Gesamt
	RFA	KRYO	RFA + KRYO	
Ja	94	12	4	110
(% von Art)	85,5	100	57,1	85,3
Nein	16	0	3	19
(% von Art)	14,5	0	42,9	14,7
Gesamt	110	12	7	129

Tab. 16: Akuterfolgsraten in den unterschiedlichen Ablationsarten

Die Kryoablation hatte die höchste Erfolgsquote mit 100%, die Anwendung beider Therapiearten mit 57,1% die geringste Erfolgsquote.

Betrachtet man die Bereiche, in denen die Kryoablation eingesetzt wurde, so sind dies Patienten mit AVNRT (n=8), AP (n=6) oder AET (n=1). Vergleicht man die Erfolgsrate der RFA in diesen Diagnosegruppen mit der Erfolgsrate der KRYO, so ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Ablationsarten (p= 0,269, siehe Tab. 17). Die angenommene Hypothese konnte nicht mit statistischer Signifikanz bestätigt werden.

Akuterfolg	Art der Therapie bei AVNRT, AP, AET	
	RFA	KRYO
Ja	67	12
(% von Art)	90,5	100
Nein	7	0
(% von Art)	9,5	0
Gesamt	74	12

Tab. 17: Akuterfolgsraten bei Patienten mit AVNRT, AP oder AET in der RFA sowie in der Kryoablation

Untersuchungsdaten

Bei der Betrachtung der Untersuchungsdaten in der Gruppe ohne Akuterfolg waren die Untersuchungsdauer sowie die Durchleuchtungszeit signifikant länger als bei den erfolgreichen Ablationen (Abb. 25), es wurden mehr Ablationen abgegeben (Erfolg $5 \pm 7,6$ vs. kein Erfolg $12 \pm 7,1$, $p=0,001$).

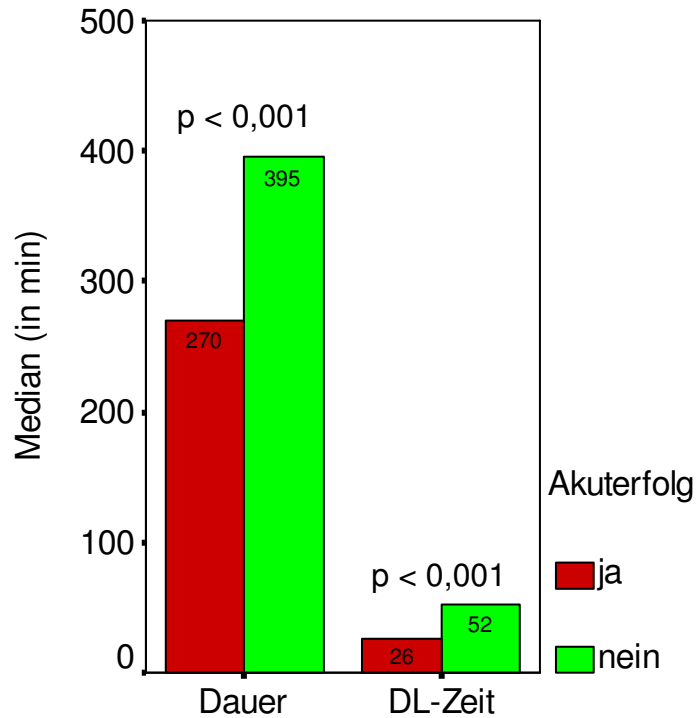


Abb. 25: Untersuchungsdauer (Dauer) und Durchleuchtungszeit (DL-Zeit) in den Gruppen mit und ohne Akuterfolg

Wartezeit

Bei 88 Patienten (59,1%) wurde eine Wartezeit dokumentiert. Hier wurde im Durchschnitt nach dem Akuterfolg 40,6 Minuten ($30 \pm 18,3$ min) gewartet. Bei 43 Patienten (28,9%) wurde zusätzlich mittels Alupent die Auslösung einer Tachykardie provoziert.

Diagnosen

In der Gruppe der Patienten mit SVT war die Akuterfolgsrate signifikant höher als in der Patientengruppe mit ventrikulären HRST (SVT 88,6% vs. VT 60%, $p=0,01$). Bei der Auswertung des Akuterfolges innerhalb der verschiedenen Diagnosegruppen ergaben sich Erfolgsraten von 60 – 97,2% (Tab. 18).

Akuterfolg	Diagnosegruppen (Anzahl)					
	AP	AVNRT	IART, AFib	AET	AFI	VT
Ja (% von Dx)	43 87,8	35 97,2	12 75	6 85,7	5 83,3	9 60
Nein (% von Dx)	6 12,2	1 2,8	4 25	1 14,3	1 16,7	6 40
Gesamt	49	36	16	7	6	15

Tab. 18: Verteilung der Akuterfolgsraten in den Diagnosegruppen (Dx)

(Erklärungen siehe Tab 9 und 10, S. 56 und 57)

Die höchste Erfolgsrate fand sich innerhalb der Gruppe der AV-Knoten-Reentrytachykardien mit 97,2%, der geringste Erfolg fand sich bei den ventrikulären Arrhythmien (60%).

Wertet man nur die Patienten ohne Herzfehler aus, so ergeben sich Erfolgsraten von 100% für die Gruppen der AET sowie der AFI, die übrigen Gruppen veränderten sich nicht wesentlich.

Betrachtet man alle Ablationen der Patienten und analysiert den Gesamterfolg für die einzelnen Diagnosen, so ergeben sich bessere Erfolgsraten für die AP (auf 93,9%), die IART (auf 87,5%) sowie für die VT (auf 66,7%) (Tab.19).

Gesamterfolg	Diagnosegruppen (Anzahl)					
	AP	AVNRT	IART, AFib	AET	AFI	VT
ja (% von Dx)	46 93,9	35 97,2	14 87,5	6 85,7	5 83,3	10 66,7
nein (% von Dx)	3 6,1	1 2,8	2 12,5	1 14,3	1 16,7	5 33,3
Gesamt	49	36	16	7	6	15

Tab. 19: Verteilung der Gesamterfolgsraten in den Diagnosegruppen (Dx)

(Erklärungen siehe Tab 9 und 10, S. 56 und 57)

4.5.2. Langzeiterfolg

Der Zeitrahmen dieser Studie endete im Juni 2005. In dieser Zeit wurden die Verlaufsdaten möglichst aller Patienten erhoben. Insgesamt konnten 100 Patienten nachbeobachtet werden. Die übrigen Patienten sind in unserer Klinik nicht weiter nachbetreut worden. Der Beobachtungszeitraum betrug im Durchschnitt 1,6 Jahre (Median 1,4 Jahre \pm 1,1 Jahre), 15 Patienten konnten mehr als 3 Jahre nachbeobachtet werden.

Die nachbetreuten Patienten umfassten 77 Kinder und Jugendliche, sowie 23 Erwachsene, welche ausschließlich einen Herzfehler hatten und somit weiter in unserer Klinik betreut wurden. Es wurden in der nachbeobachteten Gruppe 81 Patienten mit RFA, 14 Patienten mit KRYO und 5 Patienten mit beiden Ablationsarten therapiert. Die Erfolgsrate innerhalb dieser gesamten Gruppe betrug 88%.

Im Folgenden werden die 100 nachbeobachteten Patienten bezüglich der Rezidivraten und der medikamentösen Therapie ausgewertet.

Rezidivraten

Bei 6 Patienten trat nach der Ablationstherapie ein Rezidiv ihrer tachykarden HRST auf, dies entspricht einer Rezidivrate von 6%. Es handelte sich hierbei um folgende HRST: 2 AVNRT, 2 AP, 1 AET und eine IART. Bei 4 Patienten trat eine neue Tachykardie auf. In den beiden Ablationsarten fanden sich vergleichbare Rezidivraten: RFA 5 / 81 Patienten (6,2%) vs. KRYO 1 / 14 Patienten (7,1%).

Die Wartezeit nach der Ablationstherapie und die Abgabe eines Safety hatten keinen Einfluss auf die Rezidivrate.

Medikamente

Von den 63 Patienten, die vor der Ablation antiarrhythmische Medikamente erhalten hatten, waren 42 ohne weitere Medikation beschwerdefrei, bei 11 Patienten konnte die Anzahl der antiarrhythmischen Medikamente gesenkt werden. Auch die Anzahl der Patienten, die Amiodaron bekamen, sank von 10 auf 4 Patienten.

4.6. Komplikationen

Bei sechs Ablationstherapien kam es durch den elektrophysiologischen Eingriff zu leichten oder schweren Komplikationen (4% von 149 Ablationen). Die Komplikationen traten alle im Rahmen der RFA auf, es gab keine Komplikationen bei der Kryoablation. Hiermit wird die Nullhypothese bestätigt. Die Patientengruppe unterschied sich bezüglich des Alters, des Vorkommens eines Herzfehlers, sowie der Ablationsdaten statistisch nicht von der Gesamtpatientengruppe. Es konnte kein Zusammenhang mit der Anzahl der Punktionstellen, den kumulativen French, der Durchführung einer TSP oder eines Herzkatheters hergestellt werden.

Interventionsbedingte leichte Komplikationen

In 2% (n=3) kam es zu reversiblen Störungen, die durch die eigentliche Ablationstherapie oder elektrophysiologische Untersuchung ausgelöst wurden (Tab. 20), wie ein transfusionsbedürftiges Hämatom, ein nicht interventionsbedürftiger Pneumothorax und ein inkompletter Linksschenkelblock (LSB). Alle diese leichteren Schädigungen waren bei Entlassung oder spätestens einige Wochen nach Entlassung wieder vollständig kuriert.

leichte Komplikationen	Anzahl	schwere Komplikationen	Anzahl
Pneumothorax	1	Thromboembolie	1
Hämatom	1	Rhythmog. Schädigungen	2
LSB	1		

Tab. 20: Verteilung der periprozeduralen Komplikationen (LSB - Linksschenkelblock)

Interventionsbedingte schwere Komplikationen

Insgesamt kam es bei 3 Patienten (2%) zu schweren Komplikationen, die durch die Intervention ausgelöst wurden (Tab. 20). Es handelte sich zum einen um die Ablation des Sinusknoten bei einem Patienten mit bekanntem Sick-Sinus-Syndrom und IART. Bei einem weiteren Patienten mit vorbestehendem AV-Block 3. Grades und um den Isthmus kreisender IART wurde der ektope Ersatzrhythmus abladiert. Beide Patienten erhielten nach der Ablationstherapie einen Schrittmacher zur Rhythmuskontrolle.

Bei einem weiteren Patienten mit genetisch bedingter Gerinnungsstörung kam es trotz Heparinisierung zu einer Thromboembolie in den Koronarien, welche erfolgreich lysiert werden konnte. Unabhängig von dem elektrophysiologischen Eingriff dekompenzierte ein Patient kardial auf Grund seiner langanhaltenden VT während der EPU. Der Patient wurde kardial stabilisiert und die Ablationstherapie konnte erfolgreich beendet werden.

Nicht untersuchungsbedingte Komplikationen

Bei drei Patienten kam es zu Komplikationen, die nicht durch die eigentliche elektrophysiologische Untersuchung oder die Ablationstherapie verursacht wurden. Bei zwei Patienten kam es durch die Lagerung bedingt zu passageren neurologischen Schäden wie einer Plexusparese und einer Hypästhesie. Ein Patient erlitt eine Keratitis. Alle diese Komplikationen heilten im stationären Verlauf folgenlos aus.

Drei Patienten sind im Verlauf dieser Studie verstorben, jedoch nicht an Folgen der Ablation. Der erste Patient, eine 83 Jahre alte Dame, verstarb an den Folgen ihrer KHK. Zwei Patienten mit HRST bei Transposition der großen Arterien nach Senning-OP verstarben einige Monate nach der Ablationstherapie an progredientem Rechtsherzversagen (Systemventrikel), unabhängig von der abladierten Arrhythmie.

4.7. Auswertung der Lebensqualität

Es wurden Fragebögen an alle 129 Patienten versendet, davon wurden insgesamt 60 Fragebögen zurückgesendet, was einer Rücklaufquote von 46,5% entspricht. Hierunter waren 28 der versendeten 52 KINDL^R-Fragebögen (53,9%) und 32 der versendeten 77 SF-36-Fragebögen (41,6%).

Für alle Bereiche der QoL wurden die Punkte aus den Fragekomplexen mit Hilfe eines Auswertungsprogrammes erhoben und der normierte Summenscore berechnet. Alle Lebensqualitätsbereiche werden im Folgenden in Form von Boxplots veranschaulicht. Zusätzliche statistische Darstellungen der absoluten Lebensqualitätsveränderung als Differenz der QoL-Punkte finden sich im Anhang dieser Arbeit (Abb. C-H).

Mit dem Wilcoxon-Test wurde die Lebensqualitätsverbesserung auf Signifikanz überprüft. Als signifikant gewertet wurde ein $p < 0,05$. Die Signifikanzen werden in den jeweiligen Boxplot-Diagrammen angegeben.

4.7.1. Auswertung des KINDL^R-Fragebogens

Es konnten alle 28 KINDL^R-Fragebögen ausgewertet werden. 5 dieser Kinder (20%) hatten einen Herzfehler. Die Erfolgsquote der Patienten aller ausgewerteten KINDL^R-Fragebögen lag bei 96%.

Wenn man den Gesamtscore der Lebensqualität vor und nach der Ablation vergleicht, erkennt man eine signifikante Verbesserung der QoL nach der Ablationstherapie in dem Anstieg des Medians von 70 auf 77 Punkte (Abb. 26).

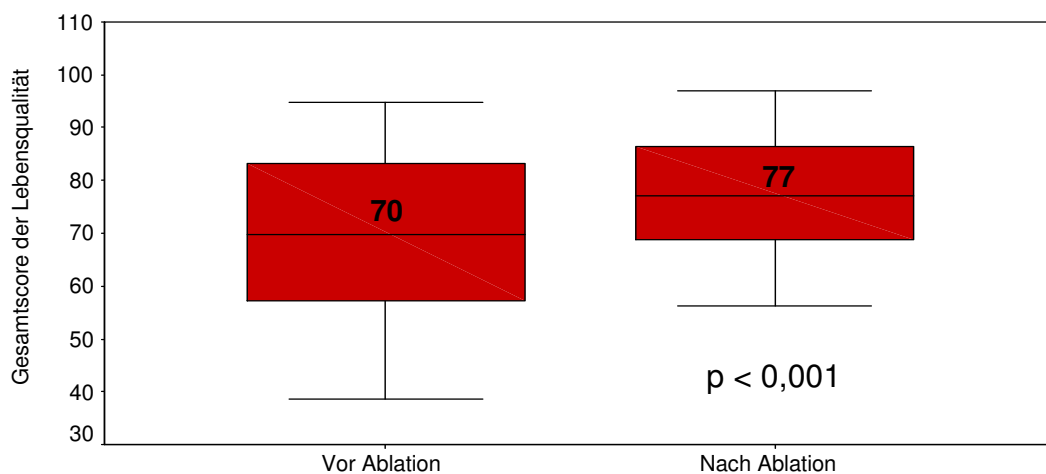


Abb. 26: Lebensqualität vor und nach der Ablation

(Darstellung des Median, oberes und unteres Quartil und die Minimal- und Maximalwerte)

Eine signifikante Verbesserung zeigte sich ebenfalls in den Bereichen körperliches und seelisches Wohlbefinden sowie im Selbstwertgefühl, wobei die Verbesserung am deutlichsten im Bereich des körperlichen Wohlbefindens zu sehen ist (Abb. 27). Die Mediane der absoluten Differenzen der Punkte betragen 15,6 für das körperliche Wohlbefinden sowie jeweils 6,3 für das psychische Wohlbefinden und das Selbstwertgefühl (Vergleich Abb. D im Anhang, Kapitel 9).

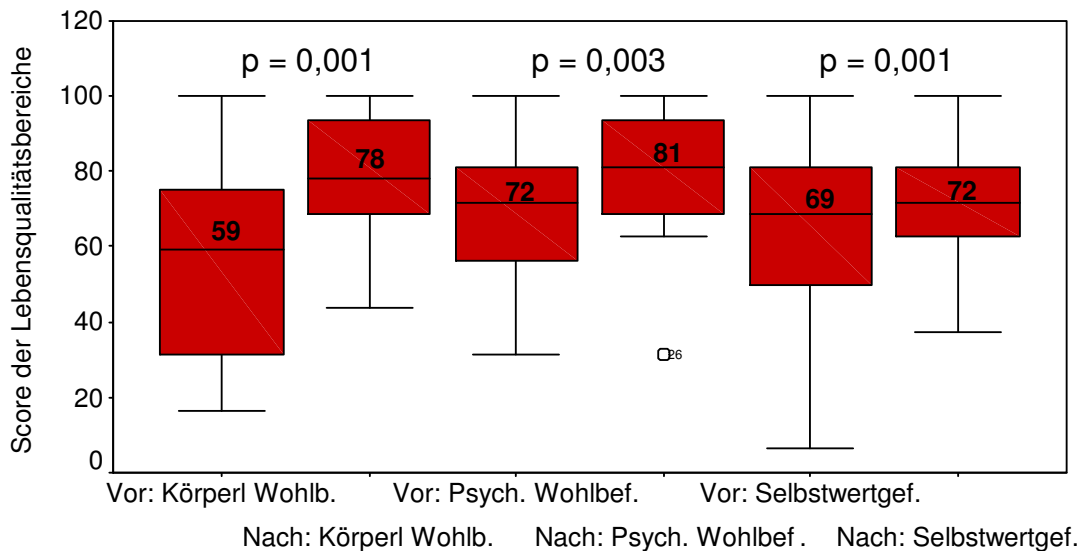


Abb. 27: Lebensqualität in den Bereichen körperliches Wohlbefinden, psychisches Wohlbefinden und Selbstwertgefühl vor und nach der Ablationstherapie
(Darstellung wie Abb. 26 sowie ein Ausreißer (o))

Betrachtet man die Bereiche Familie, Freunde und Schule, findet sich hier keine signifikante Verbesserung der QoL im Vergleich zu vor der Ablationstherapie (Abb. 28).

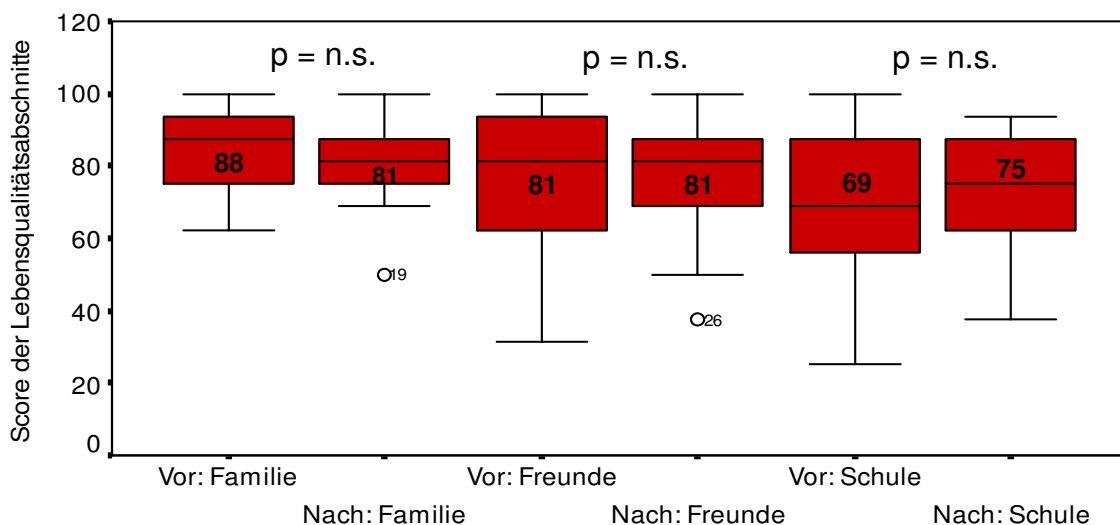


Abb. 28: QoL in den Bereichen Familie, Freunde und Schule vor und nach Ablation
(Darstellung des Median, der Box mit dem oberen und unteren Quartil, die Ausläufer sowie Ausreißer (o))

4.7.2. Auswertung des SF-36-Fragebogens

Es konnten alle 32 Fragebögen ausgewertet werden. 9 der 25 bekannten Patienten hatten einen Herzfehler (Shunts n=4, TGA n=3, KHK n=2). Die Erfolgsquote der bekannten Patienten betrug 84%.

In der Auswertung des SF-36-Fragebogens zeigte sich eine ähnlich signifikante Verbesserung der Lebensqualität im Vergleich zu der Auswertung des KINDL^R-Fragebogens.

Der Median der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung verbesserte sich signifikant von 42 auf 62 Punkte (Abb. 29).

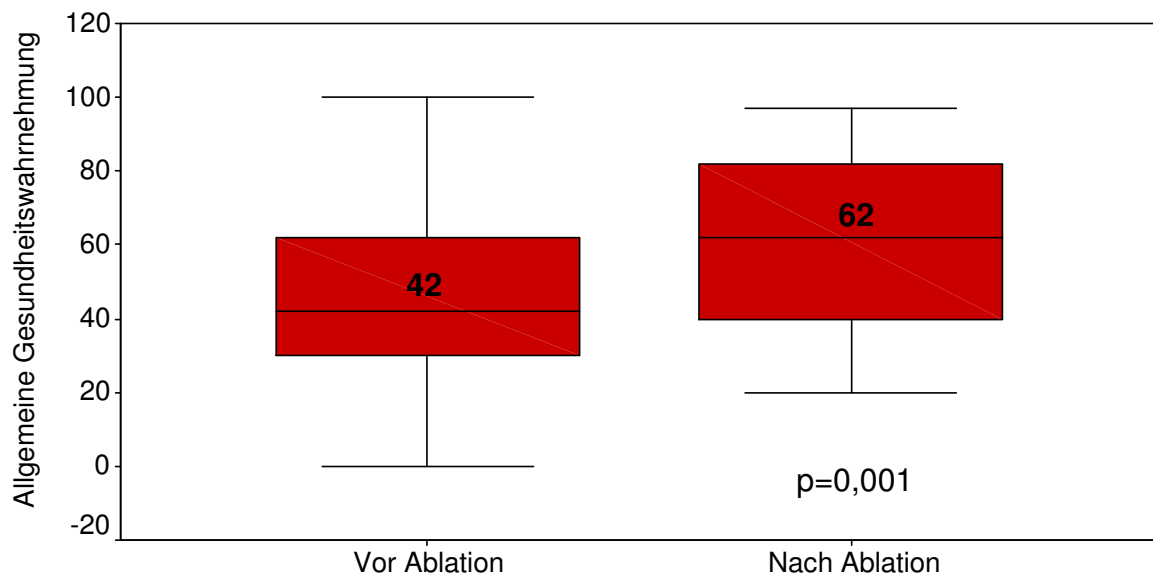


Abb. 29: Darstellung der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung vor und nach der Ablationstherapie

(Darstellung wie in Abbildung 26 erklärt)

Ebenfalls eine deutlich signifikante Verbesserung zeigte sich in den Bereichen der körperlichen Funktionsfähigkeit, der körperlichen Rollenfunktion sowie der körperlichen Schmerzen (Abb. 30).

Auch in den Bereichen Vitalität, emotionale Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden kam es zu einer signifikanten Verbesserung der QoL nach der Ablationstherapie. Nur im Bereich der sozialen Funktionsfähigkeit gab es eine nicht signifikante Verbesserung von 87,5 auf 100 Punkte (Abb. 31).

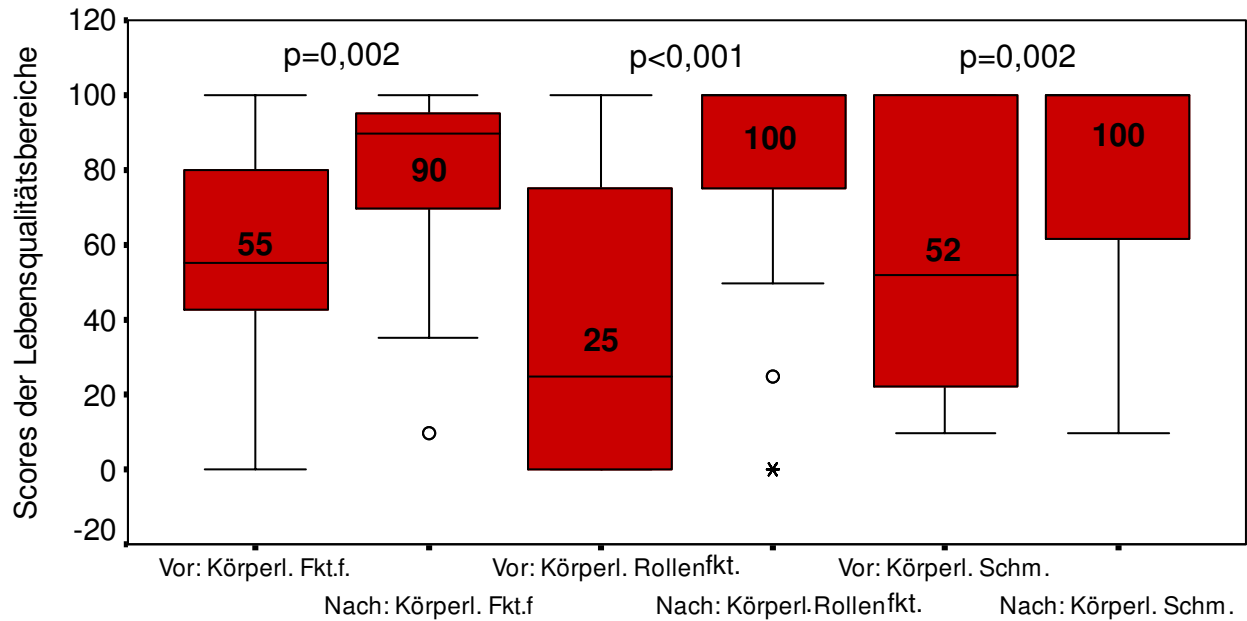


Abb. 30: Lebensqualität in den Bereichen körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Rollenfunktion sowie körperliche Schmerzen vor und nach der Ablation

(Fkt.f. – Funktionsfähigkeit, Rollenfkt. – Rollenfunktion, Schm. – Schmerzen)

Darstellung von Median, Box mit dem oberen und unteren Quartil, Ausläufern sowie Ausreißer (o) und Extremwerte (*)

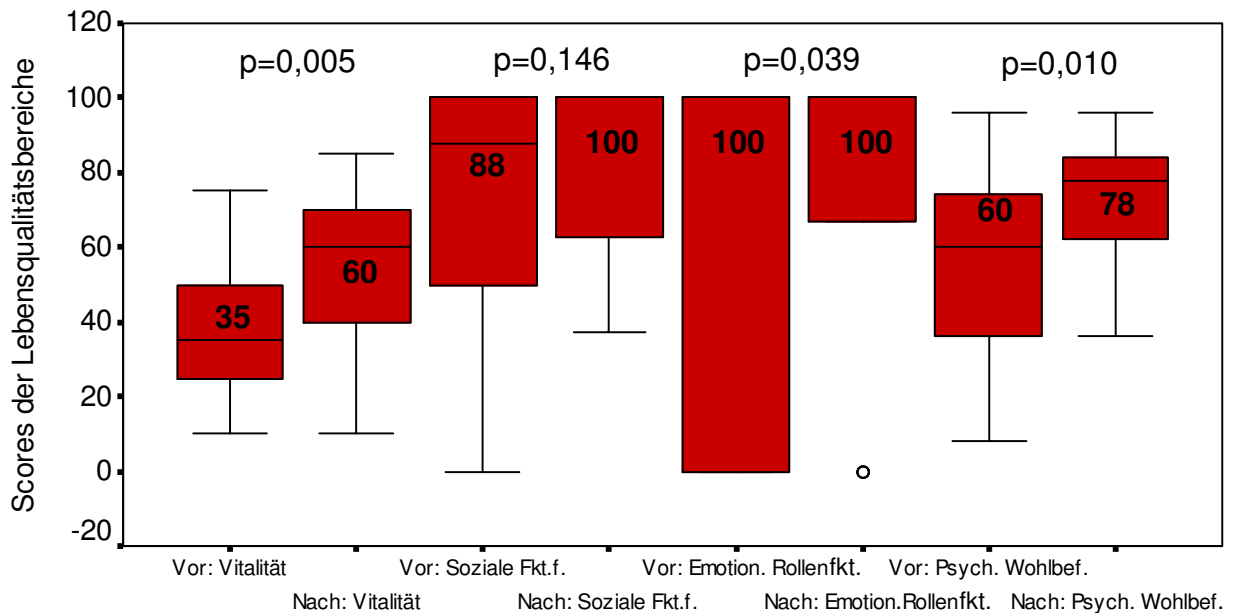


Abb. 31: Lebensqualität in den Bereichen Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion sowie psychisches Wohlbefinden vor und nach der Ablation

(Darstellung wie in Abbildung 30 erklärt)

5. Diskussion

Antiarrhythmische Medikamente waren lange Zeit die einzige Möglichkeit, tachykarde Herzrhythmusstörungen zu therapieren. Sie ermöglichten eine Reduktion der Symptome und zum Teil auch das vollständige Verschwinden der Tachykardie, stellten jedoch keine kausale Therapie dar. Neben dem breiten Spektrum von Nebenwirkungen wie Proarrhythmie, negative Inotropie, Herz-Kreislauf-Störungen, intestinale und ophthalmologische Störungen, war ein weiterer Nachteil die oft lebenslange Therapie. Als Alternative zur medikamentösen Therapie wird seit 1990 die Hochfrequenzstromablation erfolgreich in der Therapie tachykarder HRST eingesetzt.

Seit 2001 wird die Ablationstherapie auch an der Charité Berlin in der Klinik für Pädiatrie mit Schwerpunkt Kardiologie durchgeführt.

Ziel dieser Arbeit war es, diese Untersuchungsdaten auszuwerten und mit den vorliegenden Daten aktueller Studien zu vergleichen und zu diskutieren. Als besonderes Bewertungskriterium wurde die Lebensqualität vor und nach der Ablationstherapie herangezogen.

In dieser Studie wurden 129 Patienten untersucht, die an der Charité Berlin auf Grund ihrer tachykarden HRST eine Hochfrequenzstrom- oder Kryoablation in dem Zeitraum von Juli 2001 bis Juni 2005 erhalten haben. Im Vergleich zu aktuellen Studien umfasste diese Arbeit ein Patientengut mit breitem Alterspektrum (8 Monate bis 80 Jahre). Der Großteil der Patienten war im Kindes- und Jugendalter. Betrachtet man die Vielzahl der Veröffentlichungen zur Ablationstherapie, so werden entweder Erwachsene oder Kinder untersucht, es gibt bisher kaum Studien, die die Daten zweier Altersgruppen direkt miteinander vergleichen. In der Literatur finden sich neben großen Studien, die durch die Auswertung von Daten mehrerer Kliniken (so genannte multizentrische Studien) Patientenzahlen über 1000 erhalten [23, 36], auch eine Reihe von Studien, die, wie diese Arbeit, die Daten von 50 – 350 Patienten einer Klinik auswerten [67, 68, 107].

Neben dem breiten Alterspektrum weicht diese Arbeit auch durch den hohen Anteil an Patienten mit Herzfehlern von dem Großteil aktueller Studien ab. 35,7 % der in dieser Studie untersuchten Patienten hatten einen strukturellen Herzfehler. In den meisten

Studien werden Herzfehlerpatienten entweder ausgeschlossen oder bei der Auswertung nicht berücksichtigt [57, 67, 107]. In einer großen amerikanischen multizentrischen Studie lag die Anzahl der Herzfehlerpatienten bei 11% [23]. In einer vergleichbaren deutschen Studie von Zrenner et al. [108] wurde ein Anteil von 25% Herzfehlerpatienten untersucht.

Der im Vergleich sehr große Teil an Patienten mit einem strukturellen Herzfehler in der hier vorliegenden Arbeit erklärt sich vermutlich durch das weitreichende Einzugsgebiet der Charité als Universitätsklinikum und der Durchführung operativer Korrekturen von komplexen Herzfehlern. Später kamen diese Patienten mit postoperativen HRST wieder an die Charité, um hier behandelt zu werden. Der große Anteil an Herzfehlerpatienten beeinflusst das Spektrum der Tachykardien und die Untersuchungsdaten sowie die Erfolgsrate der Ablationstherapie. Dies wird bei den entsprechenden Themen im Folgenden genauer diskutiert.

Von den 149 durchgeführten Ablationen waren 127 Hochfrequenzstromablationen (RFA) und 15 Kryoablationen (KRYO). Der Gesamterfolg aller Ablationen lag bei 89,9%.

In der Analyse der erhobenen Daten stellte sich heraus, dass der Erfolg der Ablationstherapie nur unwesentlich von Alter und Geschlecht bestimmt wird. Im Wesentlichen wird er beeinflusst durch a) das Vorliegen eines strukturellen Herzfehlers (hier lag die Erfolgsquote bei 80,4%): diese Patienten hatten durch die anatomischen Veränderungen und durch entstandenes Narbengewebe nach dem operativen Eingriff komplexe schwer zu abladierende HRST entwickelt und b) die Art der zu therapierenden Herzrhythmusstörung: einfache HRST wie die akzessorischen Leitungsbahnen und die AV-Knoten-Reentrytachykardien konnten mit einer Erfolgsrate von 91,8% abladert werden.

Calkins et al. [109] untersuchten in einer multizentrischen Studie 1050 Patienten, die von 1992 – 1995 auf Grund ihrer akzessorischen Leitungsbahnen (AP) oder junktionalen Rhythmusstörungen eine Ablationstherapie erhalten haben. Es konnte bei 94,9% der Patienten das arrhythmogene Substrat erfolgreich abladert werden. Ähnlich gute Daten zur Ablation von AP zeigten Kobza et al. [107] mit einer Erfolgsrate von 98% bei 323 Patienten. Prospektive Studien an großen Patientenzahlen beobachteten eine stetige Verbesserung der Erfolgsraten (von 90,4% auf 94,2%) in den letzten Jahren, was auf die Verbesserung der Ablationstechniken, aber auch auf die zunehmende Erfahrung der Elektrophysiologen zurückzuführen ist [23, 36].

Das Spektrum der abladierten HRST war in der hier vorliegenden Arbeit sehr breit gefächert. Neben den häufigen Rhythmusstörungen (AP, AVNRT) wurden vor allem auch postoperativ aufgetretene intraatriale Reentrytachykardien (IART) bei Patienten mit korrigiertem Herzfehler und einige ventrikuläre Herzrhythmusstörungen behandelt. Die Prävalenz der IART nimmt heutzutage durch die steigende Anzahl der Patienten mit strukturellem Herzfehler stetig zu [110]. Da hier medikamentöse Therapien oftmals versagen, wird immer häufiger die Ablationstherapie eingesetzt, jedoch mit weniger Erfolg als bei anderen HRST. In der aktuellen Literatur finden sich zwar zunehmend bessere Erfolgsraten (73% bei Tiedman et al. [111], 80,8% bei Kalman et al. [112] und 94% bei Tanner et al. [113]), sie liegen jedoch immer noch deutlich unter den Erfolgsraten der einfacheren Rhythmusstörungen. Noch hohe Rezidivraten limitieren den Einsatz der RFA, doch gibt es durch neuere Mapping-Systeme immer bessere Möglichkeiten, die Struktur dieser komplexen HRST zu analysieren und erfolgreich zu therapieren [110].

In den späten 90er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts wurden erstmals neue Techniken zur strukturellen Analyse komplexer HRST auf der Grundlage von dreidimensionalen Darstellungen eingesetzt. Diese ermöglichten eine genauere Identifizierung des arrhythmogenen Substrates und die exaktere Positionierung des Ablationskatheters als mit den konventionellen Darstellungen mittels Durchleuchtung [114]. In den folgenden Jahren wurde die Technik der 3D-Systeme weiter verbessert und ihre Anwendung auf verschiedene HRST ausgeweitet [115, 116].

In der hier vorgestellten Studie wurde bei knapp einem Viertel aller Ablationstherapien (24,8%) der Verlauf der Tachykardie mit Hilfe von 3D-Systemen (CARTO, CARTO-Merge, LocaLisa) analysiert. Die Indikation zur Anwendung von 3D-Systemen lag vor allem in den postoperativen komplexen HRST. Bei einem Patienten konnte ein CARTO-Merge angewendet. Das LocaLisa-System fand bei 8 AVNRT Anwendung.

Es konnten in dieser Studie 11 von 15 Patienten mit IART (73,3%) erfolgreich abladiert werden. Bei 14 der Patienten wurde ein CARTO-System zur Analyse der HRST eingesetzt. Neun der Patienten hatten mehr als eine IART. Es wurde jeweils versucht, die klinisch bedeutsame Tachykardie zu abladiert. Bei einem der Patienten kam es im Rahmen der Nachbeobachtung zu einem Rezidiv seiner Tachykardie.

Die medikamentöse Therapie bietet bei ventrikulären HRST nur eine Erfolgsquote von 20-30% [117]. Inzwischen stellt auch hier die Hochfrequenzstromablation eine therapeutische Alternative dar. Bisher gibt es jedoch noch recht wenig erfolgreiche klinische Studien zur Ablation ventrikulärer HRST.

In der hier vorliegenden Studie konnten 9 von 15 Patienten mit ventrikulären Tachykardien erfolgreich abladiert werden (60%). Der Nichterfolg erklärt sich bei 4 Patienten durch die epikardiale Lage des arrhythmogenen Fokus. Insgesamt waren die ventrikulären Arrhythmien schwer zu analysieren und zu abladieren. Bei einem Patienten trat eine kardiale Dekompensation auf Grund anhaltender VT auf, die Ablation konnte dennoch erfolgreich durchgeführt werden. Es kam zu keinen ablationsbedingten Komplikationen und im Nachbeobachtungszeitraum wurde kein Rezidiv festgestellt.

Erste Untersuchungen zur Ablation ventrikulärer HRST von Gonska et al. [118] zeigten einen Erfolg von 75% bei 136 Patienten. Die Komplikationsrate betrug 12% und bei 16% der Patienten kam es zu einem Rezidiv. Spätere Untersuchungen an 16 weiteren Patienten konnten einen Erfolg von 94% ohne Komplikationen und Rezidive innerhalb einer Nachbeobachtungszeit von durchschnittlich 16 Monaten verzeichnen [119].

Verma et al. [120] untersuchten 22 Patienten mit arrhythmogener rechtsventrikulärer Dysplasie und VT. Mit Hilfe des CARTO-Systems konnten 82% der Patienten akut erfolgreich abladiert werden, jedoch kam es in 47% der Fälle zu Rezidiven innerhalb von 3 Jahren. Es wurden 3 Komplikationen (13,6%) (1 Perikardtamponade, 2 Hämatome) beschrieben. Diese und weitere Studien [121, 122] zeigen zwar einen zunehmenden Erfolg in der Ablation ventrikulärer Tachykardien, beschreiben jedoch weiterhin die Gefahr auftretender Komplikationen und eine hohe Rezidivrate.

Die Daten zur Durchführung der Ablationstherapie in der hier vorliegenden Arbeit zeigen im Vergleich zur Literatur durchschnittliche Zeiten für die Untersuchungsdauer ($313,4 \text{ min} \pm 128,1 \text{ min}$) und die Durchleuchtungszeit ($33,1 \text{ min} \pm 28,4 \text{ min}$) sowie vergleichbare Daten für die Anzahl der abgegebenen Ablationen ($8,4 \pm 7,7$). Es kam durch die heterogene Patientengruppe zu recht starken Schwankungen der Ablationsdaten, was sich in den hohen Standardabweichungen widerspiegelt.

Die Dauer der Untersuchung ist unabhängig vom Alter und vom Geschlecht. Sie ist jedoch signifikant verlängert bei Patienten mit einem Herzfehler. Ebenso finden sich bei diesen Patienten längere Durchleuchtungszeiten (DL-Zeiten).

Bei den Patienten mit nicht akut erfolgreicher Ablation oder mit mehreren Ablationen fanden sich ebenfalls längere Zeiten für die Untersuchungsdauer und die DL-Zeit, was vermutlich durch die Schwierigkeit der zu abladierenden HRST zu erklären ist. Es zeigte sich außerdem, dass der Einsatz von 3D-Systemen und die Durchführung von Herzkatheteruntersuchungen die Therapiedauer signifikant verlängerten.

Bei der Gruppe der erwachsenen Patienten fand sich im Vergleich zu den Kindern eine höhere Anzahl an abgegebenen Läsionen. Für die Anzahl der Testläsionen, der Punktionsstellen sowie der kumulativen French fanden sich keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Patientengruppen.

Van Hare et al. [23] haben in ihrer prospektiven PAPCA-Studie (prospective assessment after pediatric cardiac ablation) 481 Kinder von 0 – 16 Jahren mit AP oder AVNRT untersucht, von diesen Patienten hatten jedoch nur wenige einen strukturellen Herzfehler (11%). Die hier erhobenen Ablationsdaten sind mit den Daten der vorliegenden Studie vergleichbar (Untersuchungsdauer $207,6 \text{ min} \pm 4,1 \text{ min}$; DL-Zeit $38,3 \text{ min} \pm 1,5 \text{ min}$; Anzahl der Ablationen $7,6 \pm 0,34$). In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2007 von Lee et al. [67] untersuchte man 228 Kinder mit verschiedenen Rhythmusstörungen (AP, AVNRT, AET, AFI). In der Analyse der Ablationsdaten zeigten sich starke Schwankungen und eine hohe Standardabweichung in den einzelnen Patientengruppen mit Zeiten für die Untersuchungsdauer von $48 \text{ min} \pm 36 \text{ min}$ (AVNRT) bis zu $168 \text{ min} \pm 348 \text{ min}$ (AET) und sehr geringen DL-Zeiten von $12,2 \text{ min} \pm 6,4 \text{ min}$ (AVNRT) bis zu $37,7 \text{ min} \pm 31,7 \text{ min}$ (AET). Dies bestärkt unsere Annahme, dass sich die hohen Schwankungen durch das breite Spektrum an HRST erklären.

Die Kryoablation hat sich in den letzten Jahren immer mehr etabliert und wird vor allem in der Ablation von AVNRT, AV-Knoten-nahen AP und AET eingesetzt, da sie die Möglichkeit bietet, über das Kryomapping den Einfluss auf das Reizleitungssystem zu testen und eine dauerhafte Schädigung zu verhindern [60]. Bisher gibt es noch keine einheitlichen Leitlinien und somit auch keine direkt vergleichbaren Studien zur Kryoablation, da in den verschiedenen Ländern unterschiedliche Katheterarten eingesetzt werden und sich die Therapiemethoden hinsichtlich Temperatur, Ablationsdauer etc. unterscheiden.

In der hier vorliegenden Studie konnte bei 12 Patienten das arrhythmogene Substrat mittels Kryoablation erfolgreich therapiert werden. Die Kryoablation wurde bei folgenden HRST eingesetzt: AVNRT, AP oder AET. Es gab keinen Unterschied im Anteil der

Herzfehlerpatienten gegenüber der RFA. Das Kryomapping wurde bei einer Temperatur von -30 °C über 60 sec durchgeführt, die Kryoablation erfolgte bei Temperaturen um -75 °C über mehrere Minuten. Insgesamt fand sich bei der KRYO eine Erfolgsrate von 100%. Vergleicht man den Erfolg mit der Erfolgsrate der RFA in den äquivalenten Tachykardieformen (AP, AVNRT und AET), so ergibt sich ein nicht signifikanter Unterschied. Es gab keine ablationsbedingten Komplikationen, bei einem Patienten kam zu einem Rezidiv.

In der aktuellen Literatur gibt es immer mehr Studien zur Kryotherapie. Gaita et al. [65] haben 131 Patienten mit unterschiedlichen supraventrikulären Tachykardien mittels Kryoablation therapiert. Die Ablationsdaten sind mit vorliegender Studie vergleichbar (Kryomapping -30 °C über 80 sec, Kryoablation -75 °C über 4 min). Es konnte eine Akuterfolgsrate von 97,7% erreicht werden, in der Nachbeobachtung über mindestens 2 Jahre fand sich ein Langzeiterfolg von 87%.

Auch bei Kindern ist die Kryoablation inzwischen eine weit verbreitete Methode zur Therapie tachykarder HRST. In dieser Studie wurde die Kryoablation zum größten Teil (83%) bei Kindern eingesetzt, da die Mehrheit der AVNRT und AET bei den Kindern vorlag. Auch in der Literatur finden sich zunehmend Studien zur Kryoablation bei Kindern. Papez et al. [123] untersuchten in einer Studie 81 Kinder von 4 bis 21 Jahren mit verschiedenen supraventrikulären Tachykardien. Sie erreichten eine Erfolgsrate von 88% bei einer Rezidivrate von 12,5% und beobachteten keine Komplikationen. Zusammenfassend bewerteten sie die Kryoablation auch bei Kindern als sichere und effektive Therapiemethode. Die hier vorliegende Arbeit kann bestätigen, dass die Kryoablation bei Kindern einen vergleichbaren Erfolg und keine erhöhte Komplikationsrate gegenüber der Ablationstherapie bei Erwachsenen bietet.

Des Weiteren konnte in vorliegender Studie festgestellt werden, dass sich bei der Kryoablation gegenüber der RFA eine kürzere Untersuchungsdauer sowie kürzere Durchleuchtungszeiten fanden. Dies ist vermutlich damit zu begründen, dass die Kryoablation nur in ausgewählten Patienten mit einfachen HRST angewendet wurde und durch die Erfahrung in der Kryoablation an der Charité hierbei hohe Erfolgsraten und geringe Ablationszeiten erreicht werden konnten.

Collins et al. [124] haben in einer aktuellen Vergleichsstudie zwischen RFA und Kryoablation an Patienten mit AVNRT im Gegensatz zu den Ergebnissen dieser Studie

kürzere Zeiten für die Untersuchungsdauer in der RFA gegenüber der KRYO erhoben (RFA 112 min \pm 31 min vs. KRYO 148 min \pm 46 min). Die erhobenen DL-Zeiten waren vergleichbar (RFA 21 min \pm 15 min vs. KYRO 20 min \pm 13 min). Hierbei könnte die gute Erfahrung in der RFA gegenüber der bei ihnen neu eingesetzten Methode der Kryoablation eine Rolle gespielt haben.

Insgesamt wurde in der hier präsentierten Arbeit eine Komplikationsrate von 4% verzeichnet, wobei es nur in 2% aller Ablationen zu schweren Komplikationen kam. Auch diese waren keine typischen Komplikationen einer Ablationstherapie im eigentlichen Sinne. Bei 2 Patienten kam es zur Verletzung des Reizleitungssystems mit anschließender Notwendigkeit einer Schrittmacher-Implantation, ein Patient erlitt bei bestehender Gerinnungsstörung eine Koronarembolie unter Heparintherapie, welche erfolgreich lysiert werden konnte.

Die in der Literatur beschriebenen schweren Komplikationen wie Perikardtamponaden oder Perforationen kamen in dieser Studie nicht vor. Es ist kein Patient auf Grund der Ablationstherapie verstorben. Alle lagerungsbedingten Komplikationen wie Hämatome oder Hypästhesien waren vollständig reversibel. Die Komplikationsrate wurde nicht beeinflusst durch Alter oder Geschlecht des Patienten, es gab keine Zusammenhänge zur Anzahl der Punktionsstellen oder den kumulativen French, noch wurde die Komplikationsrate von den durchgeführten Herzkatheteruntersuchungen oder transseptalen Punktionen beeinflusst.

Es wurde kein permanenter AV-Block dokumentiert, was in Vergleichsstudien als eine häufige Komplikation angegeben wird (Kugler [36] mit 4%, Lee [67] mit 2,6%). Collins et al. [124] fanden im Vergleich zur RFA vergleichbare Komplikationsraten in der Kryoablation mit intermittierenden AV-Blöcken um 10% in beiden Gruppen. Große multizentrische Studien beschreiben Komplikationsraten von 3 – 11,2% [36, 109].

Trotz verbesserter Techniken und wachsender Erfahrung der Elektrophysiologen gibt es weiterhin eine nicht zu vernachlässigende Rezidivrate.

Ein Teil der Patienten (n=100) konnte im Zeitrahmen dieser Studie in unserer Klinik nachbetreut werden. Der Beobachtungszeitraum betrug im Schnitt 1,6 Jahre und maximal 4 Jahre. Im Laufe der Nachbeobachtung kam es bei 6 Patienten zu einem Rezidiv (6%). Durch den begrenzten Zeitrahmen dieser Arbeit gab es für einige Patienten einen Nachbeobachtungszeitraum von wenigen Monaten. Im späteren

Verlauf auftretende Rezidive wurden damit nicht erfasst. Laut aktuellen Studien treten jedoch die meisten Rezidive in den ersten beiden Monaten nach Ablationstherapie auf [125], sodass wir von einer verwertbaren Rezidivrate ausgehen können.

Aktuelle Veröffentlichungen zeigen vergleichbare Werte: Van Hare et al. [125] fanden 2004 nach Beobachtung der 481 Patienten über 1 Jahr eine Rezidivrate von 10,7%. Lee et al. [67] beschreiben in ihrer aktuellen Studie von 2007 mit 228 Patienten nach einem Beobachtungszeitraum von durchschnittlich 7 Jahren eine Rezidivrate von 4,7%. Ein Nachteil der Kryoablation gegenüber der RFA besteht immer noch in hohen Rezidivraten von ~20% [66, 126]. In der hier vorliegenden Arbeit konnte bei einer sehr geringen Zahl von Kryoablationen und eingeschränkter Nachbeobachtung keine signifikant höhere Rezidivrate gegenüber der RFA nachgewiesen werden (KRYO 7,1% vs. RFA 6,2%). Vergleichsstudien zwischen KYRO und RFA bestätigen jedoch vermehrt den Nachteil einer höheren Rezidivrate bei besseren Erfolgsraten. Aktuell wird somit die Kryoablation bisher weiterhin nur für bestimmte HRST (AVNRT, septale AP) eingesetzt. Drago et al. [127] beschreiben neuere Analysen zur Länge der Applikationsdauer sowie die Abgabe eines Safety in der Kryoablation, welches die Rezidivraten in Zukunft verringern könnte.

Das Wiederauftreten der Tachykardie ist wesentlich von Art und Lokalisation der Tachykardie abhängig [125]. Van Hare et al. [125] beschreiben in der PAPCA-Studie eine unterschiedliche Rezidivrate in den verschiedenen Tachykardien: die geringste Rezidivrate fand sich bei den AVNRT (4,8%) und den links-septal gelegenen AP (4,8%), wohingegen rechts-septal gelegene AP mit 24,6% am meisten Rezidive zeigten. Als Begründung werden entweder anatomische Unterschiede in den Leitungsbahnen oder technische Einschränkungen durch die Lage des arrhythmogenen Fokus diskutiert. Weiterhin fanden sie keinen Einfluss auf die Rezidivrate durch die Länge der Untersuchungsdauer, die Länge der Durchleuchtungszeiten sowie die maximal erreichten Temperaturen. Ein nicht signifikanter Trend zur Verringerung der Rezidive fand sich in der Zunahme der Zeit, die nach der letzten Applikation gewartet wurde (0 min – 30 min: 10,5% und > 90 min: 3,2%), eine Stimulation mit Isoproterenol nach der Ablation zeigte keinen Einfluss auf die Rezidivrate.

Die Rezidive in der hier vorliegenden Arbeit waren mit keiner bestimmten Tachykardiegruppe assoziiert. Es wurden in dieser Studie durchschnittlich 40,6 min nach der letzten Applikation gewartet und anschließend noch einmal auf das Vorliegen

einer Tachykardie getestet. Sowohl die Wartezeit als auch ein abgegebenes Safety hatten keinen Einfluss auf die Rezidivrate. Bei der geringen Patientenzahl mit vorliegendem Rezidiv ist eine Assoziation mit der Wartezeit nicht statistisch auszuwerten. Wie oben erwähnt, zeigten Van Hare et al. einen Trend zur Verringerung der Rezidivraten bei höheren Wartezeiten, was an größeren Studien detailliert untersucht werden sollte. Dezidierte Aussagen zur Anwendung eines Safety sind in der Literatur bisher nicht bekannt. Doch auch hier sollte der Einfluss eines Safety auf den Erfolg und die Rezidivrate an größeren Studien überprüft werden, da der Vorteil eines Sicherheitsstromes nicht nachgewiesen ist.

Als weiteres Bewertungskriterium für den Erfolg der Ablationstherapie wurde in dieser Studie die Lebensqualität (QoL) der Patienten vor und nach der Ablationstherapie untersucht. Es wurde allen Patienten ein Fragebogen zugesendet. Durch die retrospektive Befragung der Patienten konnte nur eine Rücklaufquote von 46,5% erreicht werden. Dies liegt zum Teil daran, dass einige der Patienten verzogen sind. Diese Probleme werden auch in der aktuellen Literatur beschrieben: Anne et al. 2006 [128] erhielten bei einer Befragung durchschnittlich 2,6 Jahre nach der Ablationstherapie einen Rücklauf von 68% der Fragebögen. Auch in der aktuellen Studie von Meissner et al. 2007 [129] wird eine Rücklaufquote von 68% beschrieben. In der Auswertung der QoL in vorliegender Arbeit fand sich in beiden Altersgruppen in fast allen Bereichen eine verbesserte Lebensqualität. Eine deutliche Verbesserung fand sich im Bereich des körperlichen Wohlbefindens bei den Kindern sowie in den Bereichen der körperlichen Funktionsfähigkeit und der körperlichen Rollenfunktion bei den Erwachsenen. Ein interessantes Ergebnis zeigte die Auswertung der QoL der Kinder in den Bereichen Familie, Schule und Freunde. Hier konnte keine signifikante Veränderung der QoL festgestellt werden. Dieses Ergebnis führen wir auf die Tatsache zurück, dass die Ablationstherapie an sich keinen entscheidenden Einfluss auf die Integrität der Kinder in Ihrer Familie oder bei Freunden hat. Es fand sich in diesen Bereichen schon vor der Ablationstherapie eine hohe Lebensqualität.

Bisher gibt es über die QoL als Bewertungskriterium der Ablationstherapie bei Kindern noch wenig Publikationen [84]. Eine vergleichbare Studie an erwachsenen Patienten mit HRST aus dem Jahre 1996 bietet R. Buben [130]: Im Rahmen dieser Studie wurden 229 Patienten mit symptomatischen supraventrikulären und ventrikulären Tachykardien

mit Hochfrequenzstromablation therapiert. Alle durchgeführten Katheterablationen waren erfolgreich. Im Abstand von 1 und 6 Monaten nach Ablationstherapie wurde mit Hilfe des SF-36-Fragebogens die Lebensqualität erhoben. Buben konnte in allen Bereichen der Lebensqualität signifikante Verbesserungen erheben.

Dr. U. Ravens-Sieberer hat in einer aktuellen Studie von 2007 Normdaten zur Lebensqualität gesunder deutscher Kinder und Jugendliche erhoben [89]. Angewendet wurden altersangepasste Versionen des KINDL^R-Fragebogens, wie sie auch in der hier vorliegenden Studie eingesetzt wurden. Verglichen mit diesen Normdaten liegen die Daten der vorliegenden Arbeit zur QoL vor der Ablation deutlich unter den Normwerten. Nach der Ablation unterscheiden sich die QoL-Daten nur geringfügig von der „normalen“ Population (Vergleich Tabelle E im Anhang, Kapitel 9). Dies zeigt recht eindrücklich, dass die Lebensqualität nach einer Ablationstherapie annähernd der gesunden Bevölkerung entspricht.

Die hier vorliegende Studie bietet als eine der ersten Studien einen Einblick in die Verbesserung der QoL durch die Ablationstherapie auch bei Kindern. Es konnte in eingeschränkter Form an einer kleinen Fallzahl eine deutliche Verbesserung der Lebensqualität nachgewiesen werden. Die untersuchte Gruppe repräsentierte ein durchschnittliches Patientengut bezüglich Herzfehler und Erfolgsraten. Limitiert durch die kleine Fallzahl und auf Grund der retrospektiven Analyse ist das Ergebnis nur eingeschränkt zu bewerten. Als Vorläufer zeigt diese Studie jedoch, dass die Auswertung der QoL als Bewertungskriterium für den Erfolg der Ablationstherapie von großer Bedeutung ist. Prospektive Studien in größerem Umfang könnten zur Entscheidung der anzuwendenden Therapieformen herangezogen werden.

Zusammenfassend ist die Ablationstherapie die Therapie der Wahl bei den meisten HRST bei Erwachsenen wie auch Kindern und eine gute Alternative zur lebenslangen medikamentösen Therapie.

Durch die Entwicklung neuerer Kathetersysteme und die Unterstützung mit 3D-Systemen ist es inzwischen möglich, auch komplexere HRST erfolgreich zu behandeln und Patienten mit angeborenen Herzfehlern ebenfalls einen konstanten Erfolg zu garantieren. Mit weiteren Entwicklungen und steigenden Erfahrungen können in Zukunft die Untersuchungszeiten noch weiter gesenkt, die Erfolgsraten noch weiter verbessert, die Komplikationen verringert sowie die Rezidivquoten gemindert werden.

6. Zusammenfassung

Diese Studie umfasst die Untersuchung von 129 Patienten, die von 2001 – 2005 eine Ablationstherapie an der Charite in der Klinik für Pädiatrie mit Schwerpunkt Kardiologie zur Therapie ihrer tachykarden HRST erhalten haben. Die Patientengruppe umfasste 54 Erwachsene und 75 Kinder im Alter von 3 Monaten bis 16 Jahren. 46 Patienten hatten einen strukturellen Herzfehler. Die zu abladierenden Tachykardien beinhalteten sowohl supraventrikuläre Tachykardien als auch ventrikuläre Rhythmusstörungen.

Es wurden 149 Ablationen an 129 Patienten durchgeführt. 127 der Ablationen wurden mit Hochfrequenzstrom (RFA) durchgeführt, 15 waren Kryoablationen (KRYO), bei 7 Patienten wurden beide Therapieformen angewendet.

Der Gesamterfolg aller Ablationen lag bei 89,9%. Die Akuterfolgsraten variierten je nach Herzrhythmusstörung von 60% bei den VT bis zu 97,2% bei den AVNRT. Diese breite Spanne in den Erfolgsraten wurde durch das große Spektrum an HRST und dem großen Anteil postoperativer komplexer Tachykardien bei Patienten mit angeborenem Herzfehler hervorgerufen. Diese Diskrepanz war aus den Erfahrungen aktueller Studien zu erwarten. In der Literatur finden sich Erfolgsraten von 77% - 98%, wobei die komplexen HRST und ventrikulären Tachykardien schlechtere Ergebnisse erreichten, als die schon länger untersuchten AP oder AVNRT.

Weiterhin hatten in vorliegender Studie Patienten mit komplexen Herzfehlern eine signifikant geringere Erfolgsrate als die übrige Patientengruppe. Negative Faktoren auf den Erfolg waren außerdem ein operativer Eingriff am Herzen und das Vorliegen ventrikulärer HRST oder Makroentrytachykardien. Das Alter war ohne Einfluss auf den Erfolg.

Die Ablationsdaten wie die Untersuchungsdauer, die Durchleuchtungszeit sowie die Anzahl gesetzter Läsionen in vorgestellter Arbeit unterscheiden sich in ihren Mittelwerten nicht wesentlich von vergleichbaren multizentrischen Studien, es fand sich durch die heterogene Patientengruppe eine große Schwankungsbreite in den untersuchten Daten. Die Untersuchungsdauer ist durch den großen Anteil komplexer HRST im Vergleich zu anderen Studien verlängert, die Durchleuchtungszeiten liegen im oberen Mittelfeld verglichen mit aktuellen Veröffentlichungen.

Es gab deutliche Unterschiede bei den untersuchten Ablationsarten. Mit der RFA

konnten 85,5% der Patienten erfolgreich therapiert werden, die Kryoablation erreichte eine Akuterfolgsrate von 100%. Diese Erfolgsrate bei KRYO konnte in der Literatur bisher noch nicht beschrieben werden. Die Untersuchungsdauer sowie die Durchleuchtungszeit waren bei der KRYO signifikant geringer als bei der RFA. Mit der Kryoablation wurden nur bestimmte HRST therapiert, hierunter vor allem einfache HRST wie AP und AVNRT, was die kürzeren Ablationszeiten und die bessere Erfolgsrate erklären könnte. Aktuelle Studien über die Kryoablation und Vergleiche mit der RFA zeigten bisher noch geringere Erfolgsraten für die Kryoablation als für die RFA sowie höhere Untersuchungsdauern und Durchleuchtungszeiten.

Die Komplikationsrate von 4% in vorliegender Arbeit findet sich im unteren Bereich verglichen mit den Komplikationsraten moderner Studien von 2% - 10%. Wir konnten im Gegensatz zu den in der Literatur häufig auftretenden AV-Blöcken in unserer Studie keinen AV-Block verzeichnen. In dem Nachbeobachtungszeitraum von durchschnittlich 1,4 Jahren (max. 4 Jahre) konnte eine Rezidivrate von 6% erhoben werden. Sie liegt im mittleren Bereich vergleichbarer Studien (2% - 11%). Die KRYO verzeichnete im Vergleich zur RFA keine signifikant höhere Rezidivrate, wie in der Literatur beschrieben.

Die Auswertung der Lebensqualität (QoL) zeigte sowohl bei den Kindern als auch bei den Erwachsenen eine deutliche Verbesserung der QoL nach der Ablationstherapie. Bei den Kindern konnte die deutlichste Verbesserung im Bereich des körperlichen Wohlbefindens erreicht werden. Keinen Einfluss hatte die Ablationstherapie auf die Integrität der Kinder in ihrer Familie, der Schule oder bei Freunden. Hier gab es keine signifikanten Veränderungen in der QoL vor und nach der Therapie.

Bei den Erwachsenen konnte eine starke Verbesserung der körperlichen Funktionsfähigkeit und der körperlichen Rollenfunktion erreicht werden, kaum beeinflusst wurden die Bereiche der sozialen und emotionalen Rollenfunktion.

Über die Lebensqualität vor allem von Kindern mit HRST oder nach Ablationstherapie gibt es bisher wenige vergleichbare Studien. Diese Arbeit konnte als eine der ersten Studien in der Auswertung der QoL nach Ablation tachykarder HRST eine deutliche Verbesserung aufzeigen. Dieses Ergebnis zeigt, dass große prospektive Studien zur Analyse der QoL als Bewertungskriterium der Ablationstherapie sinnvoll wären.

7. Literaturverzeichnis

1. Benninghoff, A., *Anatomie Band 1 - Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen*. Vol. 15. 1994, München: Urban & Schwarzenberg. 985.
2. Gonska, B.-D., *Interventionelle Therapie von Herzrhythmusstörungen*. 1999, Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 267.
3. Janse, M.J. and M.R. Rosen, *History of arrhythmias*. *Handb Exp Pharmacol*, 2006(171): p. 1-39.
4. Luderitz, B., *Augustus Desire Waller (1856-1922)--the first to record the electrical activity of the human heart*. *J Interv Card Electrophysiol*, 2003. **9**(1): p. 59-60.
5. Barold, S.S., *Willem Einthoven and the birth of clinical electrocardiography a hundred years ago*. *Card Electrophysiol Rev*, 2003. **7**(1): p. 99-104.
6. Einthoven, W., *Die galvanometrische Registrierung des menschlichen Elektrokardiogram: Zugleich eine Beurteilung der Anwendung des Capillar-Elektrometers in der Physiologie*. *Pflügers Arch ges Physiol*, 1903. **99**: p. 472-480.
7. Pschyrembel, W., *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch*, d. Gruyter, Editor. 2002: Berlin, New York. p. 690.
8. Sitzmann, F.C., *Duale Reihe Pädiatrie*. 3 ed. 2007, Stuttgart: Thieme Verlag. 982.
9. Bauersfeld, U. and J.P. Pfammatter, *[Diagnosis and treatment of common pediatric supraventricular tachycardias]*. *Ther Umsch*, 2001. **58**(2): p. 94-8.
10. Kriebel, T., M. Kroll, and T. Paul, *Radiofrequency catheter ablation therapy in the young: current status*. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2003. **1**(3): p. 421-37.
11. Friedman, R.A., et al., *NASPE Expert Consensus Conference: Radiofrequency catheter ablation in children with and without congenital heart disease. Report of the writing committee. North American Society of Pacing and Electrophysiology*. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2002. **25**(6): p. 1000-17.
12. Perry, J.C. and A. Garson, Jr., *Supraventricular tachycardia due to Wolff-Parkinson-White syndrome in children: early disappearance and late recurrence*. *J Am Coll Cardiol*, 1990. **16**(5): p. 1215-20.
13. Kantoch, M.J., *Supraventricular tachycardia in children*. *Indian J Pediatr*, 2005. **72**(7): p. 609-19.
14. Vaksman, G., et al., *Permanent junctional reciprocating tachycardia in children: a multicentre study on clinical profile and outcome*. *Heart*, 2006. **92**(1): p. 101-4.
15. Campbell, R.M., et al., *Current status of radiofrequency ablation for common pediatric supraventricular tachycardias*. *J Pediatr*, 2002. **140**(2): p. 150-5.
16. Scheinman, M.M. and Y. Yang, *The history of AV nodal reentry*. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2005. **28**(11): p. 1232-7.
17. Van Hare, G.F., *Irrigated catheter ablation of intraatrial reentrant tachycardia and evaluation of new technology*. *Heart Rhythm*, 2005. **2**(7): p. 706-7.
18. Triedman, J.K., et al., *Prospective trial of electroanatomically guided, irrigated catheter ablation of atrial tachycardia in patients with congenital heart disease*. *Heart Rhythm*, 2005. **2**(7): p. 700-5.
19. Forssmann-Falck, R., *Werner Forssmann: a pioneer of cardiology*. *Am J Cardiol*, 1997. **79**(5): p. 651-60.
20. Meyer, J.A., *Werner Forssmann and catheterization of the heart, 1929*. *Ann Thorac Surg*, 1990. **49**(3): p. 497-9.
21. Fogoros, R., *Electrophysiologic testing*. 3 ed. 1999: Blackwell Science. 280.

22. Schmieder, S., et al., *Acute and long-term results of radiofrequency ablation of common atrial flutter and the influence of the right atrial isthmus ablation on the occurrence of atrial fibrillation*. Eur Heart J, 2003. **24**(10): p. 956-62.
23. Van Hare, G.F., et al., *Prospective assessment after pediatric cardiac ablation: demographics, medical profiles, and initial outcomes*. J Cardiovasc Electrophysiol, 2004. **15**(7): p. 759-70.
24. Van Hare, G.F., *Indications for radiofrequency ablation in the pediatric population*. J Cardiovasc Electrophysiol, 1997. **8**(8): p. 952-62.
25. Paul, T., et al., *Supraventricular tachycardia in infants, children and adolescents: diagnosis, and pharmacological and interventional therapy*. Paediatr Drugs, 2000. **2**(3): p. 171-81.
26. Dubin, A.M. and G.F. Van Hare, *Radiofrequency catheter ablation: indications and complications*. Pediatr Cardiol, 2000. **21**(6): p. 551-6.
27. *Preliminary report: effect of encainide and flecainide on mortality in a randomized trial of arrhythmia suppression after myocardial infarction. The Cardiac Arrhythmia Suppression Trial (CAST) Investigators*. N Engl J Med, 1989. **321**(6): p. 406-12.
28. Giardina, A.C., K.H. Ehlers, and M.A. Engle, *Wolff-Parkinson-White syndrome in infants and children. A long-term follow-up study*. Br Heart J, 1972. **34**(8): p. 839-46.
29. Pfammatter, J.P., *[Practical management of common arrhythmias in children]*. Schweiz Rundsch Med Prax, 2005. **94**(45): p. 1765-8.
30. Seletti, L. and U. Squarcia, *[Cardiac arrhythmias in childhood]*. Pediatr Med Chir, 1987. **9**(5): p. 537-41.
31. Holmes, D.R., Jr., et al., *Surgical treatment of accessory atrioventricular pathways and symptomatic tachycardia in children and young adults*. Am J Cardiol, 1985. **55**(13 Pt 1): p. 1509-12.
32. Crawford, F.A., Jr. and P.C. Gillette, *Surgical treatment of cardiac dysrhythmias in infants and children*. Ann Thorac Surg, 1994. **58**(4): p. 1262-8.
33. Crawford, F.A., Jr., et al., *Surgical management of dysrhythmias in infants and small children*. Ann Surg, 1992. **216**(3): p. 318-26.
34. Van Hare, G.F., et al., *Percutaneous radiofrequency catheter ablation for supraventricular arrhythmias in children*. J Am Coll Cardiol, 1991. **17**(7): p. 1613-20.
35. Budde, T., et al., *[Possibilities and limitations of catheter ablation of tachycardia arrhythmia]*. Z Kardiol, 1987. **76**(10): p. 591-607.
36. Kugler, J.D., et al., *Pediatric radiofrequency catheter ablation registry success, fluoroscopy time, and complication rate for supraventricular tachycardia: comparison of early and recent eras*. J Cardiovasc Electrophysiol, 2002. **13**(4): p. 336-41.
37. Lickfett, L. and H. Calkins, *Catheter ablation for cardiac arrhythmias*. Minerva Cardioangiol, 2002. **50**(3): p. 189-207.
38. Vedel, J., et al., *[Permanent intra-hisian atrioventricular block induced during right intraventricular exploration]*. Arch Mal Coeur Vaiss, 1979. **72**(1): p. 107-12.
39. Gallagher, J.J., et al., *Catheter technique for closed-chest ablation of the atrioventricular conduction system*. N Engl J Med, 1982. **306**(4): p. 194-200.
40. Scheinman, M.M., et al., *Catheter-induced ablation of the atrioventricular junction to control refractory supraventricular arrhythmias*. Jama, 1982. **248**(7): p. 851-5.
41. Newman, D., G.T. Evans, Jr., and M.M. Scheinman, *Catheter ablation of cardiac arrhythmias*. Curr Probl Cardiol, 1989. **14**(3): p. 117-64.

42. Scheinman, M.M. and J.C. Davis, *Catheter ablation for treatment of tachyarrhythmias: present role and potential promise*. *Circulation*, 1986. **73**(1): p. 10-3.
43. Langberg, J.J., et al., *Catheter ablation of the atrioventricular junction with radiofrequency energy*. *Circulation*, 1989. **80**(6): p. 1527-35.
44. Evans, G.T., Jr., et al., *Predictors of in-hospital mortality after DC catheter ablation of atrioventricular junction. Results of a prospective, international, multicenter study*. *Circulation*, 1991. **84**(5): p. 1924-37.
45. Bardy, G.H., et al., *Developments, complications and limitations of catheter-mediated electrical ablation of posterior accessory atrioventricular pathways*. *Am J Cardiol*, 1988. **61**(4): p. 309-16.
46. Van Hare, G.F., A.M. Dubin, and K.K. Collins, *Invasive electrophysiology in children: state of the art*. *J Electrocardiol*, 2002. **35 Suppl**: p. 165-74.
47. Dick, M., 2nd, et al., *Use of radiofrequency current to ablate accessory connections in children*. *Circulation*, 1991. **84**(6): p. 2318-24.
48. Budde, T., et al., *[Initial experiences with high-frequency electric ablation of the AV conduction system in the human]*. *Z Kardiol*, 1987. **76**(4): p. 204-10.
49. Goy, J.J., et al., *Catheter ablation for recurrent tachyarrhythmias. Clinical experience with two different techniques of ablation in 21 patients*. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1988. **11**(11 Pt 2): p. 1945-53.
50. Langberg, J.J., et al., *Temperature monitoring during radiofrequency catheter ablation of accessory pathways*. *Circulation*, 1992. **86**(5): p. 1469-74.
51. Calkins, H., et al., *Temperature monitoring during radiofrequency catheter ablation procedures using closed loop control. Atakr Multicenter Investigators Group*. *Circulation*, 1994. **90**(3): p. 1279-86.
52. Kuck, K.H., et al., *Ablation of a left-sided free-wall accessory pathway by percutaneous catheter application of radiofrequency current in a patient with the Wolff-Parkinson-White syndrome*. *Pacing Clin Electrophysiol*, 1989. **12**(10): p. 1681-90.
53. Fontaine, G., *Catheter ablation and surgery for arrhythmias*. *Curr Opin Cardiol*, 1992. **7**(1): p. 46-54.
54. Gurosoy, S., I. Chiladakis, and K.H. Kuck, *Current status of radiofrequency ablation in the preexcitation syndromes*. *Herz*, 1992. **17**(3): p. 151-7.
55. McDaniel, G.M. and G.F. Van Hare, *Catheter ablation in children and adolescents*. *Heart Rhythm*, 2006. **3**(1): p. 95-101.
56. Wen, Z.C., et al., *Temperature and impedance monitoring during radiofrequency catheter ablation of slow AV node pathway in patients with atrioventricular node reentrant tachycardia*. *Int J Cardiol*, 1996. **57**(3): p. 257-63.
57. Kugler, J.D., et al., *Radiofrequency catheter ablation for paroxysmal supraventricular tachycardia in children and adolescents without structural heart disease. Pediatric EP Society, Radiofrequency Catheter Ablation Registry*. *Am J Cardiol*, 1997. **80**(11): p. 1438-43.
58. Schaffer, M.S., et al., *Mortality following radiofrequency catheter ablation (from the Pediatric Radiofrequency Ablation Registry). Participating members of the Pediatric Electrophysiology Society*. *Am J Cardiol*, 2000. **86**(6): p. 639-43.
59. Cox, J.L., W.L. Holman, and M.E. Cain, *Cryosurgical treatment of atrioventricular node reentrant tachycardia*. *Circulation*, 1987. **76**(6): p. 1329-36.
60. De Ponti, R., *Cryothermal energy ablation of cardiac arrhythmias 2005: state of the art*. *Indian Pacing Electrophysiol J*, 2005. **5**(1): p. 12-24.
61. Skanes, A.C., et al., *Cryothermal ablation of the slow pathway for the elimination*

- of atrioventricular nodal reentrant tachycardia*. Circulation, 2000. **102**(23): p. 2856-60.
62. Gaita, F., et al., *Cryoenergy catheter ablation: a new technique for treatment of permanent junctional reciprocating tachycardia in children*. J Cardiovasc Electrophysiol, 2004. **15**(3): p. 263-8.
 63. Tuzcu, V., M.B. Gonzalez, and D. Schranz, *Cryoablation: better catheter stability compared to RF ablation*. Anadolu Kardiyol Derg, 2006. **6**(2): p. 182-4.
 64. Khairy, P., et al., *Lower incidence of thrombus formation with cryoenergy versus radiofrequency catheter ablation*. Circulation, 2003. **107**(15): p. 2045-50.
 65. Gaita, F., et al., *Acute and long-term outcome of transvenous cryothermal catheter ablation of supraventricular arrhythmias involving the perinodal region*. J Cardiovasc Med (Hagerstown), 2006. **7**(11): p. 785-92.
 66. Gaita, F., et al., *Safety and efficacy of cryoablation of accessory pathways adjacent to the normal conduction system*. J Cardiovasc Electrophysiol, 2003. **14**(8): p. 825-9.
 67. Lee, P.C., et al., *The results of radiofrequency catheter ablation of supraventricular tachycardia in children*. Pacing Clin Electrophysiol, 2007. **30**(5): p. 655-61.
 68. Kirsh, J.A., et al., *Transcatheter cryoablation of tachyarrhythmias in children: initial experience from an international registry*. J Am Coll Cardiol, 2005. **45**(1): p. 133-6.
 69. Kimman, G.P., et al., *CRAVT: a prospective, randomized study comparing transvenous cryothermal and radiofrequency ablation in atrioventricular nodal reentrant tachycardia*. Eur Heart J, 2004. **25**(24): p. 2232-7.
 70. Spilker, B., *Quality of Life Assessments in Clinical Trials*. 1 ed. 1990, New York: Raven Press. 470.
 71. WHO, *World Health Organisation Constitution*. 1947: Geneva.
 72. Bullinger, M. and J. Hasford, *Evaluating quality-of-life measures for clinical trials in Germany*. Control Clin Trials, 1991. **12**(4 Suppl): p. 91S-105S.
 73. Spijkerboer, A.W., et al., *Health-related Quality of Life in children and adolescents after invasive treatment for congenital heart disease*. Qual Life Res, 2006. **15**(4): p. 663-73.
 74. Knowles, R.L., et al., *Quality-of-life and congenital heart defects: comparing parent and professional values*. Arch Dis Child, 2006.
 75. Goldbeck, L. and J. Melches, *Quality of life in families of children with congenital heart disease*. Qual Life Res, 2005. **14**(8): p. 1915-24.
 76. Warschburger, P., et al., *Health-related quality of life in children assessed by their parents: evaluation of the psychometric properties of the CHQ-PF50 in two German clinical samples*. Qual Life Res, 2003. **12**(3): p. 291-301.
 77. Calaminus, G. and G. Kiebert, *Studies on health-related quality of life in childhood cancer in the European setting: an overview*. Int J Cancer Suppl, 1999. **12**: p. 83-6.
 78. Ravens-Sieberer, U., M. Redegeld, and M. Bullinger, *Quality of life after inpatient rehabilitation in children with obesity*. Int J Obes Relat Metab Disord, 2001. **25 Suppl 1**: p. S63-5.
 79. Bullinger, M. and U. Ravens-Sieberer, *[Quality of life and chronic conditions: the perspective of children and adolescents in rehabilitation]*. Prax Kinderpsychol Kinderpsychiatr, 2006. **55**(1): p. 23-35.
 80. Ravens-Sieberer, U., *[Special aspects of the quality of life of children]*. Dtsch Med Wochenschr, 2006. **131**(19 Suppl 1): p. S27-30.

81. Eiser, C. and R. Morse, *A review of measures of quality of life for children with chronic illness*. Arch Dis Child, 2001. **84**(3): p. 205-11.
82. Dunnington, C.S., et al., *Patients with heart rhythm disturbances: variables associated with increased psychologic distress*. Heart Lung, 1988. **17**(4): p. 381-9.
83. Bathina, M.N., et al., *Radiofrequency catheter ablation versus medical therapy for initial treatment of supraventricular tachycardia and its impact on quality of life and healthcare costs*. Am J Cardiol, 1998. **82**(5): p. 589-93.
84. Bullinger, M. and U. Ravens-Sieberer, *[General principles, methods and areas of application of quality of life research in children]*. Prax Kinderpsychol Kinderpsychiatr, 1995. **44**(10): p. 391-9.
85. Ravens-Sieberer, U. and M. Bullinger, *Assessing health-related quality of life in chronically ill children with the German KINDL: first psychometric and content analytical results*. Qual Life Res, 1998. **7**(5): p. 399-407.
86. Klassen, A.F., et al., *Health related quality of life in 3 and 4 year old children and their parents: preliminary findings about a new questionnaire*. Health Qual Life Outcomes, 2003. **1**(1): p. 81.
87. Eiser, C., H. Mohay, and R. Morse, *The measurement of quality of life in young children*. Child Care Health Dev, 2000. **26**(5): p. 401-14.
88. Rajmil, L., et al., *Use of a children questionnaire of health-related quality of life (KIDSCREEN) as a measure of needs for health care services*. J Adolesc Health, 2006. **38**(5): p. 511-8.
89. Ravens-Sieberer, U., U. Ellert, and M. Erhart, *[Health-Related Quality of Life of Children and Adolescents in Germany. Norm Data from the German Health Interview and Examination Survey (KiGGS)]*. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 2007. **50**(5-6): p. 810-8.
90. Ravens-Sieberer, U., et al., *Generic health-related quality-of-life assessment in children and adolescents: methodological considerations*. Pharmacoeconomics, 2006. **24**(12): p. 1199-220.
91. Eiser, C., et al., *Health-related quality-of-life measures for children*. Int J Cancer Suppl, 1999. **12**: p. 87-90.
92. DeMaso, D.R., et al., *Psychological functioning in children with cyanotic heart defects*. J Dev Behav Pediatr, 1990. **11**(6): p. 289-94.
93. DeMaso, D.R., et al., *Psychosocial factors and quality of life in children and adolescents with implantable cardioverter-defibrillators*. Am J Cardiol, 2004. **93**(5): p. 582-7.
94. DeMaso, D.R., et al., *Psychological functioning in children and adolescents undergoing radiofrequency catheter ablation*. Psychosomatics, 2000. **41**(2): p. 134-9.
95. Berra, S., et al., *Methods and representativeness of European surveys in children and adolescents: the KIDSCREEN study*. BMC Public Health, 2007. **7**(1): p. 182.
96. Ravens-Sieberer, U., et al., *The KIDSCREEN-27 quality of life measure for children and adolescents: psychometric results from a cross-cultural survey in 13 European countries*. Qual Life Res, 2007.
97. Robitail, S., et al., *Validation of the European proxy KIDSCREEN-52 pilot test health-related quality of life questionnaire: first results*. J Adolesc Health, 2006. **39**(4): p. 596 e1-10.
98. Robitail, S., et al., *Testing the structural and cross-cultural validity of the KIDSCREEN-27 quality of life questionnaire*. Qual Life Res, 2007.

99. Ravens-Sieberer, U., et al., *Quality of life in children and adolescents: a European public health perspective*. Soz Präventivmed, 2001. **46**(5): p. 294-302.
100. Bullinger, M., S. von Mackensen, and I. Kirchberger, *KINDL - Ein Fragebogen zur Erfassung der Lebensqualität bei Kindern*. Z Gesundheitspsychologie, 1994. **2**: p. 64-77.
101. Ware, J.E., Jr. and C.D. Sherbourne, *The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection*. Med Care, 1992. **30**(6): p. 473-83.
102. Tarlov, A.R., et al., *The Medical Outcomes Study. An application of methods for monitoring the results of medical care*. JAMA, 1989. **262**(7): p. 925-30.
103. Aaronson, N.K., et al., *International Quality of Life Assessment (IQOLA) Project*. Qual Life Res, 1992. **1**(5): p. 349-51.
104. Bullinger, M., *German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment*. Soc Sci Med, 1995. **41**(10): p. 1359-66.
105. Ware, J.E., Jr., et al., *The factor structure of the SF-36 Health Survey in 10 countries: results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment*. J Clin Epidemiol, 1998. **51**(11): p. 1159-65.
106. Bullinger, M., [Assessment of health related quality of life with the SF-36 Health Survey]. Rehabilitation (Stuttg), 1996. **35**(3): p. XVII-XXVII; quiz XXVII-XXIX.
107. Kobza, R., et al., *Radiofrequency ablation of accessory pathways. Contemporary success rates and complications in 323 patients*. Z Kardiol, 2005. **94**(3): p. 193-9.
108. Zrenner, B., et al., *Transvenous cryoablation versus radiofrequency ablation of the slow pathway for the treatment of atrioventricular nodal re-entrant tachycardia: a prospective randomized pilot study*. Eur Heart J, 2004. **25**(24): p. 2226-31.
109. Calkins, H., et al., *Catheter ablation of accessory pathways, atrioventricular nodal reentrant tachycardia, and the atrioventricular junction: final results of a prospective, multicenter clinical trial. The Atakr Multicenter Investigators Group*. Circulation, 1999. **99**(2): p. 262-70.
110. Kannankeril, P.J. and F.A. Fish, *Management of intra-atrial reentrant tachycardia*. Curr Opin Cardiol, 2005. **20**(2): p. 89-93.
111. Triedman, J.K., et al., *Intra-atrial reentrant tachycardia after palliation of congenital heart disease: characterization of multiple macroreentrant circuits using fluoroscopically based three-dimensional endocardial mapping*. J Cardiovasc Electrophysiol, 1997. **8**(3): p. 259-70.
112. Kalman, J.M., et al., *Ablation of 'incisional' reentrant atrial tachycardia complicating surgery for congenital heart disease. Use of entrainment to define a critical isthmus of conduction*. Circulation, 1996. **93**(3): p. 502-12.
113. Tanner, H., et al., *Irrigated-tip catheter ablation of intraatrial reentrant tachycardia in patients late after surgery of congenital heart disease*. Heart Rhythm, 2004. **1**(3): p. 268-75.
114. Dorostkar, P.C., J. Cheng, and M.M. Scheinman, *Electroanatomical mapping and ablation of the substrate supporting intraatrial reentrant tachycardia after palliation for complex congenital heart disease*. Pacing Clin Electrophysiol, 1998. **21**(9): p. 1810-9.
115. Ben-Haim, S.A., *Catheter navigation in modern electrophysiology*. J Cardiovasc Electrophysiol, 2000. **11**(11): p. 1193-5.
116. Gonzalez-Torrecilla, E., et al., [Non-fluoroscopic electroanatomical mapping (CARTO system) in the ablation of atrial tachycardias]. Rev Esp Cardiol, 2004. **57**(1): p. 37-44.

117. Borggrefe, M., et al., [*Catheter ablation in ventricular tachycardia*]. Herz, 1990. **15**(2): p. 103-10.
118. Gonska, B.D., et al., *Catheter ablation of ventricular tachycardia in 136 patients with coronary artery disease: results and long-term follow-up*. J Am Coll Cardiol, 1994. **24**(6): p. 1506-14.
119. Gonska, B.D., et al., *Radiofrequency catheter ablation of right ventricular tachycardia late after repair of congenital heart defects*. Circulation, 1996. **94**(8): p. 1902-8.
120. Verma, A., et al., *Short- and long-term success of substrate-based mapping and ablation of ventricular tachycardia in arrhythmogenic right ventricular dysplasia*. Circulation, 2005. **111**(24): p. 3209-16.
121. Dalal, D., et al., *Long-term efficacy of catheter ablation of ventricular tachycardia in patients with arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy*. J Am Coll Cardiol, 2007. **50**(5): p. 432-40.
122. Baksiene, D., et al., *Idiopathic ventricular tachycardia in children: curative therapy with radiofrequency ablation*. Medicina (Kaunas), 2007. **43**(10): p. 803-7.
123. Papez, A.L., et al., *Transcatheter cryotherapy for the treatment of supraventricular tachyarrhythmias in children: a single center experience*. J Interv Card Electrophysiol, 2006. **15**(3): p. 191-6.
124. Collins, K.K., et al., *Cryoablation versus radiofrequency ablation for treatment of pediatric atrioventricular nodal reentrant tachycardia: initial experience with 4-mm cryocatheter*. Heart Rhythm, 2006. **3**(5): p. 564-70.
125. Van Hare, G.F., et al., *Prospective assessment after pediatric cardiac ablation: recurrence at 1 year after initially successful ablation of supraventricular tachycardia*. Heart Rhythm, 2004. **1**(2): p. 188-96.
126. Collins, K.K., et al., *Cryoablation of accessory pathways in the coronary sinus in young patients: a multicenter study from the Pediatric and Congenital Electrophysiology Society's Working Group on Cryoablation*. J Cardiovasc Electrophysiol, 2007. **18**(6): p. 592-7.
127. Drago, F., et al., *Lengthier cryoablation and a bonus cryoapplication is associated with improved efficacy for cryothermal catheter ablation of supraventricular tachycardias in children*. J Interv Card Electrophysiol, 2006. **16**(3): p. 191-8.
128. Anne, W., et al., *Long-term symptomatic benefit after radiofrequency catheter ablation for atrial flutter despite a high incidence of post-procedural atrial fibrillation*. Acta Cardiol, 2006. **61**(1): p. 75-82.
129. Meissner, A., et al., *Quality of life and occurrence of atrial fibrillation in long-term follow-up of common type atrial flutter ablation: : Ablation with irrigated 5 mm tip and conventional 8 mm tip electrodes*. Clin Res Cardiol, 2007.
130. Bubien, R.S., et al., *Effect of radiofrequency catheter ablation on health-related quality of life and activities of daily living in patients with recurrent arrhythmias*. Circulation, 1996. **94**(7): p. 1585-91.
131. Garson, A., Jr. and R.J. Kanter, *Management of the child with Wolff-Parkinson-White syndrome and supraventricular tachycardia: model for cost effectiveness*. J Cardiovasc Electrophysiol, 1997. **8**(11): p. 1320-6.
132. Ravens-Sieberer, U., KINDL, www.kindl.org.

8. Abkürzungsverzeichnis

AET	Atrial ektope Tachykardien
AFib	Vorhofflimmern
AFI	Vorhofflattern
AP	Akzessorische Leitungsbahnen
ASD	Vorhofseptumdefekt
AV-Block	Atrioventrikulärer Block
AV-Knoten	Atrioventrikular-Knoten
AVNRT	AV-Knoten-Reentrytachykardien
AVRT	Atrioventrikuläre Reentrytachykardien
AVSD	Atrioventrikuläre Septumdefekte
CS	Koronarvenensinus
DGPK	Deutsche Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie
DL-Zeit	Durchleuchtungszeit
Dx	Diagnosen
EPU	Elektrophysiologische Untersuchung
HF	Herzfrequenz
HIS	His-Bündel
HK	Herzkatheteruntersuchung
HRA	Hoher rechter Vorhof
HRST	Herzrhythmusstörungen
IART	Intraatriale Reentrytachykardien
ITN	Intravenöse totale Narkose
JET	Junktional ektope Tachykardien
KHK	Koronare Herzkrankheit
KiGGS	Deutscher Kinder- und Jugendgesundheitssurvey
KINDL ^R	Revidierter KINDer Lebensqualitätsfragebogen
KMP	Kardiomyopathie
KOF	Körperoberfläche
KRYO	Kryoablation
kum. French	Kumulierende French
LAO	Links anteriore oblique Sicht

Abkürzungsverzeichnis

L-R-Shunt	Links-Rechts-Shunt
LSB	Linksschenkelblock
Mahaim	Mahaim-Bündel
MOS	Medical outcome study
n. s.	Nicht signifikant
OP	Operation
p	Signifikanz
PAPCA	Prospective Assessment after Pediatric Cardiac Ablation
PFO	Persistierendes Foramen ovale
PJRT	Permanent junctionale Reentrytachykardien
Pkt.	Punktionen
QoL	Lebensqualität
RAO	Rechts anteriore oblique Sicht
RFA	Hochfrequenzstromablation
RSB	Rechtsschenkelblock
RV	Rechter Ventrikel
RVA	Rechtsventrikulärer Apex
RVOT	Rechtsventrikuläre Ausflusstrakttachykardien
SF-36	36-item short form health survey
SK	Sinusknoten
SVT	Supraventrikuläre Tachykardien
TGA	Transposition der großen Arterien
TOF	Fallot'sche Tetralogie
TSP	Transseptale Punktion
VES	Ventrikuläre Extrasystolen
VFib	Kammerflimmern
VFI	Kammerflattern
VSD	Ventrikelseptumdefekt
VT	Ventrikuläre Tachykardien
WPW	Wolff-Parkinson-White-Syndrom
σ	Standardabweichung

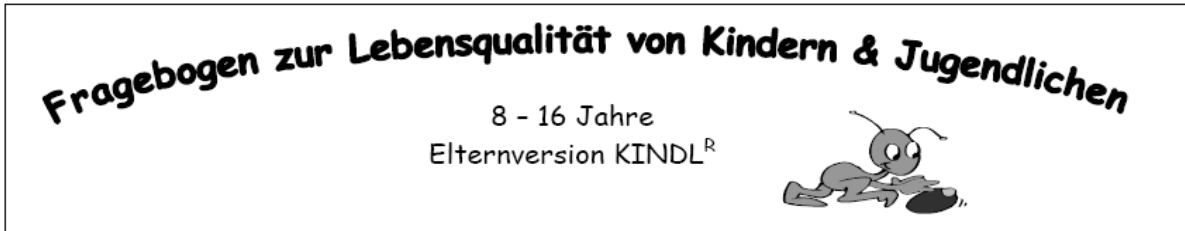
9. Anhang

Tabelle A: Normwerte der Herzfrequenz in den verschiedenen Altersstufen [8]

Alter	Frequenz / min (Mittelwert)
0 – 7 Tage	90 – 160 (125)
1 Woche – 1 Monat	100 – 175 (140)
1 – 6 Monate	110 – 180 (130)
6 Monate – 1 Jahr	100 – 180 (130)
1 – 5 Jahre	70 – 150 (110)
5 – 10 Jahre	65 – 140 (100)
10 – 15 Jahre	60 – 120 (90)
> 15 Jahre	60 – 100 (80)

Abbildung A: Version Kid-Kiddo-KINDL^R des KINDL^R-Fragebogens [132]

ID: _____




Sehr geehrte Mutter, sehr geehrter Vater,

vielen Dank, dass Sie sich bereit erklärt haben, die Fragebögen zum Wohlbefinden, zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität Ihres Kindes und einigen allgemeinen Fragen auszufüllen.

Bitte beachten Sie beim Beantworten der Fragen folgende Hinweise.

- ⇒ Lesen Sie bitte jede Frage der Fragebögen genau durch,
- ⇒ Überlegen Sie, wie Ihr Kind sich in der letzten Woche und in der Zeit vor der Untersuchung / Ablation gefühlt hat,
- ⇒ kreuzen Sie in jeder Zeile die Antwort an, die für Ihr Kind am besten zutrifft.

Ein Beispiel: 

In der letzten Woche ...	nie	selten	manch- mal	oft	immer
... hat mein Kind gut geschlafen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Mein Kind ist ein: Mädchen Junge

Alter des Kindes: _____ Jahre

Sie sind: Mutter Vater Sonstiges: _____

Ausfülldatum: ___ / ___ / ___ (Tag / Monat / Jahr)

Fragebogen A

1. Körperliches Wohlbefinden

<i>In der letzten Woche ...</i>	Nie	selten	manchmal	oft	immer
1. ... hatte mein Kind sich krank gefühlt					
2. ... hatte mein Kind Kopfschmerzen oder Bauchschmerzen					
3. ... war mein Kind müde und schlapp					
4. ... hatte mein Kind viel Kraft und Ausdauer					

2. Seelisches Wohlbefinden

<i>In der letzten Woche ...</i>	Nie	selten	manchmal	oft	immer
1. ... hatte mein Kind viel gelacht und Spaß gehabt					
2. ... hatte mein Kind zu nichts Lust					
3. ... hat mein Kind sich allein gefühlt					
4. ... hat mein Kind sich ängstlich oder unsicher gefühlt					

3. Selbstwert

<i>In der letzten Woche ...</i>	Nie	selten	manchmal	oft	immer
1. ... war mein Kind Stolz auf sich					
2. ... fühlte mein Kind sich wohl in seiner Haut					
3. ... mochte mein Kind sich selbst leiden					
4. ... hatte mein Kind viele gute Ideen					

4. Familie

<i>In der letzten Woche ...</i>	Nie	selten	manchmal	oft	immer
1. ... hat mein Kind sich gut mit uns als Eltern verstanden					
2. ... hat mein Kind sich zu Hause wohl gefühlt					
3. ... hatten wir schlimmen Streit					
4. ... fühlte mein Kind sich durch mich bevormundet					

5. Freunde

<i>In der letzten Woche ...</i>	Nie	selten	manch- mal	oft	immer
1. ... hat mein Kind etwas mit Freunden gemacht					
2. ... ist mein Kind bei anderen „gut angekommen“					
3. ... hat mein Kind sich gut mit seinen Freunden verstanden					
4. ... hatte mein Kind das Gefühl, dass es anders ist als die anderen					

6. Schule

<i>In der letzten Woche, in der mein Kind in der Schule war ...</i>	Nie	selten	manch- mal	oft	immer
1. ... hat mein Kind die Schulaufgaben gut geschafft					
2. ... hat meinem Kind der Unterricht Spaß gemacht					
3. ... hat mein Kind sich Sorgen um seine Zukunft gemacht					
4. ... hatte mein Kind Angst vor schlechten Schulnoten					

7. Ist Ihr Kind gerade im Krankenhaus oder hat es eine längere Krankheit?

Ja

beantworten Sie bitte die nächsten 6 Fragen

Nein

dann ist der Fragebogen nun zu Ende

<i>In der letzten Woche...</i>	Nie	selten	manch- mal	oft	immer
1. ... hatte mein Kind Angst, die Erkrankung könnte schlimmer werden					
2. ... war mein Kind wegen der Erkrankung traurig					
3. ... kam mein Kind mit der Erkrankung gut zurecht					
4. ... habe ich mein Kind wegen der Erkrankung so behandelt, als ob es ein kleines Kind wäre					
5. ... wollte mein Kind, dass keiner etwas von der Erkrankung erfährt					
6. ... hat mein Kind wegen der Erkrankung in der Schule etwas verpasst					

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Fragebogen B

8. Körperliches Wohlbefinden

<i>In der letzten Woche vor der Untersuchung / Ablation ...</i>	Nie	selten	manch- mal	oft	immer
1. ... hatte mein Kind sich krank gefühlt					
2. ... hatte mein Kind Kopfschmerzen oder Bauchschmerzen					
3. ... war mein Kind müde und schlapp					
4. ... hatte mein Kind viel Kraft und Ausdauer					

9. Seelisches Wohlbefinden

<i>In der letzten Woche vor der Untersuchung / Ablation ...</i>	Nie	selten	manch- mal	oft	immer
1. ... hatte mein Kind viel gelacht und Spaß gehabt					
2. ... hatte mein Kind zu nichts Lust					
3. ... hat mein Kind sich allein gefühlt					
4. ... hat mein Kind sich ängstlich oder unsicher gefühlt					

10. Selbstwert

<i>In der letzten Woche vor der Untersuchung / Ablation ...</i>	Nie	selten	manch- mal	oft	immer
1. ... war mein Kind Stolz auf sich					
2. ... fühlte mein Kind sich wohl in seiner Haut					
3. ... mochte mein Kind sich selbst leiden					
4. ... hatte mein Kind viele gute Ideen					

11. Familie

<i>In der letzten Woche vor der Untersuchung / Ablation ...</i>	Nie	selten	manch- mal	oft	immer
1. ... hat mein Kind sich gut mit uns als Eltern verstanden					
2. ... hat mein Kind sich zu Hause wohl gefühlt					
3. ... hatten wir schlimmen Streit					
4. ... fühlte mein Kind sich durch mich bevormundet					

12. Freunde

<i>In der letzten Woche vor der Untersuchung / Ablation ...</i>	Nie	selten	manchmal	oft	immer
1. ... hat mein Kind etwas mit Freunden gemacht					
2. ... ist mein Kind bei anderen „gut angekommen“					
3. ... hat mein Kind sich gut mit seinen Freunden verstanden					
4. ... hatte mein Kind das Gefühl, dass es anders ist als die anderen					

13. Schule

<i>In der letzten Woche vor der Untersuchung / Ablation, in der mein Kind in der Schule war ...</i>	Nie	selten	manchmal	oft	immer
1. ... hat mein Kind die Schulaufgaben gut geschafft					
2. ... hat meinem Kind der Unterricht Spaß gemacht					
3. ... hat mein Kind sich Sorgen um seine Zukunft gemacht					
4. ... hatte mein Kind Angst vor schlechten Schulnoten					

14. Wie fühlte sich Ihr Kind vor der Untersuchung?

<i>In der Zeit vor der Untersuchung / Ablation ...</i>	Nie	selten	manchmal	oft	immer
1. ... hatte mein Kind Angst, die Erkrankung könnte schlimmer werden					
2. ... war mein Kind wegen der Erkrankung traurig					
3. ... kam mein Kind mit der Erkrankung gut zurecht					
4. ... habe ich mein Kind wegen der Erkrankung so behandelt, als ob es ein kleines Kind wäre					
5. ... wollte mein Kind, dass keiner etwas von der Erkrankung erfährt					
6. ... hat mein Kind wegen der Erkrankung in der Schule etwas verpasst					

Abbildung B: SF-36 deutsche Version nach M. Bullinger [106]

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

Ausgezeichnet.....	1
Sehr gut.....	2
Gut.....	3
Weniger Gut.....	4
Schlecht.....	5

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

Derzeit viel besser als vor einem Jahr.....	1
Derzeit etwas besser als vor einem Jahr.....	2
Etwa so wie vor einem Jahr.....	3
Derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr....	4
Derzeit viel schlechter als vor einem Jahr.....	5

3. Im Folgenden sind Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt?

Tätigkeiten	Ja	Etwas	Nein
a) anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, Sport	1	2	3
b) mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, Staub saugen, kegeln	1	2	3
c) Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
d) mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
e) einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
f) sich beugen, knien, bücken	1	2	3

g) mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
h) mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
i) eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
j) sich baden oder anziehen	1	2	3

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit / alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

Schwierigkeiten	Ja	Nein
a. Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b. Ich habe weniger geschafft, als ich wollte	1	2
c. Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
d. Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung (z.B. ich musste mich besonders anstrengen)	1	2

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme Schwierigkeiten bei der Arbeit / alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

Schwierigkeiten	Ja	Nein
a) Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
b) Ich habe weniger geschafft, als ich wollte	1	2
c) Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten	1	2

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?

- Überhaupt nicht..... 1
- Etwas..... 2
- Mäßig..... 3
- Ziemlich..... 4
- Sehr..... 5

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?

- Ich hatte keine Schmerzen..... 1
- Sehr leicht..... 2
- Leicht..... 3
- Mäßig..... 4
- Stark..... 5
- Sehr stark..... 6

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?

- Überhaupt nicht..... 1
- Etwas..... 2
- Mäßig..... 3
- Ziemlich..... 4
- Sehr..... 5

9. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen ...

Befinden	Immer	Meist	Ziemlich	Manchmal	Selten	Nie
a) voller Schwung?	1	2	3	4	5	6

b) sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
c) niedergeschlagen?	1	2	3	4	5	6
d) ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
e) voller Energie?	1	2	3	4	5	6
f) entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
g) erschöpft?	1	2	3	4	5	6
h) glücklich?	1	2	3	4	5	6
i) müde?	1	2	3	4	5	6

10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit / seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen beeinträchtigt?

- Immer..... 1
- Meistens..... 2
- Manchmal..... 3
- Selten..... 4
- Nie..... 5

11. Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?

Aussagen	Trifft ganz zu	Trifft weitg. zu	Weiß nicht	Trifft nicht zu	Trifft nicht zu
a) werde leichter krank als andere	1	2	3	4	5
b) bin genau so gesund wie andere	1	2	3	4	5
c) erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt	1	2	3	4	5
d) erfreue mich bester Gesundheit	1	2	3	4	5

Tabelle B: Untersuchungsdaten beider Altersgruppen mit Mittelwert (MW), Median (M), Minimal- und Maximalwerten (Min, Max) und Standardabweichung (σ).

		Dauer	DL-Zeit	Pkt.	kum. French	Testläs.	Läsionen
Kinder	MW	294,6	30	4,8	27,5	0,5	7,4
	M	285	23,2	5	29	0	5
	Min	145	3,3	1	6	0	1
	Max	520	83,2	7	41	8	37
	σ	99,2	20,1	1	5,8	1,5	7,9
Erwachsene	MW	339,5	37,3	4,6	28,1	0,6	9,8
	M	277	33,1	5	30	0	8
	Min	110	5,4	2	13	0	1
	Max	720	99,1	7	40	4	29
	σ	157,3	23,1	1,3	7,5	1	7,3
Insgesamt	MW	313,4	33,1	4,7	27,7	0,5	8,4
	M	284	28,4	5	29	0	6
	Min	110	3,3	1	6	0	1
	Max	720	99,1	7	41	8	37
	σ	128,2	21,6	1,2	6,6	1,3	7,7

(Dauer = Untersuchungsdauer, DL-Zeit = Durchleuchtungszeit, Pkt. = Punktionsstellen, kum. French = kumulative French; Testläs. = Testläsionen (< 9 sec), Läsionen (> 9sec))

Tabelle C: Untersuchungsdaten in den Gruppen mit und ohne Herzfehler mit Mittelwert (MW), Median (M), Minimal- und Maximalwerten (Min, Max) und Standardabweichung (σ).

Herzfehler		Dauer	DL-Zeit	Pkt.	kum. French	Testläs.	Läsionen
Ja	MW	365,1	38	4,4	26,6	0,6	9,6
	M	300	34	5	29	0	6,5
	Min	150	4,4	1	6	0	1
	Max	720	99,1	7	40	4	35
	σ	165,9	25,1	1,4	7,7	1,1	7,9
Nein	MW	284,7	30,3	4,9	28,3	0,5	7,8
	M	270	24,7	5	30	0	5
	Min	110	3,3	2	13	0	1
	Max	520	82,4	7	41	8	37
	σ	90,5	19	1	5,8	1,4	7,6
Insgesamt	MW	313,4	33,1	4,7	27,7	0,5	8,4
	M	284	28,4	5	29	0	6
	Min	110	3,3	1	6	0	1
	Max	720	99,1	7	41	8	37
	σ	128,2	21,6	1,2	6,6	1,3	7,7

(Abkürzungen siehe Tabelle B)

Tabelle D: Untersuchungsdaten im Vergleich beider Ablationsarten mit Mittelwert (MW), Median (M), Minimal- und Maximalwerten (Min, Max) und Standardabweichung (σ).

Ablationsart		Dauer	DL-Zeit	Pkt.	kum. French	Testläs.	Läsionen
RFA	MW	326,1	35	4,6	27,5	0,5	8,8
	M	300	29,1	5	29,5	0	6
	Min	110	3,3	1	6	0	1
	Max	720	99,1	7	41	6	37
	σ	130,8	21,7	1,2	6,8	1,1	7,8
KRYO	MW	233,3	16,2	5	29,2	1,6	3,2
	M	207,5	8,7	5	30	0	3
	Min	165	4,4	4	21	0	1
	Max	520	60	7	38	8	9
	σ	95,5	17,8	1	5,3	2,6	2,3
Insgesamt	MW	313,4	33,1	4,7	27,7	0,5	8,4
	M	284	28,4	5	29	0	6
	Min	110	3,3	1	6	0	1
	Max	720	99,1	7	41	8	37
	σ	128,2	21,6	1,2	6,6	1,3	7,7

(Abkürzungen siehe Tabelle B)

Abbildung C-E: Auswertung des KINDL^R-Fragebogens

Darstellungen der absoluten Lebensqualitätsverbesserung der einzelnen Lebensqualitätsbereiche im Boxplot. Die Werte wurden jeweils durch Differenz der Lebensqualitätspunkte vor und nach der Ablation ermittelt. Angegeben werden jeweils der Median mit dem oberen und unteren Quartil, den Minimal- und Maximalwerten, den Ausreißern (o) und Extremwerten (*).

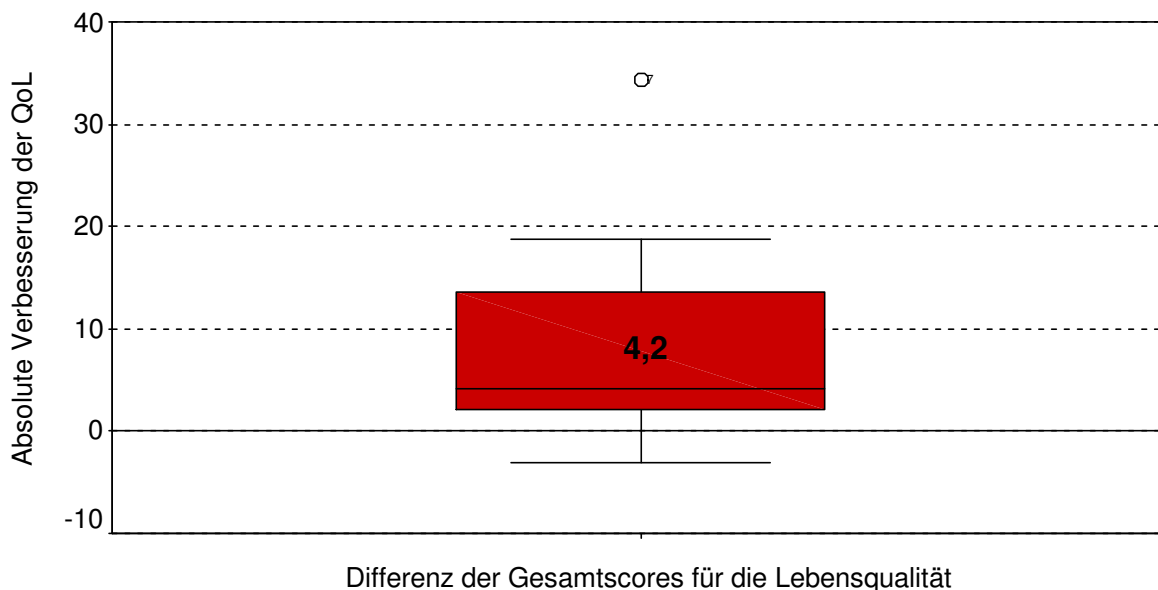


Abb. C: Absolute Verbesserung der Gesamtlebensqualität

(Darstellung des Median, oberes und unteres Quartil sowie die Minimal- und Maximalwerte)

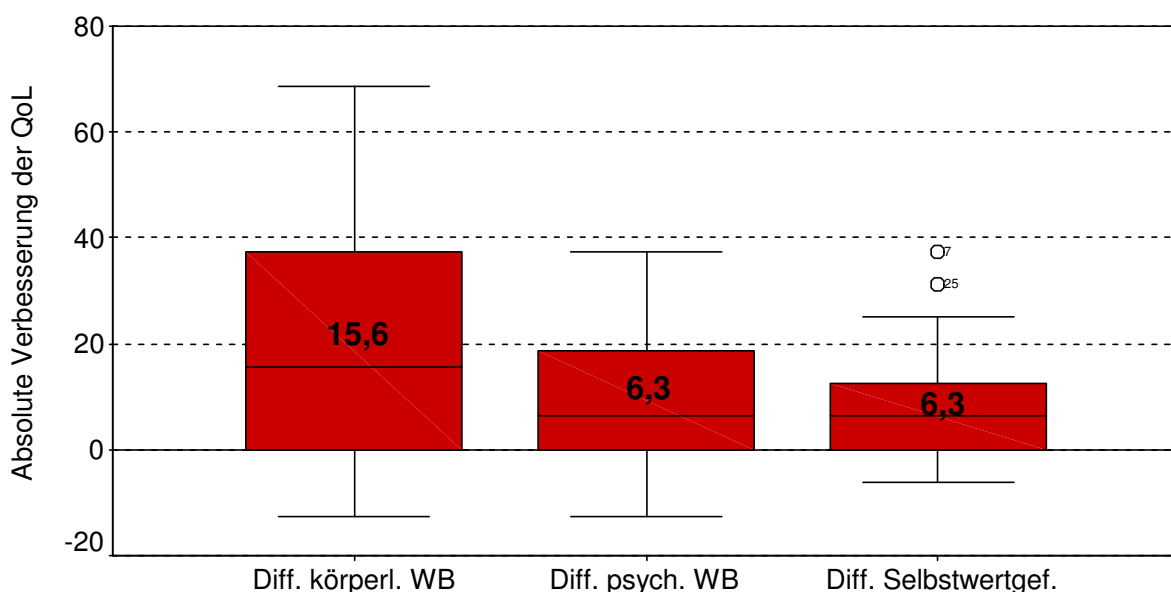


Abb. D: Absolute Verbesserung der Lebensqualität in den Bereichen körperliches Wohlbefinden, psychisches Wohlbefinden und Selbstwertgefühl

(Darstellung des Median, oberes und unteres Quartil, Ausläufer sowie Ausreißer (o) und Extremwerte (*))

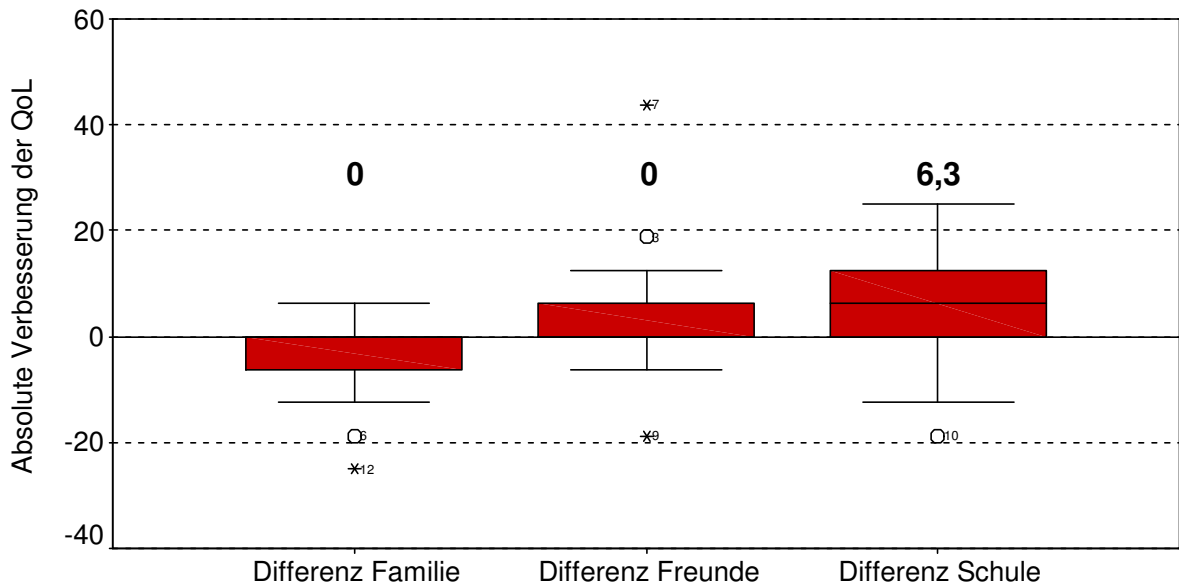


Abb. E: Absolute Verbesserung der QoL in den Bereichen Familie, Schule und Freunde
(Darstellung wie in Abbildung D erläutert)

Abbildung F-H: Auswertung des SF-36.

Darstellungen der absoluten Lebensqualitätsverbesserung der einzelnen Lebensqualitätsbereiche im Boxplot. Die Werte wurden jeweils durch Differenz der Lebensqualitätspunkte vor und nach der Ablation ermittelt. Angegeben werden jeweils der Median mit dem oberen und unteren Quartil, den Minimal- und Maximalwerten, den Ausreißern (o) und Extremwerten (*).

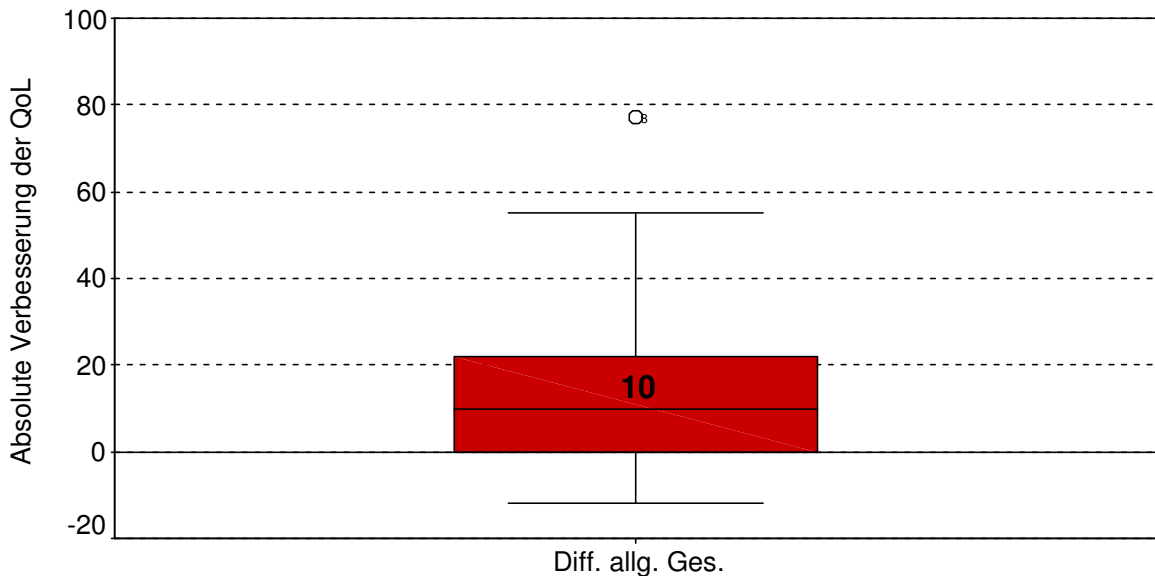


Abb. F: Absolute Verbesserung der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung
(Darstellung wie in Abbildung D erläutert)

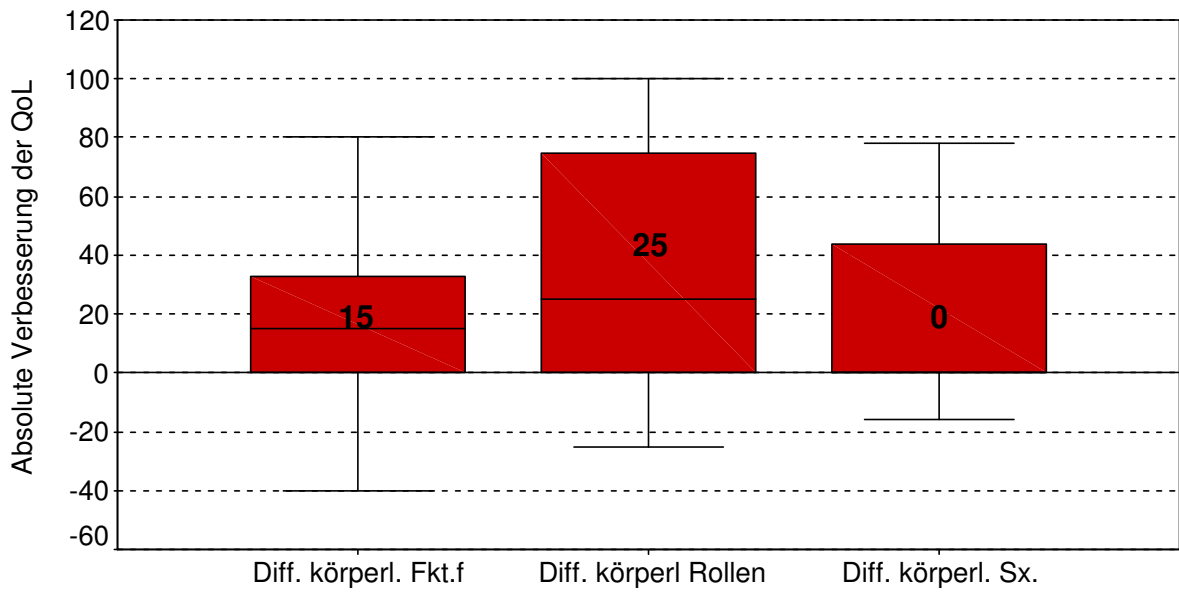


Abb. G: Absolute Verbesserung der QoL in den Bereichen körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Rollenfunktion und körperliche Schmerzen
(Darstellung wie in Abbildung D erläutert)

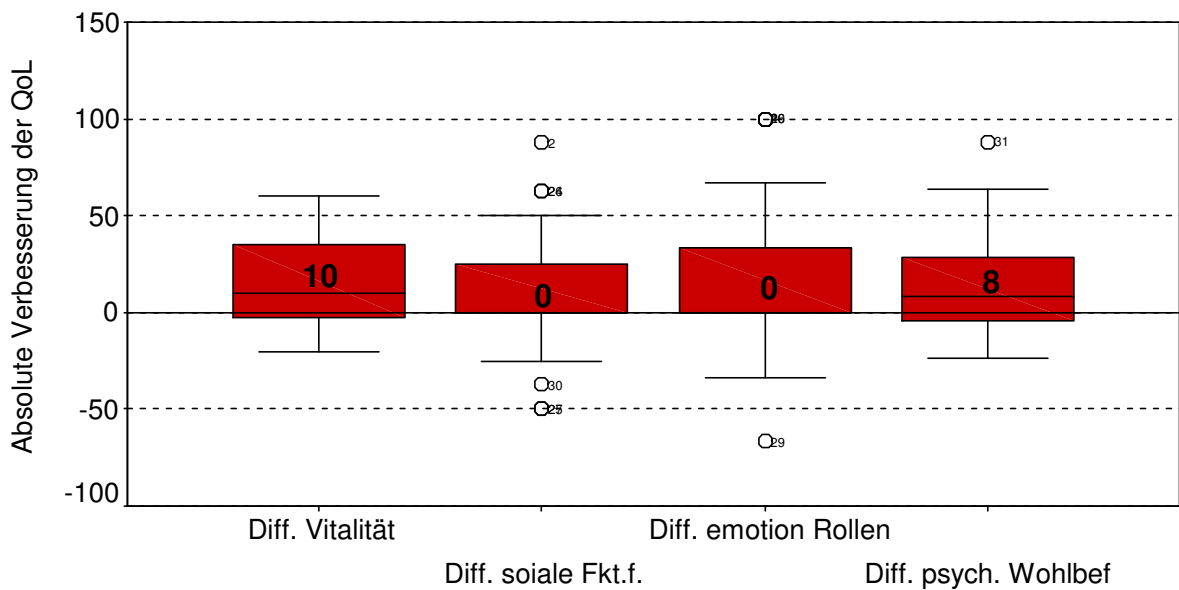


Abb. H: Absolute Verbesserung der QoL in den Bereichen Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion sowie psychisches Wohlbefinden
(Darstellung wie in Abbildung D erläutert)

Tabelle E: Normdaten zur QoL deutscher Kinder und Jugendlichen von Dr. U. Ravens-Sieberer [89]. Die Daten der Lebensqualitätsbereiche wurden auf 100 maximale Punkte normiert. Angabe der Mittelwerte in der Vergleichsgruppe und den Gruppen dieser Studie vor und nach Ablation

	Total	Körper	Psyche	Selbstwert	Familie	Freunde	Schule
Vergleichsgruppe gesunde Bev.	76,9	77,2	80,9	69,7	78,3	78,0	77,0
QoL vor Ablation	70,3	57,4	70,9	59,8	85,3	74,5	70,8
QoL nach Ablation	75,8	76,8	78,8	70,1	83,3	73,6	73,6

10. Danksagung

Herzlich danken möchte ich an erster Stelle Herrn Prof. Dr. F. Berger für seine freundliche Unterstützung, außerdem Herrn Dr. J. C. Will, Oberarzt der Kinderkardiologie im Virchow Klinikum, der mich während der gesamten Arbeit gut betreut und beraten hat. Er beantwortete geduldig alle meine Fragen und hatte immer hilfreiche Vorschläge für mich parat.

Mein Dank gilt auch dem Team der Kinderkardiologie für die Unterstützung bei der Datensammlung.

Im Besonderen möchte ich ganz herzlich meiner Familie danken, vor allem meinen Eltern, Dr. Claus und Dr. Beate Schmeltzer, welche mich in meinem ganzen Studium unterstützt und vor allem immer motiviert haben. Ohne sie wäre ich nicht da, wo ich jetzt bin. Ich danke auch meinem Bruder Christian Schmeltzer für seine Hilfe bei der Korrektur dieser Arbeit.

Last but not least danke ich ganz besonders Mirko Krumpe, der bis zu letzt jede Formulierung in Frage gestellt und dieser Arbeit den letzten Schliff gegeben hat. Auch ohne medizinisches Fachwissen, hat er sich in die Thematik versetzt und inhaltliche Unstimmigkeiten aufgedeckt. Danke für Deine stete Motivation und tatkräftige Unterstützung!

11. Lebenslauf

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

Berlin, den 08.09.2008

Susanne Schmeltzer

12. Erklärung

„Ich, Susanne Schmelzer, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Ergebnisse der Katheterablation tachykarder Herzrhythmusstörungen bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen unter besonderer Betrachtung der Lebensqualität“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Unterschrift

