

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Benedikt Pannen

Extraktion von Herzschrittmacher- und Kardioverter-
Defibrillator-Sonden unter Anwendung von
transösophagealer Echokardiographie

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Dr. med. univ. Ines Elsemann

2012

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf

Referent: Prof. Dr. med. Peter Kienbaum

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. med. Peter Albers

ABSTRACT

Extraktion von Herzschrittmacher- und Kardioverter-Defibrillator-Sonden unter Anwendung von transösophagealer Echokardiographie

Dr. med. univ. Ines Elsemann

Hintergrund: Die stetig steigende Zahl der Herzschrittmacher- und Kardioverter-Defibrillatorimplantationen (2008: ca. 70.000 im Vergleich zu 2003: ca. 50.000) führt unabwendbar zu vermehrten medizinischen Problemen mit Schrittmachersonden bis hin zur Notwendigkeit der Sondenextraktion. Die Hauptindikationen hierfür sind: Sondenfehlfunktionen, venöse Gefäßverschlüsse, Infektionen, chronische Schmerzen und Systemaufrüstungen. Komplexe Sondenextraktionen können lebensbedrohliche Komplikationen, wie vor allem Gefäßverletzungen und Myokardperforationen, hervorrufen, die eine herzchirurgische Notoperation nach sich ziehen. Die intraoperative Anwendung der transösophagealen Echokardiographie (TEE) bietet die Möglichkeit, das Herz vor, während und nach der Sondenextraktion zu beurteilen. So können die Pump- und Klappenfunktionen analysiert sowie die am meisten gefürchtete Komplikation der Myokardverletzung mit nachfolgender Herzbeutelamponade in der Regel rasch erkannt werden. Genaue Zahlen zu Häufigkeit und Schwere dieser Komplikationen sowie deren Diagnostik liegen bisher nicht vor.

Fragestellung: Wie häufig traten schwere Komplikationen bei operativen Extraktionen von Herzschrittmacher- und Kardioverter-Defibrillator-Sonden auf und kann die intraoperative Verwendung der TEE frühzeitig diagnostische Hinweise für diese Komplikationen liefern?

Methoden: Retrospektiv analysierten wir 141 konsekutive Extraktionen von Schrittmacher-/Defibrillatorsonden am Universitätsklinikum Düsseldorf im Zeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2010. Die Hauptindikationen für eine Sondenextraktion waren Infektionen (54), mechanische Fehlfunktionen/-lagen (49/25) und Systemaufrüstungen (6). In Allgemeinanästhesie verwendeten wir die TEE, um vor, während und nach Sondenextraktion die Pump- und Klappenfunktionen sowie den perikardialen Raum zu untersuchen. Hauptziel der Untersuchung war es vor allem extraktionsbedingte Myokardverletzungen mit nachfolgender Perikardtampnande frühzeitig zu erkennen.

Ergebnis: 99 Prozent der intrakardialen Sonden wurden erfolgreich extrahiert. Dabei kam es in 4 Prozent (n = 5) zu einer schweren (major) Komplikation, welche erweiterte Maßnahmen zur Folge hatten (1x Sondenabriss mit Bergung unter Verwendung der Herz-Lungenmaschine (HLM), 1x Zerstörung der Trikuspidalklappe mit Rekonstruktion an der HLM, 1x unmittelbar postoperativ Schrittmacherversagen mit kardiopulmonaler Reanimation (CPR) und Sternotomie, 1x intraoperative Sondendislokation mit CPR sowie 1x Versagen des intraoperativ prophylaktisch eingeschwemmten Schrittmachers mit Folgeeingriff). Bei weiteren sechs Patienten kam es zu einer leichten (minor) Komplikation. Davon kam es viermal zu einem Perikaderguss der mittels TEE diagnostiziert wurde und im Verlauf keiner invasiven Therapie bedurfte. Zweimal kam es zu einem Sondenabriss ohne notwendige Bergung. Dreimal konnte mittels TEE ein Klappendefekt erstmalig diagnostiziert werden. Es gab keinen Todesfall.

Schlussfolgerung: Im Gegensatz zu anderen Zentren traten bei uns, trotz vergleichbarer Komplikationsinzidenz, keine tödlichen Komplikationen in Zusammenhang mit einer Sondenextraktion auf. Alle relevanten Komplikationen wurden intraoperativ durch TEE zuverlässig erkannt. Die TEE leistet somit aus unserer Sicht einen weiteren Beitrag zu Erhöhung der Patientensicherheit.

INHALTSVERZEICHNIS

Abstract	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund	2
1.1.1 Herzschrittmacher	2
1.1.2 Permanente Schrittmacherarten	6
1.1.3 Implantierbare Kardioverter-Defibrillatoren (ICD)	13
1.1.4 Komplikationen	19
1.2 Sondenextraktion	22
2 Fragestellung	27
3 Material und Methodik	29
3.1 Operative Prozedur	29
3.2 Anästhesiologisches Management	30
3.3 Transösophageale Echokardiographie (TEE)	30
3.4 Datenerhebung und Statistik	34
4 Ergebnisse	37
5 Diskussion	49
5.1 Deutschlandweiter Vergleich	49
5.1.1 Eingriffszahlen	49
5.1.2 Operationszeiten	50
5.1.3 Krankenhausaufenthaltsdauer	50
5.1.4 Patientenkollektiv	51
5.2 Standards zur Sondenextraktion	52
5.2.1 Internationale Standards	52
5.2.2 Transösophageale Echokardiographie	52
5.3 Komplikationen	55
5.3.1 Operateur bedingte Komplikationen	55
5.3.2 Risikofaktoren	57
5.4 Limitationen	62
6 Schlussfolgerung	63
Literaturverzeichnis	65
Anhang	79

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1.1 (A) Liberator™ locking stylet. The spring is compressed by the outer tubular sheath locking it into the end of the lead Entnommen aus SMITH 2008, S. 743 mit Genehmigung des Autors</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 1.2 (B) LLDTM locking stylet. The wire mesh expands to lock the stylet into the lead Entnommen aus SMITH 2008, S. 743 mit Genehmigung des Autors</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 4.1 Geschlechterverteilung im Patientenkollektiv</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 4.2 ICD- und Schrittmacherextraktion nach Geschlecht</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 4.3 BMI-Verteilung des Patientenkollektivs.....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 4.4 Liegedauer der ICD- und Schrittmachersysteme</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 4.5 Komplikationen und Todesfälle des Patientenkollektivs</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 4.6 Akute Perikardtamponade (hypoechogener Saum) dargestellt mittels intraoperative tranösophagealer Echokardiographie (TG basal SAX).....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 4.7 Akute Perikardtamponade (hypoechogener Saum) dargestellt mittels intraoperative tranösophagealer Echokardiographie</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 4.8 Komplikationen aufgeschlüsselt nach weiblichen und männlichen Geschlecht</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 4.9 Komplikationen im Zusammenhang mit dem Body-Mass-Index.....</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 4.10 Komplikationen bei der Entfernung von ICD-Sonden im Vergleich zu Schrittmacher-sonden</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 4.11 Komplikationen bei einer Systemliegedauer \geq / $<$ 10 Jahre.....</i>	<i>47</i>

TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1.1 Evidenzgrad I erstellt nach LEMKE 2009</i>	3
<i>Tabelle 1.2 Evidenzgrad IIa erstellt nach LEMKE 2009</i>	4
<i>Tabelle 1.3 Evidenzgrad IIb erstellt nach LEMKE 2009</i>	5
<i>Tabelle 1.4 NASPE/BPEG-Code erstellt nach BERNSTEIN 2002</i>	7
<i>Tabelle 1.5 Empfehlungen der ESC für eine ICD-Implantation zur Primärprävention bei Patienten mit KHK oder DCM. Erstellt nach ACC/AHA/ESC-Guidelines 2006, Update 2010 (DICKSTEIN 2010, FOLEY 2009, ZIPES 2006)</i>	15
<i>Tabelle 1.6 Empfehlungen der ESC für eine ICD-Implantation zur Primärprävention bei Patienten mit hereditären Erkrankungen. Erstellt nach ACC/AHA/ESC Guidelines 2006, Update 2010 und Wasmer 2010 (DICKSTEIN 2010, WASMER 2010, ZIPES 2006)</i>	16
<i>Tabelle 1.7 Klassifikation der Komplikationen bei Sondenextraktionen (WILKOFF 2009)</i>	20
<i>Tabelle 3.1 Statistische Verteilung der Patientenpopulation</i>	34
<i>Tabelle 4.1 Indikation zur Sondenextraktion bei unseren Patienten in Zahlen</i>	39
<i>Tabelle 4.2 major und minor Komplikationen</i>	43

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
ACC / AHA	American College of Cardiology/ American Heart Association
ARVC	arrhythmogene rechtsventrikuläre Cardiomyopathie
assoz.	assoziiert
asympt.	asymptomatisch
AV	atrioventrikulär
BMI	Body-Mass-Index
bifasz.	bifaszikulär
BPEG	British Pacing and Electrophysiology Group
CCM	Cardiac Contractility Modulation
CPR	Cardio-Pulmonale-Reanimation
CRT	Kardiale Resynchronisation
DCM	dilative Kardiomyopathie
EF	Ejektionsfraktion
ESC	European Society of Cardiology
FVT	schnelle (fast) ventrikuläre Tachykardie
HCM	hypertrophe Kardiomyopathie
HF	Herzfrequenz
HLM	Herz-Lungen-Maschine
HRS	Heart Rhythm Society
HSM	Herzschrittmacher
HV-Zeit	His-Potential (H) bis Beginn der Kammererregung (V)
ICD	implantierter Kardioverter-Defibrillator
interm.	intermittierend

KHK	koronare Herzkrankheit
klin.	klinisch
LSB	Linksschenkelblock
LV-Fkt.	linksventrikuläre Funktion
LVEF	linksventrikuläre Ejektionsfraktion
LZ-EKG	Langzeit-Elektrokardiogramm
MW	Mittelwert
NASPE	North American Society for Pacing and Cardiac Electrophysiology
NYHA	New York Heart Association
paroxysm.	paroxysmale
red.	reduziert
rez.	rezidivierend
RV	rechtsventrikulär
SD-Wert	standart deviation / empirische Standardabweichung
sec	Sekunde
SM	Schrittmacher
Sympt.	Symptome
TAA	Tachyarrhythmie absoluta
Tbl.	Tabelle
TEE	Transösophageale Echokardiographie
V. a.	Verdacht auf
VF	Kammerflimmern
VHF	Vorhofflimmern
VT	ventrikuläre Tachykardie
ZVD	zentralvenöser Druck

1 EINLEITUNG

Derzeit leben allein in Deutschland ca. 350.000 Menschen mit einem Herzschrittmacher (HSM) oder implantiertem Kardioverter-Defibrillator (ICD) (RASCHE 2006). Die stetig steigende Zahl an Herzschrittmacher- und Kardioverter-Defibrillatorimplantationen (2008: ca. 70.000 im Vergleich zu 2003: ca. 50.000) (MARKEWITZ 2010) führt unabwendbar zu vermehrten medizinischen Problemen mit Schrittmachersonden, die eine Sondenextraktion nach sich ziehen müssen. Sondenextraktionen werden in der Regel im Operationssaal unter Allgemeinanästhesie durchgeführt. Gerade während komplexer Sondenextraktionen kann es zu schwerwiegenden Komplikationen, wie Perikardtamponaden oder pulmonalen Embolien, kommen, welche hohe Anforderungen an das anästhesiologische Management darstellen und intraoperativ ein erweitertes Monitoring erfordern (WILKOFF 2009).

Die Transösophageale Echokardiographie (TEE) eignet sich intraoperativ sehr gut, um Myokardschäden inklusive Perikardtamponade frühzeitig zu detektieren (SWANTON 2003, THYS; Guidelines for perioperative TEE 2010). Ebenso können die kardiale Pumpfunktion sowie die Herzklappen in ihrer Funktion und Anatomie gut beurteilt werden. Schäden an der Trikuspidalklappe, welche möglicherweise durch die Sondenextraktion entstehen, können frühzeitig erkannt und somit nachfolgend rascher behandelt werden (ROEFFEL 2002). Der Einsatz der TEE vor, während und nach operativer Entfernung intrakardialer Sonden könnte sich daher positiv auf den intra- sowie postoperativen Behandlungsverlauf auswirken.

1.1 HINTERGRUND

1.1.1 HERZSCHRITTMACHER

Der Herzschrittmacher ist ein Gerät, welches entweder chirurgisch dauerhaft implantiert oder temporär bei Herzrhythmusstörungen angewendet werden kann. Zunächst muss bekannt sein, ob es sich um eine passagere oder permanente Rhythmusstörung, bedingt z. B. durch entzündliche Herzerkrankungen, Medikamentenintoxikationen oder Elektrolytentgleisung, handelt. Temporär gibt es die Möglichkeit der externen (epikutan, extrathorakal), transösophagealen, intrakardialen (meist transvenös) oder epikardialen Schrittmacherstimulation. Bei permanenten Herzrhythmusstörungen wird oftmals eine chirurgische intrakardiale Schrittmacherimplantation notwendig. Hierbei wird das Aggregat z. B. subkutan implantiert und die Elektroden transvenös geführt. Der erste Herzschrittmacher wurde 1958 an den Medizinischen Einrichtungen der Universität in Düsseldorf implantiert (TRAPPE 2011, WILKOFF 2009). Indikationen zur permanenten chirurgisch implantierten Schrittmachertherapie nach Evidenzgrad (im Anhang erläutert) sind in Tabelle 1.1 zusammengestellt:

Evidenzgrad I	
Erworbene AV-Leitungsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> • Grad III. / II. Sympt. • Grad III. permanent, interm. asympt. • Grad II. Mobitz mit breiten QRS-Komplexen
Kongenitale AV-Blockierung	<ul style="list-style-type: none"> • Grad III. / II. symptomatisch • Grad III. / II. asympt. mit: <ul style="list-style-type: none"> - red. LV-Fkt. - assoz. Herzfehler - HF < 50/min, fehlender HF-Anstieg bei Belastung oder Asystolie > 3 s - Ersatzrhythmus mit breiten Kammerkomplex - verlängertes QT-Intervall - zahlreiche ventrikuläre Ektopien
Chronisch bi-/trifaszikuläre Leitungsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> • Alternierender Schenkelblock • Bifaszikulärer Block mit interm. totalen AV-Block, mit häufigen AV-Block II. Grades Mobitz
Resynchronisationstherapie	<ul style="list-style-type: none"> • NYHA III. / IV., LSB mit QRS > 150 ms und Sinusrhythmus
Akuter Myokardinfarkt mit AV-Leitungsstörung	<ul style="list-style-type: none"> • AV-Block II. Grades Mobitz oder III. Grades, der mehr als zwei Wochen nach Myokardinfarkt besteht
Bradyarrhythmie bei permanentem VHF, - symptomatisch	<ul style="list-style-type: none"> • VHF mit langsamer HF (< 40/min) oder langen Pausen mit eindeutigen Zusammenhang der klinischen Symptomatik
Bradyarrhythmie bei permanentem VHF, - asymptomatisch	<ul style="list-style-type: none"> • VHF mit langsamer regelmäßiger HF und breiten QRS • geplante AV-Ablation
Sinusknotensyndrom	<ul style="list-style-type: none"> • Sinusknotenfunktionsstörung symptomatisch
Präventive Stimulation bei paroxys. VH-tachyarrhythmie	<ul style="list-style-type: none"> • Keine
Karotissinus-Syndrom	<ul style="list-style-type: none"> • Rez. Synkopen durch Alltagsbewegungen auslösbar und zur Asystolie > 3 s führen
Vasovagale Synkope	<ul style="list-style-type: none"> • Keine

Tabelle 1.1 Evidenzgrad I erstellt nach LEMKE 2009

Evidenzgrad IIa	
Erworbene AV-Leitungsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> • Grad III. interm., außerhalb von Schlafphasen oder eingeschränkter LV-Fkt. • Grad II. + Blockierung im HIS-Purkinje-System • Grad II. Mobitz mit schmalen QRS-Komplexen bei persistierender Blockierung unter Belastung • Grad II. + neuromuskuläre Erkrankung
Kongenitale AV-Blockierung	<ul style="list-style-type: none"> • Grad III. / II. asymptomatisch
Chronisch bi-/trifaszikuläre Leitungsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> • Bifasz. Block mit V. a. kardiale Synkope • HV-Zeit-Verlängerung (≥ 100 ms) oder infrahissäre Blockierung
Resynchronisationstherapie	<ul style="list-style-type: none"> • NYHA III. / IV., LSB mit QRS-Breite 120-150 ms und Sinusrhythmus • NYHA III. /IV., LSB mit QRS-Breite > 150 ms und VHF
Akuter Myokardinfarkt mit AV-Leitungsstörung	<ul style="list-style-type: none"> • Transienter AV-Block Grad III. oder II. mit konsekutivem persistierendem Schenkelblock
Bradyarrhythmie bei permanentem VHF, - symptomatisch	<ul style="list-style-type: none"> • VHF mit langsamer HF oder langen Pausen mit vermutetem Zusammenhang der klinischen Symptomatik
Bradyarrhythmie bei permanentem VHF, - asymptomatisch	<ul style="list-style-type: none"> • VHF mit unregelmäßige HF (< 40/min) oder langen Pausen und breiten QRS • VHF mit regelmäßige HF (< 40/min.) oder langen Pausen und schmalen QRS
Sinusknotensyndrom	<ul style="list-style-type: none"> • Sinusknotenfunktionsstörung mit vermutetem Zusammenhang zur klin. Symptomatik
Präventive Stimulation bei paroxys. VH-tachyarrhythmie	<ul style="list-style-type: none"> • Hochsymptomatisch, medikamentös refraktäre paroxysmale Vorhofftachyarrhythmie vor geplanter AV-Knoten-Ablation
Karotissinus-Syndrom	<ul style="list-style-type: none"> • Rez., anderweitig nicht erklärbare Synkopen ohne eindeutige auslösende Alltagsbewegung, aber mit hypersensitiven Karotissinus-Reflex
Vasovagale Synkope	<ul style="list-style-type: none"> • Rez. vasovagale Synkopen bei Pat. > 40 Jahren mit kardioinhibitorischen Pausen > 3 s

Tabelle 1.2 Evidenzgrad IIa erstellt nach LEMKE 2009

Evidenzgrad IIb	
Erworbene AV-Leitungsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> • Grad III. interm. ohne weitere Kriterien • Grad II. Wenkebach bei Älteren oder eingeschränkte LV-Funktion • Grad I. + neuromuskuläre Erkrankungen
Kongenitale AV-Blockierung	<ul style="list-style-type: none"> • Keine
Chronisch bi-/trifaszikuläre Leitungsstörungen	<ul style="list-style-type: none"> • Faszikulärer Block + neuromuskuläre Erkrankung
Resynchronisationstherapie	<ul style="list-style-type: none"> • NYHA III. / IV., QRS-Breite > 120 ms ohne LSB • NYHA III. / IV. und konventionelle SM-Indikation mit erforderlicher RV-Stimulation • NYHA II., LSB, QRS-Breit > 150 ms und Sinusrhythmus
Akuter Myokardinfarkt mit AV-Leitungsstörung	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbestehender Schenkelblock mit transientem AV-Block II. Mobitz oder Grad III.
Bradyarrhythmie bei permanentem VHF, - symptomatisch	<ul style="list-style-type: none"> • Keine
Bradyarrhythmie bei permanentem VHF, - asymptomatisch	<ul style="list-style-type: none"> • VHF mit chronischer HF < 40/min. oder längeren asystolischen Pausen (> 3 s), schmale QRS-Komplexe außerhalb von Schlafphasen bei herzkranken Patienten mit red. LV-Funktion
Sinusknotensyndrom	<ul style="list-style-type: none"> • Chron. HF < 40/min. oder längeren Pausen (> 3 s) außerhalb von Schlafphasen bei herzkranken Patienten mit red. LV-Funktion
Präventive Stimulation bei paroxys. VH-tachyarrhythmie	<ul style="list-style-type: none"> • Medikamentös refraktäre, bradykardieassoziierte, paroxysmale Vorhoftachyarrhythmien
Karotissinus-Syndrom	<ul style="list-style-type: none"> • Keine
Vasovagale Synkope	<ul style="list-style-type: none"> • Rez. vasovagale Synkopen mit dokumentierter Bradykardie mit unzureichenden Ansprechen auf andere Maßnahmen

Tabelle 1.3 Evidenzgrad IIb erstellt nach LEMKE 2009

1.1.2 PERMANENTE SCHRITTMACHERARTEN

Die heutigen modernen Herzschrittmacher bestehen aus einem batteriebetriebenen Aggregat (Impulsgeber) und einer oder mehreren Elektroden (Sonden). Sie werden nach dem NASPE / BPEG-Code eingeteilt. Dies ist ein Code der aus maximal fünf Buchstaben besteht (BERNSTEIN 2002).

Der erste Buchstabe gibt den Stimulationsort an. Man unterscheidet zwischen A für Atrium (Vorhof), V für Ventrikel (Kammer), D für Dual (Vorhof und Ventrikel) und S (Single) bei einer Einkammerstimulation und einem noch nicht implantierten Schrittmacher.

Der zweite Buchstabe gibt den Registrierungsart an. Hier wird wie beim Stimulationsort zwischen A, V, D und S unterschieden.

Der dritte Buchstabe gibt die Betriebsart an. Man unterscheidet zwischen T für getriggert, I für inhibiert und D für dual (T + I). Im Modus getriggert wird die herzeigene Aktivität unterstützt. Ein im Atrium abgegebenes Signal führt zur Impulsabgabe im Ventrikel. Im Modus inhibiert wird bei Aktivität im Atrium die Impulsabgabe unterdrückt. Im Modus dual werden beide Modi unterstützt.

Der vierte Buchstabe gibt die Frequenzadaptation an. Der Modus R (*rate modulation*) bietet die Möglichkeit einer Frequenzanpassung bei Belastung.

Der fünfte Buchstabe gibt die multifokale Stimulation an. Hier wird ähnlich wie beim Stimulations- und Betriebsort ebenfalls zwischen A, V und D unterschieden. So wird jeweils an mindestens zwei Orten stimuliert, z. B. bei A im rechten und linken Atrium oder bei V im rechten und linken Ventrikel oder aber auch an mehreren Orten im rechten Ventrikel. D bedeutet, dass im Atrium und Ventrikel stimuliert wird.

Ist an einen oder mehreren der fünf Positionen die 0 eingetragen, so bedeutet dies, dass die Funktion oder der Modus nicht vorhanden ist (BERNSTEIN 2002)

Stelle	1.	2.	3.	4.	5.
Bedeutung	Stimulations- ort	Registrierungs- ort	Betriebsart	Frequenz- adaptation	Multifokale Stimulation
	0 (keine)	0 (keine)	0 (keine)	0 (keine)	0 (keine)
	A (Atrium)	A (Atrium)	T (getriggert)	R (rate modulation)	A (Atrium)
	V (Ventrikel)	V (Ventrikel)	I (inhibiert)		V (Ventrikel)
	D (Dual)	D (Dual)	D (Dual T +I)		D (Dual A+V)
	S (Single A/V)	S (Single A/V)			

Tabelle 1.4 NASPE/BPEG-Code erstellt nach BERNSTEIN 2002

1.1.2.1 EINKAMMERSCHRITTMACHER

Prinzipiell kann man beim Einkammerschrittmacher die Sonde im Atrium oder im Ventrikel einsetzen.

AAI

Dieser Schrittmacher simuliert die physiologische Erregungsbildung und kann nur bei erhaltenem Erregungsleitungssystem, wie z. B. Sinusknoten-Syndrom ohne AV- und intraventrikulärer Leitungsstörung, eingesetzt werden. Folgende Vorrausetzungen für die Implantation eines AAI müssen jedoch gegeben sein:

- Kein AV-Block I
- Schmäler QRS-Komplex
- Keine leitungsverzögernde Medikamente
- Kein Karotissinus-Syndrom
- Keine Synkope als primäre Schrittmacherindikation

(LEMKE 1996)

VVI

Der VVI ist einer der häufigsten Schrittmacher und springt bei Ausfall der Ventrikelaktivität ein. Die Elektrode gibt den Impuls an den Ventrikel weiter. Bei ausreichender Ventrikelaktivität ist der Impuls inhibiert. Eine Frequenzadaptation ist hier nicht möglich. Indikation für einen VVI sind z. B. Bradyarrhythmie bei permanentem Vorhofflimmern oder auch seltene AV-Überleitungsstörungen (LEMKE 1996).

SSI

SSI bedeutet, dass dieser Schrittmacher prinzipiell entweder im Atrium oder im Ventrikel eingesetzt werden kann (LEMKE 1996).

1.1.2.2 ZWEIKAMMERSCHRITTMACHER

DDD

Impulse werden im Atrium und im Ventrikel abgegeben. Bei herzeigenen Aktionen sind die Schrittmacherimpulse inhibiert. Zusätzlich können Aktionen aus dem Atrium getriggert werden. Klassische Indikationen für einen DDD-Schrittmacher sind z. B. AV-Blöcke, Karotissinus-Syndrom und vasovagale Synkopen (LEMKE 1996).

VDD

Im Unterschied zum DDD kann der VDD im Atrium nur detektieren, aber nicht stimulieren und bedarf daher einer erhaltenden Vorhofaktivität (LEMKE 1996).

1.1.2.3 BIVENTRIKULÄRER SCHRITTMACHER UND RESYNCHRONISATION

Ist das Erregungsleitungssystem des Herzens durch einen Linksschenkelblock gestört, findet eine desynchrone Kontraktion mit der Folge eines gestörten Flusses innerhalb des Ventrikels statt. Durch Implantation einer dritten Sonde, über den Koronarsinus bis zur lateralen oder posterolateralen Wand des linken Ventrikels, werden die rechte und die linke Kammer resynchronisiert (GLATTER 2006; HOLZMEISTER 2011).

Cleland et al (CARE-HF 2005) untersuchte in einer Studie Patienten der NYHA-Klassifikation III. und IV. Grades mit Linksschenkelblock und linksventrikulärer systolischer Dysfunktion. Während eine Gruppe rein medikamentös behandelt wurde, erhielt die andere eine Resynchronisationstherapie in Form eines biventrikulären Schrittmachersystems. Hier zeigte sich in der Gruppe mit Schrittmacher eine signifikante Steigerung der linksventrikulären Ejektionsfraktion um 7 Prozent nach 18 Monaten, sowie eine Verbesserung der Symptome und Steigerung der Lebensqualität (CLELAND (CARE-HF) 2005). Eine andere Studie, MIRACLE 2002, untersuchte 453 Patienten mit moderaten bis schweren Symptomen einer Herzinsuffizienz ($EF \leq 35\%$, $QRS\text{-Intervall} \geq 130\text{ ms}$) über sechs Monate. 228 Patienten erhielten eine Resynchronisationstherapie, 225 eine pharmakologische Therapie. In der Gruppe mit Resynchronisationstherapie zeigte sich eine signifikante Zunahme der Gehdistanz in sechs Minuten um 39 Meter (versus 10 Meter), sowie eine Steigerung der Lebensqualität und der Ejektionsfraktion um 5 Prozent. Des Weiteren verbesserte sich die NYHA-Klassifikation signifikant in 52 Prozent (versus 32 %) um eine Stufe und in 16 Prozent (versus 6 %) um zwei Stufen. In 8 Prozent war die Implantation des biventrikulären Schrittmachers nicht erfolgreich (ABRAHAM (MIRACLE) 2002). Eine weitere Studie, die MUSTIC Trial Studie (CAZEAU 2001), kam zu ähnlichen Ergebnissen.

Die aktuellen Empfehlungen der European Society of Cardiology für einen biventrikulären Schrittmacher beziehen sich auf die NYHA-Klassifikation, LVEF und QRS-Dauer. So gibt es eine Klasse I A-Empfehlung zur Reduktion von Letalität und Morbidität für Patienten mit NYHA III. / IV. Grades mit einem QRS ≥ 120 ms und einer LVEF ≤ 35 %. Ebenso bei NYHA II, wenn die QRS-Dauer ≥ 150 ms beträgt. Voraussetzung ist hier ein bestehender Sinusrhythmus (DICKSTEIN 2008, 2010).

1.1.2.4 ELEKTRODEN

Generell unterscheidet man zwischen uni- und bipolaren Elektroden. Bei unipolaren Elektroden befindet sich die Anode an der Elektrodenspitze und die Kathode wird vom Gehäuse des Aggregats gebildet. Bei bipolaren Elektroden liegen Anode und Kathode an der Elektrodenspitze direkt eng nebeneinander. Hieraus erklärt sich, warum bipolare Elektroden weniger störanfällig sind und niedrigere Signalamplituden benötigen als unipolare. Unipolare Elektroden sind dafür dünner und bruchsicherer, benötigen aber im Umkehrschluss höhere Signalamplituden (GRADAUS 2003).

Unterschiede gibt es auch bei der Sondenisolation. Hier werden, je nach Hersteller, verschiedenen Materialien verwendet. Eines davon ist Polyurethan. Polyurethan hat eine hohe Dehnungsfestigkeit und ist sehr abnutzungsbeständig, neigt jedoch zu Spannungskorrosionen und Thermolabilität, sowie zu Oxidation mit Metall. Ein weiteres Beschichtungsmaterial ist Silikon. Silikon ist biologisch sehr stabil, hat jedoch eine hohe Friktion, sodass es schwierig ist, zwei Elektroden an derselben venösen Stelle zu implantieren. Ferner ist Silikon nur begrenzt an Belastungspunkten dehnbar, beispielsweise am Übergang zum Generator (HAQQANI 2009).

Ein Isolationsdefekt kann sich durch verändertes Sensing oder sogar durch Sensingverlust bemerkbar machen. Auch eine Stimulation der pectoralen Muskulatur oder des Diaphragmas ist möglich (GRADAUS 2003).

Neuere ICD- und Schrittmachersonden können mit einer Kombination aus mehreren Materialien isoliert sein, beispielsweise 48 Prozent Silikon, 40 Prozent Polyurethan und 12 Prozent Polyhexamethylenoxid. Erste Daten scheinen in Bezug auf unerwünschte Eigenschaften vielversprechend, Langzeitergebnisse hierzu fehlen jedoch bisher (HAQQANI 2009).

Die Fixierung der Elektrode im Myokard kann auf zwei verschiedenen Wegen erfolgen, passiv oder aktiv.

Die passive Fixierung erfolgt mittels einer Art Häkchen am proximalen Sondenende, die aktive Fixierung mittels Schraubgewinde. Das Schraubgewinde soll einer Dislokation im rechten Ventrikel entgegenwirken (HAQQANI 2009).

Die aktive Fixierung hat den Vorteil, dass der Implantationsort frei gewählt werden kann (LEMKE 2005).

1.1.3 IMPLANTIERBARE KARDIOVERTER-DEFIBRILLATOREN (ICD)

Weltweit sind mit steigender Tendenz annähernd 15 Millionen Menschen von chronischen Herzfehlern betroffen (PIRES 2006). Alleine in Deutschland sterben jährlich 375.000 Menschen am plötzlichen Herztod. Die kardialen Grunderkrankungen sind hier meistens koronare Herzkrankheit und nichtischämische Kardiomyopathien. Lebensgefährliche Rhythmusstörungen, wie z. B. ventrikuläre Tachyarrhythmien sind die häufigste Todesursache. Die sofortige elektrische Kardioversion oder Defibrillation, z. B. durch einen ICD, ist hier die eleganteste Möglichkeit für den Patienten das Ereignis ohne Schaden zu überleben (JUNG 2006, SCHWAB 2007). Der erste ICD wurde vor circa 25 Jahren implantiert. Primäres Ziel eines ICD ist die Lebensverlängerung durch Verhinderung des plötzlichen Herztodes. In einer Studie -SCD-HeFT 2005- konnte gezeigt werden, dass ein implantierter ICD im Vergleich zu entweder einer Amiodaron- oder Placebogabe bei Patienten im Herzinsuffizienzstadium II und III ($LVEF \leq 35\%$) mit optimaler medikamentöser Therapie die Letalität um 23 Prozent reduziert (BARDY 2005 = SCD-HeFT).

Sekundäre Ziele der ICD-Therapie sind die Verbesserung der Lebensqualität und Senkung der Morbidität (JUNG 2006, TRAPPE 2011).

Generell kann der ICD zur primären oder sekundären Prävention implantiert werden.

In der primären Prävention bekommen Patienten mit hohem Risiko an einem plötzlichen Herztod zu versterben, prophylaktisch einen ICD implantiert. Hierzu zählen Patienten mit folgenden Grunderkrankungen:

- KHK mit Zustand nach Myokardinfarkt
- nichtischämische dilatative Kardiomyopathie (DCM)
- Herzinsuffizienz (NYHA III und IV) und linksventrikuläre Ejektionsfraktion $\leq 35\%$ unabhängig von der kardialen Grunderkrankung

Hereditäre Erkrankungen können ebenfalls mit einem erhöhten Risiko einhergehen, wie z. B.:

- Hypertrophe Kardiomyopathie
- Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie
- Long-QT-Syndrom
- Short-QT-Syndrom
- Brugada-Syndrom
- Idiopathische Kammertachykardie

(DICKSTEIN 2010, HOLZMEISTER 2011, JUNG 2006, WASMER 2010)

In einer Multicenter-Studie wurden 1.232 Patienten mit einer EF < 30 Prozent und post Myokardinfarkt mit primär prophylaktischer ICD-Implantation plus medikamentöser Therapie (n = 742) versus reiner medikamentöser Therapie (Betablocker, ACE-Hemmer, Lipidsenker) (n = 490) über vier Jahre untersucht. Hier konnte über 1,7 Jahre eine signifikante Reduktion der Letalität von 20 Prozent auf 14 Prozent bei den mit ICD behandelten Patienten gezeigt werden. Die EF betrug im Mittel 23 Prozent (MOSS 2002 = MADIT II).

Eine Folgestudie - DINAMIT 2004 - konnte einen Überlebensvorteil bei Patienten (EF < 35 %) mit ICD (n = 332) versus optimierter medikamentöser Therapie (n = 342), nicht mehr nachweisen. Die Letalität betrug über einen Beobachtungszeitraum von 2,5 Jahren bei der ICD-Gruppe 7,5 Prozent versus 6,9 Prozent in der medikamentös behandelten Gruppe (HOHNLOSER = DINAMIT 2004)

Das Patientenkollektiv war in beiden Studien bezüglich der EF annähernd gleich. Ein Unterschied bestand im zeitlichen Abstand zum Infarktereignis. In der MADIT II Studie wurden nur Patienten, welche einen Myokardinfarkt vor mindestens einem Monat (im Mittel vor 6,5 Jahren) hatten, eingeschlossen. Diese Patienten befanden sich damit bereits im chronischen Infarktstadium. Im Vergleich dazu wurden in der DINAMIT Studie Patienten, deren Infarktereignis 4 bis 40 Tage zurück lag, untersucht, was dem akuten bzw. subakuten Infarktstadium entspricht.

Weitere Studien - MUSTT 2000, AVID 2001- konnten zeigen, dass Patienten mit ICD versus medikamentöser Therapie einen deutlichen Überlebensvorteil haben. Die AVID-Studie wurde nach einem Jahr abgebrochen, weil sich in der ICD-Gruppe eine Senkung der Letalität um 39 Prozent zeigte (BUXTON 2000, AVID 2001). Andere Studien - DEFINITE 2004, AMIOVIRT 2003 - konnten keinen Unterschied zwischen Pharmakotherapie und ICD-Therapie feststellen (KADISH 2004, STRICKBERGER 2003).

Aus der vorhandenen Datenlage sind folgende Empfehlungen zur ICD-Implantation als Primärprävention nach Evidenzgrad aktuell:

Evidenzgrad	Herzinsuffizienz	Ejektionsfraktion (EF)	
I A	NYHA I.	≤ 30 %	KHK und post
	NYHA II. / III.	30 - ≤ 35 %	Myokardinfarkt
	- asympt., VT im Langzeit- EKG	≤ 40 %	KHK ohne Infarkt
I B	NYHA II. / III.	≤ 35 %	DCM
IIa B	NYHA I.	≤ 35 %	KHK und post Myokardinfarkt
IIb B	NYHA I.	≤ 35 %	DCM

Tabelle 1.5 Empfehlungen der ESC für eine ICD-Implantation zur Primärprävention bei Patienten mit KHK oder DCM. Erstellt nach ACC/AHA/ESC-Guidelines 2006, Update 2010 (DICKSTEIN 2010, FOLEY 2009, ZIPES 2006)

Evidenzgrad	Hereditäre Erkrankungen
I C	Brugada-Syndrom: - unklare Synkope
IIa C	Brugada-Syndrom: - asympt., Risikomarker
	Long-QT- Syndrom - mit Synkope unter Betablocker
	HCM / ARVC - mit Risikofaktoren
IIb C	Brugada-Syndrom - asympt. ohne Risikomarker

Tabelle 1.6 Empfehlungen der ESC für eine ICD-Implantation zur Primärprävention bei Patienten mit hereditären Erkrankungen. Erstellt nach ACC/AHA/ESC Guidelines 2006, Update 2010 und Wasmer 2010 (DICKSTEIN 2010, WASMER 2010, ZIPES 2006)

Die Risikomarker Brugada-Syndrom sind: Spontanes Typ-1-EKG (ST-Hebung in den Brustwandableitungen V1-V3) oder Auftreten eines Typ-1-EKG unter einem Klasse-1-Antiarrhythmikum plus zusätzlich dokumentierte Kammertachykardie, polymorphe Kammertachykardie oder / und positive Familienanamnese: zeltförmiges EKG (*coved-type ECG*), plötzlicher Herztod vor dem 45. Lebensjahr (WASMER 2010).

Als sekundäre Prävention bezeichnet man die ICD Implantation bei Patienten, die mindestens einmal eine symptomatische ventrikuläre Tachyarrhythmie, ohne einmalige oder vermeidbare Ursache, erlitten haben. Klinisch kann sich die Tachyarrhythmie durch Schwindel, Synkopen, Notwendigkeit einer elektrischen Kardioversion / Defibrillation oder Reanimation darstellen. Der Evidenzgrad zur ICD-Implantation ist hier I A (JUNG 2006, SCHWAB 2007).

In einer Studie -PainFREE Rx II Trial 2005- wurden 582 Patienten mit ICD untersucht. 248 erhielten einen ICD zur primären und 334 Patienten zur sekundären Prävention. Patienten in der Gruppe der primären Prävention hatten eine niedrigere EF und eine

stärker ausgeprägte koronare Herzkrankheit. Die medikamentöse Therapie (β -Blocker, Antiarrhythmika) war in beiden Gruppen gleich. Es gab keinen signifikanten Unterschied beim Auftreten von ventrikulären Tachykardien (52 % versus 54 %), Kammerflimmern (14 % versus 10 %) oder schnellen ventrikulären Tachykardien (35 % versus 35 %) im untersuchten Zeitraum ($n = 11 \pm 3$ Monate). Die Lebensqualität und Letalität war ebenfalls in beiden Gruppen gleich (SWEENEY 2005). Somit lässt sich aus dieser Studie kein Unterschied zwischen einer ICD-Implantation zur primären oder sekundären Prävention in Bezug auf das Outcome feststellen.

Funktionsweise ICD

Ein implantierter Kardioverter-Defibrillator hat mehrere Funktionsweisen. Erstens die eines konventionellen Schrittmachers mit der Option einer antibradykarden Stimulation, zweitens die Detektion und Therapie tachykarder Rhythmusstörungen (SCHWAB 2007). Um fehlerhafte Entladungen oder ein nicht Erkennen von tachykarden Rhythmusstörungen zu vermeiden, können bis zu sechs Erkennungszonen programmiert werden: Bradykardie, Sinusrhythmus, Kammerflimmern (VF) und ein bis drei Tachykardiezonen (KRAMME 2011), wie zum Beispiel schnelle ventrikuläre Tachykardien (FVT, 185-240/min) und ventrikuläre Tachykardien (VT, 160-200/min). Als Therapie bei tachykarden Rhythmusstörungen (z. B. Kammerflimmern, ventrikuläre Tachykardien) kann der ICD entweder einen elektrischen Schock abgeben oder überstimulieren (ATP = antitachykarde Stimulation). Der Schock kann synchronisiert, R-Zacken getriggert, als Kardioversion oder als Defibrillation erfolgen. Bei der antitachykarden Stimulation (ATP-Modus) wird eine bestimmte Anzahl an Impulsen verabreicht, um so den häufig auftretenden Reentry-Mechanismus zu unterbrechen. Die Frequenz und Anzahl der Impulse kann individuell programmiert werden. Sämtliche Arrhythmieepisoden werden im ICD gespeichert und können zur weiteren Optimierung der Therapie ausgewertet werden (SCHWAB 2007).

In einer Studie -PainFREE Rx II Trial 2004- wurden 634 Patienten mit ICD über durchschnittlich 11 Monate untersucht. Um eine schnelle ventrikuläre Tachykardie (> 200 Schläge/Min.) zu unterbrechen, wurden 313 ICDs mit dem ATP-Modus (8 Impulse) eingestellt und 321 Patienten mit einer Schockabgabe (10J). In beiden Gruppen waren die Ergebnisse in Bezug auf Akzelerationen, Episodendauer, Synkopen und Tod gleich. Die Lebensqualität war in der ATP-Gruppe etwas höher (WATHEN 2004). Hierbei zeigt sich das beide Modi effektiv sind. Allerdings erspart die ATP-Funktion dem Patienten den oft schmerzhaften und eventuell traumatisch erlebten Schock.

Eine relativ aktuelle Studie untersuchte 2.135 Patienten über $10,8 \pm 3,3$ Monate. Hier zeigte sich ein Unterschied in Bezug auf die Überlebensrate bei Patienten, deren ventrikuläre Arrhythmien mittels ATP behandelt wurden (ATP = 94,7 % versus Schock = 88,4 %) (SWEENEY 2010).

Der ICD kann entweder als Einkammer- oder als Zweikammersystem implantiert werden. (SCHWAB 2007).

Einkammersystem

Beim Einkammer-ICD gibt es eine ventrikuläre Sonde. Der Schrittmacheranteil arbeitet im VVI/VVI-R-Modus (SCHWAB 2007).

Zweikammersystem

Beim Zweikammersystem wird zusätzlich zur ventrikulären Sonde eine atriale Sonde eingebracht. Der Schrittmacheranteil kann im DDD-Modus programmiert werden (SCHWAB 2007).

Kardiale Resynchronisation (CRT) mit ICD

Hier werden, wie beim biventikulären Schrittmacher, drei Sonden (atrial, ventrikulär und über den Coronarsinus) eingebracht. Das Aggregat hat die Funktion eines biventrikulären Schrittmachers und die eines ICDs.

In einer Multicenter-Studie wurden 1.520 Patienten (NYHA III/IV, QRS \geq 120ms, LVEF \leq 35 %) in drei Studienarme randomisiert: optimierte medikamentöse Therapie, versus medikamentöse Therapie mit biventrikulärem Schrittmacher und versus biventrikulärem Schrittmacher ohne medikamentöser Therapie mit und ohne ICD. Hier zeigte sich, dass lediglich in der Gruppe mit Resynchronisationstherapie und ICD die Letalität signifikant um 36 Prozent reduziert wurde (BRISTOW (COMPANION trial) 2004).

1.1.4 KOMPLIKATIONEN

1.1.4.1 DEFINITION

Im Allgemeinen lassen sich Komplikationen nach Schweregraden klassifizieren. Schwerwiegende Komplikationen (*major complications*) sind als lebensbedrohliche oder sogar tödliche Vorkommnisse definiert. In Summe sind dies alle unerwarteten Ereignisse, die zu einem dauerhaften oder signifikanten gesundheitlichen Schaden führen oder einer erheblichen chirurgischen Intervention bedürfen.

Leichtere Komplikationen (*minor complications*) sind definiert als Vorkommnisse, welche medizinischer Intervention oder kleinen Prozeduren bedürfen und zu keinem oder keinem wesentlichen dauerhaften gesundheitlichen Schaden führen.

In der folgenden Tabelle 1.7 sind „major“ und „minor“ Komplikationen aufgeführt, die bei Extraktion von Schrittmachersonden beobachtet werden.

major complication	Beispiele
1.	Tod
2.	Kardiale Abrisse oder Einrisse mit nötiger Thorakotomie, Perikardpunktion, Thoraxdrainage oder chirurgischer Intervention
3.	Gefäßabrisse oder Einrisse mit nötiger Thorakotomie, Perikardpunktion, Thoraxdrainage oder chirurgischer Intervention
4.	Pulmonalarterienembolie mit nachfolgender chirurgischer Intervention
5.	Ventilations- und Oxygenierungsstörungen oder Anästhesie bezogene Komplikationen, die zu einem verlängerten Krankenhausaufenthalt führen
6.	Zerebrovaskulärer Insult
7.	Schrittmachersystem bedingte Infektionen (in vorher infekionsfreiem Gebiet)

minor complication	Beispiele
1.	Perikarderguss ohne nötige Intervention
2.	Hämatothorax ohne Intervention
3.	Hämatom im Operationsbereich mit nötiger Folgeoperation zur Drainage
4.	Armschwellung oder Thrombose in der Implantationsvene mit nötiger medizinischer Intervention
5.	Gefäßrekonstruktion nahe des Implantations- oder Veneneingangsbereiches
6.	Hämodynamisch relevante Luftembolie
7.	Embolisation von Sondenfragmente ohne Folgen
8.	Transfusionspflichtiger Blutverlust

Tabelle 1.7 Klassifikation der Komplikationen bei Sondenextraktionen (WILKOFF 2009)

1.1.4.2 KOMPLIKATIONEN SM/ICD

Komplikationen im Rahmen einer ICD- oder Schrittmacherimplantation lassen sich in frühe und später auftretende Komplikationen unterteilen.

Frühe Komplikationen

Eine häufige frühe Komplikation ist die Sondendislokation. In circa 1 Prozent aller implantierten Schrittmacher kommt es zu einer Perforation des Ventrikels und in Folge dessen möglicherweise zu einer lebensgefährlichen Perikardtamponade. Diese wird am ehesten durch die versteiften Drahtenden der Sonden verursacht, durch die unter anderem eine verbesserte Stimulation erzielt wird (TRAPPE 2011). Ausgedehnte Perikardergüsse machen sich zunächst klinisch durch Dyspnoe, Tachykardie, steigenden ZVD, Pulsus paradoxus sowie Stauungszeichen (z. B. gestaute Jugularvenen) bemerkbar. Im Verlauf folgen Hypotonie und Schock. Mittels Echokardiographie lässt sich der Verdacht auf einen Perikarderguss gut verifizieren. Ein oder beide Ventrikel sind kollabiert und von einem Flüssigkeitssaum (im Echo schwarz) umgeben. Zusätzlich ist eine charakteristische atmungsabhängige Veränderung des Blutflusses durch Mitral – und Trikuspidal erkennbar. Sobald klinische Symptome auftreten, sollte ein Perikarderguss drainiert werden (SAGRISTA-SAULEDA 2011).

Viele Perikardergüsse sind nicht punktionswürdig, sodass die Perforation und somit die Sondenfehlage erst Tage nach der Schrittmacher- oder ICD-Implantation durch Zwerchfellzuckungen, höhere Stimulationsreizschwelle, abnormalem EKG oder durch ein Thoraxröntgen bemerkt wird.

Des Weiteren kann eine Sondendislokation zu einer Perforation der Pleura parietalis und einem Hämatothorax führen und bei zusätzlicher Perforation der Pleura viszeralis auch mit einem Pneumothorax assoziiert sein (TRAPPE 2011, MARKEWITZ 2009).

Eine der häufigsten Komplikation ist jedoch die Infektion der Sonde oder des kompletten Systems (Aggregat und Sonde), klinisch deutlich an Infektionszeichen wie

Schwellung, Rötung, Überwärmung und einem Abszess zu erkennen. Die Rate wird in Deutschland mit 1-12 Prozent angegeben und führt in 6 Prozent der Fälle zu einer operativen Revision (TRAPPE 2011, MARKEWITZ 2009).

Späte Komplikationen

Infektion und Sondendysfunktion, wie oben beschrieben, können auch als späte Komplikation auftreten. Als Grenze zwischen Früh- und Spätkompliation werden sechs Monate nach der Implantation des Systems angegeben. Dabei gehen spät auftretende Infektionen mit einer erhöhten Morbidität und Letalität einher (MARKEWITZ 2008, TRAPPE 2011).

1.2 SONDENEXTRAKTION

Die NASPE (jetzt HRS) hat die Indikationen zur Sondenextraktion klassifiziert. Prinzipiell sollte zwischen Nutzen und Risiko abgewogen werden.

Klasse I sind alle Indikationen, bei denen es eine generelle Zustimmung über die Entfernung gibt.

Klasse II sind alle Indikationen, wo eine Nutzen-Risikoabwägung keine klare Indikation ergibt, jedoch häufig Sonden entfernt werden.

Klasse III sind alle Indikationen, bei denen es eine generelle Zustimmung gibt, dass die Entfernung nicht erfolgen sollte (SMITH 2008).

Mögliche Indikationen, welche eine Sondenextraktion nötig machen, sind: Infektion, Sondendislokation, Sondendysfunktion, venöse Thrombosen oder Stenosen und Systemaufrüstungen (SMITH 2008).

Operative Techniken der Sondenextraktion

Es gibt verschiedene Methoden und Möglichkeiten Sonden zu entfernen. Die einfachste Methode, wenn auch häufig nicht möglich, ist der Zug mit einem Standardmandrin über die Vene, die zur Implantation genutzt wurde (*simple traction*).

Außerdem gibt es verschiedene Spezialwerkzeuge (Schlingen, Greifwerkzeuge, sogenannte *locking stylets*, u. a.) um Sonden zu entfernen (*traction devices* Abbildung 1.1 und Abbildung 1.2).

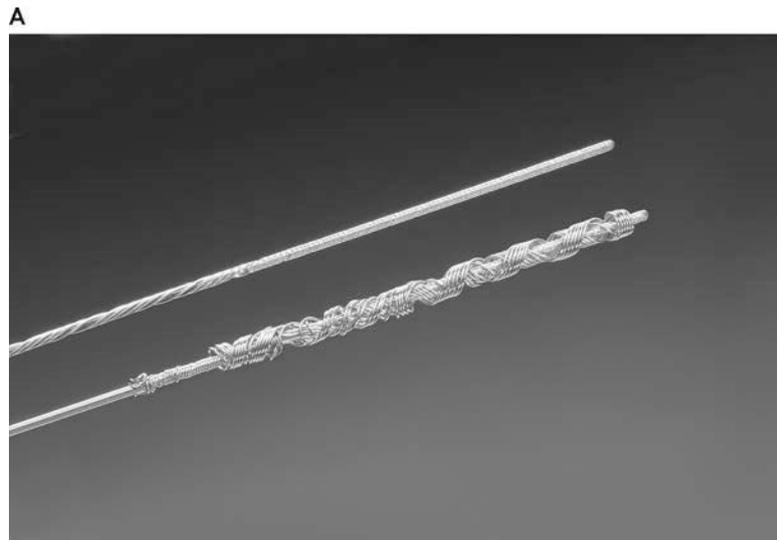


Abbildung 1.1 (A) LiberatortM locking stylet. The spring is compressed by the outer tubular sheath locking it into the end of the lead
Entnommen aus SMITH 2008, S. 743 mit Genehmigung des Autors

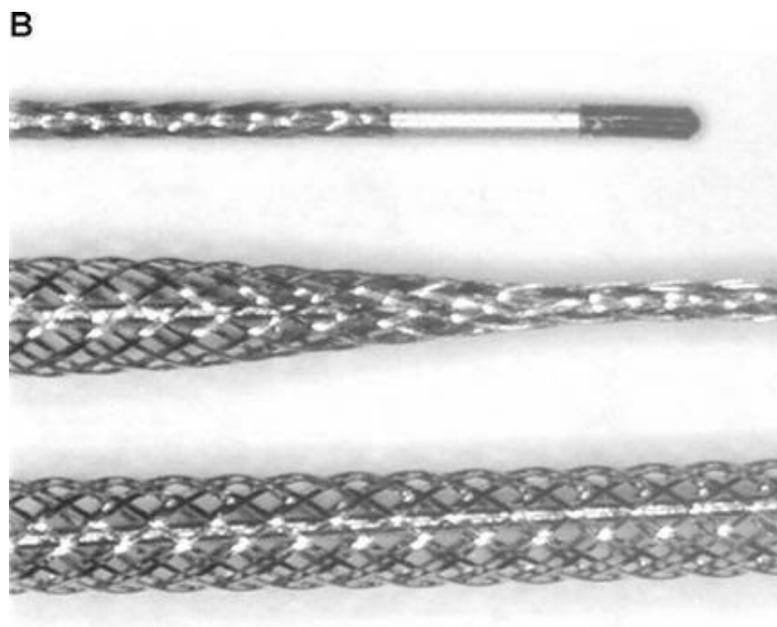


Abbildung 1.2 (B) LLDTM locking stylet. The wire mesh expands to lock the stylet into the lead
Entnommen aus SMITH 2008, S. 743 mit Genehmigung des Autors

Eine gute Möglichkeit bieten sogenannte *sheaths*, welche manuell auf die Sonde gestülpt werden; die Sonde somit umhüllen und dadurch fibrotisches Gewebe entfernt werden kann. *Sheaths* können aus verschiedenen Materialien bestehen, z. B. Teflon, Polypropylen und Metall (*mechanical sheath*). Zusätzlich gibt es *sheaths*, welche unter Verwendung von Fiberoptiken mittels Laser (*laser sheath*), Radiofrequenz (*electrosurgical sheath*) oder mittels Rotationsbewegungen am Sondenkopf (*rotating threaded tip sheath*) Verwachsungen entfernen können. Sämtliche *sheaths* können alleine oder mit einem zweiten *sheath* zusammen verwendet werden. Meistens ist dann der zweite ein mechanischer *sheath*, der den Vorteil bietet, eine Verhakung zu verhindern und die Gewebeentfernung zu verbessern (SMITH 2008, WILKOFF 2009). Bei sämtlichen chirurgischen Techniken kann es bei der Sondenextraktion zu Komplikationen kommen. In einer Multicenter-Studie von Byrd et al kam es bei 1.684 Patienten, welche sich einer Sondenextraktion mittels Laser unterzogen, in 2 Prozent der Fälle zu schwerwiegenden Komplikationen (Perikardtamonade, Hämatothorax, pulmonale Embolie) (BYRD 2002).

Generell scheint es bei der Komplikationsrate eine wesentliche Rolle zu spielen, wie häufig Extraktionen an einer Klinik durchgeführt werden. Eine Multicenterstudie -LExICon Studie 2010- untersuchte über vier Jahre (Januar 2004 bis Dezember 2007) 1.449 Patienten, die sich mittels Laser-Extraktionstechnik, einer oder mehreren Sondenextraktionen (n = 2.405) unterzogen. Hier konnte bei einer durchschnittlichen Systemliegedauer von 82 Monaten gezeigt werden, dass bei Institutionen mit einer Eingriffshäufigkeit von unter 60 Eingriffen in vier Jahren Komplikationen signifikant häufiger auftreten (WAZNI 2010). Umgekehrt scheinen Zentren mit mehr als 300 Eingriffen pro Jahr besonders wenige Komplikationen zu haben.

Ebenso scheint die Systemimplantationsdauer zum Zeitpunkt der Extraktion ein wesentlicher Faktor zu sein (BYRD 1999, WAZNI 2010). So konnte Wazni ebenfalls in seiner Studie zeigen, dass eine Sondenliegedauer von über 10 Jahren mit einer erhöhten Misserfolgsrate einhergeht.

Auch Maytin et al zeigten in einer Studie mit 139 Patienten, welche sich alle einer transvenösen Sondenextraktion unterzogen, dass vor allem Sonden mit einer kurzen bisherigen Liegedauer (im Mittel 13,2 Monate) sich signifikant häufiger mit einfachen Methoden entfernen lassen als solche mit einer langen Liegedauer. Hier kam es bereits nach einer Liegedauer von zwei Jahren zum vermehrten Einsatz von Spezialwerkzeugen, jedoch ohne Auftreten von major Komplikationen (MAYTIN 2011).

Zu den gleichen Ergebnissen kommt auch der 2009 von der Heart Rhythm Society herausgegebene Expertenkonsens, welcher in Zusammenarbeit mit der American Heart Association und dem American College of Cardiology entwickelt wurde, zum Thema transvenöse Sondenextraktion. Hier werden als Prädiktoren für schwerwiegende Komplikationen lange Systemimplantationsdauer, Entfernung von ICD-Sonden, Verwendung der Laser-Extraktionstechnik und das weibliche Geschlecht genannt. Es werden allerdings keine Angaben zur genauen Liegedauer der Systemimplantation gemacht (WILKOFF 2009).

Die Liegedauer allein scheint somit nicht der einzige Faktor für die Komplexität der Sondenextraktion zu sein.

Die stetig steigende Zahl der ICD- und Schrittmacherimplantationen und damit steigende Zahl der Sondenexplantationen (MARKEWITZ 2009, BONGIORNI 2013) mit der potentiellen Gefahr schwerer lebensbedrohlicher Komplikationen stellen hohe Ansprüche an das intra- und postoperative Management dar (DEHARO 2012).

2 FRAGESTELLUNG

Wie häufig traten schwere Komplikationen bei operativen Extraktionen von Herzschrittmacher- und Kardioverter-Defibrillator-Sonden am Universitätsklinikum Düsseldorf auf und konnte die intraoperative Verwendung der transösophagealen Echokardiographie durch den betreuenden Anästhesiologen bereits im Operationsaal frühzeitig diagnostische Hinweise auf diese Komplikationen liefern?

3 MATERIAL UND METHODIK

Retrospektiv analysierten wir Narkoseprotokolle und Entlassungsbriefe aller Patienten die sich im Zeitraum von Januar bis Dezember 2010 einer Extraktion von Herzschrittmacher- bzw. Kardioverter-Defibrillator-Sonden am Universitätsklinikum Düsseldorf unterziehen mussten. Alle Eingriffe wurden von demselben Operateur durchgeführt. Die retrospektive Studie wurde der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der HHU Düsseldorf vorgelegt. Die Ethikkommission hatte keine ethischen oder rechtlichen Bedenken gegen das Studienprotokoll und die Datenauswertung (Votum 3714 vom 07. September 2011).

3.1 OPERATIVE PROZEDUR

An unserer Klinik werden alle Eingriffe im aseptischen Operationssaal mit der Möglichkeit zur Notfallintervention, wie z. B. Thorakotomie und Anschluss des Patienten an eine Herz-Lungen-Maschine, durchgeführt. Die Sonden werden üblicherweise über die für die Implantation verwendete Vene extrahiert. Selten müssen andere Venen, wie Vena femoralis, subclavia oder jugularis benutzt werden. Häufig ist eine einfache Entfernung in der „*simple traction*“ Methode möglich. Ist dies nicht der Fall, kommen Spezialwerkzeuge (*traction devices*), wie z. B. sogenannte „*locking stylets*“, zur Vermeidung eines Sondenabrisses oder andere „*sheaths*“ zur Entfernung fibrotischen Gewebes, zum Einsatz.

3.2 ANÄSTHESIOLOGISCHES MANAGEMENT

Nach unserem Klinikstandard wurde bei allen Patienten eine Allgemeinanästhesie durchgeführt. Zur Einleitung erhielten alle Patienten zur Analgesie Sufentanil (0,3 – 0,6 µg/kgKG); als Induktionshypnotikum, je nach Vorkrankung entweder Thiopental (3 – 5 mg/kgKG) oder Etomidat (0,2 - 0,3 mg/kgKG) und zur Muskelrelaxierung Rocuronium (0,6 mg/kgKG). Die Allgemeinanästhesie wurde mit Sufentanil (0,15 – 0,30 µg/kgKG als Repetitionsdosis) und inhalativ mit Sevofluran aufrechterhalten. Die Patienten wurden kontinuierlich mittels 7-Kanal-EKG-Ableitung, Pulsoxymetrie, expiratorische CO₂ Messung, invasiver arterieller Blutdruckmessung, sowie Messung des zentralenvenösen Druckes über einen entsprechend eingelegten Katheter überwacht. Ferner wurde eine 8,5 French Schleuse in die Vena jugularis interna eingelegt, über die es möglich ist einen transvenösen Schrittmacher oder Pulmonalarterienkatheter einzuschwemmen. Bei sämtlichen Eingriffen war ein Defibrillator direkt im OP-Saal vorhanden und es bestand jederzeit die Möglichkeit über präoperativ angebrachte Klebeelektroden zu defibrillieren oder zu kardiovertieren. Ferner hatte der Operateur direkt mit dem Defibrillator verbundene sterile Paddels am Operationstisch. Vor, während und nach dem operativen Eingriff wurden die Patienten mittels transösophagealer Echokardiographie überwacht.

3.3 TRANSÖSOPHAGEALE ECHOKARDIOGRAPHIE (TEE)

Die Echokardiographie wurde Mitte der 1970er Jahre in kardiologischen Abteilungen eingeführt. Die Transösophageale Echokardiographie fand ihren Einzug in die operative Medizin in den frühen 80iger Jahren durch Anästhesiologen. „Ein großer Vorteil der TEE ist die geringe Invasivität und die Anwendbarkeit ohne Unterbrechung und Beeinträchtigung des kardiochirurgischen Vorgehens“ (SCHMID 2009). Vor Anwendung sollte eine Risiko-Nutzen-Abwägung stattfinden. Ist die durch TEE potentiell neu gewonnene Information wichtiger als die Risiken und Komplikationen, so ist der Einsatz der TEE indiziert (THYS; GUIDELINES ASA/SCA

1996, 2010). Generell sind Komplikationen, wie z. B. oropharyngeale Schäden, Auftreten von Arrhythmien, Ösophagus- und Magenverletzungen an deren Folgen Patienten auch versterben können, selten (FLACHSKAMPF 2010). Im Jahr 2008 erschien ein Review von Côté et al, in dem sämtliche relevanten Artikel der PubMed von 1975 bis 2007 zum Thema TEE-Komplikationen untersucht wurden. Insgesamt gab es Berichte über 42.196 TEEs bei Erwachsenen. Die TEE wurde bei intubierten, sowie nicht intubierten Patienten durchgeführt. Insgesamt traten 319 Komplikationen auf. 107 Patienten tolerierten die Durchführung der TEE nicht.

Folgende Komplikationen wurden beobachtet:

- kardiovaskuläre Komplikationen
(Herzrhythmusstörungen (n = 38), Asystolie (n = 2), kongestive Herzinsuffizienz (n = 3), prolongierte Hypotension (n = 18) und Hypertension (= 15))
- respiratorische Komplikationen
(Broncho- (n = 8), Laryngospasmus (n = 8), Hypoxie (n = 15), Tubusdislokation (n = 2), Lungenödem (n = 3))
- Blutungen
(gastrointestinale Blutung (n = 3), Pharynx/Sputum (n = 14), nicht näher bezeichnete (n = 11))
- Ösophagusperforationen (n = 5)
- tracheale Lage der TEE-Sonde (n= 17)
- unilaterale Stimmbandverletzung (n = 1)
- 39 sonstige Komplikationen (wie z. B. cerebraler Insult, Thrombophlebitis, nicht näher bezeichnete)

Elfmal klagten die Patienten über Übelkeit oder Schwindel. Zweimal kam es zur Kiefergelenksluxation. In 101 Fällen hatten die Patienten hinterher eine Odynophagie und in drei Fällen Zahnschäden (CÔTÉ 2008).

Die Gesamtkomplikationsrate betrug beim intubierten und nicht intubierten Patienten weniger als ein Prozent. Die Gesamtleletalität lag bei 0,009 Prozent ($n = 4$). Obwohl man aus dieser Übersichtsarbeit weder Hinweise zum Patientenklitel noch zur Durchführung der TEE erhielt, zeigen die Zahlen generell eine geringe Komplikationsrate. Weitere Studien, wie zum Beispiel die von Huang et al bestätigen diese Daten. Huang et al untersuchten über acht Jahre an zwei Krankenhäusern 6.255 Patienten, welche sich einer transösophagealen Echokardiographie im Rahmen eines kardiochirurgischen Eingriffes unterzogen. Die Spitze der TEE-Sonde wurde mit Xylocaingel benetzt und beim intubierten Patienten blind eingeführt. Nach zwei Fehlversuchen wurde die Sonde mit Hilfe der direkten Laryngoskopie platziert. Bei 15 Patienten kam es zu selbstlimitierenden Mucosablutungen im Oropharynx, siebenmal zu Zahnschäden, bei Teilprothesenträgern oder zuvor lockeren Zähnen. Einmal kam es zur Ösophagusruptur, wobei der Patient 36 Tage nach dem ersten Eingriff entlassen wurde. Zweimal kam es zur Blutung im oberen Gastrointestinaltrakt, davon konnte bei einem Patienten die Blutung im Rahmen einer Gastroskopie gestoppt werden; der zweite Patient ist verstorben. Insgesamt kam es bei 25 Patienten zu Komplikationen, was einer Komplikationsrate von 0,4 Prozent entspricht. 60 Prozent der Komplikationen waren selbstlimitierende Schleimhautblutungen, 28 Prozent Zahnschäden. Bei 10 Patienten konnte die TEE-Sonde nicht platziert werden (0,016 %) (HUANG 2007).

In einer Studie mit 15.204 Patienten (TEE während einer kardiochirurgischen Operation) von Piercy et al kam es insgesamt 14 Mal zu Komplikationen durch TEE, was einer Komplikationsrate von 9,2 / 10.000 entspricht. Fünfmal kam es zu Ösophagus- oder Magenblutungen, neunmal zu Ösophagusperforation teilweise mit Pneumothorax oder Pleuraergüssen. Drei Patienten verstarben an den Folgen einer Ösophagusperforation, was einer Letalität von 2/10.000 entspricht. Vor allem bei Patienten über 70 Jahre traten signifikant häufiger Komplikationen auf als bei Patienten unter 70 Jahren (PIERCY 2009).

Insgesamt zeigen zahlreiche Studien eine geringe TEE-assoziierte Komplikationsrate.

Transösophageale Echokardiographie eignet sich zur Anwendung besonders bei intubierten Patienten - perioperativ oder auf der Intensivstation. Im Rahmen kardiochirurgischer Operationen bietet die Verwendung der TEE prä-, intra- und postoperativ die Möglichkeit zahlreiche Informationen zu gewinnen und Komplikationen vorzubeugen. Es lassen sich die Vorhöfe, Ventrikel und Klappen, sowie die zu- und abführenden Gefäße des Herzens in ihrer Anatomie und Funktion beurteilen. In Echtzeit kann die systolische und diastolische Funktion, die kardiale Kontraktilität, die Vorlast, die Papillarmuskeln und dynamische Klappenfunktion begutachtet werden und gegebenenfalls frühzeitig kardiale Ischämien, Thromben, Luftembolien, Perikardergüsse und Klappendefekte erkannt werden. Je nach Befund wird hier das weitere operative Vorgehen entscheidend beeinflusst (RIESGO 1999, HINES 1990, HONG 1990).

TEE wird an unserer Klinik standardmäßig vor, während und nach Sondenextraktionen durch den betreuenden Anästhesiologen eingesetzt. Perikardergüsse und myokardiale Dysfunktionen und / oder Interventions-bedingte Verletzungen mit Einfluss auf Hämodynamik können so echokardiographisch nachgewiesen werden. Selbst moderate Ergüsse (unter 25 ml) sind durch einen persistierenden echofreien Raum zwischen viszeralem und parietalem Blatt des Perikards zu erkennen. Ein akut entstandener kleiner Erguss (zirkulärer Saum < 1 cm) kann bei eingeschränkter Ventrikelfunktion und schlechtem Gefäß- und Volumenstatus zu einer Perikardtampnade führen. Bei einem echographisch großen Erguss (echofreier zirkulärer Saum > 2 cm, entspricht ca. 500 ml Flüssigkeit) kommt es zusätzlich im TEE zu gut sichtbaren schwingenden Bewegungen des Herzens im Herzbeutel („*swinging heart*“). Zusammen mit einem akuten Abfall des Herzzeitvolumens kann man so zügig eine Perikardtampnade erkennen und sofort durch eine Perikardpunktion entlasten (SHANEWISE –ASE/SCA-GUIDELINES 1999, SAGRISTÀ-SAULEDA 2011).

Die Hauptschnittebenen zur Beurteilung während der Sondenextraktion und zur Erkennung von Perikardtamponaden sind der mittösophageale Vier-Kammer-Blick und der transgastrale Zwei- bzw. Vier-Kammer-Blick (SHANEWISE 1999).

3.4 DATENERHEBUNG UND STATISTIK

Von Januar bis Dezember 2010 analysierten wir insgesamt 667 Prozeduren - Schrittmacher- und Defibrillatorenimplantationen, -explantationen und Systemaufrüstungen - welche an unserer Klinik durchgeführt wurden (Tab. 3.1). Davon wurden 560 in Allgemeinanästhesie und 107 in Lokalanästhesie durchgeführt.

Schrittmacher Verfahren (Implantationen, Explantationen und Revisionen)	305
Kardioverter-Defibrillator Verfahren (Implantationen, Explantationen und Revisionen)	319
Systemaufrüstung	37
Eventrecorder	5
Cardiac Contractility Modulation (CCM)	1
Sondenextraktionen:	141
• Männer	110
• Frauen	31
• Alter in Jahren (Bereich)	65 (9-90)

Tabelle 3.1 Statistische Verteilung der Patientenpopulation

Für unsere Datenerhebung verwendeten wir Narkoseprotokolle und Entlassungsbriefe von 141 konsekutiven Patienten, bei denen eine Sondenextraktion durchgeführt wurde. Erfasst wurden:

- Alter
- Geschlecht
- Größe
- Gewicht
- Body-Mass-Index (BMI)
- Krankenhausaufenthaltsdauer
- Intensivstationaufenthaltsdauer
- Eingriffsart
- Indikation
- Liegedauer des ICD- oder Schrittmachersystems
- Operations- und Narkosezeiten
- dokumentierte Komplikationen

Die Angaben zu Größe und Gewicht wurden vom jeweiligen Patienten im Narkoseaufklärungsgespräch gemacht. Es wurden nur die Patienten eingeschlossen, wo zweifelsfrei versucht wurde mindestens eine Sonde in Allgemeinanästhesie zu entfernen. Alle Patienten-bezogenen Daten wurden anonymisiert gespeichert und in dieser Form weiter verwandt.

Das Patientenkollektiv wurde in Bezug auf Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht und BMI erfasst, der Mittelwert, Median und SD-Wert berechnet und in der Diskussion Vergleiche zu anderen Studien gezogen.

Krankenhaus-, Intensivaufenthaltsdauer, Narkose- und Operationszeiten wurden im Einzelnen erfasst, der jeweilige Mittelwert berechnet.

Die Eingriffe wurden zwischen Extraktionen von Schrittmachern- und ICD-Sonden differenziert.

Es wurden major und minor Komplikationen beobachtet und diese im Zusammenhang mit, in der Literatur beschriebenen, Risikofaktoren untersucht.

Wir haben geprüft, ob es geschlechtsabhängige, sowie BMI-abhängige Unterschiede im Hinblick auf die beobachteten Komplikationen gibt. Des Weiteren prüften wir einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Komplikation und der Entfernung von ICD-Sonden im Vergleich zu Schrittmachersonden. Ferner prüften wir, ob bei langer Systemliedgedauer (> 10 Jahren) die Sondenextraktion mit einer höheren Inzidenz von Komplikationen verbunden ist. Ausgewertet wurde jeweils eine Vierfeldertafel mittels Fisher's Exact Test (entspricht dem Chi-Quadrat-Test für kleine Fallzahlen).

4 ERGEBNISSE

Bei 141 Patienten wurden eine oder mehrere Sonden extrahiert, davon waren 31 weiblich und 110 männlich (Abbildung 4.1).

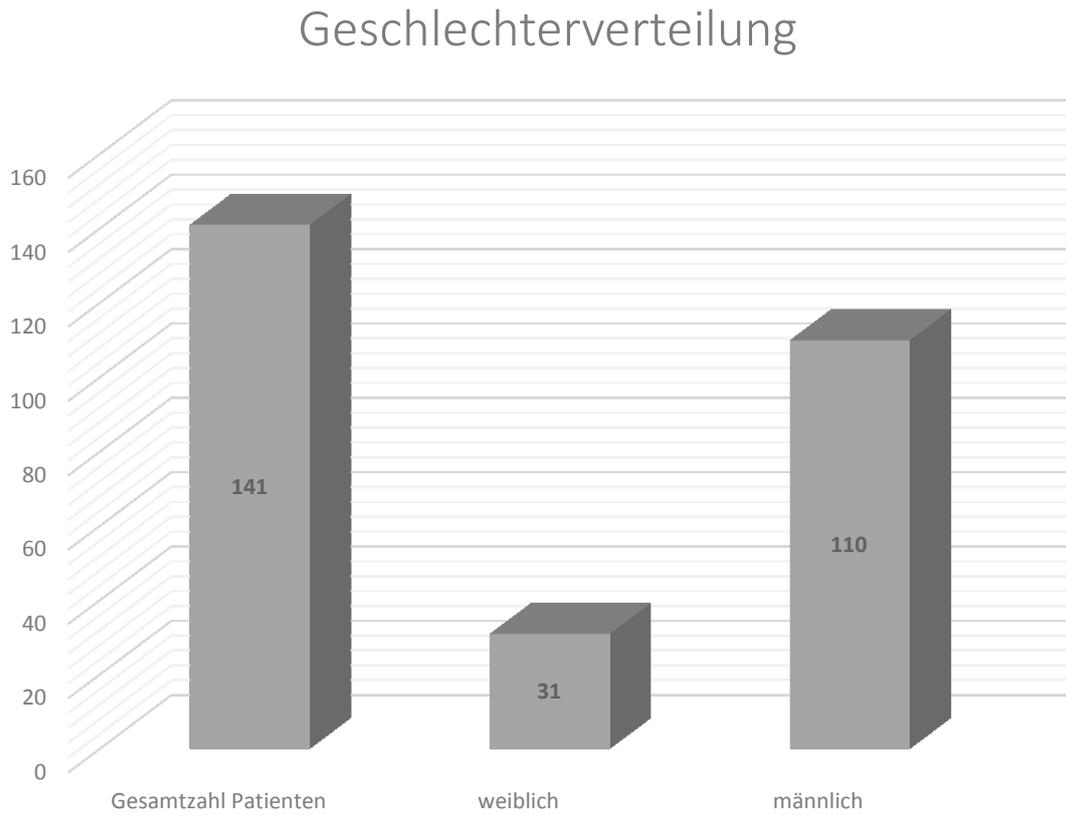


Abbildung 4.1 Geschlechterverteilung im Patientenkollektiv

Insgesamt wurden bei 80 Schrittmachern und 61 Defibrillatoren Sonden entfernt. Davon wurden lediglich bei fünf Frauen ICD-Sonden entfernt (Abbildung 4.2)

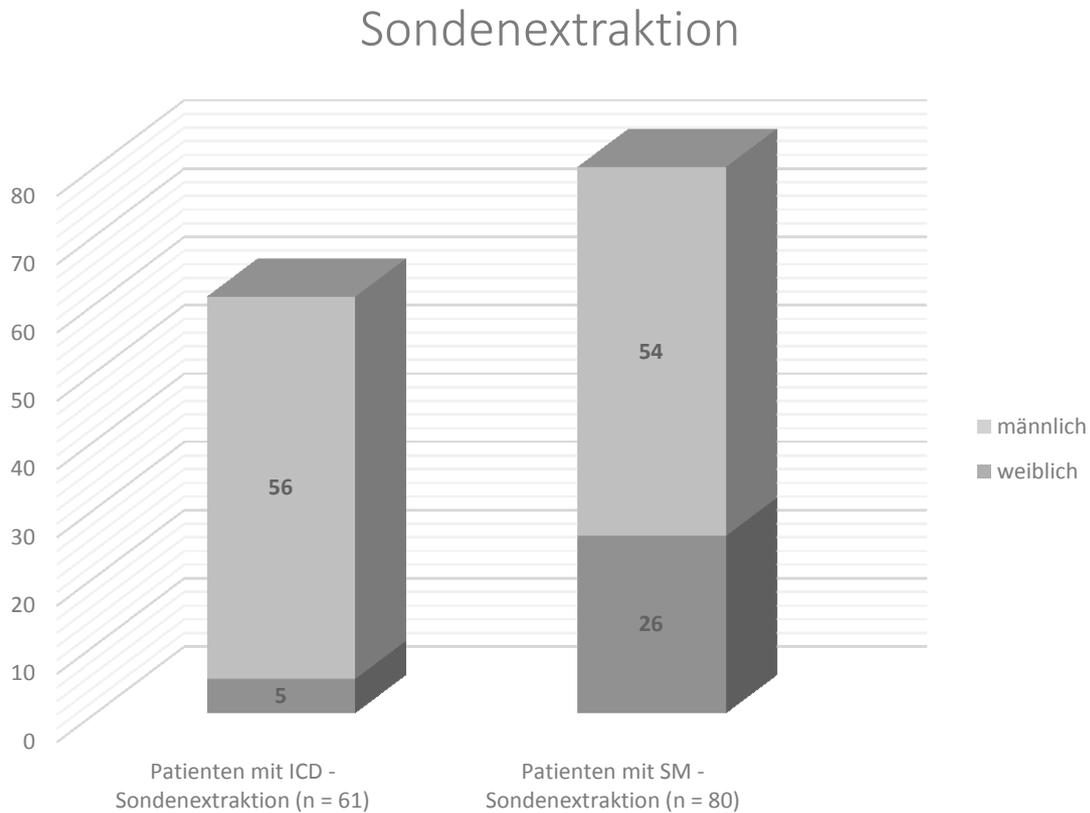


Abbildung 4.2 ICD-und Schrittmacherextraktion nach Geschlecht

Frauen waren im Durchschnitt zum Zeitpunkt der Sondenextraktion um 8 Jahre jünger (MW: 59 Jahre, Median: 65 Jahre, SD-Wert: 22) als Männer (MW: 67 Jahre, Median: 70 Jahre, SD-Wert: 12,2). Insgesamt (n = 141) lag der Altersdurchschnitt bei 65 Jahren (Median: 69 Jahre, SD-Wert: 15,3). Der Mittelwert für Körpergröße, sowie Körpergewicht lag bei den Frauen bei 160 ± 11 cm und 64 ± 16 kg; bei den Männern bei 176 ± 8 cm und 85 ± 15 kg. Dies entspricht bei den Frauen einem Durchschnitts-BMI von 25 (Median: 24, SD-Wert: 5,1) und bei den Männern einem Durchschnitts-BMI von 27,3 (Median: 27, SD-Wert: 4,2) (Abbildung 4.3.).

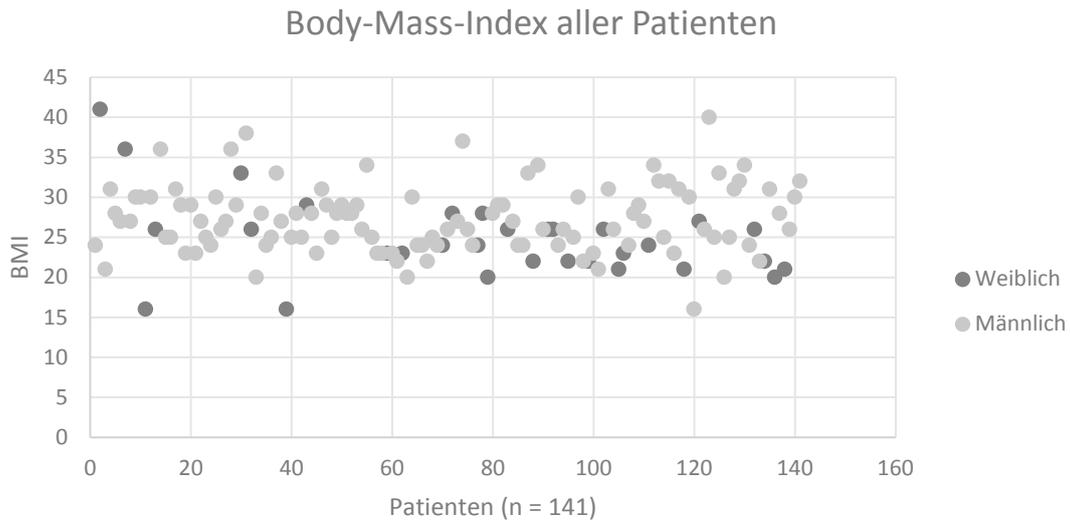


Abbildung 4.3 BMI-Verteilung des Patientenkollektivs
(Mittelwert: 27, Median: 26, SD-Wert: 4,5)

Gründe für die Extraktion waren Infektion: 38 %, Sondenfehlfunktion: 35 %, Sondendislokation: 18 %, Systemaufrüstung: 4 %, Neuplazierungen bei Exitblock oder Twiddler-Syndrom: 2 % (rotieren des Impulsgebers durch spiraliges Aufrollen der Sonde) und Systemverlagerungen: 3 % - aufgrund von Schmerzen, geplanter Strahlentherapie oder Behinderung bei der Berufsausübung (Tabelle 4.1).

Infektionen	54
Sondenfehlfunktion	49
Sondendislokation	25
Systemaufrüstung	6
Systemverlagerung (geplante Strahlentherapie, Schmerzen, Behinderung-Berufsausübung, Wachstum)	4
Neuplazierung bei Twiddler-Syndrom oder Exitblock	3

Tabelle 4.1 Indikation zur Sondenextraktion bei unseren Patienten in Zahlen

Die Systemliegedauer ließ sich retrospektiv für lediglich 113 Patienten (80 %) eruieren. Sie betrug im Durchschnitt 3,5 Jahre, wobei die kürzeste Liegedauer wenige Minuten und die längste 15 Jahre war. (Median 2 Jahre, SD-Wert 3,8) (Abbildung 4.4).

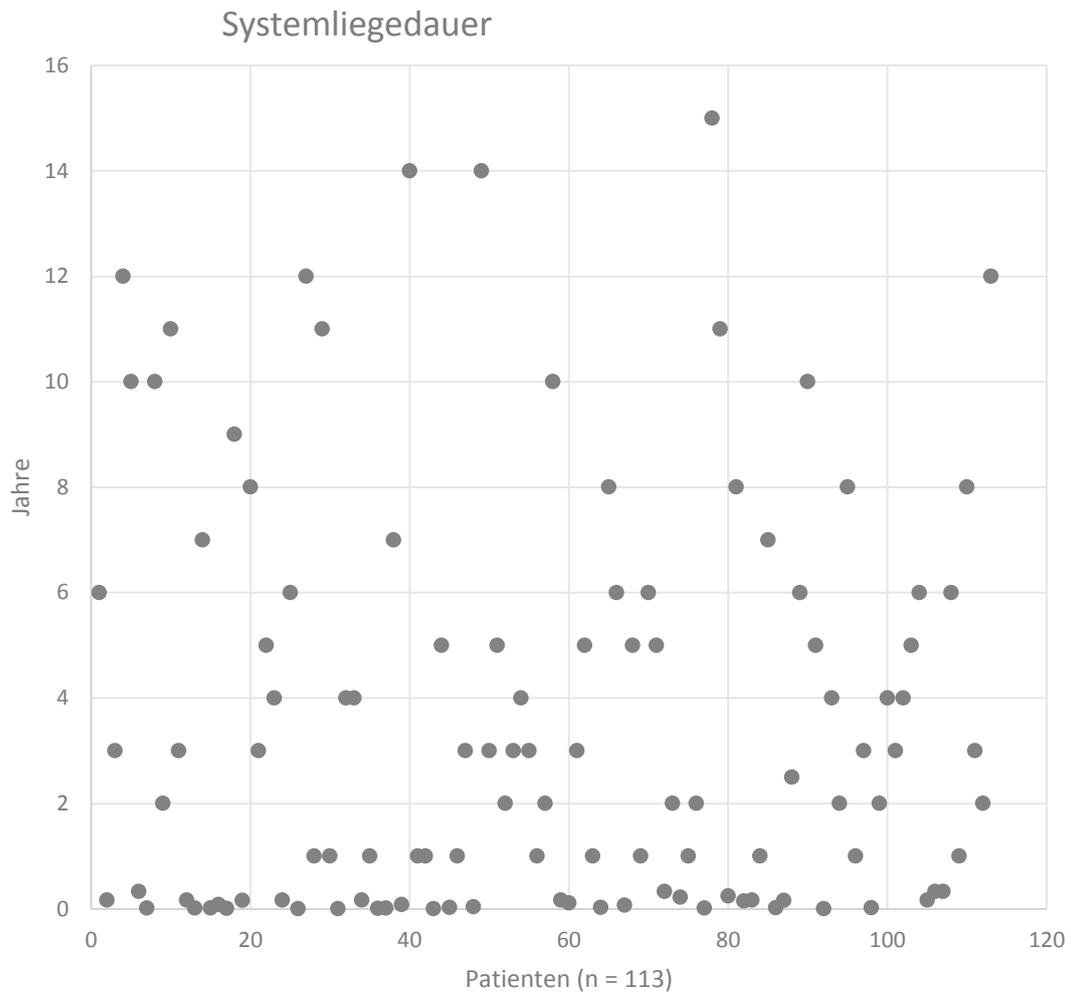


Abbildung 4.4 Liegedauer der ICD- und Schrittmachersysteme

Die durchschnittliche Anästhesiedauer betrug, von der Narkoseeinleitung bis zum Zeitpunkt an dem der Patient entweder an die Intensivstation übergeben oder in den Aufwachraum verlegt wurde, 230 ± 110 Minuten. 131 Patienten konnten unmittelbar nach der Operation extubiert werden. Davon wurden 68 Patienten anschließend auf der Intensivstation überwacht. 9 Patienten wurden, aufgrund von erhöhtem Katcholaminbedarf oder langer Operationszeit (teilweise mit Verwendung der Herz-Lungen-Maschine), intubiert der Intensivstation übergeben. Ein Patient war bereits vor der Operation aufgrund anderer Vorerkrankungen tracheotomiert und intensivpflichtig. Die durchschnittliche Operationszeit (Schnitt-Naht) betrug 140 ± 93 Minuten. Die Patienten verbrachten im Mittel $1,7 \pm 7$ Tage auf einer Intensiv- oder Intermediate-Care Station. Der Gesamtkrankenhausaufenthalt pro Eingriff betrug $5,2 \pm 13$ Tage (die Abweichung erklärt sich unter anderem durch zwei multimorbide Patienten, die aufgrund von sonstigen Erkrankungen intensivpflichtig waren).

Zweimal (1 %) gelang die Sondenextraktion nicht. Die Sonden wurden gekappt, stillgelegt und verblieben im Situs. Komplikationen durch die stillgelegten Sonden sind während der Zeit des Krankenhausaufenthaltes nicht aufgetreten. Ein Patient wurde zwei Tage nach der Operation an ein externes Krankenhaus verlegt. Bei dem anderen - von unserer Klinik von Anfang an betreut - finden sich in unserer Datenbank auch zwei Jahre nach der Sondenrevision keine Hinweise auf durch die Sondenstilllegung bedingte Komplikationen.

Keiner der Patienten ist im Rahmen des Eingriffes oder im weiteren klinischen Verlauf verstorben. Insgesamt kam es elfmal zu einer Komplikation, davon fünfmal zu einer major Komplikation ($n = 4 \%$) (Tabelle 4.2 und Abbildung 4.5).

Komplikationen

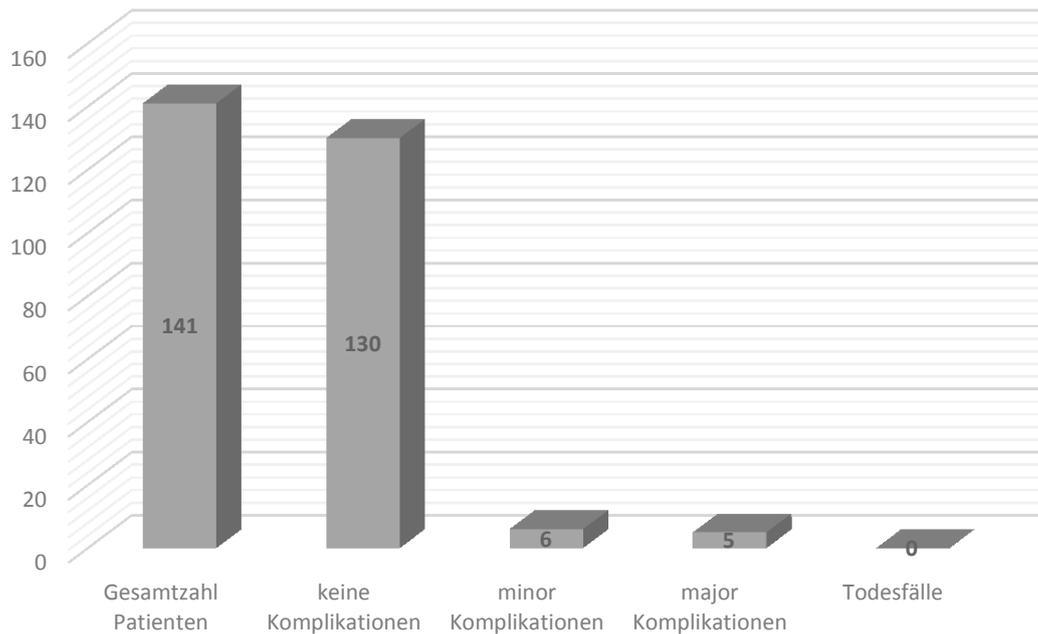


Abbildung 4.5 Komplikationen und Todesfälle des Patientenkollektivs

Bei einem Patienten kam es bei der intraoperativen Testung des neuen ICD-Systems aufgrund einer Sondenfehlage zu einer erst nach 10 Minuten terminierbaren ventrikulären Tachykardie. Der Patient wurde reanimiert und nach Korrektur der Sondenlage initial katecholaminpflichtig auf unserer Intensivstation behandelt. Von dort fand nach drei Tagen eine Verlegung im kardiopulmonal stabilen Zustand in ein externes Krankenhaus statt.

Bei einem anderen Patienten versagte postoperativ der passager eingeschwemmte Schrittmacher, was zur Asystolie mit CPR führte und eine erneute Operation mit Anlage eines neuen Schrittmachers zur Folge hatte.

Einmal versagte postoperativ im Aufwachraum einmalig ein Schrittmacher aufgrund einer frühen Sondendislokation, sodass eine Reanimation sowie ein sofortiger Folgeeingriff durchgeführt werden musste. Es wurden potentiell lebensbedrohliche

Schäden durch die Sondendislokation, wie eine Myokardperforation, beim Folgeeingriff durch die TEE ausgeschlossen.

Bei einem Patienten kam es zu einem Sondenabriss. Hier konnte die TEE die notwendigen diagnostischen Hinweise zur notwendigen Bergung unter Anwendung der HLM liefern.

Im Rahmen eines anderen Eingriffes kam es zur Verletzung der Trikuspidalklappe. Dies wurde mittels TEE erkannt und eine notwendige Rekonstruktion diagnostiziert. Es erfolgte die Rekonstruktion der Trikuspidalklappe unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine (HLM).

major complication	
Tod	0
Revisionseingriffe aufgrund von unmittelbar postoperativer Sondendislokation	2
Klappenzerstörung mit notwendiger HLM	1
Sondenabriss mit Bergung (HLM)	1
Sondenfehlage intraoperativ mit CPR und verlängertem Intensivaufenthalt	1

minor complication	
Perikarderguss neu	4
Sondenabriss ohne Bergung	2

Tabelle 4.2 major und minor Komplikationen

Bei sechs Patienten ist es zu einer minor Komplikation gekommen. Zweimal kam es intraoperativ zu einem Sondenabriss ohne Bergung. Bei vier Patienten wurde mittels TEE ein Perikarderguss ohne Interventionsbedarf festgestellt (Abbildung 4.6 und 4.7).

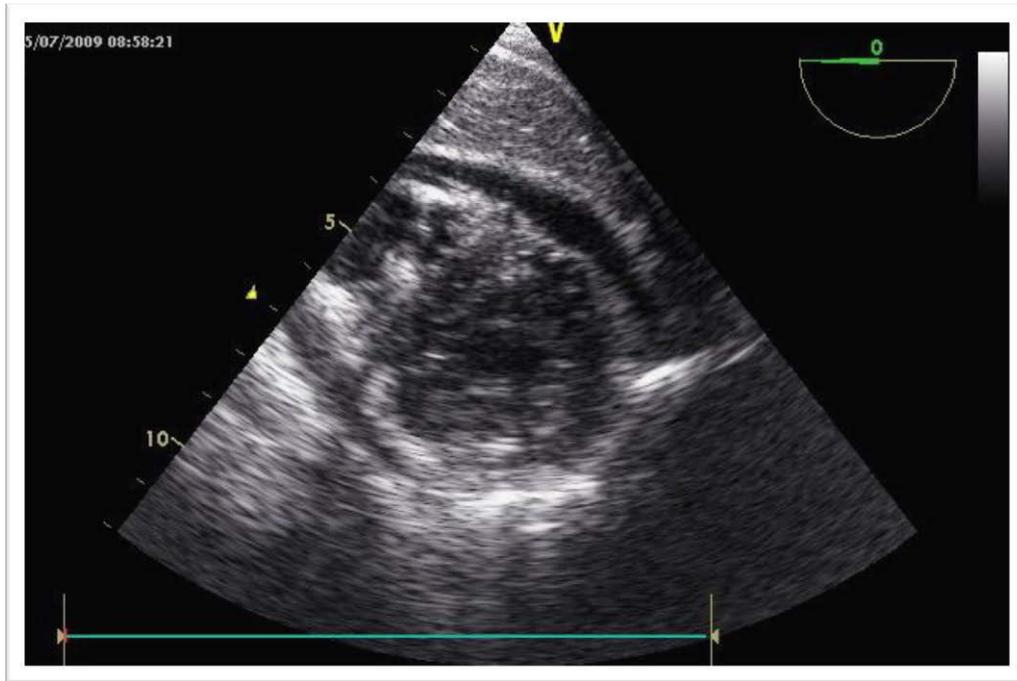


Abbildung 4.6 Akute Perikardtampnade (hypoechogener Saum) dargestellt mittels intraoperative tranösophagealer Echokardiographie (TG basal SAX)

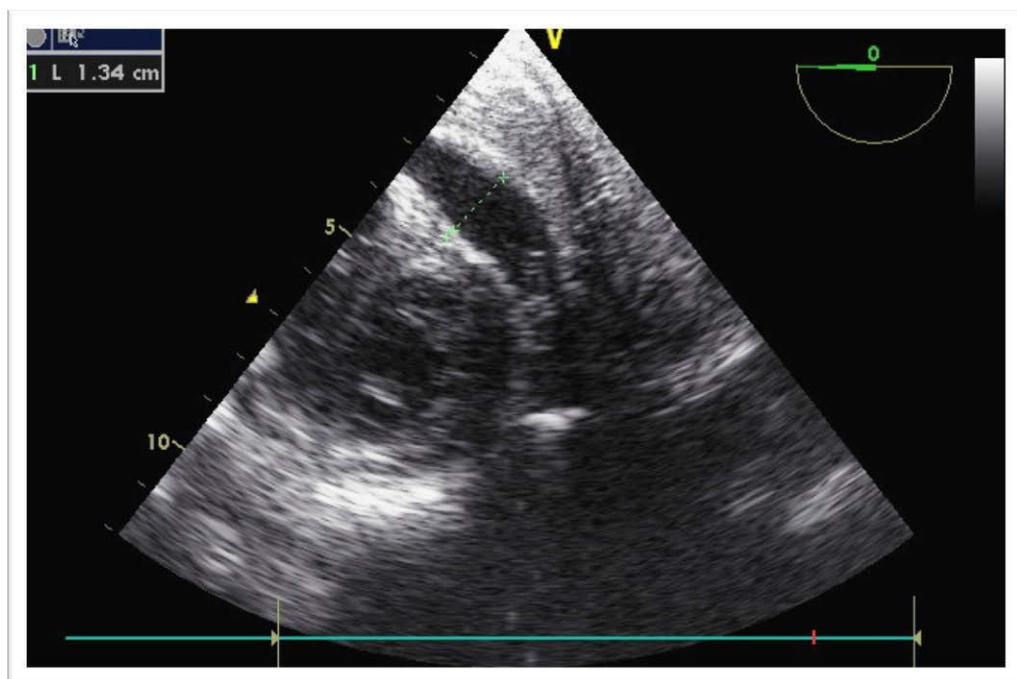


Abbildung 4.7 Akute Perikardtampnade (hypoechogener Saum) dargestellt mittels intraoperative tranösophagealer Echokardiographie

Ferner untersuchten wir einen potentiellen Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Komplikation und den - im Expertenkonsens der HRS 2009 und der LEXiCon 2010 Studie - genannten Risikofaktoren (weibliches Geschlecht, Body-Mass-Index, Entfernung von ICD-Sonden, Systemliegedauer).

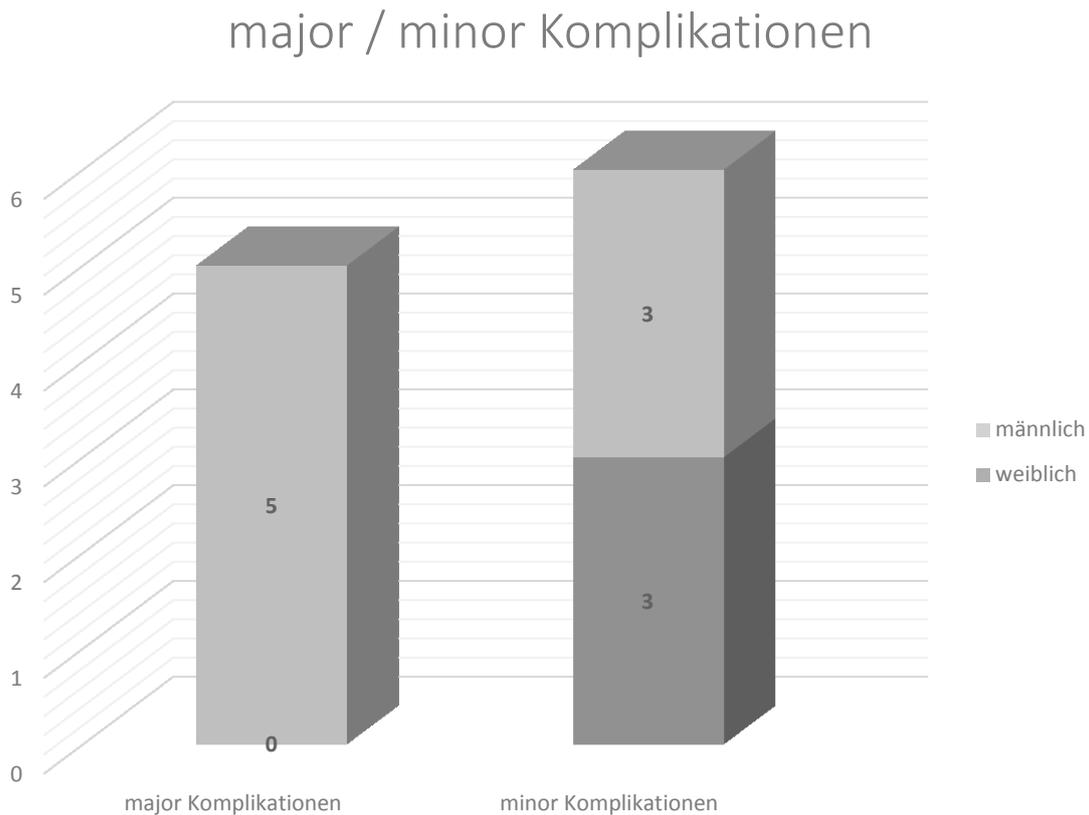


Abbildung 4.8 Komplikationen aufgeschlüsselt nach weiblichen und männlichen Geschlecht

Abbildung 4.8 zeigt die in unserer Studie vorgekommenen Komplikationen im Zusammenhang mit dem weiblichen oder männlichen Geschlecht. Eine höhere Komplikationsrate beim weiblichen Geschlecht konnte nicht nachgewiesen werden (Fisher's Exact Test: $p = 0,7064$).

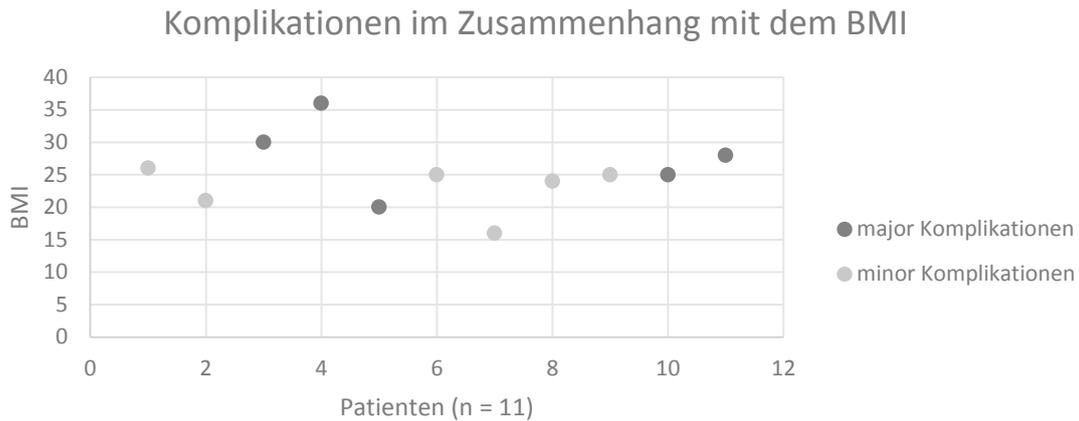


Abbildung 4.9 Komplikationen im Zusammenhang mit dem Body-Mass-Index

In Abbildung 4.9 ist der Body-Mass-Index bei den jeweils aufgetretenen Komplikationen dargestellt. Auch hier konnte keine erhöhte Komplikationsrate bei einem BMI kleiner 25 nachgewiesen werden (Fisher's Exact Test $p = 1,0$)

Wir konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Extraktion von ICD-Sonden und einer erhöhten Komplikationsrate im Vergleich zu der Extraktion von Schrittmachersonden feststellen (Fisher's Exact Test $p = 0,7569$) (Abbildung 4.10).

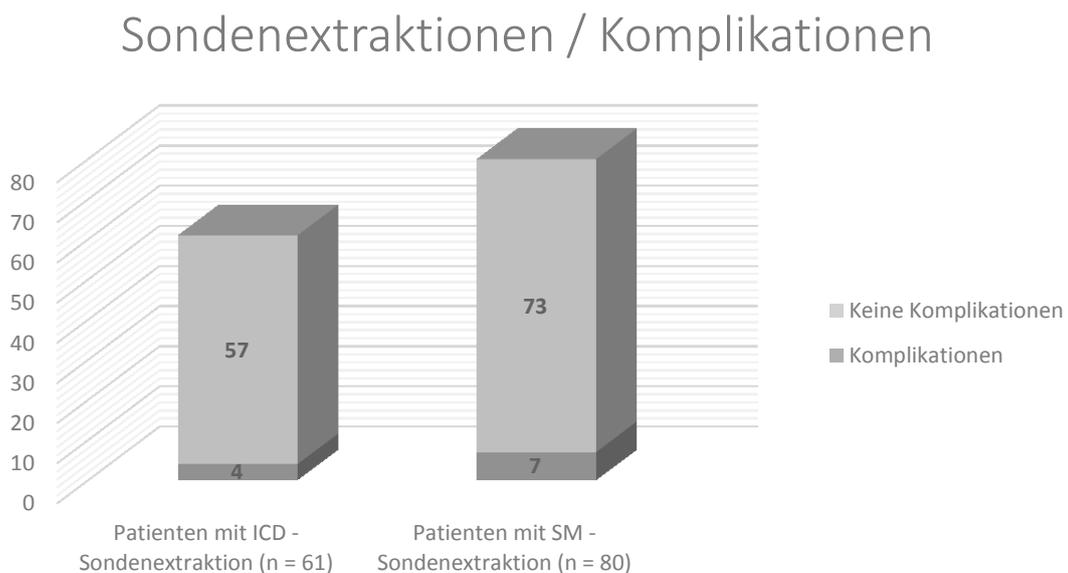


Abbildung 4.10 Komplikationen bei der Entfernung von ICD-Sonden im Vergleich zu Schrittmachersonden

Systemliegedauer bei Komplikationen

(n = 113)

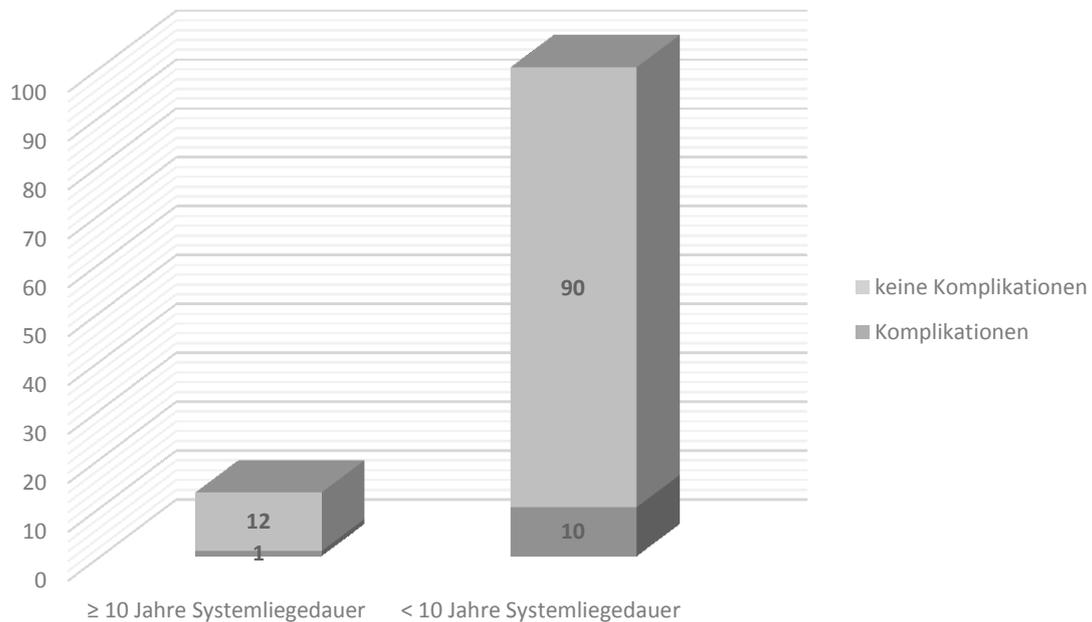


Abbildung 4.11 Komplikationen bei einer Systemliegedauer \geq / < 10 Jahre

Des Weiteren zeigen unsere Daten keinen Zusammenhang zwischen einer langen Liegedauer des Schrittmachers- oder ICD-Systems (\geq 10 Jahre) und den aufgetretenen Komplikationen. Lediglich bei einer beobachteten Komplikation gab es eine Systemliegedauer von \geq 10 Jahren (Fisher's Exact Test $p = 1,00$) (Abbildung 4.11).

Nebenbefundlich gab es bei einem Patienten einen vorbestehenden Perikarderguss, der mit TEE im Verlauf überwacht wurde. Bei einer Sondenextraktion, die zuvor ohne Einsatz der HLM geplant war, konnte die TEE entscheidende diagnostische Hinweise zu der durch Infektion zerstörten Trikuspidalklappe liefern. Es erfolgte eine Thorakotomie zur Rekonstruktion der zuvor durch Infektion zerstörten Trikuspidalklappe unter Einsatz der HLM.

Dreimal konnte mittels TEE ein vor Eingriff bestehender Klappendefekt erstmalig diagnostiziert werden (2x Trikuspidalinsuffizienz Grad II, 1x Aortenstenose Grad II).

5 DISKUSSION

Insgesamt wurden an unserer Klinik im Jahr 2010 bei 141 Patienten Schrittmacher- und ICD-Sonden entfernt. Dabei konnten bei 99 Prozent der untersuchten Patienten erfolgreich die Sonden extrahiert werden. Bei 5 Patienten (4 %) kam es zu schwerwiegenden und 6 Patienten zu milden Komplikationen (4 %).

5.1 DEUTSCHLANDWEITER VERGLEICH

5.1.1 EINGRIFFSZAHLEN

An jedem zweiten Krankenhaus in Deutschland werden Herzschrittmacher-Operationen durchgeführt. Die Zahl der Neuimplantation ist stetig zunehmend, Austausch- und Revisionsoperationen zeigen nur einen geringen Zuwachs (ca. 500 mehr pro Jahr seit 2008). Im Jahr 2010 stieg die Zahl der Schrittmacheroperationen in Deutschland erstmals über 100.000, was einen Anstieg von über 7.000 Eingriffen im Vergleich zum Jahr 2008 darstellt. Diese Eingriffe verteilen sich auf 1.048 Krankenhäuser (MARKEWITZ 2010). In über 70 Prozent werden Herzschrittmacheroperationen an Kliniken mit weniger als 100 Eingriffen pro Jahr durchgeführt. Hierbei zeigt sich ein Trend im Bereich der Häuser, die pro Jahr weniger als 20 Eingriffe (> 16 %) durchführen. Deutschlandweit zählen nur 25 Häuser über 300 Eingriffe pro Jahr (MARKEWITZ 2010). Im Vergleich dazu führt jedes vierte Krankenhaus in Deutschland ICD-Operationen durch. Im Jahr 2010 wurden erstmals Daten für ICD-Operationen erhoben. Insgesamt gab es über 38.000 Eingriffe an 621 Häusern. „Zusammengefasst wurde in 2/3 der Krankenhäuser weniger als eine ICD-Operation pro Woche durchgeführt“ (MARKEWITZ 2010). Somit gehört unser Haus mit insgesamt 667 Eingriffen im Bereich Herzschrittmacher und implantierten Kardioverter-Defibrillatoren zu den Institutionen mit den größten Eingriffszahlen.

Deutschlandweit gab es im Jahr 2010 953 Kliniken an denen Schrittmacherrevisionen und 466 Kliniken an denen ICD-Revisionen durchgeführt wurden. Zusammengefasst führten gerade mal sieben Kliniken im Bereich der Schrittmacher (0,7 %) und acht Kliniken im Bereich der ICDs (1,7 %) mehr als 100 Revisionsoperationen durch (MARKEWITZ 2010). Unsere Klinik zählt mit insgesamt 141 Sondenextraktionen (ICD: 61, Schrittmacher: 80) nicht zu den Häusern mit einer Fallzahl von jeweils über 100. Als Besonderheit sei jedoch zu erwähnen, dass alle Revisionseingriffe an unserer Klinik von demselben Operateur durchgeführt wurden.

Allerdings fand 2010 die Mehrzahl aller Revisionen (Schrittmacherrevisionen: 81 %, ICD-Revisionen: 79 %) an Kliniken statt, die weniger als 20 Revisionseingriffe durchführten (MARKEWITZ 2010). Somit liegt unsere Klinik deutlich über dem nationalen Durchschnitt und zählt in Bezug auf Sondenrevisionen zu den erfahrenen Kliniken.

5.1.2 OPERATIONSZEITEN

Die durchschnittliche Operationsdauer ist in der Literatur nur für die Schrittmacherimplantation, nicht aber für die Explantation und Revision angegeben. Hier lässt sich kein Vergleich zu unseren Operationszeiten bei Sondenexplantation, die im Durchschnitt 140 Minuten pro Eingriff betrug, ziehen.

5.1.3 KRANKENHAUSAUFENTHALTSDAUER

In unserer Studie betrug die durchschnittliche Krankenhausaufenthaltsdauer bei Sondenextraktionen 5,2 Tage und deckt sich damit mit den Daten aus dem deutschen Herzschrittmacherregister von 2009 (MARKEWITZ 2009). Betrachtet man die Daten von 2010 und errechnet den Durchschnitt der postoperativen Krankenhausaufenthaltsstage von Schrittmacher- und ICD-Revisionen, so ergibt dies einen Schnitt von 5,7 Tagen (MARKEWITZ 2010). Unsere Daten zeigen somit einen kürzeren postoperativen Krankenhausaufenthalt.

5.1.4 PATIENTENKOLLEKTIV

Vergleicht man unser Patientenkollektiv mit dem gesamtdeutschen, so fällt auf, dass in unserer Studie die Patienten im Durchschnitt jünger sind. Der weibliche Altersdurchschnitt betrug 59 Jahre, der deutschlandweite 72 Jahre. Der männliche Altersdurchschnitt betrug 67 Jahre, der deutschlandweite 71 Jahre. Ältere Menschen haben mehr Komorbiditäten; so sind über 50 Prozent aller Menschen ab dem sechzigsten Lebensjahr von arterieller Hypertonie betroffen (BURT 1995, PRISANT 2000). In einer Studie von Roux et al (2007) zeigte sich eine Tendenz zu einem erhöhten Risiko für eine misslungene Sondenextraktion bei Patienten mit arterieller Hypertonie. In unserer Studie liegt die Zahl der misslungenen Extraktionen bei einem Prozent und ist damit, vielleicht gerade wegen des teilweise geringeren Durchschnittsalters, ähnlich mit der anderer Studien (AGARWAL 2009, CALVAGNA 2009).

Im Vergleich zu einer anderen Studie mit 157 Patienten liegt unsere Rate der misslungenen Extraktionen ($n = 1\%$) sogar deutlich unter der von Geselle et al ($n = 3\%$) (GESELLE 2012).

Weitere Studien deuten darauf hin, dass es keinen Unterschied in Bezug auf die Komplikationsrate oder misslungene Extraktion bei alten Patienten (≥ 80 Jahre) gibt (KEMPA 2013, KUTARSKI 2013).

5.2 STANDARDS ZUR SONDENEXTRAKTION

5.2.1 INTERNATIONALE STANDARDS

Die Heart Rhythm Society entwickelte 2009 Standards für eine sichere und effektive Sondenextraktion. Hier sind personelle, materielle und räumliche Ausstattungen sowie Fähigkeiten, Fertigkeiten und Indikationen zur Sondenextraktion beschrieben (WILKOFF 2009, DEHARO 2012).

In unserer Studie wurden die Sondenentfernungen von Herzschrittmachern und implantierten Kardioverter-Defibrillatoren immer mit denselben an unserer Klinik standardisierten Verfahren und Voraussetzungen durchgeführt. Diese Standards gehen mit dem Konsens der Experten der Heart Rhythm Society konform. Bei allen Eingriffen verwendeten wir intraoperativ die Transösophageale Echokardiographie. In den Standards 2009 wird empfohlen, dass zumindest im Notfall eine Echokardiographie unverzüglich möglich sein muss.

5.2.2 TRANSÖSOPHAGEALE ECHOKARDIOGRAPHIE

Die routinemäßige Verwendung der TEE bei jeder Sondenentfernung bietet die Möglichkeit schwerwiegende Komplikationen zu erkennen und unverzüglich darauf zu reagieren. Gleichzeitig lassen sich Risiken der TEE durch den standardisierten Einsatz reduzieren. Generell ist das Risiko einer TEE-assoziierten Komplikation sehr gering. Dies bestätigt die Studie von Kallmeyer et al, in der 7200 Patienten mit kardiochirurgischem Eingriff retrospektiv analysiert wurden. Hier zeigte sich eine Morbidität von 0,2 Prozent. Todesfälle traten in Folge der TEE nicht auf. Die häufigste Komplikation war Odynophagie (0,1 %), gefolgt von Zahnschäden (0,03 %), Dislokation des endotrachealen Tubus (0,03 %) und Ösophagusperforation (0,03 %) (KALLMEYER 2001). In unserer Studie sind keine TEE-assoziierte Komplikationen aufgetreten, was möglicherweise an der vergleichsweise geringen Fallzahl und der Art der Sondenplatzierung liegen könnte. An unserer Klinik wird die Spitze der TEE-

Sonde beim intubierten Patienten standardisiert mit Xylocaingel benetzt und unter direkter Laryngoskopie die Sonde im Ösophagus platziert. Anschließend wird zum Schutz des Patienten und der Sonde ein Beißschutz zwischen die Zähne des Patienten eingebracht. Einige Schäden, wie häufig in anderen Studien beschrieben, lassen sich somit verhindern. So wird die Sonde in der Studie von Huang et al zwar mit Xylocain benetzt, die direkte Laryngoskopie aber erst nach zweimaligem „blinden“, erfolglosem Einführungsversuch angewendet. Huang et al beschreibt vor allem viele Mucosablutungen im Bereich des Oropharynx, (HUANG 2007), die mit Sicherheit unter Verwendung der direkten Laryngoskopie seltener auftreten. Auch Tubusdislokationen, Stimmbandschäden oder sogar die tracheale Sondenfehlage, wie sie in der Übersichtsarbeit von CÔTÉ et al (CÔTÉ 2008) beschrieben wurden, sind somit vermeidbar. TEE bedingte Komplikationen sind in der Literatur insgesamt mit einer Inzidenz von deutlich unter einem Prozent angegeben. Durch eine standardisierte routinemäßige Verwendung der TEE bei Patienten im Rahmen einer Sondenextraktion können somit, bei einer sehr geringen Komplikationsrate, lebensbedrohliche Situationen frühzeitig erkannt, behandelt und in ihrem Ausmaß reduziert werden. Dies bedingt ein erfahrenes und geschultes anästhesiologisches Personal. Auch hier trägt der standardisierte Einsatz der TEE zur Verbesserung bei. Anderenfalls können Schäden an den Herzklappen sowie Perikardtamponaden, die nicht sofort mit relevanten hämodynamischen Veränderungen einhergehen, leicht übersehen werden.

In einem Fallbericht von Swanton et al wurde gezeigt, dass die Verwendung von TEE bei Sondenextraktionen mittels Laser hilfreich war. Hier konnte im Vierkammerblick eine Perikardtamponade frühzeitig erkannt werden (SWANTON 2003). Auch in unserer Studie konnten wir insgesamt viermal einen neu aufgetretenen Perikarderguss frühzeitig mittels TEE erkennen. Roeffel et al zeigte in einer Studie, dass TEE einen wichtigen Stellenwert in der Beurteilung der Trikuspidalklappe hat (ROEFFEL 2002). Rodriguez et al verwendete in einer Studie bei 173 Patienten die TEE während und nach einer Sondenextraktion. Hierbei wurde bei drei Patienten eine durch die Extraktion entstandene Trikuspidalinsuffizienz diagnostiziert (RODRIGUEZ 2013). Dies deckt sich mit unseren Ergebnissen. Auch wir konnten in unserer Studie in einem

Fall eine durch Sondenextraktion entstandene Trikuspidalinsuffizienz dritten Grades mittels TEE frühzeitig erkennen. Es erfolgte, bedingt durch die TEE gewonnene Information, eine direkte Klappenrekonstruktion unter Anwendung der Herz-Lungen-Maschine.

Eine durch Sondenextraktion entstandene Trikuspidalinsuffizienz ist eine bekannte Komplikation (RODRIGUEZ 2013), die vor allem durch TEE frühzeitig erkannt und in ihrem Schweregrad beurteilt wird. Die TEE liefert somit entscheidende diagnostische Hinweise in punkto Therapieentscheidung und trägt wesentlich zur Erhöhung der Patientensicherheit bei.

Nebenbei konnten wir insgesamt dreimal prozedurunabhängige Klappenschäden (1 x Aortenstenose II. Grades, 2 x Trikuspidalinsuffizienz II. Grades) erstmalig diagnostizieren, was für den weiteren Behandlungsverlauf von Bedeutung sein könnte.

5.3 KOMPLIKATIONEN

Schwerwiegende Komplikationen der Sondenextraktion sind in der Literatur insgesamt mit 0,3 bis 7 Prozent angegeben (STARCK 2011), wobei in Zentren mit über 300 Sondenextraktionen pro Jahr eine Rate von unter einem Prozent beschrieben ist (BYRD 1999). An unserer Klinik beträgt die jährliche Extraktionsrate unter 150 pro Jahr. Dementsprechend liegt unsere Rate in Bezug auf schwerwiegende Komplikationen bei 4 Prozent (n = 5) und ist somit im Vergleich, trotz Kumulation der Eingriffe auf einen einzigen Operateur, erhöht. Dies könnte möglicherweise daran liegen, dass besonders an Universitätskliniken aufgrund der maximalen Versorgungsmöglichkeiten mehr multimorbide Patienten und technisch schwierigere Fälle zusammen kommen, als an anderen Kliniken.

5.3.1 OPERATEUR BEDINGTE KOMPLIKATIONEN

Als Besonderheit werden an unserer Klinik alle Sondenrevisionen von ausschließlich einem einzigen Operateur und nicht von verschiedenen Operateuren durchgeführt. Untersucht man die Pubmed-Bibliothek auf Studien, bei denen ebenfalls Sondenrevisionen von einem einzigen Operateur durchgeführt werden, so findet man aktuell genau drei Ergebnisse: zwei aus der USA und eines aus Italien. In diesen Studien konnten in 97-98 Prozent alle Sonden erfolgreich extrahiert werden. Diese Daten sind ähnlich zu unserem Ergebnis (99 % aller Sonden entfernt). Die Rate von schwerwiegenden Komplikationen liegt bei diesen drei Studien zwischen 0,3 Prozent und 4,2 Prozent. In einer Studie gab es einen Todesfall (AGARWAL 2009, CALVAGNA 2009, JONES 2008).

Ein entscheidender Faktor für eine erfolgreiche und komplikationsarme Sondenextraktion und -revision ist die Erfahrung des Operateurs. Ein Mangel an Fertig- und Fähigkeiten geht unmittelbar mit einer erhöhten Misserfolgsrate sowie Komplikationsrate einher (FAROOGI 2010, LOVE 2000).

In unserer Studie ist unser Operateur seit Jahrzehnten auf ICD- und Schrittmachereingriffe spezialisiert und gilt als sehr erfahren. Dies spiegelt sich in der hohen Erfolgsrate wider.

An unserem Haus fällt auf, dass 99 Prozent der Sonden extrahiert und nicht stillgelegt wurden. Im Jahresbericht 2010 des deutschen Schrittmacherregisters zeigt sich, dass circa 50 Prozent der Schrittmachersonden (Vorhof 50,4 %, Ventrikel 52,1 %) extrahiert und circa 40 Prozent stillgelegt wurden (Vorhof 43,3 %, Ventrikel 42,6 %). Es wird eine steigende Tendenz bei der Extraktion von Vorhofsonden im Vergleich zu den Jahren davor beobachtet (MARKEWITZ 2010). Dies könnte eine mögliche Erklärung für die erhöhte Komplikationsrate sein. Gleichzeitig gab es in unserer Studie keinen einzigen Todesfall. Die deutschlandweite durchschnittliche Todesrate im Zusammenhang mit Revisionen beträgt bei den Schrittmachern 1,1 Prozent und bei ICDs 1,6 Prozent (MARKEWITZ 2010) und ist somit höher als in unserer Studie. Möglicherweise können wir durch unser gesamtes Management - eventuell sogar durch die Durchführung transösophagealer Echokardiographie - nicht die Komplikationen selbst, aber die daraus resultierende Morbidität und Letalität senken.

5.3.2 RISIKOFAKTOREN

Weibliches Geschlecht

Ein Faktor zur Risikoerhöhung scheint das weibliche Geschlecht (BYRD 1999) als Prädiktor für schwere Komplikationen zu sein, wie eine Datenanalyse bei 3.540 extrahierten Sonden über einen Zeitraum von fünf Jahren zeigte (BYRD 1999). In unserer Studie konnten wir diese Ergebnisse nicht bestätigen, was möglicherweise an einer zu geringen Fallzahl liegen könnte. Der weibliche Anteil in unserer Studie ist mit 22 Prozent (n = 31) eher gering, entspricht aber im Vergleich zu anderen Studien dem Durchschnitt. So ist die Geschlechterverteilung in der Studie von Wazni et al mit 28,2 Prozent weiblichen Patienten (WAZNI 2010) ähnlich unserer Studie. In unserer Studie kamen alle fünf schwerwiegenden Komplikationen beim männlichen Geschlecht vor. Lediglich bei drei Frauen kam es zu milden Komplikationen.

Body-Mass-Index (BMI)

Ebenfalls konnte in der Multicenter Studie von Wazni et al gezeigt werden, dass Patienten mit einem BMI unter 25 eine signifikant höhere Komplikationsrate hatten (WAZNI 2010). Der Durchschnitts-BMI beträgt in unserer Studie 27 und liegt somit über 25. Bei unseren fünf schweren Komplikationen lag lediglich ein Patient mit einem BMI von 20 deutlich unter 25. Bei unseren sechs aufgetretenen minor Komplikationen hatte die Hälfte der Patienten einen Body-Mass-Index unter 25. Somit scheint dies keine mögliche Erklärung für unsere Komplikationsrate zu sein.

ICD-Sonden

Ein weiterer Risikofaktor scheint besonders die Entfernung von ICD-Sonden zu sein (WILKOFF 1999). Dieses Ergebnis können wir so in unserer Studie nicht eindeutig bestätigen. Das Auftreten schwerwiegender Komplikationen (n = 5) scheint bei unseren Ergebnissen unabhängig zu sein. So kam es zweimal bei Schrittmacher- und dreimal

bei ICD-Sondenentfernungen zu einer gravierenden Komplikation. Ebenso kam es lediglich bei einer ICD-Sondenentfernung zu einer minor Komplikation (n = 6). Möglicherweise ist auch hier die Fallzahl zu klein, sodass sich kein signifikanter Unterschied herauskristallisierte.

Systemliegedauer

In einer Multicenter Studie -LexiIcon- (WAZNI 2010) wurden retrospektiv über einen Beobachtungszeitraum von vier Jahren insgesamt 1.449 Patienten, die sich einer transvenösen Laser-assistierten Sondenextraktionen unterziehen mussten, untersucht. Hier zeigte sich, dass Komplikationen signifikant häufiger bei einer Systemliegedauer über 10 Jahre auftraten. Auch Smith et al 2008 konnten diesen Zusammenhang in einer Studie belegen. Dies liegt zum Teil an Vegetationen an den Sonden, wie sie z. B. besonders bei Infektionen vorkommen. Bei großen Vegetationen (> 2 cm) ist vor allem mit schwerwiegenden Komplikationen, wie einer pulmonalarteriellen Embolie oder einer kompletten Verlegung der Pulmonalklappe, zu rechnen (SMITH 2008). Vegetationen und die damit verbunden möglichen Komplikationen lassen sich jedoch mittels TEE frühzeitig erkennen (BLOCK 2005).

In unserer Studie lässt sich lediglich eine Aussage zur Systemliegedauer bei 113 Patienten (80 %) treffen. Hier betrug die durchschnittliche Systemliegedauer 3,5 Jahre. Bei den restlichen 20 % ist es retrospektiv nicht mehr möglich die Systemliegedauer zu eruieren. Bei allen Patienten mit einer major Komplikation gab es eine Sondenliegedauer von weniger als 10 Jahren. Die längste Liegezeit betrug hier 7 Jahre. Bei diesem Patienten kam es zu einem Sondenabriss mit Bergung an der HLM. Die kürzeste Liegedauer betrug wenige Minuten. Lediglich bei einem Patienten mit einer minor Komplikation konnten wir eine Systemliegedauer von 10 Jahren feststellen. Bei diesem Patient kam es zu einem Perikarderguss, der keiner Intervention bedurfte. Bei den Patienten mit minor Komplikationen lag die Systemliegedauer zwischen 6 Tagen und 10 Jahren. Im Vergleich zur Durchschnittsliegedauer der Patienten ohne Komplikation (n = 3,5 Jahre), ist hier die Liegedauer bei minor Komplikationen mit 5

Jahren länger, jedoch nicht bei den major Komplikationen (n = 2 Jahre). Vergleicht man allerdings unsere durchschnittliche Liegedauer mit der von Kennergren et al (KENNERGREN 2009), so zeigt sich in unserer Studie in allen Punkten eine kürzere Systemliegedauer. Kennergren et al untersuchte über Eintausend Sondenextraktionen mit einer durchschnittlichen Gesamtliegedauer von 5,8 Jahren (= 69 Monaten). Allerdings betrug die Liegedauer bei den aufgetretenen minor (=10,8 Jahre) und major (= 11,5 Jahre) Komplikationen im Durchschnitt deutlich über 10 Jahre. In unserer Studie können wir somit keinen Zusammenhang zwischen einer Liegedauer über 10 Jahren und einer erhöhten Komplikationsrate feststellen, allerdings gab es lediglich bei 13 Patienten (9,2 %) eine Systemliegedauer von mindestens 10 Jahren. Dies könnte an der vergleichsweise geringen Fallzahl liegen. So analysierten Kennergren und Wazni et al ungefähr sieben bis zehnmal so viele Patienten wie wir (KENNERGREN 2009, WAZNI 2010).

Allgemeinanästhesie versus Analgosedierung

Sondenextraktionen werden an unserer Klinik routinemäßig in Allgemeinanästhesie in einem Operationssaal von Herzchirurgen durchgeführt. Diese Rahmenbedingungen erlauben eine direkte und sofortige Verfügbarkeit invasiver Techniken, wie die unter Sonographie durchgeführte Perikardpunktion zur Ergussentlastung oder die notfallmäßige Durchführung einer Thorakotomie, bis hin zum Einsatz der Herz-Lungen-Maschine.

Viele elektrophysiologische Prozeduren, meistens jedoch ICD-Implantationen und selten Sondenexplantationen, können in Lokalanästhesie oder in Analgosedierung unter Gabe von Opioiden (z. B. Remifentanyl) und / oder Hypnotika (z. B. Propofol oder Midazolam) durchgeführt werden (PACHULSKI 2001, SELLMANN 2010). Tsai et al berichtet in einem Fallbericht über die erfolgreiche Durchführung einer infizierten ICD-Sondenextraktion ohne Allgemeinanästhesie. Der Patient erhielt einen thorakalen Paravertebralblock mit Ropivacain, eine milde Sedierung mit Dexmedetomidine (initial 1 µg/kgKG, Aufrechterhaltung mit 0,5 µg/kgKG). Zur Sondenentfernung wurde eine Minute vor der eigentlichen Extraktion ein intravenöser Propofolbolus (40 mg)

gegeben. Die Schmerzen während der Operation wurden vom Patienten als gering angegeben (1-2/10 auf der Schmerzskala) (TSAI 2008). Diese Methode bietet allerdings potentiell einige Nachteile: Die Durchführung einer transösophagealen Echokardiographie ist bei einem nicht intubierten, wachen Patienten deutlich erschwert, kann kaum während der oft sehr langen Operationszeit kontinuierlich durchgeführt werden und geht mit einem erhöhtem Risiko für Komplikationen (wie in 5.2.2 gezeigt) einher. Ohne TEE kann ein möglicherweise entstandener Perikarderguss oder eine Beschädigung der Trikuspidalklappe zu spät entdeckt werden. Dies führt zu einer vermeidbaren unnötigen Gefährdung des Patienten.

Ebenso besteht, besonders durch die kurze Vertiefung der Sedierung unmittelbar vor Sondenextraktion am Herzen, ein erhöhtes Aspirationsrisiko. Dieses Risiko kann mit einer Allgemeinanästhesie und einer Intubation deutlich reduziert werden, allerdings wurde in der bisher größten publizierten Studie von Fox et al bei 500 Patienten in Lokalanästhesie und unter Spontanatmung keine Aspiration beobachtet (FOX 2007). Jedoch bezog sich diese Studie ausschließlich auf ICD-Implantationen und nicht auf Sondenextraktionen.

Außerdem kann es im Rahmen von Sondenextraktion zu Komplikationen kommen, die ein invasiveres operatives Vorgehen, wie zum Beispiel eine Thorakotomie und den Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine, nötig machen. Dies ist in Lokalanästhesie, auch mit Paravertebralblock, kaum möglich, sodass durch die erst notwendige Durchführung der Intubation potentiell wertvolle Zeit verloren geht und der Patient damit unnötigen Risiken ausgesetzt wird.

Manipulationen am Herzen, wie es bei der Entfernung von ICD- oder Schrittmachersonden vorkommt, können zu Herzrhythmusstörung bis hin zum Kammerflimmern führen. Auch hier bietet die Allgemeinanästhesie gegenüber einer Analgosedierung, mit oder ohne Kombination von Regionalanästhesie, den Vorteil sofort kardiovertieren oder defibrillieren zu können.

Die von manchen Autoren beschriebene Kreislaufdepression durch Allgemeinanästhesie (BOLLMANN 1997) lässt sich mit einer moderaten kontinuierlichen Katecholamintherapie beheben.

An vielen Häusern werden Sondenextraktionen nicht nur im Operationssaal mit der Möglichkeit zur erweiterten kardiochirurgischen Intervention durchgeführt, sondern vor allem in Allgemeinanästhesie und unter routinemäßiger Verwendung von TEE (KHAN 2005, SWANTON 2003).

5.4 LIMITATIONEN

Alle 141 Patienten wurden während der gesamten operativen Prozedur mittels TEE überwacht. Bei vier Patienten konnte mittels TEE ein Perikarderguss ohne Interventionsbedarf, jedoch mit weiterem Kontrollbedarf, festgestellt werden. Bei zwei Patienten kam es zum Sondenabriss ohne notwendige Bergung. Die Sonden wurden stillgelegt. In einem Fall kam es zum Sondenabriss mit Bergung unter Anwendung der HLM. Auch hier lieferte die TEE hilfreiche Information in Bezug auf Verbleib oder Bergung der Sonde, möglich entstandene Schäden (z. B. Perikarderguss, Klappendefekt) sowie weiterem Interventionsbedarf. In einem Fall konnte die Trikuspidalinsuffizienz als Folge der Zerstörung der Trikuspidalklappe bei Sondenentfernung im TEE deutlich dargestellt werden. Eine akut entstandene unentdeckte Trikuspidalinsuffizienz ist für den Patienten potentiell lebensbedrohlich (DOUNIS 2002, THEODOROPOULOS 2013). Hier hat die TEE frühzeitig die Insuffizienz erkannt und einen entscheidenden Beitrag zur weiteren Therapieentscheidung sowie zur Patientensicherheit geleistet.

Unmittelbar postoperative Sondendislokationen, wie in unserer Studie zweimal vorgekommen, konnten und können mittels TEE nicht verhindert werden. Allerdings lieferte die TEE bei dem daraus entstandenen Folgeeingriff wichtige Informationen zu potentiell lebensbedrohlichen Komplikationen, wie z. B. ein Perikarderguss durch Perforationen.

Allerdings lässt sich durch die retrospektive Analyse in unserer Studie keine Aussage über den Verlauf ohne die Verwendung von TEE treffen. Ebenso sind wir bei der Analyse der TEE-bedingten Komplikationen auf die vorhandene Dokumentation angewiesen. Hier lassen sich nicht hundertprozentig minor Komplikationen wie z. B. entstandene pharyngeale Schleimhautblutungen oder Odynophagie ausschließen.

Die TEE bietet dem Operateur sowie dem Anästhesisten aus unserer Sicht jedoch immer eine gute komplikationsarme Möglichkeit die anatomischen und physiologischen Bedingungen zu beurteilen.

6 SCHLUSSFOLGERUNG

Generell sind schwere Komplikationen bei Sondenextraktionen von implantierten Herzschrittmachern und Kardioverter-Defibrillatoren zwar selten, aber immer potentiell lebensbedrohlich. Um sie zu verhindern, zu erkennen und adäquat zu reagieren, sind ein professionelles Team und die permanente Möglichkeit zur erweiterten kardiochirurgischen Intervention, wie Thorakotomie und die Verwendung einer Herz-Lungen-Maschine, unerlässlich.

Auf Grund der vorliegenden Daten im eigenen Patientenkollektiv empfehlen wir Sondenextraktionen standardisiert in Allgemeinanästhesie und unter Verwendung der TEE durchzuführen. Mittels TEE können so frühzeitig lebensbedrohliche Komplikationen erkannt, operativ behandelt und der Verlauf weiter beobachtet werden. Die TEE leistet somit aus unserer Sicht einen weiteren Beitrag zu Erhöhung der Patientensicherheit. Dies wird bestätigt durch die European Heart Rhythm Association (EHRA), welche mittlerweile die Verwendung der TEE bei transvenöser Elektroden-Extraktion zum Goldstandard erklärt hat. Hierzu gibt es seit November 2012 ein multizentrisches europäisches Register für Patienten mit transvenöser Sondenextraktion mit dem Ziel, „die kurz- und langfristige Sicherheit von Elektrodenextraktionen, sowie die Patienteneigenschaften, Indikationen, Material und Technik zu erfassen.“ Darüber hinaus sollen die Patienten postoperativ ein Jahr beobachtet werden. Die ersten Ergebnisse werden 2014 erwartet (ELECTRa – BONGIORNI 2013).

LITERATURVERZEICHNIS

ABRAHAM WT, Fisher WG, Smith AL et al: Cardiac resynchronization in chronic heart failure. N Engl J Med 346:1845–1853, 2002

AGARWAL SK, Kamireddy S, Nemeč J, Voigt A, Saba S: Predictors of complications of endovascular chronic lead extractions from pacemakers and defibrillators. J Electrophysiol 20:171-175, 2009

AVID Investigators: A comparison of antiarrhythmic-drug therapy with implantable defibrillators in patients resuscitated from near-fatal ventricular arrhythmias. N Engl J Med 337:1576-1583, 1997

BERNSTEIN AD, Daubert JC, Fletcher RD et al: The revised NASPE / BPEG generic code for antibradycardia, adaptive-rate and multisite pacing. Pacing Clin Electrophysiol 25:260-264, 2002

BARDY GH, Lee KL, Poole JE, Packer DL, Boineau R, Domaski M et al: The Sudden Cardiac Death in heart failure Trial I (SCD-HeFT). Amiodaron or an implantable cardioverter-defibrillator for congestive heart failure. N Engl J Med 352:225-237, 2005

BLOCK M, Adler K, Bromsen J: Infection of ICD: prevention and therapy. Herz 30:607-612, 2005

BOLLMANN A, Kanuru NK, DeLurgio D, Walter PF, Burnette JC, Langberg JJ: Comparison of three different automatic defibrillator implantation approaches: pectoral implantation using conscious sedation reduces procedure times and cost. *J Interv Card Electrophysiol* 1:221-225, 1997

BONGIORNI MG, Romano SL, Kennergren C, Butter C, Deharo JC, Kutarsky A, Rinaldi CA, Maggioni AP, Blomström-Lundqvist C, Auricchio A: ELECTRa (European Lead Extractio ConTRolled) Registry-Shedding light in transvenous lead extraction real-world practice in Europe. *Herzschr Elektrophys* 4:1-5, 2013

BRISTOW MR, Saxon LA, Boehmer J et al: Cardiac-resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *N Engl J Med* 350:2140–2150, 2004

BURT VL, Whelton P, Roccella EJ, Brown C, Cutler JA, Higgins M, Horan MJ, Labarthe D: Prevalence of Hypertension in the US Adult Population Results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1991. *Hypertension* 25:305-313, 1995

BUXTON AE, Lee KL, DiCarlo L et al: Electrophysiologic testing to identify patients with coronary artery disease who are at risk for sudden death. *N Engl J Med* 342:1937-1945, 2000

BYRD CL, Wilkoff BL, Love CJ, Sellers TD, Turk KT, Reeves R, Young R et al: Intravascular extraction of problematic or infected permanent pacemaker leads: 1994-1996. U.S. Extraction Database, MED Institute. *Pacing Clin Electrophysiol* 22:1348-1357, 1999

BYRD CL, Wilkoff BL, Love CJ, Sellers TD, Reiser C: Clinical study of the laser sheath for lead extraction: the total experience in the United States. *Pacing Clin Electrophysiol* 25:804-808, 2002

CALVAGNAL GM, Evola¹ R, Scardace G, Valsecchi S: Single-operator experience with a mechanical approach for removal of pacing and implantable defibrillator leads. *Europace* 11:1505-1509, 2009

CAZEAU S, Leclercq C, Lavergne T et al: Effects of multisite biventricular pacing in patients with heart failure and intraventricular conduction delay. *N Engl J Med* 344:873–880, 2010

CLELAND JG, Daubert JC, Erdmann E et al: The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure. *N Engl J Med* 352:1539–1549, 2005

CÔTÉ G, Denault A: Transesophageal echocardiography-related complications. *Can J Anaesth* 55:622-647, 2008

DEHARO JC, Bongiorno MG, Rozkovec A, Bracke F, Defaye P, Fernandez-Lozano I, Golzio PG, Hansky B, Kennergren C, Manolis AS, Mitkowski P, Platou ES: Pathways for training and accreditation for transvenous lead extraction: a European Heart Rhythm Association position paper. *Europace* 1:124-34, 2012

DICKSTEIN K, Cohen-Solal A, Filippatos G et al: ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008: the Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2008 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association of the ESC (HFA) and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). Eur Heart J 29:2388–2442, 2008

DICKSTEIN K, Varda PE, Auricchio A et al: Focused Update of ESC Guidelines on device therapy in heart failure: an update of the 2008 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure and the 2007 ESC Guidelines for cardiac and resynchronization therapy. Developed with the special contribution of the Heart Failure Association and the European Heart Rhythm Association. Eur Heart J 31:2677-2687, 2010

DOUNIS G, Matsakas E, Poularas J, Papakonstantinou K, Kalogeromitros A, Karabinis A: Traumatic tricuspid insufficiency: a case report with a review of the literature. EUR J Emerg Med 9:258-61, 2002

GESELLE PJ, Poesen R, Rega F, Koopman P, Nuyens D, Heidbuchel H, Willems R: Transvenous extraction of pacing and defibrillator leads--a single-centre experience. Acta Cardiol. 67:641-8, 2012

FAROOQI FM, Talsania S, Hamid S, Rinaldi CA: Extraction of cardiac rhythm devices: indications, techniques and outcomes for the removal of pacemaker and defibrillator leads. Int J Clin Pract 64:1140-1147, 2010

FLACHSKAMPF FA, Badano L, Daniel WG, Feneck RO, Fox KF, Fraser AG, Pasquet A, Pepi M, Perez de Isla L, Zamorano JL. For the European association of echocardiography; endorsed by the echo committee of the European association of cardiothoracic anaesthesiologists: Recommendations for transoesophageal echocardiography: update 2010. *Eur J Echocardiogr* 11:557-576, 2010

FOLEY PWX, Addison CE, Whinney SB, Patel K, Cunnigham D, Frenneaux MP, Leyva F: Implantable cardioverter defibrillator therapy for prevention of sudden cardiac death of international guidelines. *Pacing Clin Electrophysiol* 32:131-134, 2009

FOX DJ, Davidson NC, Bennett DH et al: Safety and acceptability of implantation of internal cardioverter-defibrillator under local anesthetic and conscious sedation. *Pacing Clin Electrophysiol* 30:992-997, 2007

GLATTER KA, Young N, McElvany MD: Implantable Cardioverter-Defibrillators: a new preventive medical option. *Prev Cardiol* 9:49-53, 2006

GRADAUS R, Breithardt G, Böcker D: ICD Leads: design and chronic dysfunctions. *Pacing Clin Electrophysiol* 26:649-657, 2003

HAQQANI HM, Mond HG: The implantable cardioverter-defibrillator lead: principles, progress and promises. *Pacing Clin Electrophysiol* 32:1336-1353, 2009

HINES RL: Transesophageal echocardiography: is it for everyone? *J Card Surg* 5:240-243, 1990

HOHNLOSER SH, Kuck KH, Dorian P, Roberts RS, Hampton JR, Hatala R, Fain E, Gent M, Connolly SJ. DINAMIT Investigators: Prophylactic use of an implantable cardioverter-defibrillator after acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 351:2481-2488, 2009

HOLZMEISTER J, Leclercq C: Implantable cardioverter defibrillators and cardiac resynchronization therapy. *Lancet* 378:722-730, 2011

HONG Y, Orihashi K, Oka Y: Intraoperative monitoring of regional wall motion abnormalities for detecting myocardial ischemia by transesophageal echocardiography. *Echocardiography* 7:323-332, 1990

HUANG CH, Lu CW, Lin TY, Cheng YJ, Wang MJ: Complications of intraoperative transesophageal echocardiography in adult cardiac surgical patients-experience of two institutions of Taiwan. *J Formos Med Assoc* 106:92-95, 2007

JONES SO, Eckart RE, Albert CM, Epstein LM: Large, single-center, single-operator experience with transvenous lead extraction: outcomes and changing indications. *Heart Rhythm* 5:520-525, 2008

JUNG W, Andresen D, Block M, Böcker D, Hohnloser SH, Kuck K-H, Sperzel J: Leitlinien zur Implantation von Defibrillatoren. *Clin Res Cardiol* 95:696-708, 2006

KADISH A, Dyer A, Daubert JP et al: Defibrillators in nonischemic cardiomyopathy treatment evaluation (DEFINITE) Investigators. Prophylactic defibrillator implantation in patients with nonischemic dilated cardiomyopathy. *N Engl J Med* 350:2151-2158, 2004

KALLMEYER IJ, Collard CD, Fox JA, Body SC, Shernan SK: The safety of intraoperative transesophageal echocardiography: a case series of 7200 cardiac surgical patients. *Anesth Analg* 92:1126-1130, 2001

KEMPA M, Budrejko S, Piepiorka M, Rogowski J, Raczak G, Kozłowski D: Safety and effectiveness of transvenous extraction of pacemaker and implantable cardioverter-defibrillator leads in patients under or over 80 years of age. *Kardiol Pol.* 71:130-5, 2013

KENNERGREN C, Bjurman C, Wiklund R, Gäbel J: A single-centre experience of over one thousand lead extractions. *Europace* 11:612-7, 2009

KHAN MN, Joseph G, Khaykin Y, Ziada KM, Wilkoff BL: Delayed lead perforation: a disturbing trend. *Pacing Clin Electrophysiol* 28:251-253, 2005

KRAMME R: *Medizintechnik* 4. Auflage. S. 452-454, Springer-Verlag 2011

KUTARSKI A, Polewczyk A, Boczar K, Ząbek A, Polewczyk M: Safety and effectiveness of transvenous lead extraction in elderly patients. *Cardiol J.* 25: 1-10, 2013

LEMKE B, Fischer W, Schulten HK: Richtlinien zur Herzschrittmachertherapie. Indikation, Systemwahl, Nachsorge. „Kommission für klinische Kardiologie“ der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung, Arbeitsgruppen „Herzschrittmacher“ und „Arrhythmie“. Z Kardiologie 85:611-627, 1996

LEMKE B, Nowak B, Pfeiffer D: Leitlinien zur Schrittmachertherapie. Z Kardiol 94:704-720, 2005

LOVE CJ: Current concepts in extraction of transvenous pacing and ICD leads. Cardiol Clin 18:193-217, 2000

MARKEWITZ A: Jahresbericht 2008 des Deutschen Herzschrittmacher-Registers. http://www.pacemaker-register.de/pdf/zentralregister_herzschrittmacher_bericht08.pdf (abgerufen am 14.12.2012)

MARKEWITZ A: Jahresbericht 2009 des Deutschen Herzschrittmacher-Registers. http://www.pacemaker-register.de/pdf/zentralregister_herzschrittmacher_bericht09.pdf (abgerufen am 14.12.2012)

MARKEWITZ A: Jahresbericht 2010 des Deutschen Herzschrittmacher- und Defibrillator-Registers. http://www.pacemaker-register.de/pdf/zentralregister_herzschrittmacher_bericht10_teil1.pdf (abgerufen am 14.12.2012)

MARKEWITZ A: Jahresbericht 2010 des deutschen Herzschrittmacher- und Defibrillator-registers.

http://www.pacemaker-register.de/pdf/zentralregister_herzschrittmacher_bericht10_teil2.pdf
(abgerufen am 14.12.2012)

MARKEWITZ A: Das deutsche Herzschrittmacher-Register. *Herzschr Elektrophys* 21:248-255, 2010

MAYTIN M, Epstein LM, John RM: Lead implant duration does not always predict ease of extraction: Extraction sheath may be required at < 1year. *Pacing Clin Electrophysiol* 34:1615-1620, 2011

MOSS AJ, Zareba W, Hall WJ, Klein H, Wilber DJ, Cannom DS, Daubert JP, Higgins SL, Brown MW, Andrews ML: Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial II Investigators. Prophylactic implantation of a defibrillator in patients with myocardial infarction and reduced ejection fraction. *N Engl J Med* 346:877-883, 2002

PACHULSKI RT, Adkins DC, Mirza H: Conscious sedation with intermittent midazolam and fentanyl in electrophysiology procedures. *J Interv Cardiol* 14:143-146, 2001

PIERCY M, McNicol L, Dinh DT, Story DA, Smith JA: Major complications related to the use of transesophageal echocardiography in cardiac surgery. *J Cardiothoracic Vasc Anesth* 1:62-65, 2009

PIRES LA: Implantable devices for management of chronic heart failure: defibrillators and biventricular pacing therapy. *Curr Opin Anaesthesiol* 19:69-74, 2006

PRISANT LM, Moser M: Hypertension in the elderly can we improve results of therapy? *Arch Intern Med* 160:283-289, 2000

RASCHE S, Hardt F, Braun M, Koch T: Perioperative Betreuung des Herzschrittmachers- und ICD-Patienten. *Anaesthesiol Intensivmed* 47:658-673, 2006

RIESGO MJ: Intraoperative transesophageal echocardiography. *Rev Esp Anaesthesiol Reanim* 46:159-196, 1999

RODRIGUEZ Y, Mesa J, Arguelles E, Carrillo RG: Tricuspid insufficiency after laser lead extraction. *PACE* 36:939-44, 2013

ROEFFEL S, Bracke F, Meijer A, Van Gelder B, Van Dantzig JM, Botman CJ, Peels K: Transesophageal echocardiographic evaluation of tricuspid valve regurgitation during pacemaker and implantable cardioverter defibrillator of lead extraction. *Pacing Clin Electrophysiol* 25:1582-1586, 2002

ROUX JF, Page P, Dubuc M, Thibault B, Guerra PG, Macle L, Roy D, Talajic M, Khairy P: Laser Lead Extraction: Predictors of Success and Complications. *Pacing Clin Electrophysiol* 30:214-220, 2007

SAGRISTÀ-SAULEDA J, Mercé AS, Soler-Soler J: Diagnosis and management of pericardial effusion. *WJC* 3:135-143, 2011

SCHMID E, Nowak M, Unertl K, Rosenberger P: Intraoperative Echokardiographie. *Anaesthesist* 58:1123-1135, 2009

SCHWAB JO, Lüderitz B: Indikation für den implantierbaren Cardioverter/Defibrillator (ICD). *Internist* 48:715-726, 2007

SELLMANN T, Winterhalter M, Herold U, Kienbaum P: Implantation von Kardioverter-Defibrillatoren. *Anaesthesist* 59:507-518, 2010

SHANEWISE JS, Cheung AT, Aronson S, Stewart WJ, Weiss RL, Mark JB, Savage RM, Sears-Rogan P, Mathew JP, Quinones MA, Cahalan MK, Savino JS: ASE/SCA Guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: recommendations of the American society of echocardiography council for intraoperative echocardiography and the society of cardiovascular perioperative transesophageal echocardiography. *Anesth. Analg* 89:870-884, 1999

SMITH MC, Love CJ: Extraction of transvenous pacing und ICD leads. *Pacing Clin Electrophysiol* 31:736-752, 2008

STARK CT, Salzberg S, Grünenfelder J, Kofidis T, Holzmeister J, Falk V: Sondenextraktion – eine anspruchsvolle Aufgabe. *Cardiovascular Medicine* 14:213–221, 2011

STRICKBERGER SA, Hummel JD, Bartlett TG et al: Randomized trial in patients with nonischemic dilated cardiomyopathy and asymptomatic nonsustained ventricular tachycardia-AMIOVIRT. *J Am Coll Cardiol* 41:1707-1712, 2003

SWANTON BJ, Keane D, Vlahakes GJ, Streckenbach SC: Intraoperative transesophageal echocardiography in the early detection of acute tamponade after laser extraction of a defibrillator lead. *Anesth Analg* 97:654-656, 2003

SWEENEY MO, Sherfese L, DeGroot PJ, Wathen MS, Wilkoff BL: Differences in effects of electrical therapy type for ventricular arrhythmias on mortality in implantable cardioverter-defibrillator patients. *Heart Rhythm* 7:353-360, 2010

SWEENEY MO, Wathen MS, Volosin K, Abdalla I, DeGroot PJ, Otterness MF, Stark AJ: Appropriate and inappropriate ventricular therapies, quality of life, and mortality among primary and secondary prevention implantable cardioverter-defibrillator patients. Results from the Pacing Fast VT Reduces Shock Therapies (Pain FREE Rx II) Trial. *Circulation* 111:2898-2905, 2005

THEODOROPOULOS I, Cheeyandira A, Tortella BJ: Traumatic tricuspid valve rupture presenting as third-degree atrioventricular block. *J Emerg Med* 45:175-7, 2013

TRAPPE HJ, Gummert J: Current pacemaker and defibrillator therapy. *Dtsch Arztebl Int* 108:372-80, 2011

TSAI T, Rodriguez-Diaz C, Deschner B, Thomas K, Wasnick JD: Thoracic paravertebral block for implantable cardioverter-defibrillator and laser lead extraction. *J Clin Anesth.* 20:379-382, 2008

THYS DM, Brooker RF, Cahalan MK, Connis RT, Duke PG, Nickinovich DG, Reeves ST, Rozner MA, Russell IA, Streckenbach SC, Sears-Rogan P, Stewart WJ: Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography: an update report by the American society of anesthesiologists and the society of cardiovascular anesthesiologist task force on transesophageal echocardiography. *Anesthesiology* 112:1084-1096, 2010

THYS DM, Abel M, Bollen BA, Cahalan MK, Curling P, Dean RJ, Paulus D, Pearlman, AS, Roizen MF, Smith J, Stewart WJ, Woolf SH: Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography: a report by the American society of anesthesiologists and the society of cardiovascular anesthesiologist task force on transesophageal echocardiography. *Anesthesiology* 84:986-1006, 1996

WATHEN MS, DeGroot PJ, Sweeney MO, Stark AJ, Otterness MF, Adkisson WO, Canby RC, Khalighi K, Machado C, Rubenstein DS, Volosin KJ: Prospective randomized multicenter trial of empirical antitachycardia pacing versus shock for spontaneous rapid ventricular tachycardia in patients with implantable cardioverter-defibrillators. Pacing Fast VT Reduces Shock Therapies (Pain FREE Rx II) Trial. *Circulation* 110:2591-2596, 2004

WASMER K, Köbe J, Pott C, Eckhardt L: ICD-Therapie zur Prävention. *Herzschr Elektrophys* 21:117-122, 2010

WAZNI O, Epstein LM, Carrillo RG, Love C, Adler SW, Riggio DW, Karim SS, Bashir J, Greenspon AJ, DiMarco JP, Cooper JM, Onufer JR, Ellenbogen KA, Kutalek SP, Dentry-Mabry S, Ervin CM, Wilkoff BL: Lead extraction in the cotemporary setting: The LExICon Study. J Am Coll Cardiol 55:579-586, 2010

WILKOFF BL, Love CJ, Byrd CL, Bongiorno G, Carillo RG, Crossley GH, Epstein LM, Friedman RA, Kennergren CEH, Mitkowski P, Schaerf RHM, Wazni OM: Transvenous lead extraction: Heart Rhythm Society Expert Consensus on facilities training, indications an patient management. Heart Rhythm Society 6:1085-1104, 2009

WILKOFF BL, Byrd CL, Love CJ, Seller TD, Schaerf R, Parsonnet V, Epstein LM, Sorrentino, RA, Reiser, C: Pacemaker lead extraction with the laser sheath: results of the pacing lead extraction with the excimer sheath (PLEXES) trial. J Am Coll Cardiol 33:1671-1676, 1999

WILKOFF BL, Byrd CL, Love CJ, Seller TD, Van Zandt HJ: Trends in intravascular lead extraction: Analysis of Data from 5339 patients in 10 years. XIth World Symposium on Cardiac Pacing and Electrophysiology Berlin. Pacing Clin Electrophysiol Pacing Clin Electrophysiol 22:A207, 1999

ZIPES DP, Camm AJ, Borggreffe M et al: ACC/AHA/ESC 2006 guidelines for management of patients with ventricular arrhythmias and the preventions of sudden cardiac death: Cardiology/American Heart Association Task Force and the European Society of Cardiology Committee for practice guidelines developed in collaboration with the European heart rhythm association and the heart rhythm society. Europace 8:746-837, 2006

ANHANG

EMPFEHLUNGSGRADE

Definition

Grad	
I.	Evidenz oder allgemeine Übereinkunft, dass eine Therapieform oder eine diagnostische Maßnahme effektiv, nützlich oder heilsam ist
II.	Widersprüchliche Evidenz und/oder unterschiedliche Meinungen über den Nutzen/die Effektivität einer Therapieform oder einer diagnostischen Maßnahme
IIa.	Evidenz/Meinungen favorisieren den Nutzen bzw. die Effektivität einer Maßnahme
IIb.	Nutzen/Effektivität einer Maßnahme ist weniger gut durch Evidenzen/Meinungen belegt

Evidenzniveau	
A	Empfehlung durch min. zwei randomisierte Studien gestützt
B	Empfehlung durch eine randomisierte Studie und / oder eine Metaanalyse nicht-randomisierter Studien gestützt
C	Konsensus-Meinung von Experten, basierend auf Studien und klinischer Erfahrung

(Text wörtlich entnommen aus: LEMKE 2005)

EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.