

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Klinik für Herz- und Kreislauferkrankungen und Klinik für Kinderkardiologie und angeborene Herzfehler des Deutschen Herzzentrums München

**Elektrophysiologische Untersuchungen und Katheterablationen
supraventrikulärer Tachykardien bei Kindern und Jugendlichen ohne
strukturelle Herzerkrankung:
11 Jahre Erfahrung eines tertiären Zentrums (1996 bis 2006)**

Felix Gußmann

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Medizin genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. G. Hessling
2. Univ.-Prof. Dr. R. M. Oberhoffer

Die Dissertation wurde am 12.01.2010 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 24.03.2010 angenommen.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung

1.1	Supraventrikuläre Tachykardien im Kindesalter.....	1
1.2	Die elektrophysiologische Untersuchung mit Katheterablation im Kindesalter.....	7
1.3	Ziel der Arbeit.....	9

2 Patienten und Methoden

2.1	Patienten.....	11
2.1.1	Datenerfassung und Auswertung.....	11
2.1.2	Struktur des Patientenkollektivs.....	12
2.2	Elektrophysiologische Untersuchung.....	16
2.2.1	Ablauf der elektrophysiologischen Untersuchung.....	16
2.2.2	Elektrophysiologische Untersuchung und Katheterablation bei speziellen Tachykardieformen.....	21

3 Ergebnisse

3.1	Gesamtkollektiv.....	28
3.2	Patienten mit atrioventrikulärer Reentry- Tachykardie (AVRT).....	31
3.2.1	Überblick.....	31
3.2.2	Erste EPU.....	32
3.2.3	Zweite EPU.....	40
3.2.4	Dritte und weitere EPU.....	44
3.2.5	Komplikationen.....	44
3.2.6	Vergleich Früh – und Spätphase.....	45
3.3	Patienten mit AV-nodaler Reentry- Tachykardie (AVNRT).....	47
3.3.1	Überblick.....	47
3.3.2	Erste EPU.....	48
3.3.3	Weitere EPU.....	51
3.3.4	Vergleich Frühphase und Spätphase, Ablation und Modulation, Radiofrequenzstrom und Cryothermie.....	53

3.4	Patienten mit fokaler atrialer Tachykardie (FAT).....	55
3.4.1	Überblick.....	55
3.4.2	EPU.....	55
3.5	Patienten mit typischem Vorhofflattern.....	59
3.5.1	Überblick.....	59
3.5.2	EPU.....	59
3.6	Patienten mit mehreren Herzrhythmusstörungen.....	62
3.6.1	Überblick.....	62
3.6.2	EPU/ Komplikationen.....	62
4	Diskussion.....	66
5	Zusammenfassung.....	77
6	Literatur /Abbildungsverzeichnis.....	79
7	Danksagung.....	96

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AH-Zeit	Atrium- His-Bündel-Zeit
ART	Antidrome Reentry- Tachykardie
AVNRT	AV- Nodale Reentry-Tachykardie
AVRT	Atrioventrikuläre Reentry- Tachykardie
CS	Coronary Sinus/ Koronarsinus
DHM	Deutsches Herzzentrum München
EAT	Ektopie Atriale Tachykardie
EF	Ejection Fraction/ Ejektionsfraktion
EKG	Elektrokardiogramm/ Elektrokardiographie
EPU	Elektrophysiologische Untersuchung
F	French
FAT	Fokale Atriale Tachykardie
HRA	Hohes Rechtes Atrium
HV-Zeit	His-Bündel- Ventrikel-Zeit
IVC	Inferiore Vena Cava
LA	Linkes Atrium
LAA	Left Atrial Appendage/ Linkes Herzohr
LAO	Left Anterior Oblique/ Vordere Linke Schrägaufnahme
MAT	Multifokale Atriale Tachykardie
NASPE	North American Society Of Pacing And Electrophysiology
n.s.	nicht signifikant
ORT	Orthodrome Reentry- Tachykardie
PJRT	Permanente Junktionale Reentry- Tachykardie
Pt	Patient
RA	Rechtes Atrium
RAO	Right Anterior Oblique/ Vordere Rechte Schrägaufnahme
RSPV	Right Superior Pulmonary Vein/ Rechte obere Pulmonalvene
RVA	Rechtsventrikulärer Apex
SD	Standard Deviation/ Standardabweichung
SKEZ	Sinusknotenerholungszeit
SVC	superiore Vena Cava
SVT	Supraventrikuläre Tachykardie
TK	Trikuspidalklappe
VT	Ventrikuläre Tachykardie
WPW	Wolff-Parkinson-White

1 EINLEITUNG

1.1 Supraventrikuläre Tachykardien im Kindesalter

Herzrhythmusstörungen im Kindesalter werden zwar nach derselben Nomenklatur wie im Erwachsenenalter eingeteilt, unterscheiden sich aber bezüglich ihrer Ätiologie, Häufigkeit und klinischen Wertigkeit. Während im Erwachsenenalter Vorhofflimmern und ventrikuläre Tachykardien bei koronarer Herzerkrankung im Mittelpunkt des klinischen Interesses stehen, sind es im Kindes- und Jugendalter vor allem supraventrikuläre Tachykardien (SVT) bei ansonsten strukturell unauffälligem Herz, die einer Diagnostik und häufig auch Therapie bedürfen. Die Mehrzahl dieser Rhythmusstörungen ist mittlerweile einer potentiell kurativen Katheterablationstherapie zugänglich.

Die häufigsten supraventrikulären Tachykardien im Kindes- und Jugendalter sind die atrioventrikulären Reentry-Tachykardien aufgrund einer akzessorischen Leitungsbahn (ca. 50% aller SVT) und die AV- nodale Reentry-Tachykardie (20-30% aller SVT). Tachykardien aufgrund eines ektopen Reizbildungszentrums im Vorhof (sog. fokale atriale Tachykardien) sind mit ca. 10-15% aller SVT selten [44].

Im Folgenden sollen die im Kindesalter wichtigsten Tachykardieformen kurz vorgestellt werden.

Atrioventrikuläre Reentry-Tachykardie

Die *Atrioventrikuläre Reentry-Tachykardie* (AVRT) wird als Oberbegriff für alle Reentry-Tachykardien verwendet, bei denen eine akzessorische Leitungsbahn (außerhalb des AV-Knotens gelegene muskuläre Verbindung zwischen Vorhof- und Kammermyokard) Teil eines Reentry- Kreises ist.

Ist die akzessorische Bahn auch im Sinusrhythmus vom Vorhof auf die Kammer leitungsfähig, zeigt sich im EKG die klassische Präexzitation vom WPW-Typ mit der typischen Deltawelle (Abbildung 1.1A). In Verbindung mit atrioventrikulären Reentry-Tachykardien spricht man vom *Wolff-Parkinson-White-Syndrom*. Ist die akzessorische Leitungsbahn nur retrograd während der Tachykardie von Kammer auf Vorhof leitungsfähig, handelt es sich um eine „verborgene“ Bahn, die im Sinusrhythmus im EKG nicht sichtbar ist.

Man unterscheidet zwei Formen der atrioventrikulären Reentry-Tachykardie: die schmalkomplexige *orthodrome Reentrytachykardie* (ORT) mit antegrader Leitung vom

Vorhof zur Kammer über den AV-Knoten bzw. retrograder Leitung von der Kammer zum Vorhof über die akzessorische Bahn (Abbildung 1.1B) und die breitkomplexige *antidrome Reentry-Tachykardie* (ART), bei der die antegrade Leitung vom Vorhof auf den Ventrikel über die akzessorische Bahn, die Rückleitung über den AV-Knoten erfolgt. Letztere tritt klinisch selten auf, da der AV-Knoten in aller Regel antegrad länger leitungsfähig ist als die akzessorische Bahn (Abbildung 1.1C).

Zwei Sonderformen von akzessorischen Leitungsbahnen sind die *Mahaim-Bahn* und Leitungsbahnen bei *permanenter junctionaler Reentry-Tachykardie*. Diese Bahnen zeigen dekrementale d.h. frequenzabhängige Leitungseigenschaften ähnlich denen des AV-Knotens. Bei der *Mahaim-Bahn* handelt es sich um eine meist nur antegrad dekremental leitungsfähige akzessorische Bahn vom rechten Vorhof mit Insertion häufig im Bereich des rechtsseitigen Tawaraschenkels. Im EKG zeigt sich im Sinusrhythmus eine normale PQ-Zeit ggf. mit Linksschenkelblockbild. Die zugehörige Tachykardie ist antidrom, d.h. mit Leitung der Erregung antegrad über die akzessorische Bahn und Rückleitung über den AV-Knoten. Bei der *permanenten junctionalen Reentry-Tachykardie* (PJRT) handelt es sich um eine Sonderform einer orthodromen Reentry-Tachykardie aufgrund einer nur retrograd leitungsfähigen Bahn, die eine langsame Leitung mit dekrementalen Leitungseigenschaften zeigt. Klinisch ist die Tachykardie meist anhaltend, vom Frequenzniveau deutlich niedriger als die klassische ORT und führt häufig (da länger toleriert oder unentdeckt) zu Herzinsuffizienz.

Die AVRT tritt typischerweise im Kindes- und Jugendalter bei ansonsten herzgesunden Kindern mit Häufigkeitssgipfeln im 1. Lebensjahr, im Alter von 6-10 Jahren und 15-18 Jahren auf [78]. Im 1. -2. Lebensjahr kommt es in bis zu ca. 60-70% der Fälle zu einer spontanen Resolution der AVRT oder der Präexzitation, die aber im späteren Leben in bis zu 20% wieder auftreten kann. Persistiert die Tachykardieneigung jenseits des 3.- 4. Lebensjahres, ist nicht mehr von einer Spontanregression der akzessorischen Bahn auszugehen [78]. Bei Kindern und Jugendlichen mit WPW-Syndrom besteht bei im Sinusrhythmus schnell antegrad leitender Bahn und gleichzeitigem Auftreten von Vorhofflimmern ein Risiko von Synkopen oder plötzlichem Herztod [12].

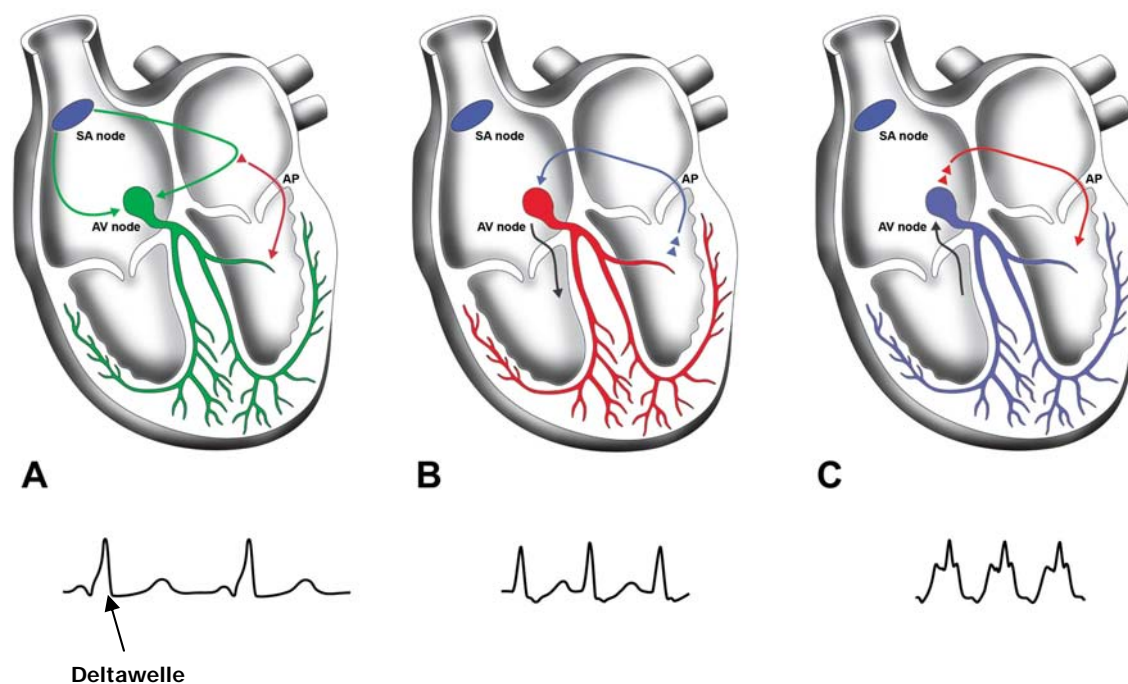


Abb. 1.1 A Sinusrhythmus mit Präexzitation vom WPW-Typ

Antegrade Überleitung (von den Vorhöfen zu den Ventrikeln) über AV-Knoten (grün) **und** die akzessorische Leitungsbahn (rot). Wegen der schnelleren Überleitung über die akzessorische Bahn wird ein Teil des Ventrikelmuskels früher depolarisiert, was sich als **Deltawelle** im Oberflächen-EKG zeigt. Bei nur retrograd leitungsfähiger akzessorischer Bahn tritt sie nicht auf.

B Orthodrome Reentry-Tachykardie (ORT, schmalkomplexig)

Atrioventrikuläre orthodrome Reentry-Tachykardie aufgrund einer akzessorischen Leitungsbahn. Die Erregung während der Tachykardie wird antegrad vom Vorhof auf die Kammer nur über den AV-Knoten (rot) geleitet (die antegrade Überleitung über die akzessorische Bahn ist wegen ihrer längeren Refraktärzeit blockiert), retrograd von der Kammer auf den Vorhof über die akzessorische Leitungsbahn (blau).

C Antidrome Reentry-Tachykardie (ART, breitkomplexig)

Atrioventrikuläre antidrome Reentry-Tachykardie aufgrund einer akzessorischen Leitungsbahn (In diesem Fall hat der AV-Knoten eine kürzere Refraktärzeit als die akzessorische Bahn). Die Erregung während der Tachykardie wird antegrad vom Vorhof auf die Kammer über die akzessorische Leitungsbahn (rot), retrograd von der Kammer auf den Vorhof über den AV-Knoten geleitet.

AV-nodale Reentry-Tachykardie

Korrelat der *AV-nodalen Reentry-Tachykardie* (AVNRT) sind zwei funktionell unterschiedliche Leitungswege im Bereich des AV-Knotens („duales AV-Knoten-Leitungsmuster), der sog. schnelle („fast“) und langsame („slow“) Leitungsweg. Sung et al. konnten als erste demonstrieren, dass die beiden Leitungswege auch eine anatomisch unterschiedlich atriale Insertion zeigten [92]. Während der fast pathway anteroseptal zum

His- Bündel hin verläuft, ist der slow pathway in der Region des Ostiums des Sinus coronarius posteroseptal im rechten Vorhof lokalisiert. Die häufigste Form ist die „*slow-fast*“-AVNRT mit antegrader Leitung über den slow pathway und retrograder Leitung über den fast pathway (Abbildung 1.2). Bei der selten vorkommenden „*fast-slow*“-AVNRT erfolgt die antegrade Leitung über den fast pathway und die retrograde Leitung über den slow pathway. Vereinzelt gibt es auch mehr als zwei Leitungswege, meist zwei slow pathways und einen fast pathway. Der Reentrykreis verläuft in diesem Fall über die slow pathways („*slow-slow*“-AVNRT). Klinisch liegt im Kindes- und Jugendalter das Frequenzniveau der AVNRT häufig niedriger als bei einer ORT, die AVNRT wird in der Regel gut toleriert und ist nicht mit dem Risiko eines plötzlichen Herztodes verbunden [13]. Die AVNRT tritt selten vor dem Alter von 4-5 Jahren auf; ihre Inzidenz nimmt mit steigendem Lebensalter zu [20, 41, 54].

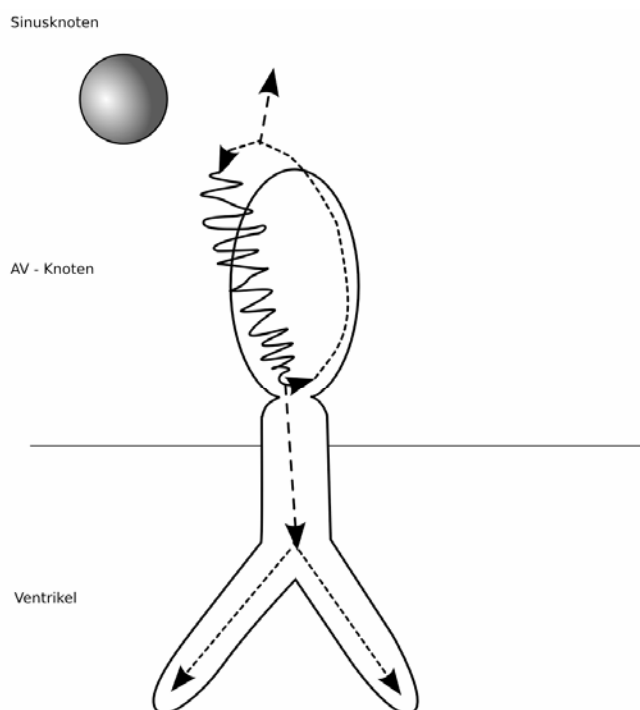


Abb. 1.2 AV-nodale Reentry-Tachykardie. Hier läuft der Reentry-Kreis über 2 Leitungsbahnen im Bereich des AV-Knotens, antegrad über den „slow“ pathway, retrograd über den „fast“ pathway (entspricht der „typischen“ slow-fast-AVNRT).

Fokale atriale Tachykardie

Ektope oder *fokale atriale Tachykardien* (EAT/ FAT) entstehen aufgrund einer abnormalen Automatizität eines Fokus im Atrium oder Bereich des AV-Knotens (Abbildung 1.3). Der Fokus unterliegt vegetativen Einflüssen, d.h. es gibt große tageszeit- und aktivitätsabhängige Schwankungen der Tachykardiefrequenz. Die FAT ist für 4-8 % aller SVT- Fälle im Kindesalter verantwortlich [40] und tritt meist bei herzgesunden Kindern ohne eindeutige Alterspräferenz auf. Häufige oder anhaltende Episoden können zu ventrikulärer Dysfunktion und klinischen Zeichen der Herzinsuffizienz führen. Die Spontanregression der FAT ist beschrieben und erfolgt am häufigsten bei Kindern unter 3 Jahren [69].

Die *multifokale* („chaotische“) *atriale Tachykardie* (MAT) mit mindestens 3 verschiedenen P-Wellenmorphologien im Oberflächen-EKG und variierenden PR-Intervallen ist ebenfalls selten. Die atrialen Frequenzen können zwischen 100-300/min variieren. Die MAT tritt v.a. im 1. Lebensjahr und in über 50% bei strukturellen Herzerkrankungen auf [28]. Sie führt seltener als die FAT zu einer ventrikulären Dysfunktion.

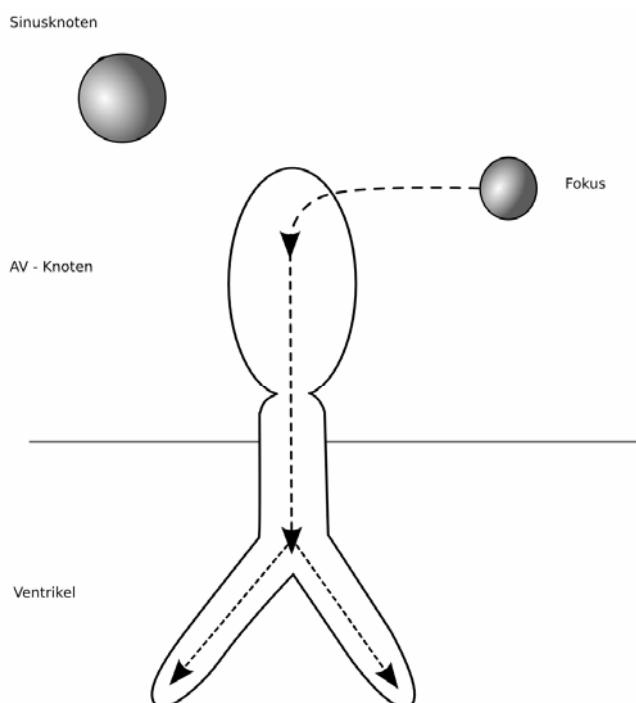


Abb. 1.3 Fokale atriale Tachykardie aufgrund eines ektopen Reizbildungszentrums im Vorhof. Der AV-Knoten ist hier nicht unmittelbar an der Tachykardie beteiligt, sondern leitet nur die Erregung auf die Kammern über.

Typisches Vorhofflattern

Typisches Vorhofflattern beruht auf einer kreisenden Erregung (sog. Makro-Reentry) im rechten Vorhof, die im Bezug zu anatomischen Strukturen wie der Mündung der Hohlvenen steht und eine sog. „Zone der langsamen Leitung“ im Bereich des cavo-trikuspidalen Isthmus einschließt (Abbildung 1.4). Im klassischen Fall (ca. 80%) kreist die Erregung im Gegenuhrzeigersinn um die Trikuspidalklappe („counterclockwise“), sonst (ca. 20%) im Uhrzeigersinn („clockwise“) [44]. Typisches Vorhofflattern kann bereits intrauterin oder beim Neugeborenen auftreten. Wegen der geringen Rezidivrate ist in diesem Alter die transösophageale Überstimulation oder externe Kardioversion die Therapie der Wahl [36]. Typisches Vorhofflattern tritt dann typischerweise erst wieder ab dem Jugendlichenalter auf, wobei die Rezidivrate deutlich höher ist [73].

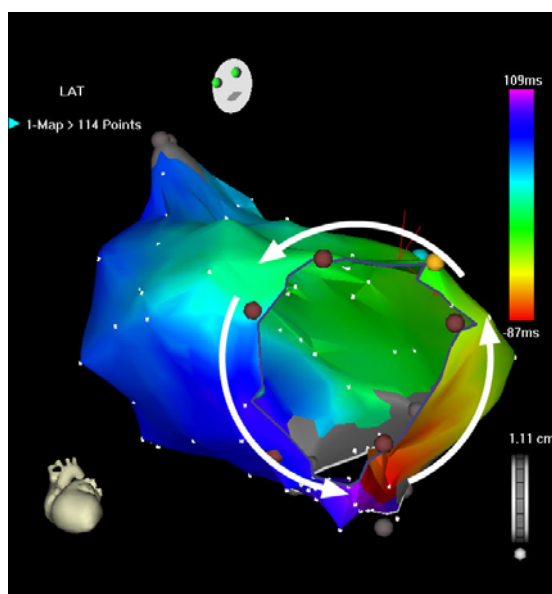


Abb. 1.4 Typisches counterclockwise-Vorhofflattern aufgrund einer kreisenden Erregung um die Trikuspidalklappe, gezeigt an einem elektroanatomischen Aktivierungsmapping (CARTO® System). An diesem lässt sich der Flatterkreislauf im Gegenuhrzeigersinn gut nachvollziehen (weiße Pfeile).

1.2 Die elektrophysiologische Untersuchung mit Katheterablation im Kindesalter

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts waren Versuche unternommen worden, extrazelluläre Impulse in Tierherzen aufzuzeichnen [68]. Im Jahr 1969 begann durch die Ableitung und Messung eines His-Bündel-Potentials die Ära der invasiven Elektrophysiologie beim Menschen [84]. Es dauerte bis Anfang der 1980er Jahre, bis mit dem ersten interventionellen Ablationsverfahren mit Gleichstrom eine therapeutische Alternative zu antiarrhythmischer Medikation und der invasiven chirurgischen Ablation atrialer Tachyarrhythmien entwickelt wurde [38]. In den folgenden Jahren wurden erfolgreich akzessorische Leitungsbahnen, fokale atriale Tachykardien und ventrikuläre Tachykardien mit Gleichstromablation behandelt, wobei diese Energieform allerdings mit einem signifikant erhöhten Risiko einer Herzperforation und proarrhythmischer Effekte assoziiert war. In den späten 1980er Jahren wurde schließlich Radiofrequenzstrom zur Standard-Energiequelle für die Ablation von Tachyarrhythmien [11]. Der Erfolg bei der Behandlung von AV-Reentry-Tachykardien, AV-nodalen Reentry-Tachykardien und fokalen atrialen Tachykardien ließ die Katheterablation zur Therapie der Wahl für diese Rhythmusstörungen werden [46].

1983 berichtete Gillette über die erste Katheterablation mit Gleichstrom bei einem Kind als Notfallprozedur bei lebensbedrohlicher junktional ektopter Tachykardie [5]. Der Einführung der Radiofrequenzablation bei Erwachsenen 1986 folgten bald die ersten Ablationen bei pädiatrischen Patienten [10, 97]. Seit damals haben zahlreiche Weiterentwicklungen wie z.B. 3 D-Mappingsysteme bei komplexen atrialen Arrhythmien oder Verwendung alternativer Energieformen wie z.B. der Cryoenergie zum Einsatz der Katheterablation bei nahezu allen Formen von kardialen Arrhythmien bei Kindern und Jugendlichen geführt.

Empfehlungen zur Durchführung einer elektrophysiologischen Untersuchung/Katheterablation im Kindesalter

Für das Kindes- und Jugendalter gibt es wenige evidenzbasierte Empfehlungen. Die *North American Society of Pacing and Electrophysiology* gab im Jahr 2002 eine Empfehlung heraus [36], wonach die Indikation zur Ablation bei Kindern und Jugendlichen in drei Klassen eingeteilt wurde (Tabelle 1.1). Bei Klasse I - Empfehlungen besteht ein genereller Konsens, dass eine EPU/Ablation durchgeführt werden sollte.

Tab. 1.1 Guidelines der North American Society of Pacing and Electrophysiology (NASPE) zur Ablation bei Kindern und Jugendlichen (2002) [36]

- Class I**
1. WPW syndrome following an episode of aborted sudden cardiac death
 2. The presence of WPW syndrome associated with syncope when there is a short preexcited RR interval during atrial fibrillation (preexcited R-R interval < 250 ms) or the antegrade effective refractory period of the AP measured during programmed electrical stimulation is < 250 ms
 3. Chronic or recurrent SVT associated with ventricular dysfunction
 4. Recurrent VT that is associated with hemodynamic compromise and is amenable to catheter ablation
- Class II A**
1. Recurrent and/or symptomatic SVT refractory to conventional medical therapy and age > 4 years
 2. Impending congenital heart surgery when vascular or chamber access may be restricted following surgery
 3. Chronic (occurring for > 6–12 months following an initial event) or incessant SVT in the presence of normal ventricular function
 4. Chronic or frequent recurrences of intraatrial reentrant tachycardia
 5. Palpitations with inducible sustained SVT during electrophysiological testing
- Class II B**
1. Asymptomatic preexcitation (WPW pattern on an electrocardiogram [ECG]), age > 5 years, with no recognized tachycardia, when the risks and benefits of the procedure and arrhythmia have been clearly explained
 2. SVT, age > 5 years, as an alternative to chronic antiarrhythmic therapy which has been effective in control of the arrhythmia
 3. SVT, age < 5 years (including infants) when antiarrhythmic medications, including sotalol and amiodarone, are not effective or associated with intolerable side effects
 4. IART, one to three episodes per year, requiring medical intervention
 5. AVN ablation and pacemaker insertion as an alternative therapy for recurrent or intractable intraatrial reentrant tachycardia
 6. One episode of VT associated with hemodynamic compromise and which is amenable to catheter ablation
- Class III**
1. Asymptomatic WPW syndrome, age < 5 years
 2. SVT controlled with conventional antiarrhythmic medications, age < 5 years
 3. Nonsustained, paroxysmal VT which is not considered incessant (i.e., present on monitoring for hours at a time or on nearly all strips recorded during any 1-hour period of time) and where no concomitant ventricular dysfunction exists
 4. Episodes of nonsustained SVT that do not require other therapy and/or are minimally symptomatic.

Besonderheiten bei der Ablationsprozedur im Kindesalter

Die Durchführung einer elektrophysiologischen Untersuchung und Katheterablation im Kindes- und Jugendalter im Unterschied zum Erwachsenenalter ist vor allem durch die kleineren kardialen Strukturen beeinflusst. Abhängig von Alter und Kooperation des Kindes wird zusätzlich eine adäquate Anästhesieform benötigt: Ein multidisziplinäres Team aus Anästhesisten, Kinderkardiologen und Elektrophysiologen ist erforderlich, um auf alle Eventualitäten reagieren zu können. Laut NASPE Position Statement [36] sollten Ablationsprozeduren nur durchgeführt werden, wenn eine herzchirurgische Abteilung im Hause verfügbar ist.

Als Alternative zur konventionellen Radiofrequenzenergie wird bei pädiatrischen Patienten v.a. bei Substraten mit Nähe zum AV- Knoten die Cryoenergie eingesetzt [74]. Sie scheint besonders bei kleiner Herzgröße Vorteile zu bringen [29, 53, 72] und ist im Gegensatz zur Radiofrequenzenergie schmerzfrei. Die Rezidivrate erscheint allerdings höher als bei Verwendung von Radiofrequenzenergie.

Eine der nach wie vor ungeklärten Fragen bei der pädiatrischen Ablation ist der Langzeiteffekt der Radiofrequenz- oder Cryoläsionen. Fallberichte aus dem pädiatrischen Krankenkollektiv berichten über Stenosierung und Verschluss der rechten Koronararterie [8, 26, 51, 91] oder der linken Koronararterie [24, 27]. Ein weiteres Problem stellt mögliches Wachstum der fibrösen Läsionen dar, wie Saul et al. [83] im Tiermodell demonstrierten.

1.3 Ziel der Arbeit

Im Deutschen Herzzentrum München (DHM) werden in Kooperation zwischen der Klinik für Herz- und Kreislauferkrankungen (Ärztl. Direktor Prof. Dr. med. A. Schömig) und der Klinik für Kinderkardiologie und angeborene Herzfehler (Ärztl. Direktor Prof. Dr. med. J. Hess) seit 1996 elektrophysiologische Untersuchungen (EPU) und Katheterablationen bei Patienten unter 18 Jahren durchgeführt. Seither hat sich das DHM zu einem der größten spezialisierten Zentren in Deutschland für elektrophysiologische Untersuchungen bei pädiatrischen Patienten entwickelt. Einen großen Anteil haben hierbei Untersuchungen bei Kindern ohne strukturelle Herzerkrankungen mit supraventrikulären Tachykardien.

Ziel dieser Arbeit war es, eine Datensammlung dieser Patienten zu erstellen, in der die Verteilung der einzelnen supraventrikulären Rhythmusstörungen, die spezifischen Patientendaten, Ablationstechniken und die prozeduralen Untersuchungsdaten erfasst

werden. Dadurch war es möglich, alle Katheterablationen des Zeitraumes 1996 bis 2006 in Hinblick auf Erfolgsraten, Rezidive und Komplikationen zu untersuchen. Weiterhin sollen die Entwicklungen bei Erfolgsraten, Rezidiven und Komplikationen aufgezeigt werden.

Seit 2002 wurde neben der bis dahin ausschließlich verwendeten Radiofrequenzenergie die Cryoenergie zur Ablation spezieller AV-Knoten-naher Substrate (AV-nodale Reentry-Tachykardie, akzessorische Leitungsbahnen in der Nähe des Hisbündels) eingeführt. Ziel der Arbeit war es daher auch, den Einsatz der Cryoenergie bei Patienten mit AV-Knoten-nahen Substraten im Hinblick auf Erfolgs- und Rezidivraten zu untersuchen.

2 PATIENTEN UND METHODEN

2.1 Patienten

2.1.1 Datenerfassung und Auswertung

Einschlusskriterien für die Datenerfassung waren:

1. Bei den Patienten wurde im Deutschen Herzzentrum München im Zeitraum vom 01.01.1996 bis 31.12.2006 eine oder mehrere elektrophysiologische Untersuchungen (EPU) mit oder ohne Katheterablation durchgeführt. Hierbei wurden supraventrikuläre Tachykardien diagnostiziert und/ oder behandelt.
2. Die Patienten hatten zum Zeitpunkt der ersten EPU das 18. Lebensjahr noch nicht vollendet.
3. Alle Patienten hatten ein strukturell normales Herz im transthorakalen oder transösophagealen Echokardiogramm.

Folgende Daten wurden erhoben:

Persönliche Daten mit Name, Vorname, Geburtsdatum und Geschlecht, Indikation zur EPU, EPU-Daten mit Datum, Art der supraventrikulären Rhythmusstörung, anatomische und/oder elektrophysiologische Lokalisation im Herzen, Daten zur Ablation (u.a. Dauer, Applikationsanzahl und Durchleuchtungszeit), Erfolgsraten, Rezidive und Komplikationen.

Der Gesamt-Untersuchungszeitraum von 1996 bis 2006 wurde bei Patienten mit akzessorischen Leitungsbahnen und AV-nodaler Reentry-Tachykardie in zwei Phasen unterteilt:

- 1) Jahre 1996- 2002 („Frühphase“): In diesen Jahren wurden nach Einführung der Methode im Kindesalter am DHM noch relativ wenige elektrophysiologische Untersuchungen durchgeführt.
- 2) Jahre 2003- 2006 („Spätphase“): Hier war ein deutlicher Anstieg der Untersuchungszahlen zu verzeichnen (Abbildung 2.2).

Beide Zeiträume wurden hinsichtlich folgender Kriterien verglichen:

EPU-Dauer, Durchleuchtungszeit, Anzahl der Läsionen, Erfolgsrate der Ablation und Rezidive. Als Rezidiv gewertet wurden Wiedervorstellungen zur erneuten elektrophysiologischen Untersuchung sowie EKG-Dokumentationen erneuter supraventrikulärer Tachykardien.

Die Patienten wurden üblicherweise nach 6 oder 12 Monaten zur Kontrolluntersuchung mit Anamnese, körperlicher Untersuchung und EKG in das DHM einbestellt. Als Nachbeobachtungszeitraum wurde der Zeitraum zwischen der EPU (bei mehreren EPU: der letzten EPU) bzw. einem dokumentierten Rezidiv und dem Studienende definiert. Patienten mit Abbruch des Kontaktes zur Klinik wurden nicht nachbeobachtet.

Es wurden EPU- Befunde des Herzkatheterarchivs und für weiterführende Informationen die kompletten Patientenakten des Zentralarchivs im DHM ausgewertet. Das im DHM verwendete elektronische Patientenaktensystem *FilemakerPro* wurde für die ergänzende Datenrecherche genutzt. Die Datenbank wurde mit dem Programm *Excel* der Firma *Microsoft* erstellt. Die statistische Auswertung wurde mit dem Programm *Stata* der Firma *Stata Inc.* durchgeführt. Von numerischen Daten wurden Mittelwerte, Standardabweichung (SD) und Mediane errechnet. Für statistische Berechnungen numerischer Daten wurde der zweiseitige *t-Test* verwendet, bei binären Daten wurde der zweiseitige *Fisher exact test* eingesetzt. $P < 0.05$ wurde als signifikant, $P < 0.10$ wurde als Tendenz zur Signifikanz gewertet.

2.1.2 Struktur des Patientenkollektivs

Gesamtanzahl, Alter und Geschlecht

Zwischen dem 01.Januar 1996 und dem 31.Dezember 2006 wurden 178 Kinder und Jugendliche (männlich $n=83$; 46,6%; weiblich $n= 95$; 53,4%) in die Untersuchung eingeschlossen. Das Alter zum Zeitpunkt der ersten elektrophysiologischen Untersuchung reichte von 2,2 bis 18,0 Jahren (Mittelwert 14,1, Median 14,9 Jahre). Zwei Drittel der Patienten waren Jugendliche im 14. - 17. Lebensjahr (Abbildung 2.1).

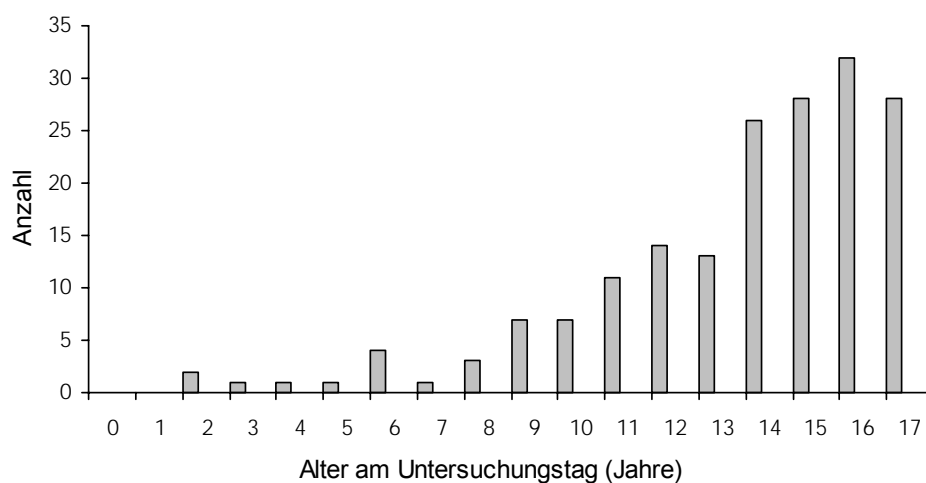


Abb. 2.1 Altersstruktur zum Zeitpunkt der ersten elektrophysiologischen Untersuchung (n=178)

Anzahl der elektrophysiologischen Untersuchungen und Anteil der Ablationen

Bei den 178 Patienten wurden 232 elektrophysiologische Untersuchungen durchgeführt (Minimum 1, Maximum 5, Mittelwert 1,3 EPU-Untersuchungen pro Patient; Tabelle 2.1).

Tab. 2.1 Anzahl der elektrophysiologischen Untersuchungen pro Patient

Anzahl EPU	1 EPU	2 EPU	3 EPU	4 EPU	5 EPU
Anzahl Patienten	142	25	6	3	2
(n=178)	(79.8%)	(14.0%)	(3.4%)	(1.7%)	(1.1%)

Eine oder mehrere Ablationen wurden bei 166 von 178 Patienten (94,9%) durchgeführt; bei 12 von 178 Patienten (5,1%) war die Untersuchung nur diagnostisch (Tabelle 2.2).

Tab. 2.2 Anzahl der Patienten mit Ablationen

	Ablation	keine Ablation
Anzahl Patienten	166	12
(n=178)	(93.3%)	(6.7%)

Zwischen den Jahren 1996 und 2006 war ein starker Anstieg der Untersuchungszahlen zu verzeichnen (Abbildung 2.2).

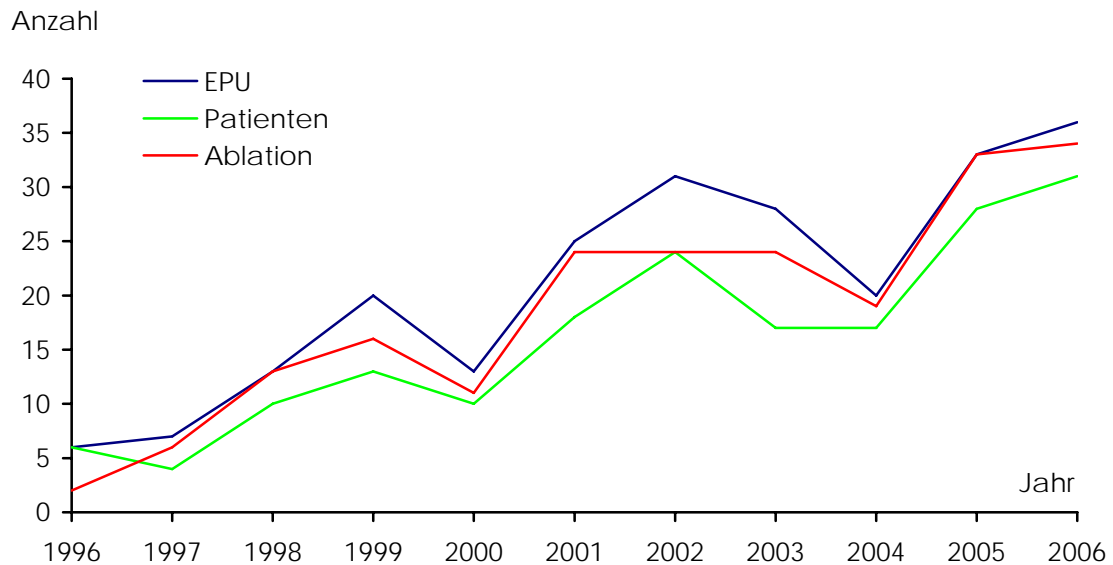


Abb. 2.2 Untersuchungszahlen für EPU, Patienten und Ablationen – Entwicklung von 1996-2006

Voruntersuchungen

Anamnese

Die anamnestischen Angaben der Patienten wurden den EPU- Befundberichten und den Arztbriefen entnommen. Es wurden diejenigen Ereignisse erfasst, die zur Indikationsstellung für die EPU beigetragen haben. Diese waren: *Palpitationen und/oder "Herzrasen", Übelkeit und Erbrechen, Schwindel, Atemnot, Druckschmerz in der Herzregion oder Bewußtseinsstörung*. Bei mehr als der Hälfte aller Patienten zeigte sich als alleiniges Symptom ein Gefühl, das eigene Herz (unangenehm) schlagen zu spüren (Palpitation) oder zu schnellen Herzschlag zu empfinden („Herzrasen“), bei mehr als einem weiteren Viertel war dies eines von mehreren angegebenen Symptomen. Druckschmerz in der Herzregion, Schwindel oder sogar Bewußtseinsstörungen und Atemnot waren selten (Tabelle 2.3). 5 Patienten ohne Beschwerden stellten sich mit dem Zufallsbefund einer Präexzitation im EKG zur EPU vor (Tabelle 2.4). Von den 178 Patienten waren 36 (20,2%) medikamentös antiarrhythmisch behandelt.

Tab. 2.3 Klinische Symptomatik vor EPU
(mit Mehrfachnennungen)

Symptome	Patientenanzahl
Palpitationen/ „Herzrasen“	145 (84.3%)
Übelkeit und Erbrechen	19 (10.7%)
Schwindel	28 (15.7%)
Atemnot	5 (2.8%)
Druckschmerz in der Herzregion	11 (6.2%)
Bewußtseinsstörung	14 (7.9%)
keine Beschwerden	5 (2.8%)
keine Daten vorhanden	10 (5.6%)

EKG

Bei 102/178 Patienten (57,3%) war eine Dokumentation der Herzrhythmusstörung in einem EKG vor der elektrophysiologischen Untersuchung vorhanden. Bei 56/102 Patienten zeigte sich im Oberflächen-EKG eine Präexzitation vom WPW-Typ und Tachykardien in der Anamnese. Bei 46 Patienten wurde im Standard- oder Langzeit-EKG eine supraventrikuläre Tachykardie (SVT) festgestellt.

Bei 71/178 Patienten (39,9%) lag vor der EPU keine Dokumentation einer Rhythmusstörung vor.

Bei 5/178 Patienten (2,8%, Alter: 8,3J, 14,3J, 14,3J, 15,4J, 16,8J) war im EKG eine Präexzitation vom WPW- Typ als Zufallsbefund dokumentiert, ohne dass bislang Tachykardien aufgetreten waren (Tabelle 2.4).

Tab. 2.4 EKG-Dokumentation einer Rhythmusstörung vor EPU (n=178)

EKG-Dokumentation	Anzahl/%
<u>mit EKG-Dokumentation</u>	<u>102 (57.3%)</u>
- WPW- Syndrom	56 (31.5%)
- Supraventrikuläre Tachykardie	46 (25.8%)
<u>Präexzitation vom WPW-Typ als Zufallsbefund</u>	<u>5 (2.8%)</u>
<u>ohne EKG-Dokumentation einer Herzrhythmusstörung</u>	<u>71 (39.9%)</u>

Echokardiografie

Vor jeder EPU wurde routinemäßig echokardiografisch eine strukturelle Herzerkrankung ausgeschlossen und die systolische Funktion des linken Ventrikels beurteilt. Bei 173/178 Patienten (97,2%) ergab sich ein unauffälliger Befund. Bei 5 Patienten (2,8%) war die systolische Funktion des linken Ventrikels (Ejektionsfraktion [EF] < 58%) eingeschränkt. Bei 3 dieser 5 Patienten wurde bereits vor der EPU die Diagnose einer fokalen atrialen Tachykardie gestellt, bei den restlichen 2 Patienten bestand ein Zustand nach Reanimation mit Kammerflimmern. (Tabelle 2.5).

Tab. 2.5 Echokardiographisch eingeschränkte linksventrikuläre Funktion bei 5 von 178 Patienten (3.9%) vor EPU

Patient	Alter (Jahre)	EF (%)	Grund der Vorstellung im DHM
1	2.2	32	Z.n. Reanimation, nichtanhaltende SVT
2	9.4	20	Z.n. Reanimation, nichtanhaltende SVT
3	15.4	35	Anhaltende FAT
4	15.4	56	Anhaltende FAT
5	15.7	58	Anhaltende FAT

Abkürzungen: EF= Ejektionsfraktion, FAT= fokale atriale Tachykardie

2.2 Elektrophysiologische Untersuchung

2.2.1 Ablauf der elektrophysiologischen Untersuchung

Technische Voraussetzungen

Zur Durchführung einer elektrophysiologischen Untersuchung mit Katheterablation wird ein Herzkatheterlabor mit Behandlungstisch, Durchleuchtungseinheit und Möglichkeit zur Reanimation benötigt. Zusätzlich muss zur diagnostischen elektrophysiologischen

Untersuchung ein Multikanal-EKG-Rekorder und einen programmierbarer Stimulator zur Verfügung stehen. Die Ablationsprozedur erfordert Radiofrequenz- Ablationsgeneratoren oder ein Cryoablationssystem. Der Stimulator und der Ablationsgenerator ist in der Regel in einem separaten Vorraum untergebracht, aus dem über eine Glaswand und Mikrofone Sicht- und Sprechkontakt mit dem Untersucher im Behandlungsraum besteht [87].

Patientenvorbereitung und Punktion

Antiarrhythmika werden 3-5 (medikamenten-spezifische) Halbwertszeiten vor dem Eingriff abgesetzt. Die EKG-Dokumentation der Rhythmusstörung sollte ggf. vorliegen. Die Sedierung erfolgt falls möglich erst während des therapeutischen Teils, um die Induzierbarkeit der Arrhythmien nicht herabzusetzen [107]. Begonnen wird mit der über die ganze Untersuchung andauernden Blutdruckmessung. Nach Lokalanästhesie der rechten und, wenn notwendig, der linken Leiste und Punktion der rechten (linken) Femoralvene werden 2-3 Standardschleusen der Größen 6 French (F) (1-2x) und 8 F (1x) eingeführt und darüber 5000 IE Heparin appliziert [95]. Bei der Wahl des Gefäßzuganges und der Kathetergröße sind allerdings enge Grenzen vorgegeben. Beim Kind hängt die maximale Schleusengröße und –anzahl von der Größe des Kindes und der vermuteten Rhythmusstörung ab. Mehr als eine Schleuse pro Gefäß sollte bei Kindern unter 15 kg vermieden werden, eine einzelne 7 F- Schleuse ist selbst beim Neugeborenen möglich. Mit Spezialschleusen lassen sich bis zu drei 2 F- Diagnostik-Katheter für eine komplette diagnostische Prozedur durch eine solche Schleuse führen.

Durch Punktion der Femoralvenen wird das rechte Atrium erreicht. Der Zugang zum linken Atrium kann über eine transeptale Punktion oder ein persistierendes Foramen ovale erfolgen oder retrograd über die Aortenklappe. Die transeptale Punktion zeigt bei linksseitigen Substraten ähnliche Erfolgsraten wie der arterielle Zugang, aber Aortenklappe und Femoralarterie werden geschont [77].

Katheter

Es werden verschiedene diagnostische und therapeutische (=Ablations-) Katheter eingesetzt. Diagnostische Katheter für die Stimulation haben üblicherweise kein Lumen und eine Größe zwischen 2 F und 8 F. Sie bestehen aus Dacron oder Polyurethan und haben unterschiedlich viele platinbeschichtete, 1-2 mm große Elektroden an der Spitze.

Katheter für Mapping und Radiofrequenzablation sind meist 7 F im Durchmesser und haben eine 4mm oder 8mm (Abbildung 2.3) lange stromabgebende Spitze. Inzwischen verfügen sie über geschlossene oder offene Spülsysteme, die an ein Infusionssystem mit Kochsalzlösung angeschlossen sind und Kühlung der Spitze während der Ablation ermöglichen („irrigated tip“). Katheter für Cryomapping und Cryoablation haben ebenfalls einen Durchmesser von 7 F und werden an der meist 4 mm langen Spitze heruntergekühlt (Zur Funktionsweise der Ablationskatheter siehe weiter unten in diesem Kapitel unter „Ablation und verwendete Ablationsverfahren“). Für die meisten Messungen werden zwei benachbarte Elektroden zusammenschaltet. Für diagnostische wie therapeutische Katheter gilt, dass die Nummerierung distal mit „1“ beginnt [107].



Abb. 2.3 8mm- Spitze eines Radiofrequenzstrom-Ablationskatheters

Elektrophysiologische Untersuchung und Katheterablation

Zur Diagnostik der Rhythmusstörung werden zunächst unter Röntgendurchleuchtung unterschiedliche Elektrodenkatheter im Herzen platziert, in der Regel im Sinus coronarius, im Bereich des Hisbündels und im rechten Ventrikel, manchmal zusätzlich im hohen rechten Vorhof (Abbildung 2.4). Es werden spezielle Stimulationsprotokolle verwendet [87]. Beurteilt werden die Erregungsabläufe im Herzen (z.B. Sinusknotenerholungszeit, antegrader Wenckebachpunkt, retrograder Wenckebachpunkt, antegrade Refraktärzeiten der akzessorischen Bahn) und die Induzierbarkeit von Tachykardien. Nach Induktion der Tachykardie wird in Abhängigkeit vom Tachykardiemechanismus vorgegangen (siehe weiter unten).

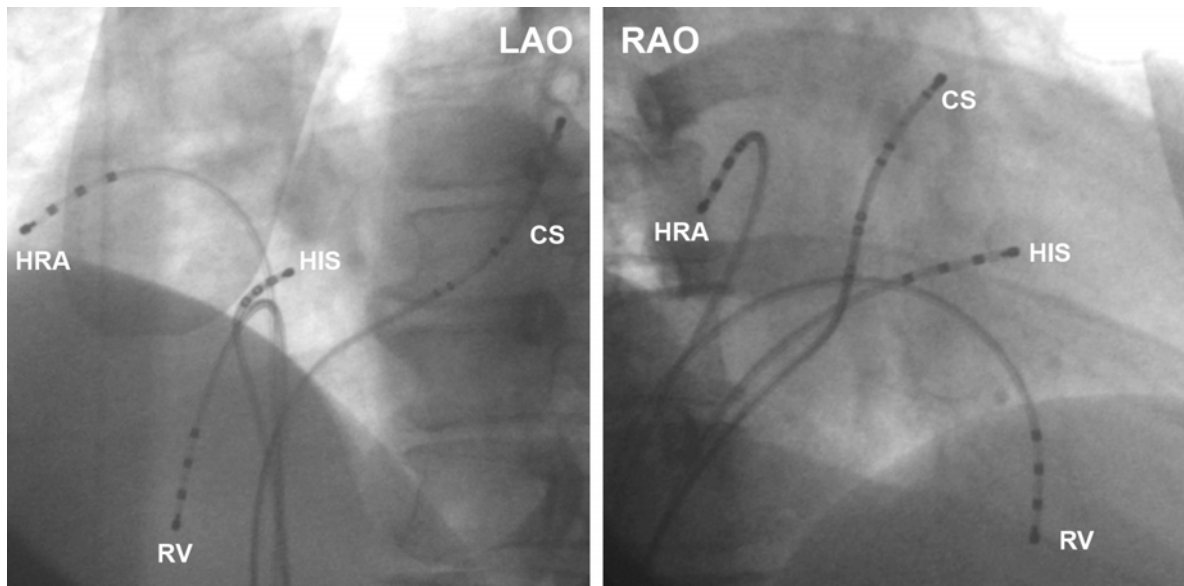


Abb. 2.4 Standard-Katheterpositionen während einer EPU; Röntgenaufnahme (LAO 45° und RAO 30°)
 (HRA = hohes rechtes Atrium, HIS = His-Bündel-Region, CS = Koronarsinus,
 RV = rechtsventrikulärer Apex, LAO = left anterior oblique, RAO = right anterior oblique).

Dieses als *konventionelles Mapping* bezeichnete Verfahren wird inzwischen durch eine Reihe moderner dreidimensionaler Mapping-Verfahren ergänzt, in unserem Patientenkollektiv vor allem durch das sog. elektroanatomische Mapping (CARTO® Biosense Webster). Hierbei wird die Position des MAP-Katheters (mit Magnetsensor an der Katheterspitze) nicht-fluoroskopisch mit Hilfe eines niedrig-energetischen Magnetfeldes, das am Patienten erzeugt wird bestimmt. In dem erstellten farbkodierten dreidimensionalen „Map“ der gewünschten Herzstruktur lassen sich auch kompliziertere Erregungsabläufe darstellen. Zum Einsatz kommt es vor allem bei komplexen atrialen Tachykardien (Abbildung 2.5) [87].

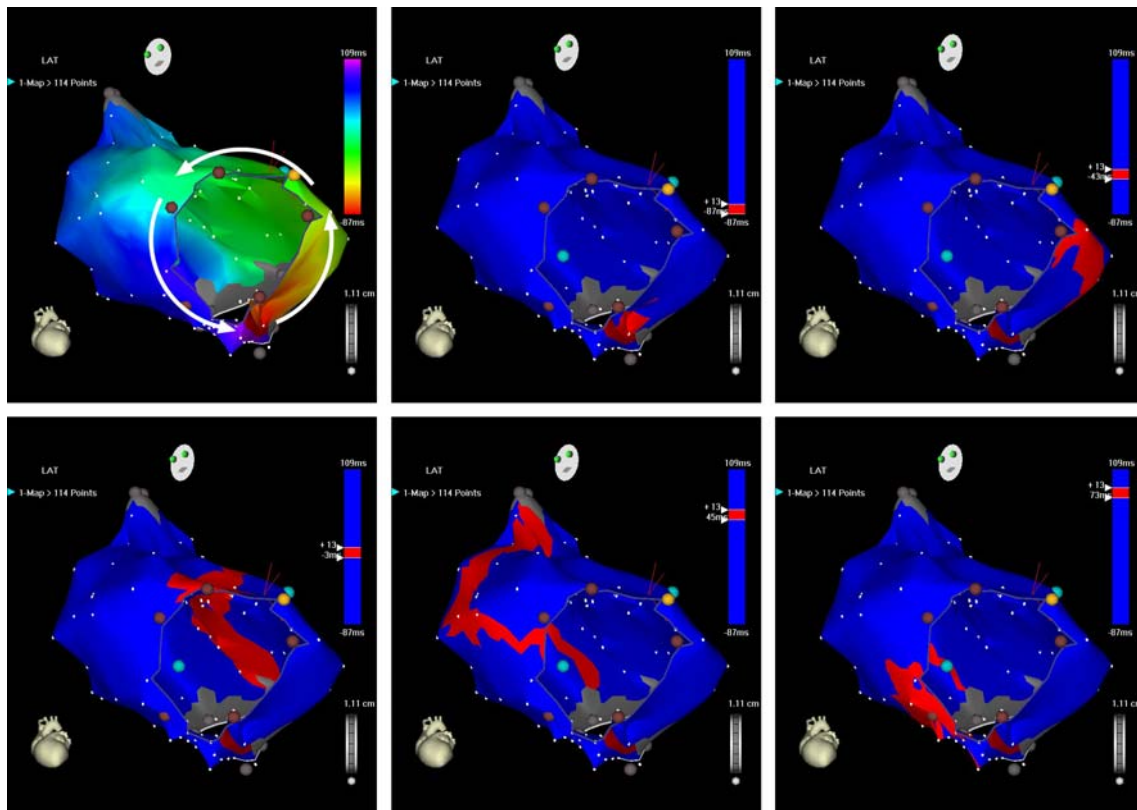


Abb. 2.5 Elektroanatomisches Mapping (CARTO® System). Typisches counterclockwise-Vorhofflattern aufgrund einer kreisenden Erregung um die Trikuspidalklappe. An diesem lässt sich der Flatterkreislauf im Gegenuhrzeigersinn gut nachvollziehen (rote Bereiche in den Bildern von oben Mitte über oben rechts, unten links, unten Mitte nach unten rechts). Links oben ein Aktivierungsmapping mit einem Schema des Kreislaufes (weiße Pfeile).

Nach der Diagnostik der Rhythmusstörung erfolgt die Katheterablation des entsprechenden Substrates (siehe unten). Die *Radiofrequenzablation* ist die derzeit meistverwendete Technik [87]. Über die Elektrodenspitze des Ablationskatheters wird Hochfrequenzwechselstrom von 500 kHz zugeführt. An der Kontaktstelle zum Myokard entsteht Wärme, wodurch eine Koagulationsnekrose entsteht. Ab einer Temperatur von 50°C sind die gesetzten Schädigungen irreversibel [95]. Bei Ablationszeiten zwischen 60 und 90 Sekunden und einer Temperatur zwischen 50°C und 65°C sind in der Regel erfolgreiche Effekte am Myokard zu erzielen. Längere Ablationszeiten führen zu keiner weiteren Gewebeschädigung mehr, höhere Ablationstemperaturen bergen die Gefahr von thromboembolischen Komplikationen durch Eiweißkoagelbildung an der Katheterspitze [25, 87, 95]. Die Hochfrequenzenergie wird unipolar über eine meist 4mm durchmessende Katheterspitze gegen eine indifferente Flächenelektrode unter der linken Thoraxhälfte appliziert. Hierbei ist heutzutage das Standardverfahren der temperaturgesteuerte Ablationsmodus, im Gegensatz zum früher verwendeten energiegesteuerten Modus [87].

Bei der *Cryoablation* wird das Gewebe durch Kälte geschädigt. Als Kühlmittel wird flüssiges Stickstoffoxid im geschlossenen Kreislauf unter Hochdruck an die Katheterspitze gepumpt. Dabei wird die Temperatur an der Katheterspitze für etwa 90 Sekunden auf -70°C gekühlt. Ein Vorteil gegenüber der Radiofrequenzablation besteht in der Reversibilität des Effekts bis zu einer Abkühlung auf etwa -30°C . So kann der Erfolg erst überprüft werden, bevor die Ablation durchgeführt wird [87]. Die durch die Hypothermie gesetzte Läsion ist nicht oder wenig thrombogen [50]. Die Abkühlung der Katheterspitze hat zur Folge, dass sie fest an das umliegende Gewebe anfriert (Abbildung 2.6), wodurch eine sehr stabile Katheterposition erreicht wird.

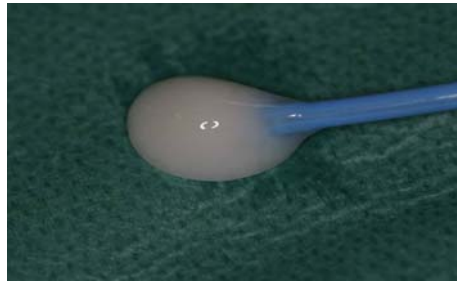


Abb. 2.6 Eisball an der Spitze eines Cryokatheters, zu Demonstrationszwecken außerhalb des Myokards durch Eintauchen in Kochsalzlösung erzeugt.

2.2.2 Elektrophysiologische Untersuchung und Katheterablation bei speziellen Tachykardieformen

Atrioventrikuläre Reentry - Tachykardie (AVRT)

Bei offener Präexzitation vom WPW-Typ im Oberflächen-EKG können mit Hilfe verschiedener Algorithmen (Polarität der Deltawelle, QRS-Dauer und R/S ratio) bereits Rückschlüsse auf die Lage der akzessorischen Bahn gezogen werden [9, 23, 35, 45]. Wenn sich aus dem Oberflächen-EKG Hinweise auf eine linksseitige akzessorische Leitungsbahn ergeben, wird bei Kindern > 30 kg Körpergewicht primär ein arterieller Zugang gewählt der linke Ventrikel retrograd über die Aortenklappe erreicht. Bei kleineren Kindern (dann über transseptale Punktion) oder dem echokardiographischen Nachweis eines offenen Foramen ovale wird primär der antegrade Zugang zum linken Vorhof und Ventrikel über einen venösen Zugang gewählt.

Findet sich im Oberflächen-EKG keine offene Präexzitation, werden zunächst 3 venöse Schleusen gelegt (siehe oben).

Zu Beginn der elektrophysiologischen Untersuchung werden die bidirektionalen Leitungseigenschaften der akzessorischen Bahn bestimmt. Unter Vorhofstimulation im Sinusrhythmus fällt, sofern die akzessorische Bahn antegrad leitungsfähig ist, eine kurze HV-Zeit (His-Bündel-Ventrikel) auf, unter Ventrikelstimulation findet sich bei retrograd leitender Bahn eine kurze ventrikulo-arterielle (VA)-Zeit ohne dekrementale Leitungseigenschaften bis zur Refraktärität der Bahn sowie - je nach Lage der Bahn - ein exzentrische retrograde atriale Aktivierungssequenz. Die Induktion einer AV-Reentry-Tachykardie gelingt meistens [80].

Nach der Basisuntersuchung erfolgt das Mapping zur genauen Lagebestimmung der akzessorischen Bahn. Dabei wird meist das konventionelle Verfahren verwendet und mit einem Katheter der entsprechende Klappenring nach der frühesten Kammererregung (im Sinusrhythmus) oder Vorhoferregung (während Tachykardie oder Kammerstimulation) mit dem Map-Katheter abgetastet. Abbildung 2.7 veranschaulicht das Mapping bei einer linksseitig gelegenen akzessorischen Leitungsbahn. Die Ablation erfolgt dann z. B. an der Stelle der maximalen Fusion zwischen atrialem und ventrikulärem Signal.

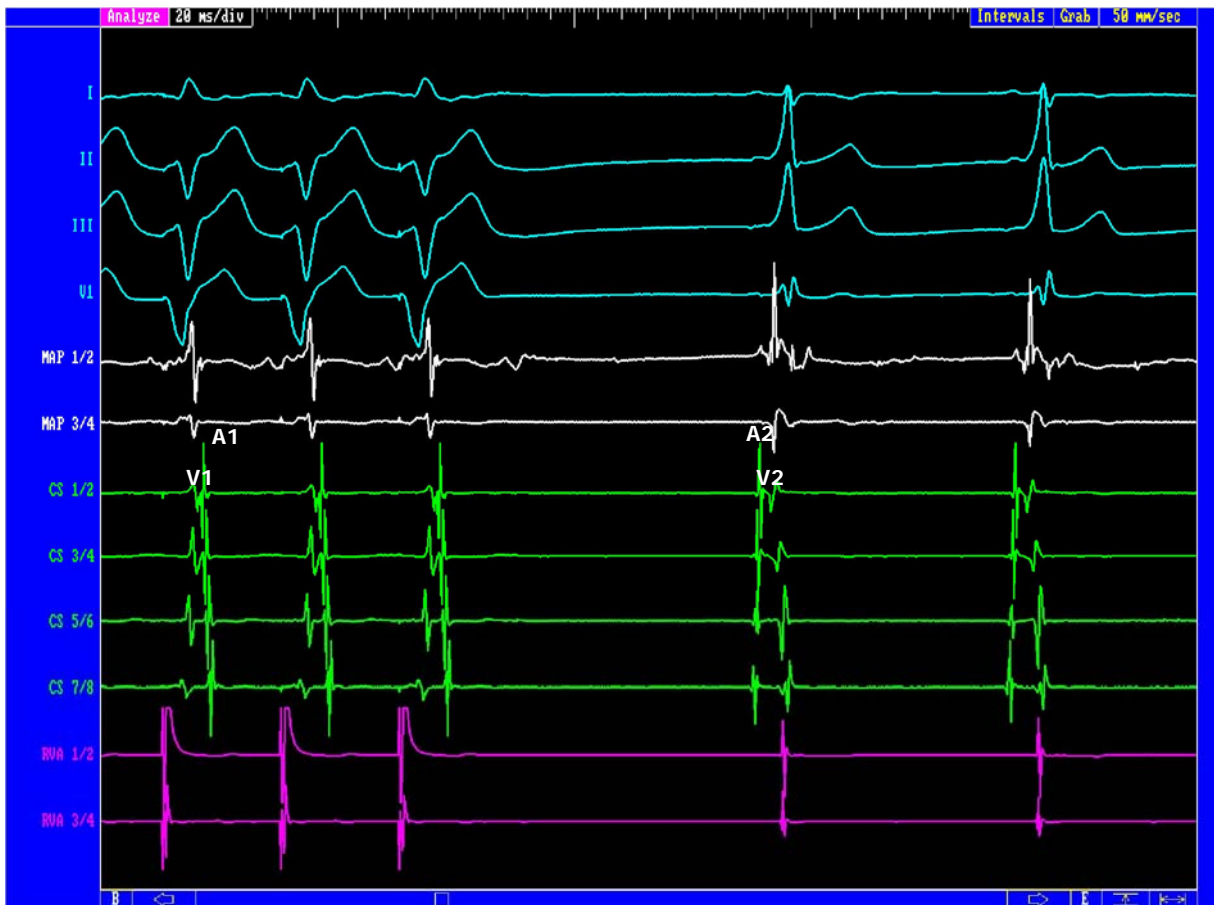


Abb. 2.7 EPU-Bildschirmanzeige eines kombinierten Oberflächen-/intrakardialen EKG bei konventionellem Mapping. Patient mit linksseitiger akzessorischer Leitungsbahn während ventrikulärer Stimulation (linke Bildhälfte) und Sinusrhythmus (rechte Bildhälfte).

Während rechtsventrikulärer Stimulation (über RVA-Katheter, lila) verläuft die Aktivierung retrograd über die akzessorische Bahn (**V1-A1**). Die früheste atriale Aktivierung (**A1**) im Koronarsinus(CS) ist an den distalen, linksherznächsten CS-Katheter-Polen (grün) zu sehen (CS 1/2).

Im Sinusrhythmus verläuft die Überleitung antegrad (**A2-V2**) über die akzessorische Bahn. Die früheste ventrikuläre Aktivierung (**V2**) mit der kürzesten AV-Zeit findet sich ebenfalls an CS 1/2. Diese Befunde sind vereinbar mit einer linken akzessorischen Leitungsbahn.

Merkmale der erfolgreichen Ablation von akzessorischen Bahnen wurden beschrieben [32, 42, 45]. Zum Nachweis der fehlenden Leitfähigkeit einer oder mehrerer akzessorischer Bahnen muss die zuvor nachweisbare enge Kopplung von Vorhof- und Kammerpotentialen an der Ablationsstelle fehlen. Im Oberflächen-EKG sichtbare Deltawellen verschwinden. Dauerhafter Erfolg ist mit frühzeitigem Verschwinden der Bahn assoziiert [45, 60, 105]. Die Radiofrequenzstromapplikation wird normalerweise nach 10 Sekunden gestoppt, wenn sich kein Erfolg gezeigt hat. Verschwindet innerhalb dieser Zeit die Deltawelle oder terminiert die Tachykardie, wird die RF-Applikation für 60 Sekunden fortgeführt. Das AV-Block-Risiko wird insgesamt als sehr gering eingeschätzt, ist bei

parahissärer Lage der Bahn und Radiofrequenzablation jedoch mit ca. 2-4% nicht vernachlässigbar, so dass in diesen Fällen eine Cryoablation ratsam scheint [80].

AV-Knoten-Reentry- Tachykardie (AVNRT)

Bei der elektrophysiologischen Untersuchung wird eine - im Kindesalter häufigere – verborgene akzessorische Bahn ausgeschlossen und die dualen AV-Knotenleitungseigenschaften durch atriale programmierte Stimulation nachgewiesen. Der Ausschluß einer akzessorischen Leitungsbahn erfolgt über unterschiedliche Methoden. Die wichtigsten zur Differenzierung der orthodromen Reentrytachykardie von der slow-fast- AVNRT sind die Messung der VA-Zeit, Beurteilung der retrograden Aktivierungssequenz und Durchführung des sog. *Preceding-Manövers* [34].

Zu Anfang der Untersuchung wird das o.g. Stimulationsprotokoll durchgeführt. Dekrementale retrograde Leitung bei ventrikulärer Stimulation ist ein Hinweis auf Leitung über den AV-Knoten. Mit atrialen oder ventrikulären Extrastimuli kann der AV-Knoten auf Vorhandensein dualer Leitungseigenschaften getestet werden (sog. *antegrader* bzw. *retrograder jump*, die sprunghafte Zunahme der AH-Überleitungszeit bei kontinuierlich verkürztem Extrastimulus, bzw. *AV-nodaler Echoschlag*, eine schnelle retrograde Überleitung über den fast pathway bei refraktärem slow pathway [87]). Auch bei bereits dokumentierter Tachykardie ist eine Induktion der Tachykardie zur Erfolgskontrolle der Ablation anzustreben [80].

Da die retrograde Leitung bei slow-fast-AVNRT über den fast pathway verläuft, zielten die ersten Ablationsbemühungen bei AVNRT auf diese Stelle [31, 43]. Dies war zwar effektiv, jedoch lag das Risiko eines kompletten AV-Blocks wegen der Nähe zum kompakten AV-Knoten und dem His-Bündel bei bis zu 22% [7, 55, 71]. Ausgehend von Jackman et al., die 1990 bei atypischer fast-slow-AVNRT erstmals die früheste retrograde atriale Aktivierung am slow pathway identifizierten, wurde die slow pathway-Ablation für alle AVNRT-Typen etabliert [47]. Die Ablationsstelle liegt posteroseptal im Bereich der Mündung des Sinus coronarius. In dieser Gegend wird gemappt (Abbildung 2.8). Manchmal ist ein slow pathway potential nachweisbar [34]. Man unterscheidet die *Modulation* des slow pathway, bei der anschließend noch duale AV-Knotenleitungseigenschaften nachweisbar sind (noch vorhandener antegrader jump mit maximal einem AV- nodalen Echoschlag) von der slow pathway- *Ablation*, bei der eine rein dekrementale Leitung des AV-Knotens ohne jump und Echoschlag erreicht wird [34]. Das Rezidivrisiko nach vollständiger Ablation und Modulation unterscheidet sich nicht

signifikant [33], so dass insbesondere im Kindesalter unter dem Aspekt einer Risikoabwägung eine Modulation als ausreichend anzusehen ist.

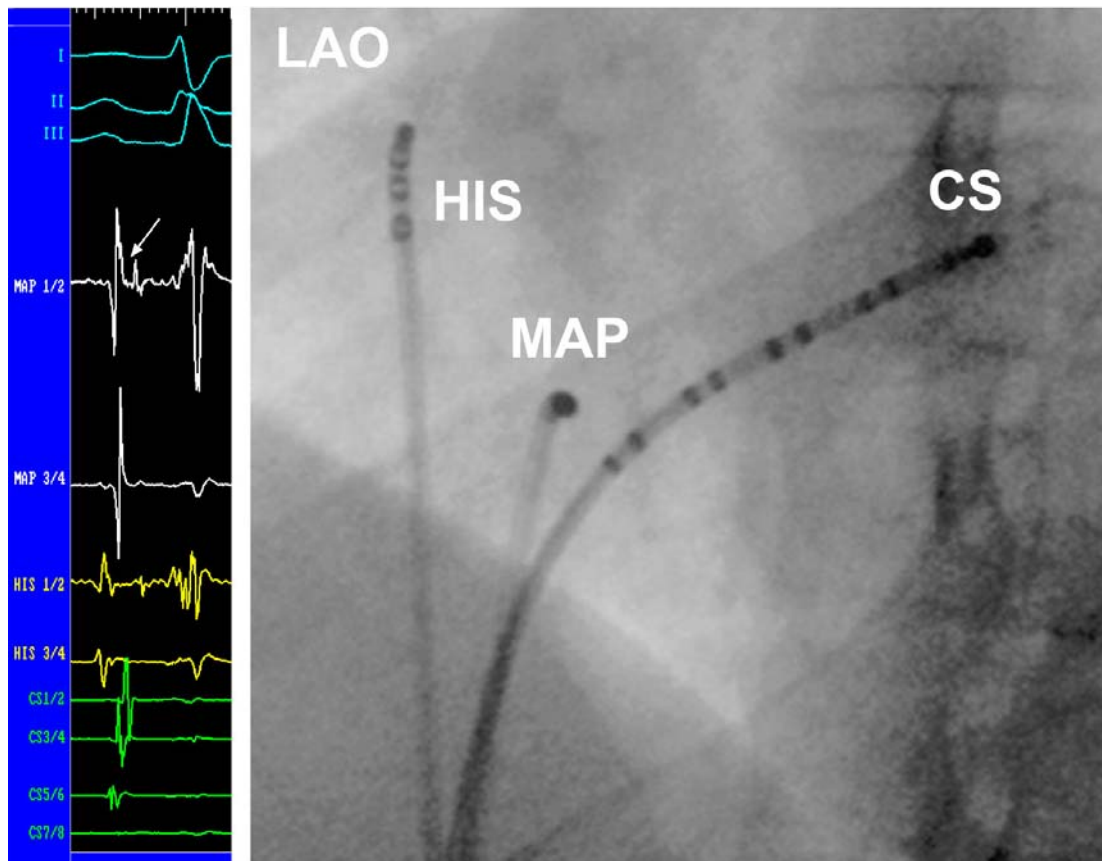


Abb. 2.8 Nach dem Aufsuchen des maximalen His-Bündel-Potentials mit dem MAP- Katheter (**MAP**) wird dieser vorsichtig nach inferior-posterior gedreht und vorsichtig zurückgezogen, damit die Katheterspitze am Trikuspidalannulus nahe dem Koronarsinus zu liegen kommt. Dieses Areal wird dann vorsichtig gemappt. In diesem Beispiel wurde ein mögliches slow pathway- Potential identifiziert: ein scharfes Einzelpotential nach dem atrialen Signal (**Pfeil**). Das gleichzeitig aufgenommene His-Potential (in Ableitung HIS 1/2, **gelb**) erscheint *nach* dem möglichen slow pathway- Potential (100 mm/sec).CS= Koronarsinus, LAO= left anterior oblique/ linke vordere Schrägaufnahme.

Fokale atriale Tachykardie (FAT)

Die Analyse der P-Wellen-Morphologie vor Ablation ist hilfreich um die FAT von der Sinustachykardie zu unterscheiden und erlaubt mit Hilfe verschiedener Algorithmen eine orientierende Lokalisierung des Ursprungsorts [94]. Im rechten Vorhof finden sich häufig Foci im Bereich der Crista terminalis, dem Trikuspidalklappenring und im Bereich des CS-Ostiums, sowie am Übergang zur oberen und unteren Hohlvene. Im linken Vorhof sind der Bereich der Mitralklappe, das linke Herzohr und die Pulmonalvenen häufige Lokalisationen

fokaler atrialer Tachykardien. Im Kindesalter kann die fokale atriale Tachykardie durch programmierte Stimulation schlecht induziert oder terminiert werden, insbesondere unter Narkose. Typisch sind ein Frequenzanstieg zu Beginn und ein Frequenzabfall am Ende [80, 87]. Das Mapping erfolgt daher bei laufender Tachykardie; es wird im rechten oder linken Vorhof die früheste Erregung in Bezug auf ein Referenz- Vorhofsignal (z.B. CS-Signal) gemappt. Meist wird ein 3-D- Mappingsystem zur genauen Lokalisationsdiagnostik eingesetzt, vor allem das CARTO[®]-System, da es eine genaue Rekonstruktion der Vorhöfe erlaubt (Abbildung 2.9) [56, 65, 104].

Die FAT-Ablation ist wegen der vielen verschiedenen möglichen Ursprungsorte eine Herausforderung [1, 17], die multifokale atriale Tachykardie wegen verschiedener gleichzeitiger Ursprungsorte noch mehr. Die Ablation des Fokus an der Stelle (oder mehrerer Stellen bei MAT) der frühesten Vorhoferregung ist in 70-80% der Fälle erfolgreich [87].

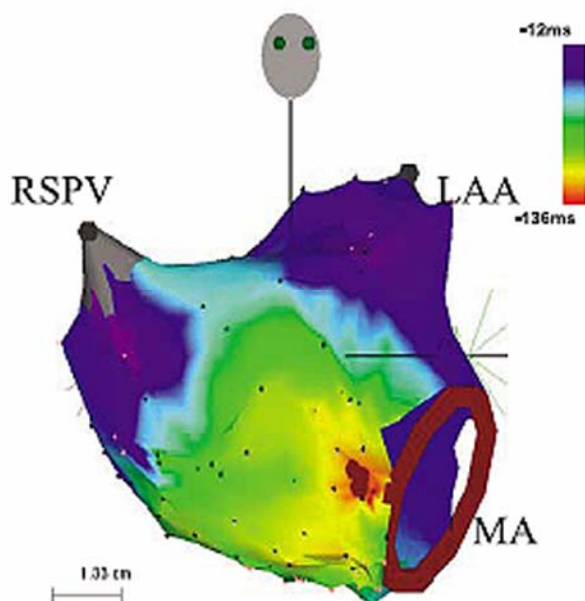


Abb. 2.9 Elektroanatomisches Aktivierungsmapping im linken Atrium während laufender fokaler atrialer Tachykardie in rechter vorderer Schrägaufnahme (30°). Der arrhythmogene Fokus (**rot**) befindet sich in der Nähe des Mitralannulus (MA). LAA= left atrial appendage/ linkes Herzohr, RSPV= right superior pulmonary vein/ rechte obere Pulmonalvene.

Typisches Vorhofflattern

Typisches Vorhofflattern wird meist bereits im Oberflächen-EKG an der typischen EKG-Morphologie erkannt. Zur elektrophysiologischen Untersuchung werden drei Katheter platziert: der CS-Katheter in den Koronarsinus, ein 10-poliger („Halo“) Katheter an der Lateralwand des rechten Atriums der MAP-Katheter im cavotrikuspidalen Isthmus (Abbildung 2.10).

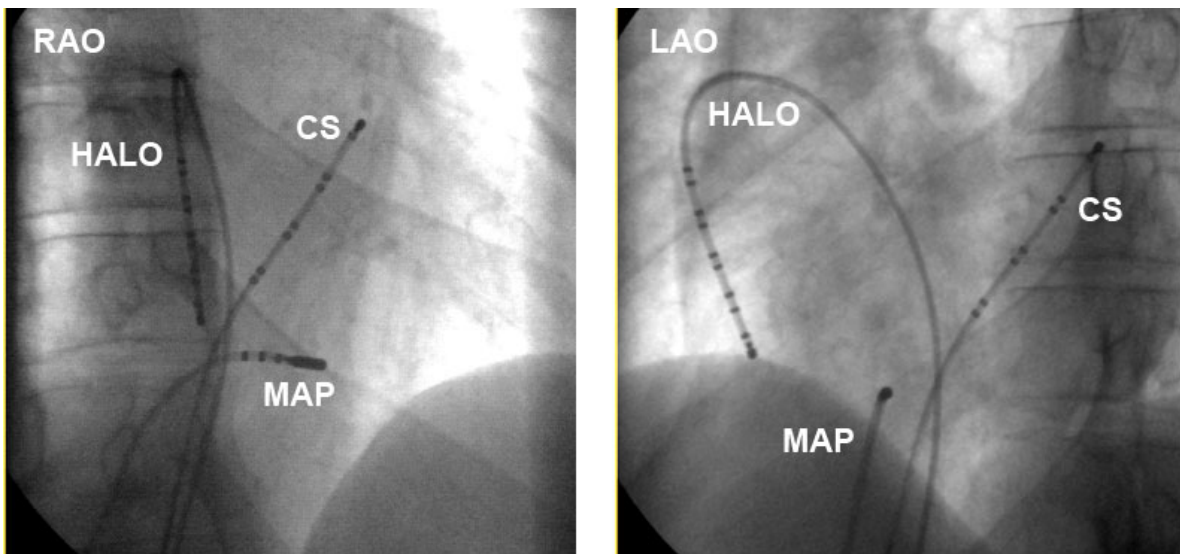


Abb. 2.10 Röntgenaufnahme der Katheterpositionen während der Ablation von typischem Vorhofflattern. Aufnahmen in 30° RAO (links) und 45° LAO (rechts) zeigen den Ablations-/Mappingkatheter (MAP) in 6-Uhr-Position am Isthmus. Der dekapolare HALO-Katheter befindet sich am Trikuspidalannulus, ein oktapolarer Katheter (CS) ist in den Koronarsinus eingebracht.

Die Ablation erfolgt durch Schaffung einer sog. Isthmuslinie vom Trikuspidalklappenring zur unteren Hohlvene [49].

Die Ablationsprozedur kann sowohl während laufender Tachykardie als auch im Sinusrhythmus durchgeführt werden. Die Terminierung des Vorhofflatterns während der Isthmusablation beweist dessen Isthmusabhängigkeit, ist aber nicht mit einem bidirektionalen Isthmusblock gleichzusetzen [89]. Es müssen also weitere Kriterien zur Bestätigung einer kompletten Ablationslinie zutreffen, die den indirekten Nachweis der Überleitungsblockierung betreffen und mit Stimulationstests durchgeführt werden: Umkehr der Aktivierung im rechten lateralen Atrium, Verlängerung der Überleitung von der einen zur anderen Seite des Isthmus und double-split Potentiale entlang der Ablationslinie [49]. Der Endpunkt in der Ablationsprozedur ist das Erreichen eines bidirektionalen Isthmusblockes.

3 ERGEBNISSE

3.1 Gesamtkollektiv

Im untersuchten Zeitraum wurden 178 Patienten elektrophysiologisch untersucht.

Bei 170/178 Patienten (95,6%) zeigte sich während der EPU eine SVT-Form, bei 8/178 Patienten (4,4%) zeigten sich zwei unterschiedliche Tachykardieformen.

Die im Rahmen der EPU gestellten Diagnosen waren:

1. Atrioventrikuläre Reentry-Tachykardie bei akzessorischer Leitungsbahn (n=88; 49,4%)
2. AV- nodale Reentry-Tachykardie (n=63; 35,4%)
3. Fokale atriale Tachykardie (n=12; 6,7%)
4. Typisches Vorhofflattern (n=7; 3,9%)
5. Atrioventrikuläre Reentry-Tachykardie und AV-nodale Reentry-Tachykardie (n=6; 3,4%)
6. Atrioventrikuläre Reentry-Tachykardie und fokale atriale Tachykardie (n=2; 1,1%)

Die Diagnosen zeigt Abb. 3.1 im Überblick.

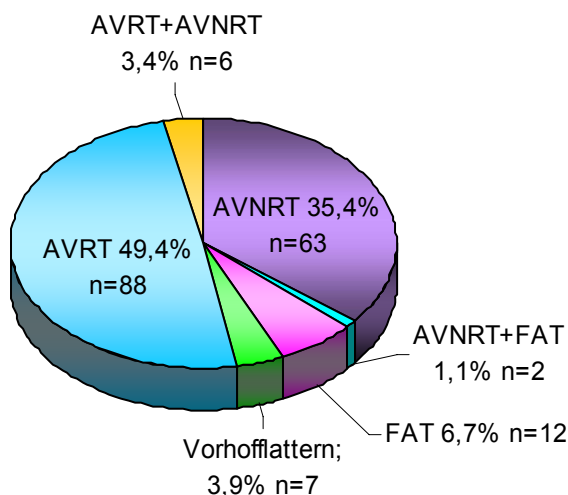


Abb. 3.1 Prozentuale Verteilung der Rhythmusstörungen (n=178)

AVRT= atrioventrikuläre Reentrytachykardie, AVNRT= AV- nodale Reentrytachykardie, FAT= Fokale atriale Tachykardie

Bei **12 der 178 Patienten (6,7%)** wurde eine nur diagnostische EPU ohne Katheterablation durchgeführt:

- bei **4/12 Patienten** wegen zu hohen Ablationsrisikos aufgrund der Nähe des Substrates zum physiologischem Reizleitungssystem (parahissäre akzessorische Bahn n=3, FAT n=1).
- bei **5/12 Patienten** wegen zu schlechter Leitungseigenschaften der akzessorischen Bahn (n=2) oder einer induzierten, aber klinisch nicht relevanten Rhythmusstörung (Vorhofflattern; n=3).
- bei **3/12 Patienten** wegen Patienten- oder Elternwunsches, keine Ablation durchzuführen (AVNRT; n=3).

Bei **166 der 178 Patienten (93,3%)** wurden eine oder mehrere Ablationen durchgeführt.

- bei **151/166 Patienten (91,0%)** war die Ablation in der 1. EPU primär erfolgreich (AVRT n=75, AVNRT n=59, FAT n=8, typisches Vorhofflattern n=4, AVRT+AVNRT n=2, AVRT+FAT n=1) bzw. es wurde nur eine von 2 Rhythmusstörungen im Rahmen der 1. EPU ablatiert (AVRT+AVNRT n=2, AVRT+FAT n=1)
- bei **3/166 Patienten (1,8%)** wurde in 1. EPU keine, in 2. EPU eine primär erfolgreiche Ablation durchgeführt (AVNRT, in 1. EPU keine Tachykardie induzierbar n=1, AVRT+AVNRT, 1. EPU nur diagnostisch geplant n=1; AVRT+AVNRT, in 1. EPU keine Ablation wg. mechanischen „bumps“ der akzessorischen Leitungsbahn n=1).
- bei **11/166 Patienten (6,6%)** war die Ablation in der 1. EPU nicht erfolgreich (akzessorische Leitungsbahn; Ablationskatheter keinen ausreichenden Wandkontakt n=6; akzessorische Leitungsbahn nahe am Reizleitungssystem, nur vorsichtige Applikationen möglich n=2; AVNRT Abbruch der Untersuchung wegen zu langer Durchleuchtungszeit n=1; FAT im LA, kein dauerhafter Erfolg erzielbar n=1; FAT links, transeptale Punktion von Patientenseite abgelehnt n=1:)
- bei **1/166 Patient (0,6%)**: in 1. EPU keine Ablation, in 2. EPU nicht erfolgreiche Ablation (FAT bei Z.n. Kammerflimmern, 1. EPU zur Nachkontrolle, in 2. EPU linksatrialer Fokus nicht erfolgreich abladierbar)

Bei **24/151 Patienten (15,9%)** mit primär erfolgreicher Ablation in der 1. EPU trat ein Rezidiv auf (AVRT n=14; AVNRT n=7; FAT n=2; Vorhofflattern n=1), wobei sich 3 dieser

24 Patienten nicht zur Re- EPU vorstellten, AVNRT n=3). Eine letztlich erfolgreiche Ablation wurde bei 14 dieser 21 Patienten durchgeführt, (AVRT: 10/14 Patienten, AVNRT: 2/7 Patienten, FAT: 2/2 Patienten, Vorhofflattern: 1/1 Patient), so dass insgesamt **14/24 Rezidiven** erfolgreich behandelt werden konnten.

Insgesamt konnte bei **147/166 Patienten** (88,6%), die mindestens eine Ablation erhielten, eine dauerhafte Beschwerdefreiheit erreicht werden, bei 124/166 Patienten (74,7%) schon mit einer Ablation. Komplikationen traten nur bei **4/178 Patienten** (2,2%) auf (AVRT n=3; AVRT+ AVNRT n=1; siehe dort).

Tabelle 3.1 zeigt alle Patienten im Überblick.

Tab. 3.1 Untersuchungsverläufe aller Patienten (**n=178**) im Überblick. Die Spalten 1-9 zeigen die EPU-Ergebnisse auf. Spalte 1 (grün) enthält alle Patienten mit endgültig erfolgreicher Ablation (n=147). Die Patienten in den gelb unterlegten Spalten 2,4,6,8 ergeben jeweils die Patienten-Gesamtzahl der nächsten Zeile (2.-5.EPU) in der sie nach Ergebnissen der Re-EPU **neu sortiert** wieder erscheinen. Die Felder der rot unterlegten Spalten 3,5,7,9 enthalten diejenigen Patienten mit endgültig nicht erfolgreicher oder nicht durchgeführter Ablation (n=31).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	gesamt Pt
Ergebnis nach...	Ablation erfolgreich kein Rezidiv keine Re-EPU	Ablation erfolgreich +Rezidiv +Re-EPU	Ablation erfolgreich +Rezidiv keine Re-EPU	Ablation teilweise** erfolgreich +Re-EPU	Ablation teilweise** erfolgreich keine Re-EPU	Ablation nicht erfolgreich +Re-EPU	Ablation nicht erfolgreich keine Re-EPU	keine Ablation +Re-EPU	keine (erneute) Ablation keine Re-EPU	
1.EPU	124 Pt	21 Pt	3 Pt	3 Pt	-	5 Pt	6 Pt	7* Pt	9 Pt	178 Pt
2.EPU	16 Pt	4 Pt	3 Pt	3 Pt	1 Pt	-	1 Pt	4 Pt	4 Pt	36 Pt
3.EPU	3 Pt	4 Pt	-	-	1 Pt	-	1 Pt	-	1 Pt	10 Pt
4.EPU	2 Pt	2 Pt	-	-	-	-	1 Pt	-	-	5 Pt
5.EPU	2 Pt	-	-	-	-	-	-	-	-	2 Pt
gesamt Pt	147 Pt		6 Pt		2 Pt		9 Pt		14 Pt	178 Pt

* Bei 4/7 Patienten dieses Feldes wurde in der 2.EPU auch eine Ablation durchgeführt.Somit ergeben sich in Spalte 8+9, Zeile „1.EPU“ insgesamt 12 Patienten mit rein diagnostischer EPU.

** teilweise erfolgreich: bei Patienten mit 2 Arrhythmien 1 davon erfolgreich abladiert

3.2 Patienten mit akzessorischen Leitungsbahnen und atrioventrikulärer Reentry- Tachykardie (AVRT)

3.2.1 Überblick

Diese Gruppe umfasste mit 88/178 Patienten die größte Patientenanzahl. Von den 88 Patienten waren 43 männlich und 45 weiblich. Das Alter zum Zeitpunkt der ersten Untersuchung reichte von 4,6 Jahren bis zu 18,0 Jahren (Mittel 13.9 ± 3.4 Jahre, Median 15,1 Jahre) (Tabelle 3.2).

Tab. 3.2 Alter der Patienten mit AVRT zum Zeitpunkt der 1.EPU

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Alter (Jahre)	4.6	18.0	13.9± 3.4	15.1

Im Oberflächen-EKG zeigten 58/88 Patienten (65,9%) eine offene Präexzitation; bei 30/88 Patienten (34,1%) war die Bahn „verborgen“.

Bei offener Präexzitation handelte es sich bei 55/58 Patienten um eine Präexzitation vom WPW-Typ, 3/58 Patienten hatten eine nur antegrad leitungsfähige Bahn mit dekrementalen Leitungseigenschaften i.S. einer „Mahaimbahn“.

Bei 2/30 Patienten mit verborgenen („concealed“) Bahnen lag eine Sonderform der akzessorischen Leitungsbahn mit nur retrograden dekrementalen Leitungseigenschaften i. S. einer „permanenten junctionalen Reentry Tachykardie“ (PJRT) vor (Tabelle 3.4).

Bei 80/88 Patienten (90,9%) wurde eine akzessorische Bahn gefunden, bei 8/88 Patienten (9,1%) zwei akzessorische Bahnen (Tabellen 3.4 und 3.5).

Bei 69/88 Patienten (78,4%) wurde nur 1 EPU durchgeführt. Aufgrund von nicht erfolgreicher Ablation (n=5) oder Rezidiv (n=14) wurde bei 19/88 Patienten (21,6%) 1-4 Re-EPU durchgeführt (2 EPU: n=12, 3 EPU: n=2, 4 EPU: n=3, 5 EPU: n=2, siehe Abbildung 3.2).

Bei 74/83 der Patienten mit AVRT und Ablation (89,2%) konnte dauerhafte Beschwerdefreiheit durch Ablation(en) erreicht werden, bei 61 Patienten davon schon mit einer Ablation. Bei 9/83 Patienten (10,8%) konnte keine dauerhafte Beschwerdefreiheit

durch Ablation erzielt werden.

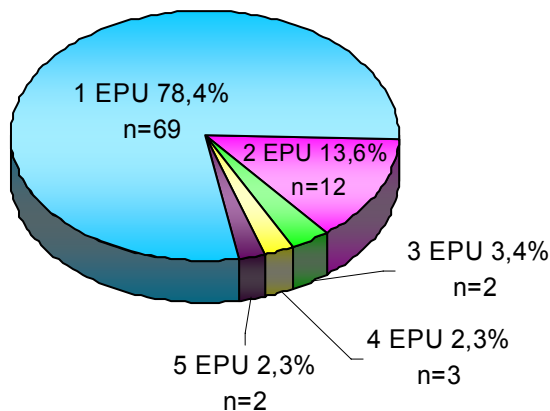


Abb. 3.2 Anzahl der elektrophysiologischen Untersuchungen bei Patienten mit AVRT (n=88)

3.2.2 Erste EPU

Patienten ohne Ablation in 1. EPU

Bei 5/88 (5,7%) Patienten wurde keine Ablation durchgeführt, da in 3 Fällen eine parahissäre Lage mit erhöhtem AV-Block-Risiko und in einem Fall eine schlechte Leitungsfähigkeit der Bahn vorlag. Bei dem 5. Patienten kam es während der EPU zur anhaltenden mechanischen Blockade der Bahn durch einen Katheter, so dass keine Ablation möglich war. Bei keinem dieser Patienten wurde eine Re-EPU durchgeführt (siehe auch Abbildung 3.3).

Ablationsergebnisse 1. EPU

Bei 83/88 Patienten (94,3%) wurde eine Katheterablation der akzessorischen Bahn durchgeführt.

Die Ablation war bei 75/83 Patienten (90,4%) erfolgreich und bei 8/83 (9,6%) Patienten nicht erfolgreich. Hierbei war bei 6/8 Patienten kein ausreichender Wandkontakt erreichbar und bei 2/8 Patienten die Bahn nahe am Reizleitungssystem, so dass Applikationen ohne ausreichende permanente Wirkung erfolgten. 5/ 8 Patienten mit nicht erfolgreicher Ablation stellten sich zur Re-EPU vor.

Bei 14/ 75 Patienten (18,7%) nach erfolgreicher Ablation traten klinisch Rezidive auf (mit EKG- Dokumentation bei 13 Patienten). Alle 14 Patienten wurden nochmals elektrophysiologisch untersucht. Gemeinsam mit den 5 nicht erfolgreich ablatierten Patienten wurde somit bei 19/83 Patienten (22,9%) eine zweite EPU durchgeführt (siehe auch Abbildung 3.3).

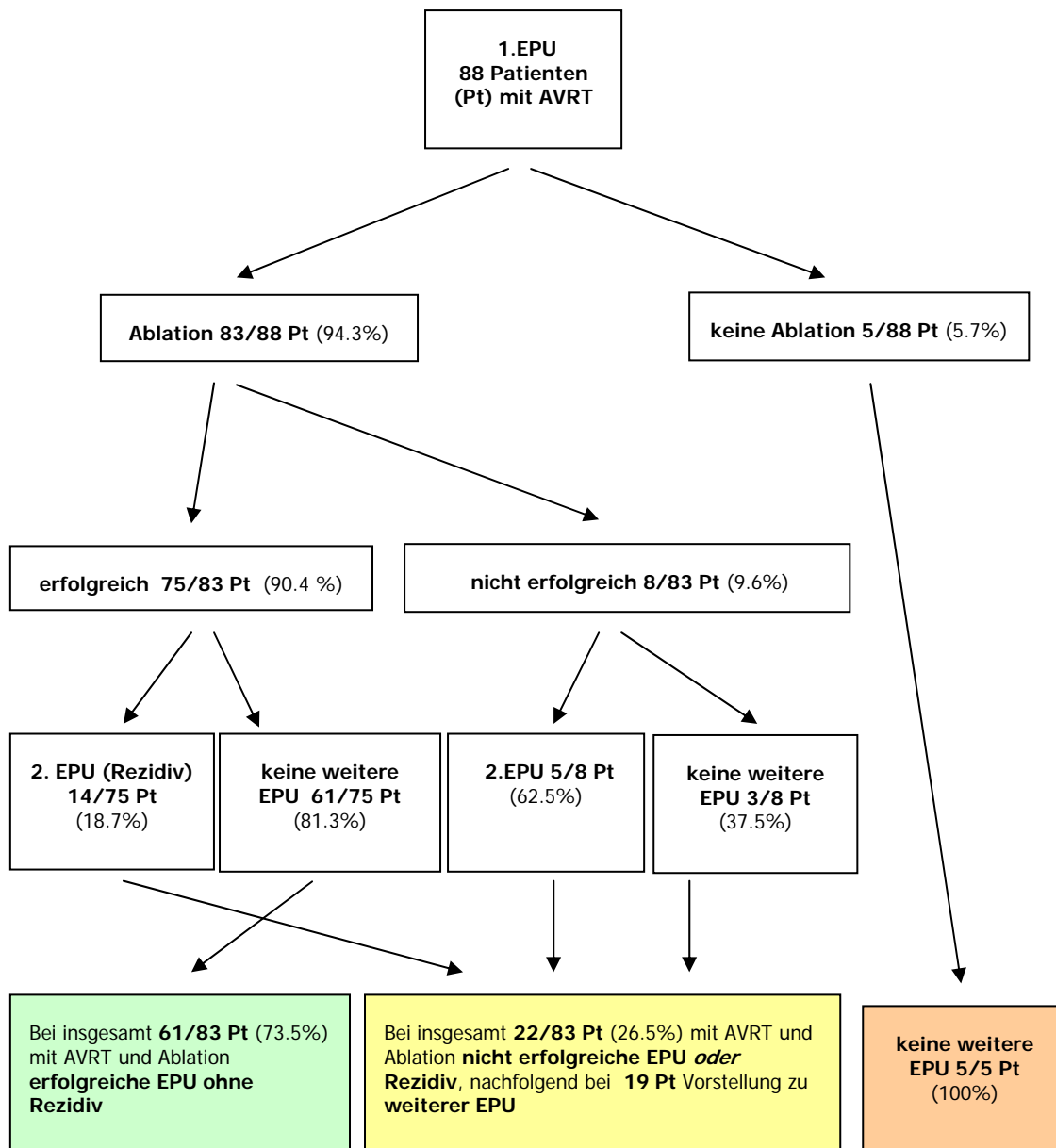


Abb. 3.3 Übersicht der Behandlungsabläufe der **ersten EPU** aller Patienten mit **AVRT**

Prozedurale Daten

Nachfolgend sind Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung, Dauer der Untersuchung, Anzahl der Applikationen bei der Ablation und Durchleuchtungszeit dargestellt (Tabelle 3.3).

Tab. 3.3 Prozedurale Daten der 1. EPU bei Patienten mit AVRT und Ablation (83 von 88 Patienten)

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Untersuchungsdauer (min.)	45	425	186 ± 88	180
Anzahl Applikationen	1	63	13 ± 13	8
Durchleuchtungszeit (min.)	4.0	110.3	31.3 ± 24.9	25.9

Mapping- und Ablationsverfahren

Das Mapping der akzessorischen Bahn wurde durchgeführt

- bei 69 Patienten (83,1%) konventionell mittels 7 F Ablationskatheter mit 4 mm Spitze
- bei 6 Patienten (7,2%) unter Verwendung eines 3-D-Mapping Systems. Bei 1 Patient davon (mit PJRT) wurde zum ersten Mal überhaupt bei dieser Tachykardieform das Mappingssystem NavX verwendet [77]..
- bei 8 Patienten mit Bahnen in Nähe des physiologischen Reizleitungssystems (9,6 %) mit einem 7 F Cryokatheter

Zur Ablation der akzessorischen Bahn wurde(n)

- bei 75 Patienten (90,4%) die konventionelle Radiofrequenz-Ablation eingesetzt
- bei 5 Patienten (6,0%) die Cryoablationstechnik verwendet, da sich die Bahn in der Nähe des physiologischen Reizleitungssystems mit hohem Risiko eines AV-Blocks befand
- bei 3 Patienten (4,6%) beide Techniken eingesetzt

(siehe auch Tabelle 3.4).

Korrelation von Eigenschaften der akzessorischen Bahn, Geschlecht, Mappingverfahren und Ablationsverfahren mit dem Ablationsergebnis

Der Erfolg der Ablation war nicht mit AVRT-Typ, Geschlecht, Mappingverfahren oder Ablationsverfahren korreliert (P= n.s.; Tabelle 3.4).

Tab. 3.4 Patienten mit 1. EPU bei AVRT. Korrelation von Eigenschaften der akzessorischen Bahn, Geschlecht, Mappingverfahren und Ablationsverfahren (Spalten) mit Ablationserfolg, Rezidivrate und Re- EPU (Zeilen). Es fand sich keine statistische Signifikanz (P= n.s.)

Unterteilungskriterium	Anzahl Patienten	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv und Re-EPU	Re-EPU pro primär nicht erfolgreiche Ablation
<u>gesamt</u>	88	83 (94.3%)	75 (90.4%)	14 (18.7%)	14 (100%)	5/8
<u>nach akzessorischer Bahn</u>						
- WPW, offen	55	51 (92.7%)	46 (90.2%)	9 (19.6%)	9 (100%)	4/5
- WPW, verborgen	28	28 (100%)	26 (92.3%)	4 (15.4%)	4 (100%)	1/2
- PJRT	2	2 (100%)	2 (100%)	-	-	-
- Mahaimbündel	3	2 (66.7%)	1 (50%)	1 (100%)	1 (100%)	0/1
<u>nach Geschlecht</u>						
- männlich	43	40 (93.0%)	37 (92.5%)	10 (27.0%)	10 (100%)	1/3
- weiblich	45	43 (95.6%)	38 (88.4%)	4 (10.5%)	4 (100%)	4/5
<u>nach Mapping-Methode</u>						
- kein Map	5	-	-	-	-	-
- konventionell	69	69 (100%)	63 (91.3%)	12 (19.0%)	12 (100%)	4/6
- konv. + Cryo-Map	8	8 (100%)	7 (87.5%)	1 (14.3%)	1 (100%)	1/1
- konv. + Localisa®	4	4 (100%)	3 (75%)	1 (33.3%)	1 (100%)	0/1
- konv. + CARTO®	1	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
- NavX®	1	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
<u>nach Ablationsmethode</u>						
- keine	5	-	-	-	-	4/7
- Radiofrequenzstrom	75	75 (100%)	68 (90.7%)	13 (19.1%)	13 (100%)	-
- Cryoenergie	5	5 (100%)	5 (100%)	-	-	1/1
- beide	3	3 (100%)	2 (66.7%)	1 (50%)	1 (100%)	-

Anatomische Lokalisation der akzessorischen Bahnen

Die anatomische Lage der akzessorischen Leitungsbahnen wurde nach der international gebräuchlichen Nomenklatur wie unten dargestellt eingeteilt. Bei den 81 Patienten mit

einer akzessorischen Bahn zeigten sich 17 Bahnen im Bereich der freien Wand des rechten Ventrikels, 34 Bahnen im Bereich der freien Wand des linken Ventrikels und 30 Bahnen septal (Abbildung 3.4). Die 7 Patienten mit 2 Bahnen wurden gesondert dargestellt. Hierbei zeigte sich eine relativ homogene Verteilung über die verschiedenen Lokalisationen (Abbildung 3.5).

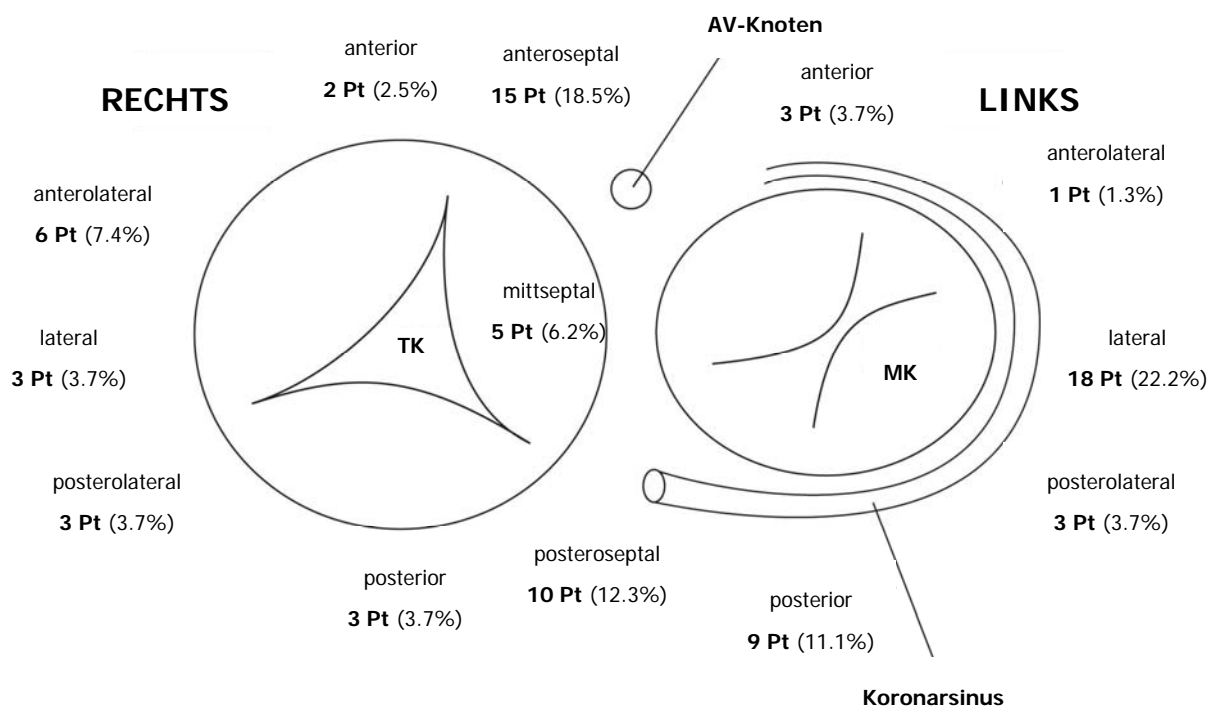


Abb. 3.4 Schematische Ansicht (Simulation einer linken vorderen Schrägaufnahme) auf die beiden AV-Klappen. Anatomische Lokalisation der akzessorischen Bahnen in der AV- Klappenebene bei Patienten mit einer akzessorischen Leitungsbahn (**n=81**).
Abkürzungen: TK= Trikuspidalklappe, MK= Mitralklappe

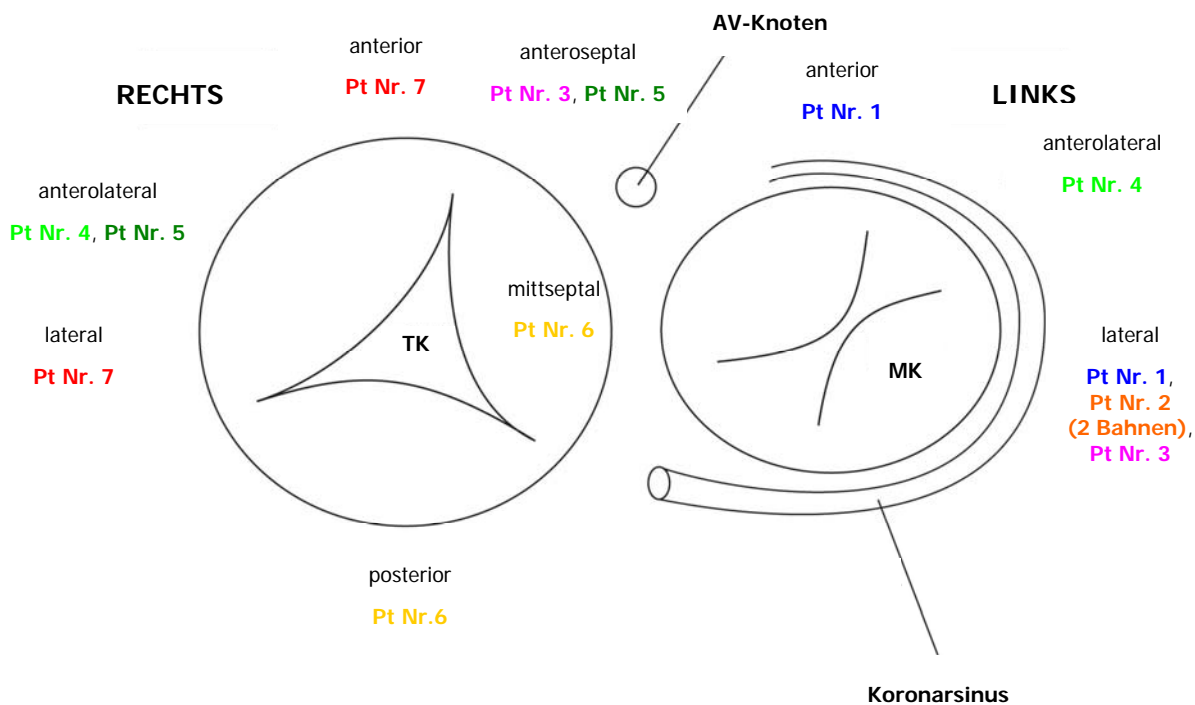


Abb. 3.5 wie Abbildung 3.4, aber nur Patienten mit 2 akzessorischen Leitungsbahnen (**n=7**). Die Patienten (Pt Nr. 1-7) und die zugehörigen je 2 Bahnen sind einzeln farbkodiert dargestellt.

Korrelation von Lokalisation und Anzahl der akzessorischen Bahnen mit dem Ablationserfolg

Es wurde untersucht, ob eine Korrelation zwischen anatomischer Lage der akzessorischen Bahn, Anzahl der Bahnen (1 oder 2 Bahnen) und dem Ablationserfolg besteht.

Bei Patienten mit einer akzessorischen Bahn und durchgeführter Ablation (n=76; 5 ohne Ablation) betrug die primäre Erfolgsrate

- 94,1% (32/34 Pt ; Rezidive n=3) bei Patienten mit einer akzessorischen Leitungsbahn der *linken freien Wand*,
- 93,3 % (15/16 Pt; Rezidive n=3; 1 ohne Ablation) bei Patienten mit einer akzessorischen Leitungsbahn der *rechten freien Wand*,
- 81,5% (22/27 Pt, Rezidive n=4, 4 ohne Ablation) bei Patienten mit einer *septalen* akzessorischen Leitungsbahn.

Bei septalen Bahnen wurden tendenziell seltener Ablationen durchgeführt als bei nicht septalen ($P < 0.10$, nicht in der Tabelle); bei anteroseptaler Lage wurden signifikant weniger Ablationen durchgeführt ($P < 0.05$). Die Ablation zeigte bei anteroseptaler Lokalisation tendenziell, aber nicht signifikant geringere Erfolge als bei allen anderen Bahnpositionen ($P < 0.10$) sowie verglichen mit allen anderen SVT ($P < 0.10$). Die Rezidivraten waren lokalisationsunabhängig, das Vorhandensein von 2 Bahnen war nicht mit Ablationsrate und –erfolg assoziiert.

Bei Patienten mit zwei akzessorischen Bahnen links und/oder rechts (n=7) betrug die primäre Erfolgsrate 100% (7/7 Pt, Rezidiv n=4) (Tabelle 3.5).

Tab. 3.5 Patienten mit 1. EPU. Korrelation von Lokalisation und Anzahl der akzessorischen Bahnen (Spalten) mit Ablation, Ablationserfolg, Rezidiven und Re-EPU (Zeilen). *: **P < 0.05, anteroseptal vs. nicht anteroseptal.** Bei allen nicht markierten Feldern besteht keine statistische Signifikanz (P= n.s.)

Lokalisation/ Anzahl der akzessorischen Bahn	Anzahl Patienten	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv und Re-EPU	Anzahl/ (Anteil) der Re-EPU nach primär nicht erfolgreicher Ablation
<u>gesamt</u>	<u>88</u>	<u>83 (94.3%)</u>	<u>75 (90.4%)</u>	<u>14 (18.7%)</u>	<u>5 (62.5%)</u>
<u>1 Bahn</u>	<u>81 (92.0%)</u>	<u>76 (93.8%)</u>	<u>68 (89.5%)</u>	<u>11 (16.2%)</u>	<u>5 (62.5%)</u>
<u>linke freie Wand</u>	<u>34 (42.0%)</u>	<u>34 (100%)</u>	<u>32 (94.1%)</u>	<u>3 (9.4%)</u>	<u>2 (100%)</u>
- links anterior	3 (8.8%)	3 (100%)	3 (100%)	-	-
- links anterolateral	1 (2.9%)	1 (100%)	1(100%)	-	-
- links lateral	18 (52.9%)	18 (100%)	17 (94.4%)	2 (11.8%)	1 (100%)
- links posterolateral	3 (8.8%)	3 (100%)	3 (100%)	-	-
- links posterior	9 (26.5%)	9 (100%)	8 (88.9%)	1 (12.5%)	1 (100%)
<u>rechte freie Wand</u>	<u>16 (19.8%)</u>	<u>15 (93.8%)</u>	<u>14 (93.3%)</u>	<u>3 (21.4%)</u>	<u>1 (100%)</u>
- rechts anterior	2 (11.8%)	1 (50%)	1 (100%)	1 (100%)	-
- re. anterolateral	6 (35.3%)	6 (100%)	6 (100%)	1 (16.7%)	-
- rechts lateral	3 (17.6%)	3 (100%)	2 (66.7%)	1 (50%)	1 (100%)
- re. posterolateral	3 (17.6%)	3 (100%)	3 (100%)	-	-
- rechts posterior	2 (17.6%)	2 (100%)	2 (100%)	-	-
<u>septal</u>	<u>31 (38.3%)</u>	<u>27 (87.1%)</u>	<u>22 (81.5%)</u>	<u>4 (18.2%)</u>	<u>2 (40%)</u>
- anteroseptal	15 (48.4%)	11 (73.3%)*	8 (72.7%)	2 (25%)	2 (66.7%)
- mittseptal	5 (16.1%)	5 (100%)	4 (80%)	1 (25%)	-
- posteroseptal	11 (35.5%)	11 (100%)	10 (90.9%)	1 (10%)	-
<u>2 Bahnen</u>	<u>7 (8.0%)</u>	<u>7 (100%)</u>	<u>7 (100%)</u>	<u>4 (57.1%)</u>	
- links anterior + links lateral	1 (14.3%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	-
- 2x linkslaterale B.	1 (14.3%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-
- anteroseptal+ links lateral	1 (14.3%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	-
- li. anterolateral + re. anterolateral	1 (14.3%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-
- anteroseptal+ re. anterolateral	1 (14.3%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-
- mittseptal+ rechts posterior	1 (14.3%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	-
- rechts anterior + rechts lateral	1 (14.3%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	-

3.2.3 Zweite EPU

Bei 19/88 Patienten (21,5 %) wurde eine 2. EPU wegen eines Rezidivs nach 1. EPU der Rhythmusstörung (n=14) oder wegen nicht erfolgreicher Erstablation durchgeführt (n=5).

Patienten ohne Ablation in 2. EPU/ Ablation in weiterer EPU

Bei 3/19 Patienten wurde keine Reablation durchgeführt (n=2 mit Rezidiv nach 1. EPU, n=1 primär nicht erfolgreich).

Bei dem 1. Patienten mit Rezidiv nach 1. EPU und zwei akzessorischen Bahnen trat während der 2. EPU ein mechanisch induzierter AV-Block Grad III auf, der persistierte. Im weiteren Verlauf wurde deshalb ein VVI-Schrittmacher implantiert. Nach synkopalem Ereignis erfolgte die Wiedervorstellung zu einer 3. EPU, in der eine rhythmogene Ursache dieser Synkope ausgeschlossen wurde.

Bei dem 2. Patienten mit Rezidiv nach 1. EPU war in der 2. EPU die akzessorische Bahn nicht nachweisbar, allerdings wurde bei klinisch erneutem Rezidiv später eine 3. und 4. EPU durchgeführt. Erst nach einer 5. EPU mit Ablation konnte bei diesem Patienten Beschwerdefreiheit erreicht werden.

Bei dem 3. Patienten mit primär nicht erfolgreicher Ablation musste die EPU wegen Fehlpunktion der A. carotis abgebrochen werden. Bei diesem Patienten wurde eine 3. EPU mit erfolgreicher Ablation durchgeführt (Abbildung 3.6).

Ablationsergebnisse 2. EPU

Bei 16/19 Patienten wurde eine Reablation durchgeführt (n=12 mit Rezidiv nach 1. EPU, n=4 primär nicht erfolgreich). Bei 2/12 Patienten mit Rezidiv fand sich eine 2., bis dahin unentdeckte Bahn, bei 10 der 12 Patienten handelte es sich um ein Rezidiv der bereits ablatierten Bahn.

Bei 11/12 Patienten war die Reablation erfolgreich. Im weiteren Verlauf zeigte sich bei 5 der 11 Patienten ein erneutes Rezidiv, 2 dieser 5 Patienten stellten sich zur 3. EPU vor. Bei dem 12. Patienten mit Rezidiv nach 1. EPU konnte zwar in der zweiten EPU eine Modifizierung der Leitungseigenschaften der mittseptal gelegenen Bahn erreicht werden, allerdings keine vollständige Ablation.

Bei den 4 Patienten mit nicht erfolgreicher Ablation wurde nun eine erfolgreiche Ablation durchgeführt; allerdings hatten 2 der 4 Patienten im weiteren Verlauf ein Rezidiv der Bahn und erhielten eine 3. EPU (Abbildung 3.6).

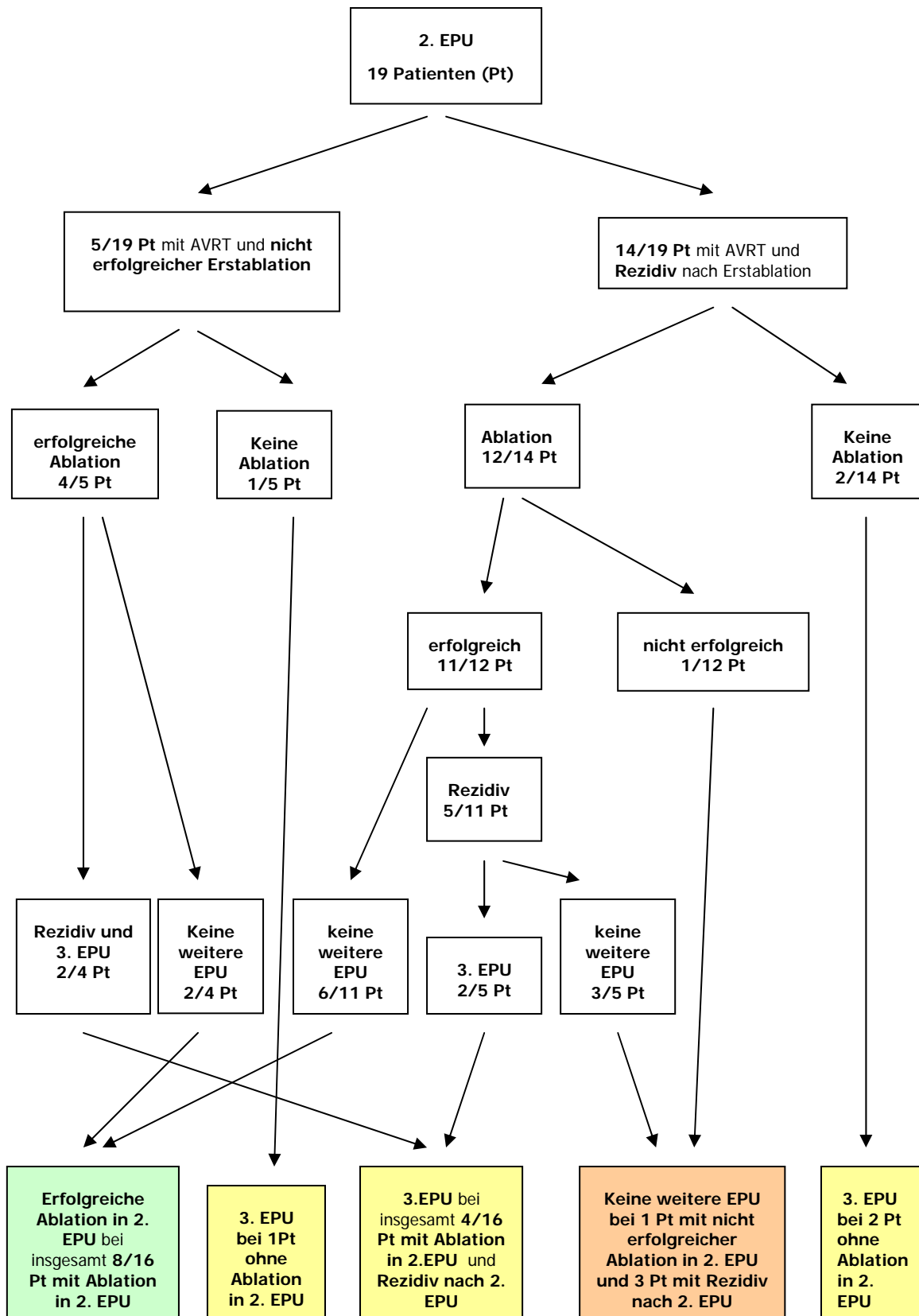


Abb. 3.6 Übersicht der Behandlungsabläufe der **zweiten EPU** von Patienten mit **AVRT** und **primär nicht erfolgreicher Ablation** oder **Rezidiv nach 1. EPU**

Prozedurale Daten

Es wurden die Daten der 1. und 2. EPU verglichen (Untersuchungsdauer, Applikationsanzahl sowie Durchleuchtungszeit; Tabelle 3.6).

Im Vergleich zur 1. EPU ergab(en) sich

- nicht signifikant verlängerte Ablationsdauer
- annähernd gleiche RF- Applikationsanzahlen
- nicht signifikant kürzere Durchleuchtungszeiten

Tab. 3.6 Prozedurale Daten der 1.EPU (n=83 mit Ablation) und der 2. EPU (n=16 mit Ablation) im Vergleich

Art	Mittelwert/SD 1. EPU	Mittelwert/SD 2. EPU	P-Wert
Dauer (min.)	180 ± 88	225 ± 127	n.s.
Anzahl RF- Applikationen	13 ± 13	13 ± 14	n.s.
Durchleuchtungszeit (min.)	33.3 ± 29.5	24.0 ± 21.1	n.s.

Korrelation von Eigenschaften der akzessorischen Bahn, Geschlecht und Lokalisation bzw. Anzahl der akzessorischen Bahnen mit dem Ablationserfolg: Vergleich 1. und 2. EPU

In der 2. EPU erhielten weniger Patienten (16/19; 84,2%) eine Ablation als in der 1. EPU (83/88; 94,3%; P= n.s.). Die Erfolgsrate der 2. EPU lag mit 93,8% nicht signifikant höher als die der 1. EPU (90,4%). Die Rezidivrate war mit 7/15 Patienten (46,7%) in der 2. EPU signifikant höher (P< 0.05) als in der 1. EPU (14/88 Patienten; 18,7%).

Hinsichtlich der Korrelation von Eigenschaften der akzessorischen Bahn, Geschlecht und Lokalisation bzw. Anzahl der akzessorischen Bahnen mit dem Ablationserfolg zeigte sich eine nicht signifikant veränderte Situation (Tabelle 3.7).

Tab. 3.7 Korrelation von AVRT-Typ, Geschlecht und Lokalisation bzw. Anzahl der akzessorischen Bahnen mit dem EPU-Ergebnis (Patienten mit 2. EPU) *: **P < 0.05, Rezidivrate 2. EPU vs. Rezidivrate 1. EPU, vgl. Tabelle 3.5.** Bei allen nicht markierten Feldern besteht keine statistische Signifikanz (P= n.s.).

Unterteilungskriterium	Anzahl Patienten	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv und Re-EPU	Anzahl der Patienten ohne Ablation und Re-EPU
<u>gesamt</u>	<u>19</u>	<u>16 (84.2%)</u>	<u>15 (93.8%)</u>	<u>7 (46.7%)*</u>	<u>4 (57.1%)</u>	<u>3/19</u>
<u>AVRT-Typ</u>						
WPW, offen	13 (68.4%)	11 (84.6%)	10 (90.9%)	5 (50%)	2 (40%)	2/13
WPW, verborgen	5 (26.3%)	4 (80%)	4 (100%)	1 (25%)	1 (100%)	1/5
Mahaimbündel	1 (52.6%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	-
<u>Geschlecht</u>						
männlich	11 (57.9%)	10 (90.9%)	10 (100%)	4 (40%)	1 (25%)	1/11
weiblich	8 (42.1%)	6 (75%)	5 (83.3%)	3 (60%)	3 (100%)	2/8
<u>Bahnanzahl</u>						
1 Bahn	15 (78.9%)	13 (86.7%)	12 (92.3%)	6 (50%)	3 (50%)	2/15
2 Bahnen	4 (21.1%)	3 (75%)	3 (100%)	1 (33.3%)	1 (100%)	1/4
<u>Position der Bahn</u>						
linke freie Wand	5 (26.3%)	5 (100%)	5 (100%)	3 (60%)	2 (66.7%)	-
- links lateral	3 (60%)	3 (100%)	3 (100%)	1 (33.3%)	1 (100%)	-
- links posterior	2 (40%)	2 (100%)	2 (100%)	2 (100%)	1 (100%)	-
re. freie Wand	4 (21.1%)	3 (75%)	3 (100%)	2 (66.7%)	1 (50%)	1/4
- rechts anterior	1 (25%)	-	-	-	-	1/1
- re. anterolateral	1 (25%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	-
- rechts lateral	2 (50%)	2 (100%)	2 (100%)	1 (50%)	-	-
septal	6 (31.6%)	5 (83.3%)	4 (80%)	1 (25%)	-	1/6
- anteroseptal	4 (66.7%)	3 (75%)	3 (100%)	-	-	1/4
- mittseptal	1 (16.7%)	1 (100%)	-	-	-	-
- posteroseptal	1 (16.7%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-
links anterior + links lateral	1 (5.3%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
anteroseptal + links lateral	1 (5.3%)	-	-	-	-	1/1
mittseptal + rechts posterior	1 (5.3%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
rechts lateral + rechts anterior	1 (5.3%)	1 (100%)	1 (100%)	1 (100.0%)	1 (100%)	-

3.2.4 Dritte und weitere EPU

Bei 7 Patienten wurden mehr als 2 EPU durchgeführt (3 EPU n=2; 4 EPU n=3, 5 EPU n=2). Nachfolgend sind die Handlungsverläufe der Patienten dargestellt (Tabelle 3.8).

Tab. 3.8 Patienten mit AVRT und > 2 EPU (n=7)

Patient	Lokalisation/Typ der akzessorischen Bahn	3. EPU	4.EPU	5.EPU
1	links lateral, offenes WPW-Syndrom	nach erfolgreicher Zweitablation jetzt nicht erfolgreiche Ablation, weiter Tachykardie induzierbar	Ablation nicht erfolgreich, weiter Tachykardie induzierbar, <i>kein weiterer Ablationsversuch auf Patientenwunsch</i>	
2	links posterior, offenes WPW-Syndrom	nach erfolgreicher Zweitablation Rezidiv, jetzt Ablation erfolgreich, erneutes Rezidiv	<i>Ablation erfolgreich</i>	
3	rechts anterolateral, Mahaimbahn	nach erfolgreicher Zweitablation Rezidiv, jetzt Ablation erfolgreich, erneutes Rezidiv	<i>Ablation erfolgreich</i>	
4	rechts anterior, „verborgenes“ WPW-Syndrom	nach erfolgreicher Zweitablation Rezidiv, jetzt Ablation erfolgreich, erneutes Rezidiv	Ablation erfolgreich, Rezidiv	<i>Ablation erfolgreich</i>
5	rechts anterior, offenes WPW-Syndrom	nach Fehlpunktion in Zweit-EPU jetzt <i>Ablation erfolgreich</i>		
6	links lateral + rechts anteroseptal, offenes WPW-Syndrom	nach nicht erfolgreicher Zweit-EPU jetzt diagnostische EPU bei persistierendem AV-Block Grad III, <i>keine weitere EPU</i>		
7	rechts lateral + rechts anterior, „verborgenes“ WPW-Syndrom	nach erfolgreicher Zweitablation Rezidiv, jetzt Ablation erfolgreich, erneutes Rezidiv	Ablation erfolgreich, Rezidiv	<i>Ablation erfolgreich</i>

3.2.5 Komplikationen

Insgesamt traten bei allen EPU/Ablationen bei 3/88 Patienten (3,4%) Komplikationen auf.

Bei einem Patienten mit anteroseptaler akzessorischer Bahn konnte die EPU wegen Fehlpunktion der A. carotis nicht durchgeführt werden, in einer weiteren EPU persistierte bei diesem Patienten ein AV-Block Grad I.

Bei einem Patienten mit rechts anterolateraler Bahn persistierte ein durch die Ablation verursachter Rechtsschenkelblock in der 3. EPU.

Bei einem Patienten mit zwei akzessorischen Bahnen trat während der 2. EPU ein mechanisch induzierter AV-Block Grad III auf, der intermittierend bestehen blieb und die Implantation eines Herzschrittmachers erforderlich machte, wobei unklar blieb, ob die

zusätzlich diagnostizierte Kardiomyopathie oder die mechanische Traumatisierung des Katheters für den AV-Block ursächlich war. (Tabelle 3.9).

Tab. 3.9 Prozedurassoziierte Komplikationen bei AVRT

	Anzahl/%
keine Komplikationen	86/88 (96.6%)
Komplikationen	3/88 (3.4%)
- Fehlfunktion und persistierender AV-Block Grad I	1 (1.1%)
- persistierender, durch Ablation induzierter RSB	1 (1.1%)
- intermittierender AV-Block Grad III, persistierend	1 (1.1%)

3.2.6 Vergleich Früh- und Spätphase

Von den 88 Patienten mit akzessorischer Leitungsbahn wurden zwischen 01.01.1996 und 31.12.2002 47 Patienten elektrophysiologisch untersucht, zwischen 01.01.2003 und 31.12.2006 41 Patienten (falls mehrere EPU durchgeführt wurden, jeweils bezogen auf die erste durchgeführte EPU). Im zweiten, späteren Zeitraum ergaben sich im Vergleich zum ersten, früheren Zeitraum:

- kürzere EPU-Dauer (P< 0.05)
- nicht signifikant geringere Applikationsanzahl
- kürzere Durchleuchtungszeit (P< 0.05)
- tendenziell, aber nicht signifikant mehr primär erfolgreiche Ablationen (P< 0.10, nicht in Tabelle)
- tendenziell, aber nicht signifikant weniger Rezidive (P< 0.10, nicht in Tabelle)

In Tabelle 3.10 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der jeweiligen Gruppen dargestellt.

Tab. 3.10 Vergleich zweier Zeiträume bei Patienten mit AVRT

	Mittelwerte Zeitraum 1 (1996-2002)	Mittelwerte Zeitraum 2 (2003-2006)	P-Wert
Patientenanzahl	<i>n=47 gesamt</i> <i>n=43 mit Ablation</i> <i>n=36 primär erfolgreich</i>	<i>n=41 gesamt</i> <i>n=40 mit Ablation</i> <i>n=38 primär erfolgreich</i>	
EPU-Dauer (min.)	207.8 ± 91.5 (SD)	167.8 ± 86.5 (SD)	< 0.05
Applikationsanzahl bei Ablation	14.7 ± 13.2 (SD)	10.2 ± 12.7 (SD)	n.s.
Durchleuchtungszeit bei Ablation (min.)	36.8 ± 26.6 (SD)	25.5 ± 21.6 (SD)	< 0.05
Ablationsrate pro EPU	91.4%	97.6%	n.s.
primäre Erfolgsrate pro Ablation	86.0%	95.0%	n.s.
Rezidivrate bei primär erfolgreicher Ablation	27.8%	10.5%	n.s.
Komplikationsrate	2.1%	4.9%	n.s.

3.3 Patienten mit AV-nodaler Reentry- Tachykardie (AVNRT)

3.3.1 Übersicht

Die zweitgrößte Patientengruppe waren die Patienten mit AVNRT (63/178 Patienten). Von den 63 Patienten waren 38 weiblich und 25 männlich (Tabelle 3.13). Das Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung reichte von 2,2 Jahren bis zu 18,0 Jahren ($14,4 \pm 3,1$ Jahre, Median 14,9 Jahre), Tabelle 3.11).

Tab. 3.11 Alter der Patienten mit AVNRT zum Zeitpunkt der 1. EPU

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Alter (Jahre)	2.2	18.0	14.4 ± 3.1	14.9

Die Patienten wurden anhand des Tachykardiemechanismus unterteilt in:

- 53/63 Patienten (84,1%) slow-fast-AVNRT
- 3/63 Patienten (4,8%) fast-slow -AVNRT
- 3/63 Patienten (4,8%) slow-slow-AVNRT
- 4/63 Patienten (6,3%) mit mehr als einer AVNRT - Form

57/63 Patienten (90,5%) hatten 1 EPU erhalten. Aufgrund von nicht erfolgreicher Ablation (n=2) oder Rezidiven (n=4) wurde bei 6/63 Patienten (9,5%) mehr als eine (2-3) EPU durchgeführt (2 EPU: n=5, 3 EPU: n=1; Abbildung 3.7)

Bei 55/60 Patienten (91,7%) mit AVNRT und Ablation (n=59: Ablation in 1. EPU, n=1: Ablation in 2. EPU) konnte dauerhafte Beschwerdefreiheit durch Ablation(en) erreicht werden, bei 51 Patienten davon bereits mit einer Ablation. Bei den restlichen 5/60 Patienten (8,3%) erfolgten wieder Rezidive (n=3) oder es wurde keine Re-EPU gewünscht (n=2).

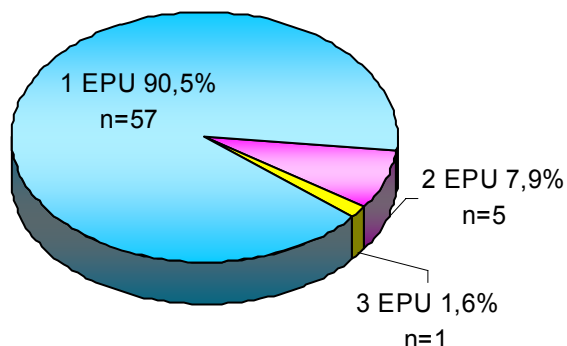


Abb. 3.7 Anzahl elektrophysiologischer Untersuchungen bei Patienten mit AVNRT (n=63)

3.3.2 Erste EPU

Patienten ohne Ablation in 1. EPU/ Ablation in späterer EPU

Bei 4/63 Patienten (6,3%) wurde keine Katheterablation durchgeführt. Bei 1/4 Patienten konnte keine Tachykardie induziert werden. Bei diesem Patienten wurde zu einem späteren Zeitpunkt eine Re-EPU mit erfolgreicher Ablation durchgeführt. 3/4 Patienten erhielten in der EPU nach Aufklärung über die Risiken auf Elternwunsch keine Katheterbehandlung nahe am AV-Knoten. Von diesen 3 Patienten stellte sich nachfolgend 1 Patient zur Re-EPU zu einem späteren Zeitpunkt vor, in der sich aber keine Tachykardie induzieren ließ.

Ablationsergebnisse 1. EPU

Bei 59 von 63 Patienten mit AVNRT (93,7%) wurde in der 1. EPU eine Katheterablation durchgeführt.

58 von 59 (98,3%) Ablationen waren erfolgreich (slow pathway Ablation n= 29; slow pathway Modulation n=29). Rezidive traten bei 7/58 Patienten auf (12,1%), 4 der 7 Patienten stellten sich erneut zu einer EPU vor.

Bei 1/59 Patienten (1,7%) war die Katheterbehandlung mit Cryotechnik bei schwierigen anatomischen Verhältnissen nur teilweise erfolgreich, die Prozedur musste wegen zu

langer Durchleuchtungszeit abgebrochen werden. Hier wurde keine erneute EPU durchgeführt (Tabelle 3.14).

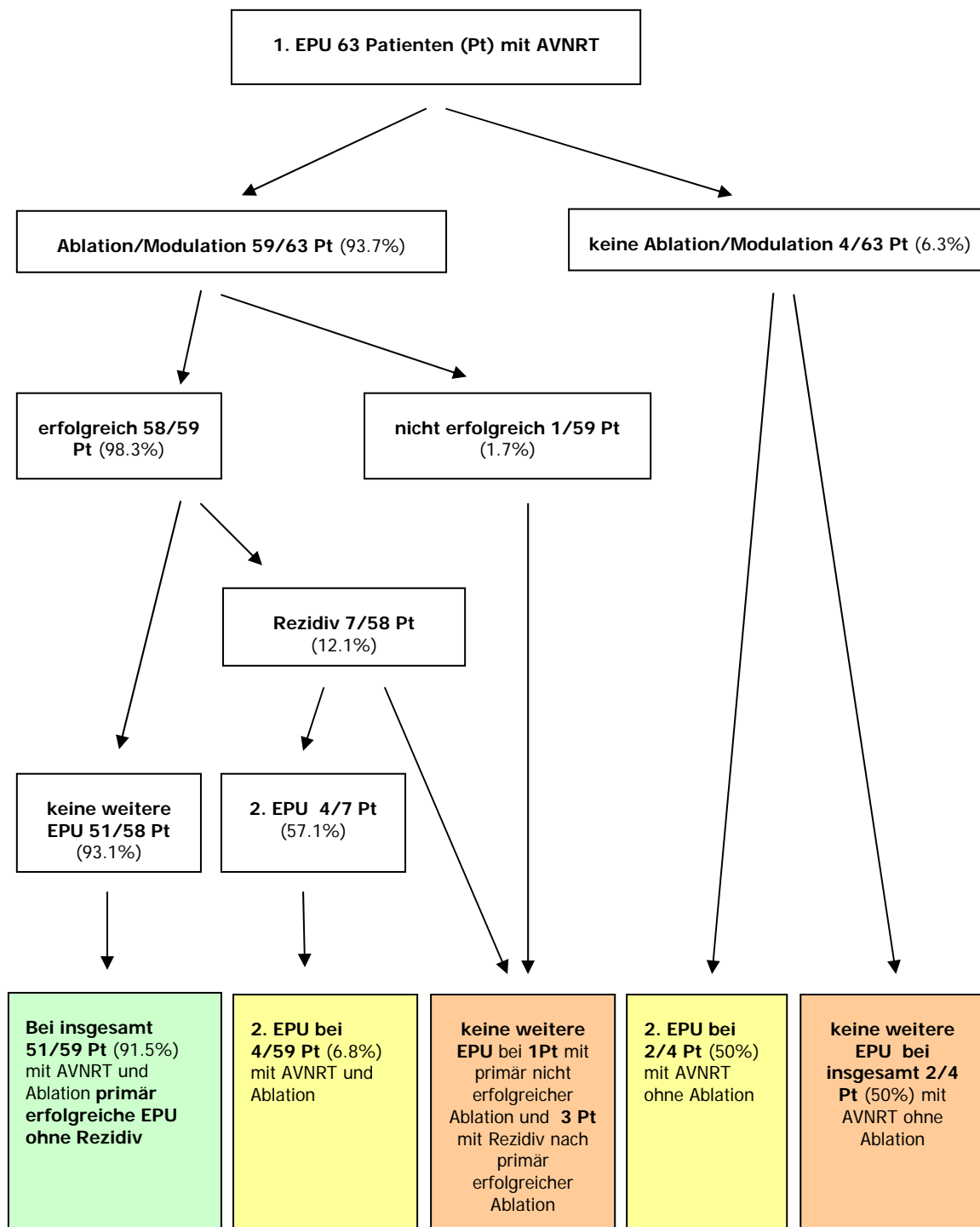


Abb. 3.8 Übersicht der Behandlungsabläufe der 1.EPU aller Patienten mit AVNRT

Prozedurale Daten

Nachfolgend sind Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung, Dauer der Untersuchung, Anzahl der Applikationen bei der Ablation und Durchleuchtungszeit dargestellt (Tabelle 3.13).

Tab. 3.12 Prozedurale Daten bei Patienten mit AVNRT und Ablation/Modulation (59 von 63 Patienten)

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Alter (Jahre)	2.2	18.0	14.4 ± 3.1	14.9
Dauer (min.)	26	405	165 ± 63	160
Anzahl Applikationen	1	53	7 ± 8	4
Durchleuchtungszeit (min.)	2.2	56.2	14.7 ± 10.5	12.3

Das Mapping wurde durchgeführt

- bei 21 Patienten (35,6%) konventionell mittels 7 F Ablationskatheter mit 4 mm Spitze
- bei 37 Patienten (62,7 %) mit einem 7 F Cryokatheter
- bei 1 Patienten (1,7%) zunächst konventionell, dann mit Cryokatheter

Zur Ablation wurde

- bei 21 Patienten (35,6%) Radiofrequenz-Energie eingesetzt
- bei 37 Patienten (62,7%) Cryoenergie
- bei 1 Patient (1,1%) wurde in der EPU Cryoenergie nach Radiofrequenzenergie eingesetzt, da zunächst der Verdacht auf eine akzessorische Bahn bestand, dann der AV-Knoten moduliert wurde

(Tabelle 3.13).

Korrelation von AVNRT-Typ, Geschlecht, Mappingverfahren, Ablationsverfahren und Art der slow pathway- Modifikation mit dem EPU-Ergebnis

Es wurde untersucht, ob das EPU- und Ablationsergebnis von AVNRT-Typ, Geschlecht, Mappingverfahren und Ablationsverfahren abhängt. Männliche erhielten demnach signifikant seltener eine Ablation in der EPU als weibliche Patienten ($P < 0.05$), wohingegen AVNRT-Typ, Mappingverfahren und Ablationsverfahren das EPU- und Ablationsergebnis nicht beeinflussten ($P = \text{n.s.}$; Tabelle 3.13).

Tab. 3.13 Korrelation von AVNRT-Typ, Geschlecht, Mapping-Methode, Ablationsmethode und Art der slow-pathway- Modifikation (Spalten) mit Häufigkeit von Ablation, Ablationserfolg, Rezidiven und Re- EPU *: **P < 0.05, männlich mit Ablation vs. weiblich mit Ablation.** Bei allen nicht markierten Feldern besteht keine statistische Signifikanz untereinander (P= n.s.)

Unterteilungskriterium	Anzahl Patienten	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv und Re-EPU	Anzahl Patienten ohne Ablation und Re-EPU
<u>gesamt</u>	63	59 (94.3%)	58 (90.4%)	7 (12.1%)	4 (57.1%)	2/4
<u>AVNRT-Typ</u>						
- slow-fast	53 (84.1%)	50 (94.3%)	49 (98.0%)	7 (14.3%)	4 (57.1%)	2/3
- fast-slow	3 (4.8%)	2 (66.7%)	2 (100%)	-	-	0/1
- slow-slow	3 (4.8%)	3 (100%)	3 (100%)	-	-	-
- slow-fast+ fast slow	1 (1.6%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
- slow fast+ slow-slow	1 (1.6%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
- fast-slow+ slow-slow	1 (1.6%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
- slow-fast+ 2x slow-slow	1 (1.6%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
<u>Geschlecht</u>						
- männlich	25 (39.7%)	21 (84.0%)*	21 (100%)	3 (14.3%)	2 (66.7%)	2/4
- weiblich	38 (60.3%)	38 (100%)	37 (97.4%)	4 (10.8%)	2 (50%)	-
<u>Mapping-Methode</u>						
- kein Map	4 (6.3%)	-	-	-	-	2/4
- konventionell	22 (34.9%)	22 (100%)	22 (100%)	2 (9.1%)	1 (50%)	-
- konv. + Cryo-Map	37 (58.7%)	37 (100%)	36 (97.3%)	5 (13.9%)	3 (60%)	-
<u>Ablationsmethode</u>						
- keine Ablation	4 (6.3%)	-	-	-	-	2/4
- Radiofrequenzstrom	21 (33.3%)	21 (100%)	21 (100%)	2 (9.5%)	1 (50%)	-
- Cryoenergie	37 (58.7%)	37 (100%)	36 (97.3%)	5 (13.9%)	3 (60%)	-
- beide	1 (1.6%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
<u>Art der slow-pathway-Modifikation</u>						
- keine Ablation	4 (6.3%)	-	-	-	-	2/4
- Ablation	29 (46.0%)	29 (100%)	29 (100%)	3 (10.3%)	2 (66.7%)	-
- Modulation	30 (47.6%)	30 (100%)	29 (96.7%)	4 (13.8%)	2 (50%)	-

3.3.3 Weitere EPU

Bei 6 Patienten wurde eine 2. EPU (Re-EPU) durchgeführt. Bei 3/6 Patienten konnte in der Re-EPU keine Tachykardie induziert werden. Der 1. Patient (Nr.1) hatte ein klinisches Rezidiv ohne EKG-Dokumentation nach Cryo-Ablation in der 1. EPU.

Der 2. Patient (Nr.4) hatte ein klinisches Rezidiv, nachdem die 1. EPU auf Elternwunsch

ohne Ablation durchgeführt worden war. Bei dem 3. Patienten (Nr.5) mit primär erfolgreicher Cryo-Ablation in der 1. EPU war die Re-EPU als Kontrolle nach synkopalem Ereignis durchgeführt worden. Nach erneuter EKG-Dokumentation einer AVNRT wurde in eine 3. EPU eine erfolgreiche Cryo- Modulation durchgeführt.

Bei 3/6 Patienten wurde in der zweiten EPU eine slow pathway - Ablation durchgeführt.

1 Patient (Nr.2) erhielt in der Re-EPU eine erneute erfolgreiche Radiofrequenz-Modulation nach Rezidiv (1. EPU Radiofrequenz-Modulation).

Bei 1 Patient (Nr.3) wurde in der Re-EPU eine erneute erfolgreiche Cryo-Modulation nach Rezidiv (1. EPU Cryo-Modulation) durchgeführt.

Bei 1 Patient (Nr.6) konnte die AVNRT erstmals in der Re-EPU induziert werden und es wurde anschliessend eine erfolgreiche Cryo- Modulation durchgeführt.

Bei AVNRT-Patienten traten keine prozeduralen Komplikationen auf (Tabelle 3.14).

Tab. 3.14 Patienten mit AVNRT und >1 EPU (n=6)

Patient Nr.	AVNRT-Subtyp	2. EPU	3. EPU
1	slow-fast	nach primär erfolgreicher Cryo-Ablation jetzt EPU auf Patientenwunsch mit klinischem Rezidiv ohne EKG-Dokumentation; keine Tachykardie induzierbar, keine Ablation, <i>keine weitere EPU</i>	
2	slow-fast	nach primär erfolgreicher Radiofrequenz-Modulation Rezidiv, jetzt <i>erfolgreiche Radiofrequenz-Modulation des slow pathway</i>	
3	slow-fast	nach primär erfolgreicher Cryo-Modulation Rezidiv, jetzt <i>erfolgreiche Cryo- Modulation des slow pathway</i>	
4	slow-fast	in erster EPU keine Ablation auf Patientenwunsch, jetzt keine Tachykardie induzierbar; <i>keine weitere EPU auf Patientenwunsch</i>	
5	slow-fast	nach primär erfolgreicher Cryo-Ablation synkopales Ereignis, jetzt Kontroll-EPU; keine Tachykardie induzierbar; später Rezidiv mit EKG-Dokumentation	<i>Erfolgreiche Cryo- Modulation des slow pathway</i>
6	slow-fast	in erster EPU keine Tachykardie induzierbar; jetzt <i>erfolgreiche Cryo-Modulation des slow pathway</i>	

3.3.4 Vergleich Frühphase und Spätphase, Ablation und Modulation, Radiofrequenzstrom und Cryothermie

Von den 63 Patienten mit AVNRT wurden 23 Patienten zwischen 01.01.1996 und 31.12.2002 und 40 Patienten zwischen 01.01.2003 und 31.12.2006 elektrophysiologisch untersucht. Im zweiten, späteren Zeitraum ergaben sich im Vergleich zum ersten, früheren Zeitraum (die Angaben sind Mittelwerte):

- (annähernd) gleiche EPU-Dauer, Durchleuchtungszeiten, Rezidivraten, Komplikationsraten und Anteile erfolgreicher Ablationen
- nicht signifikant höhere Applikationsanzahlen (P= n.s.)

(Tabelle 3.15)

Tab. 3.15 Vergleich zweier Zeiträume bei Patienten mit AVNRT

	Mittelwerte Zeitraum 1 (1996-2002)	Mittelwerte Zeitraum 2 (2003-2006)	P-Wert
Patientenanzahl	<i>n=23 gesamt</i> <i>n=20 mit Ablation</i> <i>n=20 primär erfolgreich</i>	<i>n=40 gesamt</i> <i>n=39 mit Ablation</i> <i>n=38 primär erfolgreich</i>	
EPU-Dauer (min.)	163.4 ± 51.2 (SD)	165.4 ± 65.0 (SD)	n.s.
Applikationsanzahl bei Ablation	4.7 ± 4.5 (SD)	7.5 ± 9.0 (SD)	n.s.
Durchleuchtungszeit bei Ablation (min.)	15.4 ± 7.4 (SD)	14.3 ± 11.8 (SD)	n.s.
Ablationsrate pro EPU	87.0%	97.5%	n.s.
primäre Erfolgsrate pro Ablation	100%	97.4%	n.s.
Rezidivrate bei primär erfolgreicher Ablation	15.0%	10.3%	n.s.
Komplikationsrate	0%	0%	n.s.

Von allen Patienten mit AVNRT und Katheterablation (n=59) wurde zwischen dem 1.1996 und 31.12.2006 bei 29 Patienten eine Ablation und bei 30 Patienten eine Modulation des slow pathway durchgeführt.

Es ergaben sich bei der Modulation keine signifikanten Unterschiede (P= n.s.) zur Ablation bezüglich EPU-Dauer, Applikationsanzahlen, Durchleuchtungszeiten, Komplikationsraten und Rezidivraten (Tabelle 3.16).

Tab. 3.16 Vergleich zweier verschiedener Ablationsverfahren bei Patienten mit AVNRT und Ablation (n=59)

	<i>keine Ablation</i>	Mittelwerte Ablation	Mittelwerte Modulation	P-Wert
Patientenanzahl	<i>n=4</i>	<i>n= 29</i>	<i>n=30</i>	
EPU-Dauer (min.)		164.4 ± 61.4 (SD)	156.4 ± 45.4 (SD)	n.s.
Applikationsanzahl		4.4 ± 3.8 (SD)	6.9 ± 5.8 (SD)	n.s.
Durchleuchtungszeit (min.)		14.6 ± 9.8 (SD)	13.0 ± 8.1 (SD)	n.s.
primäre Erfolgsrate bei Ablation		100%	96.7%	n.s.
Rezidivrate		10.3%	13.3%	n.s.
Komplikationsrate		0%	0%	n.s.

Bei 21 Patienten wurde Radiofrequenzenergie eingesetzt, bei 38 Patienten Cryoenergie. Der Patient mit Cryomodulation nach Radiofrequenzstromabgaben bei primärem Verdacht auf akzessorische Leitungsbahn wurde in die Cryogruppe aufgenommen.

Es ergaben sich im Vergleich RF – und Cryoenergie:

- keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Applikationsanzahlen, Komplikationsraten, Durchleuchtungszeit und Rezidivrate
- keine signifikanten Unterschiede in der Untersuchungsdauer

(Tabelle 3.17)

Tab. 3.17 Vergleich zweier Energiequellen bei Patienten mit AVNRT und Ablation (n= 59)

	<i>keine Ablation</i>	Mittelwerte Radiofrequenz-energie	Mittelwerte Cryoenergie	P-Wert
Patientenanzahl	<i>n= 4</i>	<i>n= 21</i>	<i>n= 38</i>	n.s.
EPU-Dauer (min.)		152.7 ± 53.5 (SD)	171.9 ± 66.3 (SD)	n.s.
Applikationsanzahl		6.2 ± 5.2 (SD)	6.7 ± 9.0 (SD)	n.s.
Durchleuchtungszeit (min.)		14.9 ± 7.1 (SD)	14.6 ± 12.0 (SD)	n.s.
primäre Erfolgsrate bei Ablation		100%	97.4%	n.s.
Rezidivrate		9.5%	13.2%	n.s.
Komplikationsrate		0%	0%	n.s.

3.4 Patienten mit fokaler atrialer Tachykardie (FAT)

3.4.1 Überblick

Bei 12/178 Patienten wurde eine fokale atriale Tachykardie (ein Fokus n=11, mehrere Foci n=1) diagnostiziert. Bei 4 der 12 Patienten wurde eine zweite EPU durchgeführt wegen eines Rezidivs (n=2), wegen primär nicht durchgeführter Ablation und Z.n. Kammerflimmern (n=1) und wegen nicht induzierbarer Tachykardie (n=1). (Abbildung 3.8).

Von den 12 Patienten waren 7 männlich (58,3%) und 5 weiblich (41,7 %). Das Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung reichte von 9,4 Jahren bis zu 16,6 Jahren (Mittelwert 14,3 Jahre, Median 15,1 Jahre) (Tabelle 3.18).

Bei 8/11 der Patienten (75%) mit FAT und Ablation (n=10: Ablation in 1. EPU, n=1: Ablation in 2. EPU) konnte dauerhafte Beschwerdefreiheit durch Ablation(en) erreicht werden, bei 6 Patienten mit einer EPU. Bei den restlichen 4 Patienten (25%) konnte durch Ablation keine dauerhafte Beschwerdefreiheit erzielt werden (n=3) bzw. die Ablation wurde abgebrochen (n=1).

Tab. 3.18 Alter der Patienten mit FAT zum Zeitpunkt der 1. EPU

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Alter (Jahre)	9.4	16.6	14.3 ± 2.4	15.1

3.4.2 EPU

Patienten ohne Ablation in 1. EPU / mit Ablation in weiterer EPU

Bei 2/12 Patienten (16,7%) trat spontan keine Tachykardie auf bzw. konnte keine Tachykardie induziert werden.

In einer zweiten EPU wurde bei einem Patienten (Nr.11: Tabelle 3.21) ein Fokus im rechten Atrium in unmittelbarer Nähe des Sinusknotens lokalisiert, der nicht ablatiert wurde.

Bei dem 2. Patienten (Nr.12) wurde eine erste EPU nach Reanimation bei Kammerflimmern und EKG- Dokumentation einer fokalen atrialen Tachykardie durchgeführt. Unter Sedierung konnte keine Tachykardie induziert werden. In einer zweiten EPU wurde ein linksatrialer Fokus letztlich nicht erfolgreich ablatiert.

Ablationsergebnisse 1. EPU

Eine Ablation in der 1. EPU wurde bei 10/12 Patienten dieser Gruppe (83,3%) durchgeführt.

Bei 8/10 Patienten (80%) war die Ablation erfolgreich.

Bei 6/8 Patienten traten klinisch keine erneuten Tachykardien auf, bei 2/8 Patienten rezidierte die FAT und es schloss sich eine zweite EPU mit erfolgreicher Ablation an.

Bei 2 der 10 Patienten (20%) war diese Ablation primär nicht erfolgreich.

Bei dem 1. Patienten (Nr.3) wäre eine transseptale Punktion zur vollständigen Ablation erforderlich gewesen, dies wurde von Patientenseite abgelehnt.

Bei dem 2. Patienten (Nr.4) konnte kein dauerhafter Erfolg erzielt werden, eine Re-EPU war vom Patienten nicht erwünscht.

Es traten keine prozeduralen Komplikationen auf.

Prozedurale Daten

Das Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung, Dauer der Untersuchung, Anzahl der Applikationen bei der Ablation und Durchleuchtungszeit ist in Tabelle 3.19 dargestellt.

Tab. 3.19 Prozedurale Daten bei Patienten mit FAT und Ablation (n=10)

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Dauer (min.)	120	430	247 ± 82	233
Anzahl Applikationen	1	40	17 ± 12	17
Durchleuchtungszeit (min.)	2.7	45.4	14.4 ± 12.9	11.1

Das Mapping wurde bei allen Patienten unter Einsatz des elektroanatomischen Mappings (CARTO®-) durchgeführt. Zur Ablation wurde bei allen Patienten die konventionelle Radiofrequenz-Ablation eingesetzt (Tabelle 3.22).

Korrelation von Lokalisation des ektopen Fokus, Geschlecht und Mappingverfahren mit dem EPU-Ergebnis

Es wurde mit limitierter Aussagefähigkeit in dem kleinen Kollektiv untersucht, ob das EPU-Ergebnis von der Lokalisation des Fokus, Geschlecht und Mappingverfahren abhängt. Der Ablationserfolg und die angegebenen Variablen waren voneinander unabhängig (P= n.s.; Tabelle 3.20).

Tab. 3.20 Korrelation von Lokalisation des ektopen Fokus, Geschlecht und Mapping- Methode (Zeilen) mit Häufigkeit von Ablation, Ablationserfolg, Rezidiven und Re-EPU (Spalten). Es fand sich keine statistische Signifikanz (P= n.s.).

Unterteilungskriterium	Anzahl Patienten	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv und Re-EPU	Anzahl Patienten ohne Ablation und Re-EPU
<u>gesamt</u>	12	10 (83.3%)	8 (80%)	2 (25%)	2 (100%)	2/2
<u>Fokuslokalisation</u>						
- rechtes Herz	9 (75%)	7 (77.8%)	6 (85.7%)	1 (16.7%)	1 (100%)	2/2
- linkes Herz	3 (25%)	3 (100%)	2 (66.7%)	1 (50%)	1 (100%)	-
<u>Geschlecht</u>						
- männlich	7 (58.3%)	5 (71.4%)	5 (100%)	1 (20%)	1 (100%)	2/2
- weiblich	5 (41.7%)	5 (100%)	3 (60%)	1 (33.3%)	1 (100%)	-
<u>Mapping-Methode</u>						
- kein Map	2 (16.7%)	-	-	-	-	2/2
- CARTO®	8 (66.7%)	8 (100%)	7 (87.5%)	2 (28.6%)	2 (100%)	-
- konv. + CARTO®	2 (16.7%)	2 (100%)	1 (50%)	-	-	-

Es wurden für alle 12 Patienten mit fokaler atrialer Tachykardie die individuellen Handlungsverläufe und Ablationsergebnisse dargestellt, wobei bei jedem Patienten die Lage des Fokus (oder der Foci) mit angegeben ist (Tabelle 3.21).

Tab. 3.21 Patienten mit FAT (*n*=12)

Patient	Subtyp	Fokus	1. EPU	2. EPU
1	FAT	Mitralannulus	<i>Ablation erfolgreich</i>	
2	FAT	Trikuspidalannulus	<i>Ablation erfolgreich</i>	
3	FAT	RA posteroseptal	Vollständige Ablation nur mit transeptaler Punktion möglich; keine Durchführung auf Patientenwunsch, <i>kein weiterer Ablationsversuch auf Patientenwunsch (insgesamt primär nicht erfolgreich)</i>	
4	FAT	LAA	Kein ausreichender Effekt erzielbar, <i>kein weiterer Ablationsversuch auf Patientenwunsch</i>	
5	FAT	RA posterior	<i>Ablation erfolgreich</i>	
6	FAT	RA lateral	<i>Ablation erfolgreich</i>	
7	MAT	RA anterior/ HRA/ RA lateral	<i>Ablation erfolgreich</i>	
8	EAT	Trikuspidalannulus	<i>Ablation erfolgreich</i>	
9	FAT	Crista terminalis	Ablation erfolgreich, Rezidiv	<i>Ablation erfolgreich</i>
10	FAT	Obere Vena pulmonalis sinister	Ablation erfolgreich, Rezidiv	<i>Ablation erfolgreich</i>
11	FAT	RA nahe Sinusknoten	Keine Tachykardie induzierbar, keine Ablation	Detektion des Fokus, wegen Risikolage <i>ärztliche Entscheidung gegen Ablation</i>
12	FAT	SVC	Kontroll- EPU bei Zustand nach Reanimation bei Kammerflimmern, keine Tachykardie induzierbar	Ablationslinie begonnen, aber nur mit transeptaler Punktion komplettierbar; <i>ärztliche Entscheidung dagegen, keine weitere Ablation</i>

RA= Rechtes Atrium, HRA= Hohes rechtes Atrium, LA= Linkes Atrium, SVC= Superiore Vena Cava, CS= Koronarsinus, LAA= Linkes Herzohr (left atrial appendage)

3.5 Patienten mit typischem Vorhofflattern

3.5.1 Überblick

Bei 7/178 Patienten wurde typisches Vorhofflattern diagnostiziert.

Von 7 Patienten waren 2 weiblich (28.6 %) und 5 männlich (71.4%). Das Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung reichte von 11,8 Jahren bis zu 17,0 Jahren (Mittelwert 15,0 Jahre, Median 15,0 Jahre) (Tabelle 3.22).

Bei 2 Patienten wurden 2 EPU durchgeführt.

Bei 100% (4/4) der Patienten mit Vorhofflattern und Ablation konnte dauerhafte Beschwerdefreiheit durch Ablation(en) erreicht werden, bei 3 davon schon nach einer EPU.

Tab. 3.22 Alter der Patienten mit typischem Vorhofflattern zum Zeitpunkt der 1. EPU

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Alter (Jahre)	11.8	17.0	15.0 ± 1.6	15.0

3.5.2 EPU

Patienten ohne Ablation

Bei 3/7 Patienten mit Vorhofflattern wurde keine Ablation durchgeführt.

Das Vorhofflattern des 1. Patienten (Nr.1; Tabelle 3.24) degenerierte rasch in Vorhofflimmern und war einer Ablation nicht zugänglich; in einer zweiten EPU zeigte sich Vorhofflimmern, das erfolgreich kardiovertiert wurde.

Der 2. Patient (Nr.6) hatte sich zur Synkopenabklärung vorgestellt, das induzierbare Vorhofflattern war klinisch noch nie in Erscheinung getreten und wurde demzufolge nicht angegangen.

Der 3. Patient (Nr.7; Zustand nach Reanimation bei Kammerflimmern) erhielt eine diagnostische EPU, das bei ihm diagnostizierte typische counterclockwise- sowie clockwise-Vorhofflattern wurde als nicht ursächlich für das Kammerflimmern eingestuft

und nicht abladiert, die Ursache des Kammerflimmerns blieb bei unauffälliger Herzstruktur zunächst ungeklärt..

Ablationsergebnisse

Bei 4/7 Patienten wurde eine Ablation durchgeführt, bei allen erfolgreich. Bei 3 der 4 Patienten (Nr. 3,4 und 5) traten klinisch keine erneuten Tachykardien auf. Bei 1 der 4 Patienten (Nr. 2) wurde die Ablationslinie am Isthmus in einer zweiten Sitzung komplettiert (Tabelle 3.20).

Es traten keine prozeduralen Komplikationen auf.

Prozedurale Daten

Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung, Dauer der Untersuchung, Anzahl der Applikationen bei der Ablation und Durchleuchtungszeit sind in Tabelle 3.23 dargestellt.

Tab. 3.23 Prozedurale Daten bei Patienten mit Vorhofflattern und Ablation (*n=4*)

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Dauer (min.)	160	270	208 ± 48	202
Anzahl Applikationen	14	34	22 ± 8	20
Durchleuchtungszeit (min.)	6.7	43.9	23.2 ± 13.5	21.1

Das Mapping wurde bei 3 Patienten als elektroanatomisches Mapping mit dem CARTO®-System durchgeführt.

Bei 1 Patient wurde im EKG vor EPU typisches Vorhofflattern nachgewiesen, so dass direkt mit der Isthmusablation begonnen wurde. Zur Ablation wurde bei allen Patienten die konventionelle Radiofrequenz-Ablation verwendet.

Korrelation von Typ des typischen Vorhofflatterns, Geschlecht und Mappingverfahren mit dem EPU-Ergebnis

Wegen zu kleiner Patientenzahl (*n=7*) wurde auf eine statistische Auswertung verzichtet (Tabelle 3.24).

Es wurden für alle 7 Patienten mit typischem Vorhofflattern die individuellen Handlungsverläufe und Ablationsergebnisse dargestellt (Tabelle 3.25).

Tab. 3.24 Korrelation von Typ des typischen Vorhofflatterns, Geschlecht und Mapping- Methode mit Ablation, Ablationserfolg, Rezidiven und Re-EPU. Wegen zu geringer Patientenzahl hier keine statistische Auswertung.

Unterteilungskriterium	Anzahl Patienten	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolgreicher Ablation und Rezidiv und Re-EPU	Anzahl Patienten ohne Ablation und Re-EPU nach EPU ohne Ablation
<u>gesamt</u> (Ablationsart: Radiofrequenzstrom)	7	4 (57.1%)	4 (100%)	1 (25%)	1 (100%)	1/3
<u>Vorhofflattern-Typ</u>						
- typisch counterclockwise	5 (71.4)	3 (60%)	3 (100%)	1 (33.3%)	1 (100%)	1/3
- typisch clockwise	1 (14.3%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-
- beide Formen	1 (14.3%)	-	-	-	-	-
<u>Geschlecht</u>						
- männlich	5 (71.4%)	4 (80%)	4 (100%)	1 (25%)	1 (100%)	1/3
- weiblich	2 (28.6%)	-	-	-	-	-
<u>Mapping-Methode</u>						
- kein Map	3 (42.9%)	-	-	-	-	-
- CARTO®	3 (42.9%)	3 (100%)	3 (100%)	1 (33.3%)	1 (100%)	1/3
- direkter Ablationsstart	1 (14.3%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-	-

Tab. 3.25 Patienten mit typischem Vorhofflattern (n=7)

Patient	Typ	1. EPU	2. EPU
1	typisch counterclockwise	Vorhofflattern degeneriert in Vorhofflimmern, Ablation nicht möglich	nur Vorhofflimmern, Therapie durch Kardioversion, <i>keine Ablation</i>
2	typisch counterclockwise	erfolgreiche Isthmusablation; nachfolgend Rezidiv, da inkomplette Ablationslinie	<i>erfolgreiche Ablation</i> (Komplettierung einer rechtsatrialen tricuspido-cavalen Ablationslinie)
3	typisch counterclockwise	<i>erfolgreiche Isthmusablation</i> (einmalig nach Ablation noch Vorhofflattern induzierbar, klinisch kein Rezidiv)	
4	typisch clockwise	<i>erfolgreiche Isthmusablation</i>	
5	typisch counterclockwise	<i>erfolgreiche Isthmusablation</i> ; zusätzlich verbleibendes, klinisch nicht relevantes atypisches Vorhofflattern	
6	typisch counterclockwise	Zufallsbefund im Rahmen einer Synkopenabklärung; da klinisch noch nie aufgetreten <i>ärztliche Entscheidung gegen Ablation</i>	
7	typisch counterclockwise und typisch clockwise	Z.n. Reanimation; diagnostische EPU, <i>ärztliche Entscheidung gegen Ablation</i>	

3.6 Patienten mit mehreren Herzrhythmusstörungen

3.6.1 Überblick

Bei 8/178 Patienten wurden zwei Rhythmusstörungen diagnostiziert. Hierbei handelte es sich um AVRT und AVNRT (n=6) oder AVRT und FAT (n=2)

Von den 8 Patienten waren 3 männlich (37,5%) und 5 weiblich (62,5%). Das Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung reichte von 9,4 Jahren bis zu 16,0 Jahren (Mittelwert 13,5 Jahre, Median 14,7 Jahre) (Tabelle 3.26).

Bei 5 Patienten (62,5%) wurde mehr als eine elektrophysiologische Untersuchung durchgeführt (2 EPU: n=2, 3 EPU: n=3).

Bei 75% (6/8) der Patienten mit 2 Arrhythmien konnte dauerhafte Beschwerdefreiheit durch Ablation(en) erreicht werden (AVRT+AVNRT: n=5, AVRT+FAT. n=1), bei 3 davon schon nach einer EPU (AVRT+AVNRT: n=2, AVRT+FAT: n=1). Bei den anderen 2 Patienten (25%) konnte durch Ablation keine dauerhafte Beschwerdefreiheit erzielt werden.

Tab. 3.26 Alter der Patienten mit zwei Rhythmusstörungen zum Zeitpunkt der 1. EPU

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Alter (Jahre)	4.9	16.0	13.5 ± 2.3	14.7

3.6.2 EPU/Komplikationen

Patienten ohne Ablation in 1. EPU/ Patienten mit Ablation in weiterer EPU

Bei 2 der 8 Patienten mit AVRT+AVNRT wurde in der 1. EPU keine Ablation durchgeführt. Bei dem 1. Patient (Nr.4; Tabelle 3.30) erfolgte eine mechanische Blockade des fast pathway. Nach der 2. EPU blieb bei diesem Patienten ein AV-Block Grad I bestehen. In der 3. EPU persistierte bei demselben Patienten ein AV-Block Grad III für einige Zeit und bildete sich danach erneut zum AV-Block Grad I zurück (Komplikation Tabelle 3.29).

Der 2. Patient (Nr.7) erhielt auf Elternwunsch eine nur diagnostische EPU.

In einer 2. EPU wurde die AVNRT, in einer 3. EPU auch ein Mahaimbündel ablatiert und es zeigte sich kein Rezidiv mehr.

Ablationsergebnisse 1. EPU

Bei 6 der 8 Patienten wurde eine Ablation in der 1. EPU durchgeführt.

Bei 3 der 6 Patienten (50%) war diese für beide Arrhythmien in der 1. EPU erfolgreich (AVRT+AVNRT: n=2, AVRT+FAT: n=1) ohne Rezidiv.

Bei 3 von 6 Patienten war die Ablation teilweise erfolgreich, weil in der 1. EPU nur 1 von 2 Arrhythmien identifiziert wurde (AVRT+AVNRT: n=2, AVRT+FAT: n=1). Die zweite Arrhythmie wurde in einer 2. EPU beseitigt ohne Rezidiv (AVRT+AVNRT: n=2) bzw. war nach einer 3. EPU nur teilweise erfolgreich beseitigt, da der Fokus sich in der Nähe des Sinusknotens befand (AVRT+FAT: n=1).

(Tabelle 3.28)

Das Mapping wurde durchgeführt

- bei 5 Patienten (83,3%, alle mit AVRT + AVNRT) konventionell über einen 7 F Ablationskatheter mit 4 mm Spitze durchgeführt
- bei 1 Patient (16,7%, mit AVRT + FAT) ein elektroanatomisches Mapping mit dem CARTO[®]-System.

Zur Ablation wurde verwendet

- bei 4 Patienten (66,7%) die konventionelle Radiofrequenz-Ablation
- bei 2 Patienten (33,3%) bei denen zwei Rhythmusstörungen in einer Sitzung beseitigt wurden, Radiofrequenzenergie zur Ablation der AVRT und Cryoenergie zur Ablation der AVNRT. (Tabelle 3.28).

Prozedurale Daten

Das Alter zum Zeitpunkt der Untersuchung, Dauer der Untersuchung, Anzahl der Applikationen bei der Ablation und Durchleuchtungszeit ist in Tabelle 3.27 dargestellt.

Tab. 3.27 Prozedurale Daten bei Patienten mit mehreren Rhythmusstörungen und Ablation (n=6)

Art	Min.	Max.	Mittelwert/SD	Median
Dauer (min.)	140	368	225 ± 77	213
Anzahl Applikationen	4	31	16 ± 9	17
Durchleuchtungszeit (min.)	5.8	68.6	30.5 ± 19.9	28.1

Korrelation von SVT-Kombination, Geschlecht, Mappingverfahren und Ablationsverfahren mit dem EPU-Ergebnis

Wegen zu kleiner Patientenanzahl wurde auf die statistische Auswertung verzichtet (Tabelle 3.28).

Tab. 3.28 Korrelation von Typ der SVT, Geschlecht und Mapping- Methode mit Ablation, Ablationserfolg, Rezidiven und Re-EPU. Wegen zu geringer Patientenanzahl hier keine statistische Auswertung.

Unterteilungs-kriterium	Anzahl Patien-ten	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit Ablation	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolg-reicher Ablation <u>beider</u> Arrhyth-mien ohne Re-EPU	Anzahl/ (Anteil) Patienten mit primär erfolg-reicher Ablation <u>einer</u> Arrhythmie und Re-EPU	Anzahl <i>Patienten ohne Ablation und davon mit Re-EPU nach EPU ohne Ablation</i>
<u>gesamt</u>	8	6 (75%)	3 (50%)	3 (50%)	2/2
<u>SVT-Typen</u>					
- AVRT + AVNRT	6 (75%)	4 (66.7%)	2 (50%)	2 (50%)	2/2
- AVRT + EAT	2 (25%)	2 (100%)	1 (50%)	1 (50%)	-
<u>Geschlecht</u>					
- männlich	3 (37.5%)	2 (66.7%)	1 (50%)	1 (50%)	1/1
- weiblich	5 (62.5%)	4 (80%)	2 (50%)	2 (50%)	1/1
<u>Mapping-Methode</u>					
- kein Map	2 (25%)	-	-	-	2/2
- konventionell	5 (62.5%)	5 (100%)	3 (60%)	2 (66.7%)	-
- CARTO®	1 (12.5%)	1 (100%)	1 (100%)	-	-
<u>Ablationsmethode</u>					
- keine Ablation	2 (25%)	-	-	-	2/2
- Radiofrequenzstrom	4 (50%)	4 (100%)	1 (25%)	3 (66.7%)	-
- Cryoenergie	-	-	-	-	-
- beides	2 (25%)	2 (100%)	2 (100%)	-	-

Tab. 3.29 Prozedurassoziierte Komplikation bei AVRT + AVNRT

	Anzahl/%
keine Komplikationen	7/8 (87.5%)
Komplikation	1/8 (12.5%)
- persistierender AV-Block Grad I	1 (1.1%)

Es wurden für alle 8 Patienten mit 2 Rhythmusstörungen die individuellen Handlungsverläufe und Ablationsergebnisse dargestellt (Tabelle 3.30).

Tab. 3.30 Patienten mit mehr als einer Rhythmusstörung (n=8)

Patient Nr.	Rhythmusstörungen	1. EPU	2. EPU	3. EPU
1	AVRT („verborgenes“ WPW-Syndrom mit rechts posteriorer akzessorischer Bahn) + slow-fast -AVNRT	erfolgreiche Radiofrequenz-Ablation der akzessorischen Bahn; erneute Tachykardie (insgesamt primär teilweise erfolgreich)	Detektion der AVNRT; <i>erfolgreiche Radiofrequenzablation</i>	
2	AVRT (Mahaimfasern als „innocent bystander“) + slow-fast- AVNRT	primär erfolgreiche Radiofrequenz-Ablation der AVNRT; primär nicht erfolgreicher Ablationsversuch des Mahaim-Bündels (insgesamt primär teilweise erfolgreich)	<i>erfolgreiche Radiofrequenz-Ablation des Mahaim-Bündels</i>	
3	AVRT („verborgenes“ WPW-Syndrom mit links lateraler akzessorischer Bahn) + FAT mit Fokus im RAA	<i>primär erfolgreiche Radiofrequenzablation</i>		
4	AVRT (Mahaimfasern als „innocent bystander“ + slow-fast- AVNRT	mechanisch induzierter Block des fast pathway; keine Ablation und Abbruch; erneute Tachykardie	erfolgreiche Cryo-Modulation des slow pathway, keine Ablation des Mahaimbündels; erneute Tachykardie, insgesamt teilweise erfolgreich	bei Ablationsversuch nach längerer Zeit reversibler AV-Block Grad III und fortbestehender AV-Block Grad I; <i>keine weitere EPU und Ausschöpfung medikamentöser Therapieoptionen</i>
5	AVRT („verborgenes“ WPW-Syndrom mit links posteroseptaler und rechts paraseptaler akzessorischer Bahn) + FAT mit Fokus im hohen RA sinusknottennah	erfolgreiche Radiofrequenzablation der beiden akzessorischen Bahnen; erneute Tachykardien (insgesamt primär teilweise erfolgreich)	erneute erfolgreiche Radiofrequenzablation der beiden akzessorischen Bahnen; wiederum erneut Tachykardien, teilweise erfolgreich	Detektion der FAT, <i>nicht erfolgreiche Ablation (nicht komplettiert wegen Nähe des Fokus zum Sinusknoten)</i>
6	AVRT („verborgenes“ WPW-Syndrom mit links lateraler akzessorischer Bahn) + slow-fast- AVNRT	<i>erfolgreiche Radiofrequenzablation der akzessorischen Bahn und erfolgreiche Cryoablation des slow pathway</i>		
7	AVRT („verborgenes“ WPW-Syndrom mit parahisärer akzessorischer Bahn) + slow-fast- AVNRT	diagnostische EPU und Detektion der AVNRT, keine Ablation auf Elternwunsch	erfolgreiche Radiofrequenzablation der AVNRT; erneute Tachykardien, teilweise erfolgreich	Detektion der parahisären Bahn und <i>erfolgreiche Radiofrequenzablation</i>
8	AVRT („verborgenes“ WPW-Syndrom mit links lateraler akzessorischer Bahn + slow-fast-AVNRT	<i>erfolgreiche Radiofrequenzablation der akzessorischen Bahn und erfolgreiche Cryomodulation des slow pathway</i>		

RA= rechtes Atrium, RAA= right atrial appendage (rechtes Herzohr)

4 DISKUSSION

In der vorliegenden Arbeit wurden alle im DHM im Zeitraum von 1996-2006 durchgeführten elektrophysiologischen Untersuchungen bei pädiatrischen Patienten (unter 18 Jahren) ohne strukturelle Herzerkrankung im Hinblick auf EPU- und Ablationsergebnisse untersucht. Elektrophysiologische Untersuchungen und Katheterablationen wurden bei vier unterschiedlichen supraventrikulären Tachykardieformen durchgeführt: bei atrioventrikulären Reentry-Tachykardien aufgrund einer akzessorischen Leitungsbahn, bei AV- nodalen Reentry-Tachykardien, fokalen atrialen Tachykardien und typischem Vorhofflattern. Am häufigsten vertreten waren die atrioventrikulären Reentry-Tachykardien und die AV-nodale Reentrytachykardie. Diese beiden Tachykardieformen hatten einen Anteil von 88,2% im Kollektiv, was zu Berichten aus anderen pädiatrischen Kollektiven mit Anteilen dieser Formen von 85% bis 99% passt [3, 14, 22, 36, 58, 61, 98, 99].

Insgesamt wurde in unserer Untersuchung bei 88,6 % aller Patienten mit Katheterablation eine dauerhafte Beschwerdefreiheit erzielt. Eine primär erfolgreiche Katheterablation („acute success“) in der 1. EPU zeigte sich bei 91,0 % aller Patienten mit Katheterablation. Da die meisten Studien ihren Ergebnissen den „acute success“ der 1. EPU zugrundelegten, um Rezidive und Re-Ablationen davon abtrennen zu können, folgten wir in unserer Untersuchung dieser Vorgehensweise.

Die Rezidivrate betrug 15,9%. Bei über 58% davon konnte jedoch in einem zweiten oder dritten Versuch dauerhafte Beschwerdefreiheit erreicht werden.

Die Komplikationsrate war mit 4/178 Patienten (2,2%) gering.

Da die Ergebnisse doch stark von der Tachykardieform abhängen, werden sie nachfolgend nach Tachykardieform getrennt diskutiert.

AV-Reentry-Tachykardien bei akzessorischer Leitungsbahn

Patienten mit atrioventrikulären Reentry-Tachykardien (AVRT) aufgrund einer akzessorischen Leitungsbahn hatten mit 49,4 % den größten Anteil an unserem Kollektiv. Während bei Erwachsenen die AV- nodalen Reentry- Tachykardien im Vergleich zu AV-Reentry-Tachykardien deutlich häufiger auftreten, sind bei Kindern und Jugendlichen AVRT deutlich häufiger [66, 76, 81]. Dies erklärt sich vor allem durch die mit dem Alter

stetig zunehmende Inzidenz der AVNRT [44]. Es fanden sich häufiger offene (62,5%) als verborgene (31,8%) Leitungsbahnen, sehr selten akzessorische Leitungsbahnen bei permanenter junktionaler Reentry- Tachykardie (2,3%) und Mahaimbündel (3,4%).

In unserer Untersuchung zeigten fast doppelt so viele Patienten eine offene als eine verborgene Leitungsbahn, was auch in anderen Studien so beschrieben wird. [93, 98]. Bei 5 asymptomatischen Patienten mit offener Präexzitation im Alter zwischen 8 und 16 Jahren wurde wegen des prinzipiellen Risikos des plötzlichen Herztodes eine Ablation durchgeführt. Die Anzahl dieser Patienten wird in den nächsten Jahren sicher steigen, da sich die Ablation inzwischen als Verfahren mit hoher Erfolgs- und niedriger Komplikationstrategie etabliert hat, was unser Kollektiv ebenso widerspiegelt.

Der Ablationserfolg bei akzessorischen Leitungsbahnen betrug 90,4 %; in der Literatur werden durchschnittliche Erfolgsraten bei der Ablation akzessorischer Leitungsbahnen zwischen 71% und 100% angegeben [3, 22, 36, 53, 61, 66, 99, 102]. Diese weisen abhängig vom Zeitraum der Datenerfassung und der Lokalisation der Bahn Unterschiede auf. In der Mehrzahl der Arbeiten finden sich durchwegs höhere Erfolgsraten für Bahnen der linken freien Wand (zwischen 95% und 100%) im Vergleich zu allen anderen Lokalisationen; die Erfolge bei septalen Bahnen und Bahnen der rechten freien Wand ähneln einander und sind deutlich niedriger (zwischen 81% und 87%) als bei der linken freien Wand [22, 36, 66, 99, 102]. Ausnahmen bilden Kirsh et al., welcher nur Patienten mit Cryoablation untersucht hatte und bei dem sich eine gänzlich andere Verteilung zeigte [53], und Bae et al., wo die Ablation nur bei einem von 67 Patienten mit akzessorischen Leitungsbahnen (mit anteroseptaler Lokalisation) primär nicht erfolgreich war [3]. In unserem Patientenkollektiv konnte kein signifikanter Unterschied des primären Ablationserfolges zwischen rechter und linker freier Wand festgestellt werden, nur der Ablationserfolg bei septalen Bahnen lag niedriger.

Die in vielen Kollektiven beobachtete relativ niedrige Erfolgsrate bei Bahnen der rechten freien Wand wird von Lee et al. mit dem Problem der Katheterstabilisierung im rechten Herzen und daraus resultierender ungenügender Energieabgabe begründet [61]. Hierbei könnte ein höherer Anteil epikardial gelegener Bahnen, schwierigere Mapping-Bedingungen und wegen höherer Schichtdicke als linksseitig schwerer zu erhitzendes Gewebe eine Rolle spielen [59, 90]. Bei unserer Untersuchung war bei 16 Untersuchungen mit Bahnen der rechten freien Wand lediglich ein Mißerfolg (rechts laterale Lokalisation) zu verzeichnen, die Fallzahl erscheint jedoch für weiterführende Schlußfolgerungen zu gering.

Trotz des aufwändigeren Zugangs zum linken Herzen ist die Komplikationsrate in keiner der vorgenannten Studien lokalisationsabhängig, was sich auch mit unseren Befunden deckt. Bei Bahnen in der Nähe des physiologischen Reizleitungssystems wurde deutlich vorsichtiger verfahren, insbesondere bei der anteroseptalen Lokalisation in der Nähe des His-Bündels. Wenn man die anteroseptale Lokalisation unter allen septalen gelegenen Bahnen betrachtet fand sich hier die niedrigste Erfolgsrate bzw. der höchste Prozentsatz (aus Sicherheitsgründen) nicht durchgeführter Ablationen.

Die PJRT- Bahnen lagen links posterior und rechts posteroseptal, wobei die Ablation in beiden Fällen erfolgreich und ohne Rezidiv gelang. Bei einem dieser Patienten wurde erstmals bei PJRT überhaupt das Mappingsystem NavX in Kombination mit Stereotaxie verwendet [77]. In der Literatur findet sich die PJRT in 1 - 6% aller supraventrikulären Tachykardien bei Kindern und Jugendlichen, wobei die Bahnen meist posteroseptal lokalisiert sind [63, 96]. Die Gefahr eines AV-Blockes ist gering und die Erfolgsraten der Ablation sind hoch [45].

Bei den 3 Patienten mit Mahaimfasern (n=2 mit mittseptaler, n=1 mit rechts anterolateraler akzessorischer Bahn) gelang die Ablation nur bei der anterolateralen Bahn. Es wird auch bei der Mahaimfasern-Ablation von hohen Erfolgsraten berichtet [45], doch begrenzt die geringe Fallzahl hier wie bei der PJRT die Aussagefähigkeit.

Bei septaler oder rechtsseitiger Lage der akzessorischen Leitungsbahn wurde teilweise auch Cryoenergie eingesetzt. Der primäre Ablationserfolg betrug 87,5%, bei dem einzigen primär nicht erfolgreichen Eingriff wurde die Bahn durch den relativ steifen Ablationskatheter mechanisch „gebumpft“. Dieser Patient zeigte später das einzige Rezidiv dieser Gruppe. Die Cryoablation scheint also an Orten, wo die Radiofrequenzablation als riskant gilt, Vorteile bringen zu können, wie auch Kirsh et al. vermuten [53]. Vergleichsstudien von Radiofrequenz- und Cryoablation mit grösseren Patientenzahlen existieren zur AV-nodalen Reentry-Tachykardie (siehe unten).

Die Rezidivrate bei Patienten mit akzessorischer Leitungsbahn und primär erfolgreicher Ablation betrug insgesamt 18,7%, wobei Patienten mit linksseitig gelegener akzessorischer Leitungsbahn weniger Rezidive hatten als Patienten mit anderen Bahnlokalisationen, ohne dass dies statistisch signifikant war. Untersuchungen mit Berücksichtigung von Rezidiven zeigen meist Rezidivraten zwischen 2,3% und 10,6% [3, 15, 86, 98, 101]. In diesem Zusammenhang ist interessant, dass die Untersuchung von Schläpfer et al. mit einer relativ langen mittleren Nachbeobachtungszeit von 48,1 Monaten eine höhere Rezidivrate von 21% zeigt [85]. Dies deutet darauf hin, dass Rezidive auch

noch nach längerer Zeit in größerer Zahl auftreten können und korreliert mit unseren Ergebnissen. Wang et al. hingegen vertreten die Ansicht, dass es später als 4 Wochen nach der Ablation kaum zu Rezidiven kommt [101]. Schlüter et al. vermuten, dass ein Teil der späten Rezidive auf zusätzliche verborgene, intermittierend leitungsfähige Bahnen zurückzuführen sind [86]. Diese Beobachtung kann durch unsere Untersuchung unterstützt werden, da in 3 Fällen eine zweite akzessorische verborgene Bahn nach Rezidiv der AVRT erst in einer zweiten oder dritten EPU diagnostiziert wurde.

In der Studie von Kugler et al. [58] wurden die Patienten jährlich per Fragebogen im Hinblick auf Rezidive untersucht. Hier ergab sich im dritten Jahr eine Rezidivrate von 23%, was darauf hinweist, dass ohne direkte Kontaktaufnahme und Befragung von Seiten der Klinik nicht alle Rückfälle erfasst werden, da sich offenbar Patienten mit nur geringer Symptomatik oft nicht zur Nachuntersuchung vorstellen.

Beobachtungen einer höheren Rückfallquote bei Patienten mit mehreren Bahnen sowie die geringere Rückfallquote bei Bahnen der linken freien Wand lassen sich in vielen Untersuchungen bestätigen [3, 15, 85, 98, 102]. Auch hier wird die einfachere linksseitige Katheterstabilisierung mit höherer Energieabgabe bei der Ablation als Ursache der selteneren Rezidive genannt [102].

Da in unserer Untersuchung alle EPU- Untersuchungen jedes einzelnen Patienten betrachtet wurden, bot sich bei Patienten mit akzessorischen Leitungsbahnen die Möglichkeit, die erste und zweite (bei 19/88 Patienten) elektrophysiologische Untersuchung miteinander zu vergleichen. Dies erscheint auch unter dem Gesichtspunkt der Kosteneffektivität interessant, wenn man die Ablation mit anderen Therapieoptionen vergleicht, da wiederholte Ablationen prinzipiell hohe Kosten verursachen [39]. Der Ablationserfolg von erster und zweiter EPU unterschied sich nicht signifikant, die Wahrscheinlichkeit eines erneuten Rezidivs war nach der zweiten EPU deutlich höher. Eine auffällige Häufung bei einer bestimmten Lokalisation konnte nicht gesehen werden, auch das Vorhandensein von 2 Bahnen führte nicht zu mehr erneuten Rezidiven. Somit gehen wir am ehesten von einer lokalisationsunabhängig generell erhöhten Rezidivneigung von Bahnen aus, die schon einmal rezidiert waren. Die Untersuchungszeiten waren in der zweiten EPU nicht signifikant verlängert. Insgesamt besteht aus unserer Sicht durchaus bei Rezidiv die Indikation zur Re-EPU, auch wenn bei diesen Patienten sicher die Ablation schwierig und mit geringeren Erfolgsaussichten verbunden ist. Es sollte im Einzelfall die Indikation zur Reablation kritisch hinterfragt werden, insbesondere bei Patienten mit schwierigen Bahnlokalisationen wie parahissären Bahnen. Hier gibt es durch Einführung der Cryoenergie auch bei jüngeren Patienten eine

Behandlungsoption mit geringerem Komplikationsrisiko insbesondere im Hinblick auf AV-Blockierungen.

In unserem Kollektiv stellte sich auch die Frage nach der „learning curve“ der Katheterablation d.h. ob bei Einführung neuer komplexer Techniken wie der Ablation die Erfolgsrate mit der Erfahrung des Untersuchers ansteigt [22]. Wir bedienten uns wegen der zu geringen Patientenzahl für gute Lernkurvenmodelle einer Zweiteilung unseres Kollektivs in „Frühphase“ und „Spätphase“. Zwischen 2003 und 2006 zeigte sich im Gesamtkollektiv im Vergleich zu dem Zeitraum zwischen 1996 und 2002 eine kürzere Durchleuchtungszeit und eine tendenziell kürzere Untersuchungsdauer. Vergleich man Patienten mit AVRT gegen andere Tachykardieformen, nahm Untersuchungsdauer und Durchleuchtungszeit in dieser Gruppe besonders stark ab. Es zeigte sich bei Patienten mit akzessorischen Leitungsbahnen eine tendenziell ansteigende primäre Erfolgsrate der Ablation bei gleichzeitig tendenziell sinkender Rezidivrate. Die Anzahl der benötigten Applikationen sank nicht signifikant, Untersuchungsdauer und Durchleuchtungszeit sanken signifikant. Zusammenfassend läßt sich somit an unserem Zentrum eindeutig eine gestiegene Effektivität der Ablationsbehandlung für Patienten mit akzessorischer Leitungsbahnen feststellen, während dies bei den anderen Tachykardieformen nicht der Fall war. Dies bestärkt zusätzlich die Bedeutung der Ablation als Therapie der ersten Wahl bei atrioventrikulärer Reentry-Tachykardie. Bei Betrachtung der Lernkurvenmodelle von Danford et al. ist zu vermuten, dass für die nächste Dekade keine ähnlich starke Verbesserung der Ergebnisse mehr möglich sein kann, da sich der Erfolg auf einem gewissen (hohen) Niveau eingependelt hat [22].

AV-nodale Reentry-Tachykardien

Mit 35,2% stellten Patienten mit AV-nodaler Reentry-Tachykardie (AVNRT) die zweitgrößte Gruppe unseres Kollektivs dar. Vom AVNRT Typ her fand sich meist die „typische“ slow-fast-Form, selten andere AVNRT- Formen. Studien pädiatrischer AVNRT-Patienten beschränken sich meistens auf die Analyse von slow-fast-AVNRT Patienten [30, 57] und differenzieren die Unterformen nicht [14, 58, 61, 100] oder schließen auch Erwachsene mit ein [33, 37].

Der Anteil weiblicher Patienten mit AVNRT betrug in unserer Untersuchung 60,3% und lag in vergleichbaren Untersuchungen bei mindestens 53% [30, 33, 62, 75]. Demnach haben junge Frauen eine etwas erhöhte Inzidenz für symptomatische AVNRT, unterscheiden

sich aber bei Erfolgs-, Komplikations- und Rezidivraten nicht von jungen männlichen Patienten, die sich zur EPU vorstellen.

Der primäre Ablationserfolg bei AVNRT insgesamt lag in unserer Untersuchung bei 98,3% und damit signifikant höher als derjenige aller anderen Rhythmusstörungen. In größeren [36, 58, 98] und kleineren [3, 61, 99] Übersichtsstudien pädiatrischer Kollektive supraventrikulärer Rhythmusstörungen finden sich die höchsten Erfolgsraten stets bei der AVNRT. Dies hat sicher mit dem relativ genau umschriebenen und elektrophysiologisch und anatomisch definierten Substrat des „slow pathway“ zu tun, der einer Ablation gut zugänglich ist. Mit der Kombination von anatomischem und elektrophysiologischem Ansatz steht zudem eine verfeinerte Methode zur sicheren Ortung und Ablation zur Verfügung [34].

In der einzigen Untersuchung zu atypischen AVNRT-Formen pädiatrischer Patienten ließen sich keine Unterschiede bei Ablationserfolg und Rezidivrate zu Kindern mit typischer AVNRT finden [62]. In unserer Untersuchung waren alle Ablationen atypischer AVNRT erfolgreich und es traten keine Rezidive auf. Es bestand bei ebenfalls hoher Erfolgsrate der slow-fast-AVNRT kein signifikanter Zusammenhang zwischen AVNRT-Form, Ablationserfolg und Rezidivrate. Somit scheint die slow-pathway-Ablation für alle AVNRT-Patienten gleiche hohe Erfolgsraten hervorzubringen.

Der Vergleich der Untersuchungen von Früh- und Spätphase vor und nach 2002 zeigte, dass bei mehr Patienten im Rahmen der EPU auch eine Ablationsbehandlung durchgeführt wurde. Dies weist auf eine zunehmende Erfahrung der Untersucher mit AV-Knoten- nahen Substraten hin. Es traten während der Spätphase auch weniger Rezidive auf. Signifikante Unterschiede bestanden aber nicht. Die Durchleuchtungs- und Untersuchungszeiten blieben nahezu unverändert bei gestiegenen Applikationsanzahlen. Letzteres ließe sich durch die zunehmend durchgeführten „Sicherheitsapplikationen“ bei Verwendung von Cryo-Energie erklären.

Die Rolle der slow pathway- Modifikation (oder Modulation) wird kontrovers diskutiert. Es existieren Studien, die höhere Rezidivquoten bei Patienten mit dualer AV-Knoten- Physiologie nach Ablation fanden [4, 88], aber auch solche, die keine Korrelation von Rezidiven klinischer Tachykardien und verbleibender slow-pathway-Leitfähigkeit feststellten [67, 103]. In unserer Untersuchung zeigte die slow pathway-Modulation im Gegensatz zur slow pathway-Ablation als Endpunkt der Ablation leicht verminderte Untersuchungs- und Durchleuchtungszeiten sowie leicht erhöhte Applikationszahlen und Rezidivraten. Da keiner dieser Werte ein Signifikanzniveau erreichte, erscheint aus

unserer Sicht im pädiatrischen Kollektiv die slow pathway-Modulation (im Gegensatz zur Ablation) ausreichend zur Verhinderung des Auftretens von AVNRT zu sein.

Seit Ende der 1990er Jahre wurde die Cryoenergie als im Vergleich zur Radiofrequenzenergie potentiell sicherere Energiequelle zur Ablation der AVNRT eingeführt, obwohl noch keine größeren Vergleichsstudien zwischen Cryo- und Radiofrequenzablation bei Kindern und Jugendlichen vorlagen. Nach den ersten Vergleichen der beiden Energiearten bei der AVNRT-Ablation bei Erwachsenen [52, 106] 2004 wurde die erste Gegenüberstellung der beiden Methoden bei pädiatrischen Patienten im Jahr 2006 publiziert. Hier ergaben sich vergleichbare Primärerfolge und keine Komplikationen [19]. Eine aktuelle Studie von Avari et al. zeigte je eine Komplikation in der Radiofrequenz- und der Cryo-Gruppe bei ähnlichen Primärerfolgen [2]. Unsere Untersuchung bestätigte diese Ergebnisse (keine Komplikation, nicht signifikant unterschiedliche primäre Ablationserfolge). Allerdings ergibt sich bereits eine leichte Tendenz zu einer höheren Rezidivrate nach Cryoablation; Daten zum Langzeitverlauf fehlen im pädiatrischen Kollektiv noch. Sicher steht aber bei der Anwendung dieser Energieform bei Kindern der Sicherheitsaspekt noch weit im Vordergrund; bislang ist kein Fall eines kompletten AV-Blocks bei Anwendung der Cryoenergie bei Kindern mit AVNRT publiziert. Das Risiko des kompletten AV-Blockes nach Radiofrequenzablation der AVNRT wird bei Kugler et al. mit unter 3% angegeben [58].

Die Rezidivrate in Untersuchungen zur AVNRT wird recht uneinheitlich zwischen 0% [3, Lee] und 29% [58] angegeben, wobei wie oben ausgeführt die Tendenz zu höheren Rezidivraten nach Verwendung von Cryoenergie geht. Zwei Studien ohne Rezidivfall nach Radiofrequenzablation waren Single-center-Studien mit verhältnismäßig wenigen Patienten [3, 61]. Einige Untersuchungen zur Cryoablation [2, 19, 29, 37, 75] und zur Radiofrequenzablation [2, 14, 19, 30, 48, 98] lagen prozentual zwischen diesen Werten. In unserer Untersuchung traten nach 12,1% der Radiofrequenz- und Cryoablationen Rezidive auf bei einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 43,5 Monaten nach Ablation. Es zeigte sich eine leicht, jedoch nicht signifikant erhöhte Rezidivrate bei der Cryoablation. Die beiden Vergleichsstudien zwischen Cryo- und Radiofrequenzablation pädiatrischer AVNRT- Patienten von Avari et al. und Collins et al. gaben Rezidivquoten von 2- 8% an, wobei erstere gar keine erhöhte, letztere eine nicht signifikant erhöhte Rezidivrate der Cryoablation feststellten [2, 19]. Somit ist derzeit die Klärung der Frage, ob die Cryoablation die Alternative zur oder die Therapie der ersten Wahl vor der Radiofrequenzablation bei AVNRT im Kindes- und Jugendalter darstellen sollte, noch nicht abschliessend möglich.

Fokale atriale Tachykardien und Vorhofflattern

Bei nur 12 Patienten unseres Kollektivs wurden fokale atriale Tachykardien diagnostiziert. Fokale atriale Tachykardien treten im Kindesalter selten auf, allerdings ist im Unterschied zu AVRT oder AVNRT ein hoher Prozentsatz gut antiarrhythmisch behandelbar mit einer Neigung zur Spontanregression vor allem bei jungen Patienten, die dann auch keine Ablation benötigen [6, 36]. Selten treten auch multiple Foci auf [16, 18].

Patienten, die mit FAT zur Ablation kommen, haben häufig therapierefraktäre, fast permanente Tachykardien, die zu einer „Tachymyopathie“ mit eingeschränkter linksventrikulärer Funktion führen können [21]. Bei einem Drittel unserer Patienten mit FAT bestand eine nur phasenweise von Sinusrhythmus unterbrochene Tachykardie, bei einem weiteren Drittel eine dauerhafte („incessant“) Tachykardie. Bei 3 dieser 4 Patienten bestand eine eingeschränkte Auswurfleistung des Herzens, die sich nach der erfolgreichen Ablation normalisierte. Die besondere Bedeutung der Ablation als kuratives Verfahren bei dieser Patientengruppe wird dadurch unterstrichen.

Im Vergleich zur AVRT und AVNRT ist die Studienlage zur Ablation der fokalen atrialen Tachykardie bei Kindern ohne strukturelle Herzerkrankung weit weniger umfangreich. Die meisten Untersuchungen wurden bei weniger als 25 Patienten durchgeführt. Die Erfolgsraten der Ablationsbehandlung dieser Studien variieren zwischen 74% und 100% [3, 21, 61, 82, 98]. Die einzige Studie mit größeren Patientenzahlen stammt aus dem Jahre 2002 und zeigt einen durchschnittlichen primären Ablationserfolg von 86,7% [36]. In unserem Kollektiv wurde bei 8 von 10 Patienten ein primärer Ablationserfolg erreicht, darunter auch bei dem einzigen Fall von multifokaler atrialer Tachykardie. Eine der zwei nicht erfolgreichen Ablationen konnte nicht vollendet werden, weil eine transeptale Punktion abgelehnt wurde. Die Erfolgsquote war damit mit der vorgenannten Untersuchung mit größeren Patientenzahlen vergleichbar [36].

Ein Tachykardie- Rezidiv nach Ablation des Fokus trat bei 2 Patienten auf; die Reablation war in beiden Fällen erfolgreich. Die Zeitspanne zwischen den beiden Eingriffen lag bei jeweils unter einer Woche. In der Literatur finden sich Rezidivraten zwischen 11% und 58%, wobei auch hier die meisten Rückfälle rasch (in weniger als 4 Wochen nach der ersten EPU) festgestellt und die meisten erfolgreich reablatiert wurden [21, 36, 82].

Die Lage der Foci verteilt sich im Kindesalter gleichmäßig auf das rechte und das linke Herz mit allerdings „Prädilektionsstellen“ in der Nähe der Herzohren, an der Crista terminalis und um die Pulmonalvenen. Die anatomische Lage scheint keinen signifikanten Einfluss auf das EPU- und Ablationsergebnis zu haben [82]. In unserem kleinen Kollektiv lag der Fokus bei 75% der Patienten auf der rechten Seite.

In einer Publikation von 2008 beschrieben Cummings et al. signifikant höhere Erfolgs- und signifikant geringere Rezidivraten, wenn das Mapping des Fokus elektroanatomisch statt konventionell mit Katheter durchgeführt wurde [21]. In unserem Kollektiv wurde das Mapping immer unter Einsatz des elektroanatomischen Mappingsystems CARTO®- durchgeführt, weshalb dieser Vergleich bei unserem Patientenkollektiv nicht möglich ist.

Typisches Vorhofflattern ist die bei Erwachsenen häufigste Makro- Reentry- Tachykardie, bei Kindern und Jugendlichen kommt es sehr selten vor [49]. Typisches Vorhofflattern tritt im Kindesalter meist in den ersten Lebensstagen auf, wobei die Therapie der Wahl bei dieser Population die transösophageale Überstimulation ist und Rezidive sehr selten sind [36, 64]. Danach tritt das Vorhofflattern erst wieder im Jugendlichenalter auf. Der Anteil der Patienten mit typischem Vorhofflattern an unserem Gesamtkollektiv betrug mit 7 Patienten passend hierzu nur 3,9 %. Für den zweiten Häufigkeitsgipfel im Jugendlichenalter ist die Ablation die Therapie der Wahl [73]. Nur ein Patient mit typischem Vorhofflattern unserer Untersuchung hatte ein Alter von unter 14 Jahren. Untersuchungen zur Ablation von isoliertem Vorhofflattern (ohne strukturelle Herzerkrankung) bei Kindern und Jugendlichen sind rar. Es existieren Studien zur Populationen Neugeborener ohne Ablationsbehandlung [64, 68] sowie Patienten mit Vorhofflattern in Übersichtsarbeiten zur Ablationsbehandlung von Kindern und Jugendlichen [36, 61, 98, 99]. In diesen fand sich wie auch in unserer Untersuchung kein Hinweis auf Variablen, welche die Ablationsbehandlung beeinflussen würden. Da der Isthmus ein relativ gut definiertes anatomisches Substrat ist, lässt er sich gut abladiere. Bei allen 4 Patienten unseres Kollektivs mit Vorhofflattern, die auch eine Ablation erhielten, war diese dann auch erfolgreich, das einzige Rezidiv dieser Gruppe wurde mit einer Reablation erfolgreich versorgt.

Das Problem geringer Patientenzahlen für statistische Berechnungen und weiterführende Schlussfolgerungen bei der Ablation von typischem Vorhofflattern und fokaler atrialer Tachykardien trifft auch für unsere Untersuchung zu. Aussagen über Langzeitverlauf lassen sich derzeit noch ebensowenig treffen wie der Einfluss patientenspezifischer Variablen auf den Therapieerfolg. Letzlich gibt bei fokalen atrialen Tachykardien und Vorhofflattern nur ein längerer Zeithorizont oder eine Zusammenführung der Daten verschiedener Zentren die Möglichkeit zu Untersuchungen zum klinischen Langzeitverlauf.

Zwei Formen supraventrikulärer Tachykardien

Bei 8 Patienten (4,5%) unseres Kollektivs wurden zwei supraventrikuläre Tachykardieformen bei ein und demselben Patienten diagnostiziert. In 4 der 8 Fälle wurden beide Rhythmusstörungen in der ersten EPU festgestellt, in 4 Fällen die 2. Tachykardieform erst in einer späteren EPU. Bei allen 8 Patienten zeigte sich eine akzessorische Leitungsbahn. 6 Patienten hatten zusätzlich AV- nodale Reentry-Tachykardien, bei 2 Patienten bestand zusätzlich eine fokale atriale Tachykardie.

In der Literatur werden einzelne Patienten mit mehreren supraventrikulären Tachykardieformen beschrieben [14, 66, 85, 101] wobei am häufigsten die Kombination von akzessorischer Leitungsbahn und dualen AV- Knoten- Leitungseigenschaften vorliegt. Nur die Studie von Calkins beschreibt diese Patientengruppe genauer [14] und assoziiert das Vorhandensein mehrerer Zielorte der Ablation mit einer höheren Komplikationsrate. In unserer Untersuchung zeigte sich ein persistierender AV- Block Grad I bei einem Patienten mit AVNRT und AVRT bei insgesamt 4 Komplikationen im Gesamtkollektiv.

Nur bei 3 Patienten wurde mit einer EPU eine dauerhafte Beseitigung der beiden Rhythmusstörungen erzielt, bei 3 der restlichen 5 Patienten gelang dies erst in einer zweiten oder dritten Sitzung. Dies korreliert mit der Vermutung, dass der primäre Ablationserfolg geringer und die Rezidivraten bei der Ablation zweier Rhythmusstörungen höher sind, da entweder eine der beiden zunächst unentdeckt bleibt oder die Ablation der einen Rhythmusstörung die Induktion, das Mapping oder die Ablation der anderen Tachykardie erschwert. Daher stellt sich die Therapie in dieser Patientengruppe insgesamt aufwändiger dar als bei Patienten mit nur einer Tachykardieform. Es wurden bei 62,5% der Patienten dieser Gruppe mehr als eine EPU durchgeführt (im Gegensatz zu 17,4% der Patienten mit einer Arrhythmie). In unserer Untersuchung war das Vorhandensein zweier Rhythmusstörungen auch mit einer erhöhten Untersuchungsdauer, Durchleuchtungszeit und Applikationsanzahlen assoziiert. Der endgültige Erfolg lag in unserer Studie mit 6 von 8 Patienten nicht signifikant unter dem Durchschnittsbereich des Gesamtkollektivs. Auffällig war der unmittelbare Erfolg bei 2 Patienten mit AVRT und AVNRT am Ende der Studien-Einschlusszeit, die mit einer Kombination aus Radiofrequenz- und Cryoablation in einer Sitzung therapiert wurden und deren Rhythmusstörungen bisher nicht rezidierten. Daher ist zu erwarten, dass sich Erfolgs- und Rezidivraten der Ablation mehrerer Tachykardieformen den Erfolgsraten bei Patienten mit nur einer Arrhythmie angleichen.

Limitationen und Ausblick

Die Untersuchung wurde retrospektiv durchgeführt und unterlag demzufolge allen Limitierungen dieser Untersuchungsart. Ein Problem stellt die unvollständige Datenerfassung z.B. bei der Erfassung der Strahlendosis während der Durchleuchtung, oder spezielle elektrophysiologische Daten bei verschiedenen Tachykardieformen. Weitere Untersuchungen hierzu sollten daher prospektiv erfolgen-

Als schwierig erwiesen sich Aspekte der Nachbeobachtung, da diese ebenfalls nicht standardisiert erfolgte. Ein großer Teil der Rezidive ereignete sich als Frührezidiv in der stationären Beobachtungszeit oder kurz nach Entlassung. Spätrezidive ereigneten sich meist in den ersten Wochen und Monaten nach der Ablation. Es ist wahrscheinlich, dass sich die betroffenen Patienten bei Symptomatik wieder vorstellten oder dass im Rahmen der routinemäßigen Wiedereinbestellungen die meisten erneut aufgetretenen Tachykardien erfasst wurden, doch lässt sich nicht ganz ausschliessen, dass klinisch relevante Rezidive nicht erfasst wurden.

Die in die Untersuchung eingeschlossenen 178 Patienten bilden insgesamt ein kleines Kollektiv für eine statistische Analyse, zwei Subgruppierungen bestanden überdies aus weniger als 10 Patienten. Dies muss jedoch zu zwei Faktoren in Relation gesetzt werden, zum einen der insgesamt sehr geringen Inzidenz supraventrikulärer Tachykardien im Kindes- und Jugendalter, die einer Ablationstherapie bedürfen, zum anderen einer sehr beschränkten Anzahl von Zentren mit pädiatrischen elektrophysiologischen Spezialabteilungen. Mit geeigneten statistischen Tests für kleine bis sehr kleine zu erwartende Zielgrößen konnten wir das Problem kleiner Patientenzahlen abmildern.

Die Katheterablation bei Kindern und Jugendlichen kann inzwischen als etabliertes Verfahren bezeichnet werden. Viele Rhythmusstörungen, die früher nur ungenügend medikamentös oder durch rhythmuschirurgische Eingriffe beherrschbar waren sind nun einem kurativen Ansatz zugänglich. Dennoch werden noch zu vielen Aspekten der Katheterablationstherapie Daten vor allem zum klinischen Langzeitverlauf benötigt. Es ist zu hoffen, dass in Zukunft durch weiterte kontinuierliche Sammlung von Untersuchungsdaten immer größere Datensammlungen zu diesem Thema entstehen werden, wozu diese Arbeit den Grundstein gelegt hat. Mittlerweile werden die Daten der pädiatrischen Patienten standardisiert erfasst. Die Daten dieses Kollektivs leisten einen wertvollen Beitrag dazu, den Stellenwert der Katheterablation bei supraventrikulären Tachykardien bei Kindern und Jugendlichen ohne strukturelle Herzerkrankung im Kurz- und Langzeitverlauf aufzuzeigen.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden die Daten von 178 Kindern und Jugendlichen (weiblich: n= 95, Alter zum Zeitpunkt der ersten EPU: 2.2-18.0 Jahre, Mittelwert 14,1 Jahre) mit supraventrikulären Tachykardien ohne strukturelle Herzerkrankung, die sich zwischen 1996 und 2006 einer elektrophysiologischen Untersuchung/Katheterablation am Deutschen Herzzentrum München unterzogen haben, retrospektiv analysiert. Die spezifischen Patientendaten, die Mapping- und Ablationstechniken und die prozeduralen Untersuchungsdaten wurden soweit möglich vergleichend dargestellt und die Ablationsergebnisse dieser elektrophysiologischen Untersuchungen in Hinblick auf Erfolgsraten, Rezidive und Komplikationen untersucht.

Zwei Drittel der pädiatrischen Patienten waren zwischen 14 und 17 Jahre alt. Es wurden vier unterschiedliche supraventrikuläre Tachykardieformen diagnostiziert und behandelt. Häufig waren atrioventrikuläre Reentry-Tachykardien (AVRT; n=88, 49,4%) aufgrund einer akzessorischen Leitungsbahn und AV- nodale Reentry-Tachykardie (AVNRT; n=63, 35,4 %), selten waren fokale atriale Tachykardien (FAT; n=12, 6,7%), Vorhofflattern (n=7, 3,9%) sowie Kombinationen aus zwei Tachykardieformen (n=8, 4,5%). Der primäre Ablationserfolg betrug 91,0% mit Unterschieden je nach spezifischer Rhythmusstörung (AVRT: 90,4%, AVNRT: 98,3%, FAT: 80%, typisches Vorhofflattern: 100%, AVRT+ AVNRT: 75%, AVRT+ FAT: 50%). Bei der AVNRT zeigten sich überdurchschnittlich viele primär erfolgreiche Ablationen; am schwierigsten war die Ablation bei anteroseptalen akzessorischen Leitungsbahnen. Die Rezidivrate betrug 15,9% mit ebenfalls spezifischen Unterschieden: AVRT: 18,7%, AVNRT: 12,1%, FAT: 25%, Vorhofflattern: 25%. Inklusive Reablationen waren letztendlich 88,6% aller Patienten dauerhaft beschwerdefrei. Die Komplikationsrate lag bei 2,2% oder 4/178 Patienten (n=3: AVRT, n=1: AVRT + AVNRT) und war damit gering.

Verglichen mit dem Zeitraum 1996- 2002 sanken bei Patienten mit AVRT im Zeitraum 2003- 2006 Untersuchungsdauer und Durchleuchtungszeit signifikant (jeweils $P < 0.05$), die Rezidivrate leicht ($P < 0.10$). Der primäre Ablationserfolg stieg etwas an ($P < 0.10$). Somit lässt sich bei der AVRT im zeitlichen Verlauf eine gestiegene Effektivität der Ablation nachweisen. Die Durchführung einer Ablation in der EPU erfolgte bei anteroseptaler Lokalisation der Bahn signifikant seltener ($P < 0.05$) und der primäre Ablationserfolg war leicht erniedrigt ($P < 0.10$). Die Rate der erneuten Rezidive bei AVRT-

Patienten war nach der 2. EPU signifikant höher als bei AVRT-Patienten nach der 1. EPU ($P < 0.05$).

Bei Patienten mit AVNRT fanden sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich Ablationserfolg, Rezidiven und Komplikationen zwischen slow pathway Ablation und Modulation. Auch zwischen Radiofrequenzstrom- Ablation und Cryoablation fanden sich keine signifikanten Unterschiede mit allerdings Tendenz zu höheren Rezidivraten nach Cryoablation.

Bei Patienten mit fokaler atrialer Tachykardie sowie bei Patienten mit Vorhofflattern wurden keine abhängigen patientenspezifischen Variablen bezüglich der unabhängigen Variablen Ablationsrate, Primärefolg, Rezidivrate und Komplikationen festgestellt. Hier fehlten ausreichende Patientenzahlen für weiterführende Schlußfolgerungen.

Patienten mit zwei Rhythmusstörungen erhielten signifikant mehr elektrophysiologische Untersuchungen als Patienten mit nur einer Rhythmusstörung ($P < 0.05$). Erfolgs-, Rezidiv- und Komplikationsraten waren insgesamt dennoch nicht signifikant von Patienten mit einer Rhythmusstörung zu unterscheiden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Katheterablation von supraventrikulären Tachykardien im Kindesalter in einem hochspezialisierten Zentrum eine effektiven kurativen Ansatz mit sehr geringer Komplikationsrate darstellt.

6 LITERATUR

1.

Anguera I, Brugada J, Roba M, Mont L, Aguinaga L, Geelen P, Brugada P
Outcomes after radiofrequency catheter ablation of atrial tachycardia.
Am J Cardiol, 87: 886-90, 2001

2.

Avari JN, Jay KS, Rhee EK
Experience and results during transition from radiofrequency ablation to cryoablation for treatment of pediatric atrioventricular nodal reentrant tachycardia.
Pacing Clin Electrophysiol 31: 454-60, 2008

3.

Bae EJ, Ban JE, Lee JA, Jin SM, Noh CI, Choi JY, Yun YS
Pediatric Radiofrequency catheter ablation: Results of initial 100 consecutive cases including congenital heart anomalies
J Korean Med Sci 20: 740-6, 2005

4.

Baker JH, 2nd, Plumb VJ, Epstein AE, Kay GN
Predictors of recurrent atrioventricular nodal reentry after selective slow pathway ablation.
Am J Cardiol 73: 765-9, 1994

5.

Beder SD, Gillette PC, Garson A, Jr., Porter CB, McNamara DG
Symptomatic sick sinus syndrome in children and adolescents as the only manifestation of cardiac abnormality or associated with unoperated congenital heart disease.
Am J Cardiol 51:1133-6,1983

6.

von Bernuth G, Engelhardt W, Kramer HH, Singer H, Schneider P, Ulmer H, Brodherr-Heberlein S, Kienast W, Lang D, Lindinger A, Schmidt K
Atrial automatic tachycardia in infancy and childhood
Eur Heart J 13: 1410-5, 1992

7.

Blanck Z, Dhala A, Deshpande S, Sra J, Jazayeri M, Akhtar M

Bundle branch reentrant ventricular tachycardia: cumulative experience in 48 patients.

J Cardiovasc Electrophysiol 4: 253-62, 1993

8.

Blaufox AD, Paul T, Saul JP

Radiofrequency catheter ablation in small children: relationship of complications to application dose.

Pacing Clin Electrophysiol 27: 224-9, 2004

9.

Boersma L, Garcia-Moran E, Mont L, Brugada J

Accessory pathway localization by QRS polarity in children with Wolff-Parkinson-White syndrome.

J Cardiovasc Electrophysiol 13:1222-6, 2002

10.

Bolling SF, Morady F, Calkins H, Kadish A, de Buitelir M, Langberg J, Dick M, Lupinetti FM, Bove EL

Current treatment for Wolff-Parkinson-White syndrome: results and surgical implications.

Ann Thorac Surg 52: 461-8, 1991

11.

Borggreffe M, Budde T, Podczeck A, Breithardt G

High frequency alternating current ablation of an accessory pathway in humans.

J Am Coll Cardiol 10: 576-82, 1987

12.

Brembilla-Perrot B

Influence of age on the potential risk of sudden death in asymptomatic Wolff-Parkinson-White syndrome.

Pacing Clin Electrophysiol 24:1514-8, 2001

13.

Brodherr-Heberlein S, Pflaumer A, Hessling G

Herzrhythmusstörungen- Nichtinvasive Diagnostik und Therapie

In: Schumacher G, Hess J, Bühlmeier K (eds) Klinische Kinderkardiologie.

Springer Medizin Verlag Heidelberg, 4. Auflage: 48-68, 2008

14.

Calkins H, Young P, Miller JM, Olshansky B, Carlson M, Saul JP, Huang SKS, Liem B, Klein LS, Moser SA, Bloch DA, Gillette P, Prystowsky E

Catheter ablation of accessory pathways, atrioventricular nodal reentrant tachycardia, and the atrioventricular junction: Final results of a prospective, multicenter clinical trial

Circulation 99: 262-70, 1999

15.

Calkins H, Prystowsky E, Berger RD, Saul JP, Klein LS, Liem B, Huang SKS, Gillette P, Yong P, Carlson M, Atakr Multicenter investigators group

Recurrence of conduction following radiofrequency catheter ablation procedures: Relationship to ablation target and electrode temperature

J Cardiovasc electrophysiol 7: 704-12, 1996

16.

Case CL, Gillette PC

Automatic atrial and junctional tachycardias in the pediatric patient: strategies for diagnosis and management (Review)

Pacing Clin Electrophysiol 16: 1323-35, 1993

17.

Chen SA, Tai CT, Chiang CE, Ding YA, Chang MS

Focal atrial tachycardia: reanalysis of the clinical and electrophysiologic characteristics and prediction of successful radiofrequency ablation.

J Cardiovasc Electrophysiol 9: 355-65, 1998

18.

Chiladakis JA, Vassilikos VP, Maounis TN, Cokkinos DV, Manolis AS

Successful radiofrequency catheter ablation of automatic atrial tachycardia with regression of the cardiomyopathy picture.

Pacing Clin Electrophysiol 20: 953-9, 1997

19.

Collins KK, Dubin AM, Chiesa NA, Avasarala K, Van Hare GF

Cryoablation versus radiofrequency ablation for treatment of pediatric atrioventricular nodal reentrant tachycardia: Initial experience with 4-mm cryocatheter

Heart Rhythm 3: 564-70, 2006

20.

Crosson JE

AV node reentry tachycardia in infants.

Pacing Clin Electrophysiol 18: 2144-9, 1995

21.

Cummings RM, Mahle WT, Strieper MJ, Campbell RM, Costello L, Balfour V, Burchfield A, Frias PA

Outcomes following electroanatomic mapping and ablation for the treatment of ectopic atrial tachycardia in the pediatric population

Pediatr Cardiol 29: 393-7, 2008

22.

Danford DA, Kugler JD, Deal B, Case C, Friedman RA, Saul JP, Silka MJ, Van Hare GF

The learning curve for radiofrequency ablation of tachyarrhythmias in pediatric patients

Am J Cardiol 75: 587-90, 1995

23.

d'Avila A, Brugada J, Skeberis V, Andries E, Sosa E, Brugada P

A fast and reliable algorithm to localize accessory pathways based on the polarity of the QRS complex on the surface ECG during sinus rhythm.

Pacing Clin Electrophysiol 18: 1615-27, 1995

24.

Davy JM, Pons M, Raczka F, Piot C

Electrocardiographic aspects of the pathology of the bundle of His.

Arch Mal Coeur Vaiss 92 Spec No 1: 37-45, 1999

25.

de Groot NM, Schalij MJ, Zeppenfeld K, Blom NA, Van der Velde ET, Van der Wall EE

Voltage and activation mapping: how the recording technique affects the outcome of catheter ablation procedures in patients with congenital heart disease.

Circulation 108: 2099-106, 2003

26.

de Paola AA, Leite LR, Arfelli E

Mechanical reperfusion of acute right coronary artery occlusion after radiofrequency catheter ablation and long-term follow-up angiography.

J Invasive Cardiol 15: 173-5, 2003

27.

Dinckal H, Yucel O, Kirilmaz A, Karaca M, Kilicaslan F, Dokumaci B

Left anterior descending coronary artery occlusion after left lateral free wall accessory pathway ablation: what is the possible mechanism?

Europace 5: 263-6, 2003

28.

Dodo H

Chaotic atrial rhythm in children.

Am Heart J 129: 990-5, 1995

29.

Drago F, De Santis A, Grutter G, Silvetti MS

Transvenous cryothermal catheter ablation of re-entry circuit located near the atrioventricular junction in pediatric patients: efficacy, safety, and midterm follow-up.

J Am Coll Cardiol 45: 1096-1103, 2005.

30.

Drago F, Grutter G, Silvetti MS, De Santis A, Di Ciommo V

Atrioventricular nodal reentrant tachycardia in children.

Pediatr Cardiol 27: 454-9, 2006

31.

Epstein LM, Scheinman MM, Langberg JJ, Chilson D, Goldberg HR, Griffin JC

Percutaneous catheter modification of the atrioventricular node. A potential cure for atrioventricular nodal reentrant tachycardia.

Circulation 80: 757-68, 1989

32.

Ernst S, Ouyang F, Antz M

Catheter ablation of atrioventricular reentry.

In: Zipes DP, Jalife J (eds) Cardiac electrophysiology. From cell to bedside.

W. P. Saunders, Philadelphia: 1078-86, 2004

33.

Estner HL, Ndrepepa G, Dong J, Deisenhofer I, Schreieck J, Schneider M, Plewan A, Karch M, Weyerbrock S, Wade D, Zrenner B, Schmitt C

Acute and long-term results of slow pathway ablation in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia--an analysis of the predictive factors for arrhythmia recurrence.

Pacing Clin Electrophysiol 2: 102-10, 2005

34.

Estner HL, Deisenhofer I

Atrioventricular nodal re-entrant tachycardia

In: „Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias- A Practical Approach”

Schmitt, C., Deisenhofer, I., Zrenner, B.

Steinkopff Verlag Darmstadt, 1. Auflage: 103-27, 2006

35.

Fitzpatrick AP, Gonzales RP, Lesh MD, Modin GW, Lee RJ, Scheinman MM

New algorithm for the localization of accessory atrioventricular connections using a baseline electrocardiogram.

J Am Coll Cardiol 23: 107-16, 1994

36.

Friedman RA, Walsh EP, Silka MJ, Calkins H, Stevenson WG, Rhodes LA, Deal BJ, Wolff GS, Demaso DR, Hanisch D, Van Hare GF

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 25: 1000-17, 2002

37.

Friedman PL, Dubuc M, Green MS, Jackman WM, Keane DTJ, Marinchak RA, Nazari J, Packer DL, Skanes A, Steinberg JS, Stevenson WG, Tchou PJ, Wilber DJ, Worley SJ

Catheter cryoablation of supraventricular tachycardia: Results of the multicenter “frosty” trial

Heart Rhythm 1: 129-38, 2004

38.

Gallagher JJ, Svenson RH, Kasell JH, German LD, Bardy GH, Broughton A, Critelli G

Catheter technique for closed-chest ablation of the atrioventricular conduction system.

N Engl J Med 306: 194-200, 1982

39.

Garson A, Kanter RJ

Management of the child with Wolff-Parkinson-White-Syndrome and supraventricular tachycardia: Model for cost effectiveness

J Cardiovasc Electrophysiol 8: 1320-6, 1997

40.

Gillette PC, Garson A, Jr.

Electrophysiologic and pharmacologic characteristics of automatic ectopic atrial tachycardia.

Circulation 56: 571-5, 1977.

41.

Gross GJ

Characteristics, management, and midterm outcome in infants with atrioventricular nodal reentry tachycardia.

Am J Cardiol 82: 956-60, 1998

42.

Haissaguerre M, Sha DC, Takahashi A

A conceptual approach to radiofrequency catheter ablation of accessory pathways focusing on electrocardiogram criteria.

In: Singer I, Barold SS, Camm AJ (eds) Nonpharmacological therapy of arrhythmias for the 21st century: the state of the art. Futura Publishing Co, Inc., Armonk, NY: 57-71, 1998

43.

Haissaguerre M, Warin JF, Lemetayer P, Saoudi N, Guillem JP, Blanchot P

Closed-chest ablation of retrograde conduction in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia.

N Engl J Med 320: 426-33, 1989

44.

Hessling G, Pflaumer A, Deisenhofer I, Zrenner B, Hess J

Herzrhythmusstörungen im Kindesalter.

Pädiatr Prax 69: 411-26, 2007

45.

Hessling G, Schneider M, Pustowitz A, Schmitt C

Accessory pathways

In: „Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias- A Practical Approach”

Schmitt, C., Deisenhofer, I., Zrenner, B.

Steinkopff Verlag Darmstadt, 1. Auflage: 77-102, 2006

46.

Jackman WM, Wang XZ, Friday KJ, Roman CA, Moulton KP, Beckman KJ, McClelland JH, Twidale N, Hazlitt HA, Prior MI

Catheter ablation of accessory atrioventricular pathways (Wolff-Parkinson-White syndrome) by radiofrequency current.

N Engl J Med 324: 1605-11, 1991

47.

Jackman WM, Beckman KJ, McClelland JH, Wang X, Friday KJ, Roman CA, Moulton KP, Twidale N, Hazlitt HA, Prior MI

Treatment of supraventricular tachycardia due to atrioventricular nodal reentry, by radiofrequency catheter ablation of slow-pathway conduction.

N Engl J Med 327: 313-18, 1992

48.

Kammeraad J, Udink ten Cate F, Simmers T, Emmel M, Wittkamp FHM, Sreeram N

Radiofrequency catheter ablation of atrioventricular nodal reentrant tachycardia in children aided by the Localisa mapping system

Europace 6: 209-14, 2004

49.

Karch M

Cavotricuspid isthmus-dependent atrial flutter- common type atrial flutter

In: Schmitt C, Deisenhofer I, Zrenner B (eds) Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias- A Practical Approach.

Steinkopff Verlag Darmstadt, 1. Auflage: 129-144, 2006

50.

Khairy P, Chauvet P, Lehmann J, Lambert J, Macle L, Tanguay JF, Sirois MG, Santoianni D, Dubuc M

Lower incidence of thrombus formation with cryoenergy versus radiofrequency catheter ablation

Circulation 107: 2045-50, 2003

51.

Khanal S, Ribeiro PA, Platt M, Kuhn MA

Right coronary artery occlusion as a complication of accessory pathway ablation in a 12-year-old treated with stenting.

Catheter Cardiovasc Interv 46: 59-61, 1999

52.

Kimman GP, Theuns DAMJ, Szili-Torok T, Scholten MF, Res JC, Jordaens LJ

CRAVT: A prospective, randomized study comparing transvenous cryothermal and radiofrequency ablation in atrioventricular nodal re-entrant tachycardia

Eur Heart J 25: 2232-7, 2004

53.

Kirsh JA, Gross GJ, O'Connor S, Hamilton RM

Transcatheter cryoablation of tachyarrhythmias in children: initial experience from an international registry.

J Am Coll Cardiol 45: 133-36, 2005

54.

Ko JK

Supraventricular tachycardia mechanisms and their age distribution in pediatric patients.

Am J Cardiol 69: 1028-32, 1992

55.

Kottkamp H, Hindricks G, Willems S, Chen X, Reinhardt L, Haverkamp W, Breithardt G, Borggrefe M

An anatomically and electrogram-guided stepwise approach for effective and safe catheter ablation of the fast pathway for elimination of atrioventricular node reentrant tachycardia.

J Am Coll Cardiol 25: 974-81, 1995

56.

Kottkamp H, Hindricks G, Breithardt G, Borggrefe M

Threedimensional electromagnetic catheter technology: electroanatomical mapping of the right atrium and ablation of ectopic atrial tachycardia.

J Cardiovasc Electrophysiol 8: 1332-7, 1997.

57.

Kriebel T, Bertram H, Windhagen-Mahnert B, Bökenkamp R, Kaulitz R, Rohloff A, Peuster M, Hausdorf G, Paul T

AV- Knoten- Reentry- Tachykardien im Kindesalter: Kurative Behandlung mit Hochfrequenzstromablation

Z Kardiol 89: 538-45, 2000

58.

Kugler JD, Danford DA, Houston K, Felix G

Radiofrequency catheter ablation for paroxysmal supraventricular tachycardia in children and adolescents without structural heart disease.

Am J Cardiol 80: 1438-43, 1997

59.

Langberg JJ, Man KC, Vorperian VR, Williamson B, Kalbfleisch SJ, Strickberger SA, Hummel JD, Morady F

Recognition and catheter ablation of subepicardial accessory pathways.

J Am Coll Cardiol 22: 1100-4, 1993

60.

Laohaprasitiporn D, Walsh EP, Saul JP, Triedman JK

Predictors of permanence of successful radiofrequency lesions created with controlled catheter tip temperature.

Pacing Clin Electrophysiol 20: 1283-1291, 1997

61.

Lee PC, Hwang B, Chen SA, Tai CG, Chen YJ, Chiang CE, Meng CC

The results of radiofrequency catheter ablation of supraventricular tachycardia in children

Pacing Clin Electrophysiol 30: 655-61, 2007

62.

Lee PC, Hwang B, Tai TC, Chiang CE, Chen SA

The specific electrophysiologic characteristics in children with the atypical forms of atrioventricular nodal reentrant tachycardia.

Cardiology 108: 351-7, 2007

63.

Lesh MD, Van Hare GF, Schamp DJ, Chien W, Lee MA, Griffin JC, Langberg JJ, Cohen TJ, Lurie KG, Scheinman MM

Curative percutaneous catheter ablation using radiofrequency energy for accessory pathways in all locations: results in 100 consecutive patients.

J Am Coll Cardiol 19: 1303-9, 1992

64.

Lisowski LA, Verheijen PM, Benatar AA, Soyeur DJG, Stoutenbeek P, Brenner JI, Kleinman CS, Meijboom E

Atrial flutter in the perital age group: diagnosis, management and outcome

J Am Coll Cardiol 35: 771-7, 2000

65.

Marchlinski F, Callans D, Gottlieb C, Rodriguez E, Coyne R, Kleinman D
Magnetic electroanatomical mapping for ablation of focal atrial tachycardias.
Pacing Clin Electrophysiol, 21: 1621-35, 1998

66.

Manolis AS, Vassilikos V, Maounis TN, Chiladakis J, Cokkinos DV
Radiofrequency ablation in pediatric and adult patients: comparative results
J Interv Card Electrophysiol 5: 443-51, 2001

67.

Manolis AS, Wang PJ, Estes NA

Radiofrequency ablation of slow pathway in patients with atrioventricular nodal reentrant tachycardia. Do arrhythmia recurrences correlate with persistent slow pathway conduction or site of successful ablation?

Circulation 90: 2815-9, 1994

68.

Mayer AG

Rhythmical pulsation in scyphomedusae.

Publication 47 of the Carnegie Institution, Washington: 1-62, 1906

69.

Mehta AV

Ectopic automatic atrial tachycardia in children: clinical characteristics, management and follow-up.

J Am Coll Cardiol 11: 379-85, 1988.

70.

Mendelsohn A, Dick M, Serwer GA

Natural history of atrial flutter in infancy

J Pediatr 119: 386-91, 1991

71.

Mitrani RD, Klein LS, Hackett FK, Zipes DP, Miles WM

Radiofrequency ablation for atrioventricular node reentrant tachycardia: comparison between fast (anterior) and slow (posterior) pathway ablation.

J Am Coll Cardiol 21: 432-41, 1993

72.

Miyazaki A, Blaufox AD, Fairbrother DL, Saul JP

Cryo-ablation for septal tachycardia substrates in pediatric patients: mid-term results.

J Am Coll Cardiol 45: 581-8, 2005

73.

Morwood JG

Radiofrequency catheter ablation of ventricular tachycardia in children and young adults with congenital heart disease.

Heart Rhythm 1:301-8, 2004

74.

Ndrepepa G, Estner HL

Ablation of cardiac arrhythmias- energy sources and mechanisms of lesion formation

In: „Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias- A Practical Approach”

Schmitt, C., Deisenhofer, I., Zrenner, B.

Steinkopff Verlag Darmstadt, 1. Auflage: 35-53, 2006

75.

Papez AL, Al-Ahdab M, Dick M, Fischbach PS

Transcatheter cryotherapy for the treatment of supraventricular tachyarrhythmias in children: A single center experience

J Interv Card Electrophysiol 15: 191-6, 2006

76.

Park JK, Halperin BD, McAnulty JH, Kron J, Silka MJ

Comparison of radiofrequency catheter ablation procedures in children, adolescents, and adults and the impact of accessory pathway location

Am J Cardiol 74: 786-9, 1995

77.

Paul T, Bertram H, Kriebel T, Windhagen-Mahnert B, Tebbenjohanns J, Hausdorf G

Supraventricular tachycardia in infants, children and adolescents: diagnosis, drug and interventional therapy

Z Kardiol 89: 546-58, 2000

78.

Perry JC, Garson A, Jr.

Supraventricular tachycardia due to Wolff-Parkinson-White syndrome in children: early disappearance and late recurrence.

J Am Coll Cardiol 16: 1215-20, 1990

79.

Pflaumer A, Hessling G, Luik A, Wu J, Zrenner B

Remote Magnetic Catheter Mapping and Ablation of Permanent Junctional Reciprocating Tachycardia in a Seven-Year-Old Child

J Cardiovasc Electrophysiol 18, 882-5, 2007

80.

Pflaumer A, Hessling G, Zrenner B

Herzrhythmusstörungen- Elektrophysiologische Untersuchung und Ablation

In: Schumacher G, Hess J, Bühlmeier K (eds) Klinische Kinderkardiologie.

Springer Medizin Verlag, Heidelberg- München, 4. Auflage: 537-49, 2008

81.

Porter MJ, Morton JB, Denman R, Lin AC, Tierney S, Santucci PA, Cai JJ, Madsen N, Wilber DJ

Influence of age and gender on the mechanism of supraventricular tachycardia

Heart Rhythm 4: 393-6, 2004

82.

Salerno JC, Kertesz NJ, Friedman RA, Fenrich A

Clinical course of atrial ectopic tachycardia is age-dependent: results and treatment in children < 3 or ≥ 3 years of age

J Am Coll Cardiol 43: 438-44, 2004

83.

Saul JP, Hulse JE, Papagiannis J, Van Praagh R, Walsh EP

Late enlargement of radiofrequency lesions in infant lambs. Implications for ablation procedures in small children.

Circulation 90: 492-9, 1994

84.

Scherlag BJ, Lau SH, Helfant RH, Berkowitz WD, Stein E, Damato AN
Catheter technique for recording. His bundle activity in man.
Circulation 39: 13–18, 1969

85.

Schläpfer J, Fromer M
Late clinical outcome after successful radiofrequency catheter ablation of accessory pathways
Eur Heart J 22: 605-9, 2001

86.

Schlüter M, Cappato R, Ouyang F, Antz M, Schlüter CA, Kuck KH
Clinical recurrences after successful accessory pathway ablation: the role of „dormant“ accessory pathways.
J Cardiovasc Electrophysiol 8: 1366-72, 1997

87.

Schneider C (ed)
Das EPU-Labor. Einführung in die invasive elektrophysiologische Untersuchung
Steinkopf Verlag, Darmstadt, 2005

88.

Schwacke H, Brandt A, Rameken M, Vater M, Fischer F, Senges J, Seidl K
Long-term outcome of AV node modulation in 387 consecutive patients with AV nodal reentrant tachycardia
Z Kardiol 91: 389-95, 2002

89.

Schwartzman D, Callans DJ, Gottlieb CD, Dillon SM, Movsowitz C, Marchlinski FE
Conduction block in the inferior vena caval-tricuspid valve isthmus: association with outcome of radiofrequency ablation of type I atrial flutter.
J Am Coll Cardiol 28: 1519-31, 1996

90.

Strickberger SA, Hummel J, Gallagher M, Hasse C, Man KC, Williamson B, Vorperian VR, Kalbfleisch SJ, Morady F, Langberg JJ
Effect of pathway location on the efficiency of heating during radiofrequency catheter ablation.
Am Heart J 129: 54-8, 1995

91.

Strobel GG, Trehan S, Compton S, Judd VE, Day RW, Etheridge SP

Successful pediatric stenting of a nonthrombotic coronary occlusion as a complication of radiofrequency catheter ablation.

Pacing Clin Electrophysiol 24:1026-1028, 2001

92.

Sung RJ, Styperek JL, Myerburg RJ, Castellanos A () initiation of two distinct forms of atrioventricular nodal reentrant tachycardia during programmed ventricular stimulation in man.

Am J cardiol 1978; 42(3):404-15

93.

Tanel RE, Walsh EP, Triedman JK, Epstein MR, Bergau DM, Saul JP

Five-year experience with radiofrequency catheter ablation: implications for management of arrhythmias in pediatric and young adult patients.

J Pediatr 131: 878-87, 1997

94.

Tang CW, Scheinman MM, Van Hare GF

Use of P wave configuration during atrial tachycardia to predict site of origin.

J Am Coll Cardiol 26: 1315-24, 1995

95.

Thamasett S

Elektrophysiologische Techniken.

In: Hombach V (ed) Interventionelle Kardiologie, Angiologie und Kardiovaskularchirurgie.

Schattauer, Stuttgart: 141-63, 2001

96.

Ticho BS, Saul JP, Hulse JE, De W, Lulu J, Walsh EP

Variable location of accessory pathways associated with the permanent form of junctional reciprocating tachycardia and confirmation with radiofrequency ablation.

Am J Cardiol 70: 1559-64, 1992

97.

Van Hare GF, Velvis H, Langberg JJ

Successful transcatheter ablation of congenital junctional ectopic tachycardia in a ten-month-old infant using radiofrequency energy.

Pacing Clin Electrophysiol 13: 730-5, 1990

98.

Van Hare GF, Javitz H, Carmelli D, Saul JP, Tanel RE, Fischbach PS, Kanter RJ, Schaffer M, Dunnigan A, Colan S, Serwer G

Prospective assessment after pediatric cardiac ablation: Recurrence at 1 year after initially successful ablation of supraventricular tachycardia

Heart Rhythm 1, 188-96, 2004

99.

Van Hare GF, Witherell CL, Lesh MD

Follow-up of radiofrequency catheter ablation in children: results in 100 consecutive patients.

J Am Coll Cardiol 23: 1651-9, 1994

100.

Van Hare GF, Chiesa NA, Campbell RM, Kanter RJ, Cecchin F

Atrioventricular nodaleentrant tachycardia in children: effect of slow pathway ablation on fast pathway function

J Cardiovasc Electrophysiol 13: 203-9, 2002

101.

Wang PJ, Homoud MK, Link MS, Estes III NA.

Alternate energy sources for catheter ablation.

Curr Cardiol Rep. Jul 1: 165-71, 1999.

102.

Wang L, Yao R

Radiofrequency catheter ablation of accessory pathway-mediated tachycardia is a safe and effective long-term therapy.

Arch Med Res 34: 394-8, 2003

103.

Wang CC, Yeh SJ, Wen MS, Hsieh IC, Lin FC, Wu D

Late clinical and electrophysiologic outcome of radiofrequency ablation therapy by the inferior approach in atrioventricular node reentry tachycardia.

Am Heart J 128:219-226, 1994

104.

Wetzel U, Hindricks G, Schirdewahn P, Dorszewski A, Fleck A, Heinke F, Kottkamp H

A stepwise mapping approach for localization and ablation of ectopic right, left, and septal atrial foci using electroanatomic mapping.

Eur Heart J, 23:1387–1393, 2002.

105.

Willems S, Chen X, Kottkamp H, Hindricks G, Haverkamp W, Rotman B, Shenasa M, Breithardt G, Borggreffe M

Temperature-controlled radiofrequency catheter ablation of manifest accessory pathways.

Eur Heart J 17:445-452, 1996

106.

Zrenner B, Dong J, Schreieck J, Deisenhofer I, Estner H, Luani B, Karch M, Schmitt C

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 25: 2226-31, 2004

107.

Zrenner B, Kolb C, Luik A, Ndrepepa G

Basic principles.

In: Schmitt C, Deisenhofer I, Zrenner B (eds) Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias- A Practical Approach.

Steinkopff Verlag Darmstadt, 1. Auflage: 1-33, 2006

Abbildungsnachweis:

Abbildungen 1.1, 1.4, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 mit freundlicher Genehmigung aus:

„Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmias- A Practical Approach”

Schmitt C, Deisenhofer I, Zrenner B

Steinkopff Verlag Darmstadt, 1. Auflage, 2006

Abbildungen 1.2, 1.3 mit freundlicher Genehmigung aus:

Hessling G, Pflaumer A, Deisenhofer I, Zrenner B, Hess J

Herzrhythmusstörungen im Kindesalter.

Pädiatr Prax 69: 411-26, 2007

7 DANKSAGUNG

Mein Dank gilt allen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben:

Den beteiligten Ärzten am Deutschen Herzzentrum München: PD Dr. med. Isabel Deisenhofer, PD Dr. med. Bernhard Zrenner und PD Dr. med. Christof Kolb für ihre Hilfe. Dr. rer. nat. Christoph von Festenberg für den Schubs zum richtigen Zeitpunkt. Diplom-Volkswirt Clemens König für selbstverständliche Kompetenz in statistischen Fragen.

Darüber hinaus gilt mein ganz besonderer Dank folgenden zwei Personen:

Diplom-Biologin Sandra Vengadasalam für allumfassende und von höchstem Sachverstand geprägte psychische und formatierungstechnische Beratung. Eine tolle Leistung, diesen beiden unterschiedlichen Anforderungen gerecht geworden zu sein!

Meiner Doktormutter und Betreuerin PD Dr. med. Gabriele Hessling, die mich fast von Anfang bis ganz zum Ende begleitet hat, auf eine Weise, dass ich mich immer wohl dabei gefühlt habe- das ist in diesem Metier bei Weitem nicht selbstverständlich.