

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie
der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. med. Thomas Volk

**Thorakale epidurale oder paravertebrale Analgesie - ein Vergleich der
Schmerzen und Nebenwirkungen nach thoraxchirurgischen Eingriffen**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
(der Theoretischen Medizin, der Zahnheilkunde oder der Naturwissenschaften)
der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
2017

vorgelegt von: Christopher-Sebastian Pfeifer

geb. am: 02.04.1989 in Stuttgart

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie

Universität des Saarlandes, Homburg/Saar

Direktor: Prof. Dr. med. Thomas Volk

Tag der Promotion:

Dekan: Prof. Dr. Michael Menger

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Thomas Volk

2. Berichterstatter:

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungen	VII
1 Zusammenfassung	1
1.1 Deutsche Zusammenfassung	1
1.2 Abstract	3
2 Einleitung	5
2.1 Schmerzen	5
2.1.1 Schmerzmessung	7
2.2 Regionalanästhesiologische Verfahren nach thoraxchirurgischen Eingriffen	8
2.2.1 Thorakale Epiduralanalgesie (TEA)	8
2.2.2 Sonografisch kontrollierte thorakale Paravertebralanalgesie	14
2.3 Studienmedikamente	19
2.3.1 Ropivacain	19
2.3.2 Sufentanil	20
2.4 Fragestellung	22
3 Material und Methodik	23
3.1 Studiendesign	23
3.2 Ein- und Ausschlusskriterien	24
3.2.1 Einschlusskriterien	24
3.2.2 Ausschlusskriterien	24
3.3 Patientenauswahl	25
3.4 Anästhesie und Katheteranlage	25
3.5 Datenerhebung	27
3.6 CRF-Bogen	29
3.6.1 Erklärungen zu den spezifischen Tests	29
3.7 Zielsetzung der Studie	29
3.8 Statistik	30
4 Ergebnisse	31

4.1	Demographische Daten.....	32
4.2	Daten zur Katheteranlage.....	32
4.3	Schmerzen.....	33
4.3.1	Schmerzen in Ruhe.....	33
4.3.2	Schmerzen beim Husten.....	35
4.3.3	Maximaler Schmerz seit der letzten Befragung.....	37
4.4	Analgetikaverbrauch.....	39
4.5	Nebenwirkungen.....	41
4.5.1	Übelkeit.....	41
4.5.2	Pruritus.....	43
4.5.3	Sedierung.....	45
4.6	Mobilisation.....	46
5	Diskussion.....	49
5.1	Diskussion der Ergebnisse.....	49
5.1.1	Demographische Daten.....	49
5.1.2	Diskussion der Hauptfragestellung (postoperative Schmerzen).....	49
5.1.3	Diskussion der ersten Nebenfragestellung (Nebenwirkungen).....	51
5.1.4	Diskussion der zweiten Nebenfragestellung (Mobilisierungsmaße).....	52
5.1.5	Anlageprozesszeit der Katheter.....	53
5.1.6	Komplikationen.....	54
5.2	Limitationen und methodische Einschränkungen.....	54
5.3	Ausblick.....	56
5.4	Schlussfolgerung.....	57
6	Literaturverzeichnis.....	58
7	Anhang.....	66
8	Publikationen/ Dank.....	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Numerische Rating-Skala (NRS) von 0-10 (0= kein Schmerz, 10= schlimmster vorstellbarer Schmerz) (22).	8
Abbildung 2: Anatomie des Epiduralraums. (29).....	10
Abbildung 3: Epiduralanästhesie mit der „loss of resistance“- Technik. a) Tuohy-Nadel mit einer NaCl versehenen Spritze wird in Epiduralraum vorgeschoben. b) Widerstandsverlust nach dem Durchstechen des Lig. flavum. c) Verschieben des Katheters (36).....	11
Abbildung 4: Anatomie des Paravertebralraums und seiner angrenzenden Strukturen im Bereich der Brustwirbelsäule (55).....	16
Abbildung 5: Linksseitiger Paravertebralblock mit paramedian aufgelegtem Schallkopf. Punktion in In-plane-Technik mit Nadelführung von kaudal nach kranial (56)	17
Abbildung 6: Schema eines Ultraschallbildes einer linksseitigen Paravertebralanalgesie mit paramedian zur Sagittalachse aufgelegtem Schallkopf. 1: paraspinale Muskulatur, 2: Processus transversus, 3: Lig. costotransversarium laterale, 4: Lig. costotransversarium sup, 5: Pleura (56)	17
Abbildung 7: Strukturformel Ropivacain (64)	20
Abbildung 8: Strukturformel Sufentanil (65)	21
Abbildung 9: Flussdiagramm der Studienteilnehmer.....	31
Abbildung 10: Schmerzen in Ruhe. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der thorakalen Paravertebralanalgesie (PVA). Darstellung des Medians und des 95% Konfidenzintervalls des Medians in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die Zeitpunkte 0-7 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum dritten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Dritter postoperativer Tag (Zeitpunkt 7). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.	35
Abbildung 11: Schmerzen beim Husten. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalgesie (PVA). Darstellung des Medians und des 95% Konfidenzintervalls des Medians in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die Zeitpunkte 0-7 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum dritten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Dritter postoperativer Tag (Zeitpunkt 7). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.....	37
Abbildung 12: Maximaler Schmerz seit der letzten Befragung. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalgesie (PVA).	

Darstellung des Medians und des 95% Konfidenzintervalls des Medians in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die Zeitpunkte 0-7 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum dritten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Dritter postoperativer Tag (Zeitpunkt 7). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.....39

Abbildung 13: Piritramidverbrauch über den gesamten Zeitraum. Vergleich der thorakalen Epiduralanalogie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalogie (PVA). Die Daten sind als Mittelwert angegeben. Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.....41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Studiendesign	24
Tabelle 2: Demographische Daten: Die Daten sind als Anzahl (Häufigkeit in %) oder als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. Die p-Werte ($< 0,05$) wurden durch Chi-Quadrat-Test ermittelt. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt. BMI= Body Mass Index	32
Tabelle 3: Daten zur Katheteranlage: Die Daten sind als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. Die p-Werte ($< 0,05$) wurden durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Ergebnisse mit statistischer Signifikanz ($p < 0,05$) sind fett markiert. Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.	33
Tabelle 4: Schmerzen in Ruhe. Darstellung des Medians und in Klammern des Interquartilbereichs in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die p-Werte ($< 0,05$) wurden durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der thorakalen Paravertebralanalgesie (PVA). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.	34
Tabelle 5: Schmerzen beim Husten. Darstellung des Medians und in Klammern des Interquartilbereichs in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die p-Werte ($< 0,05$) wurden durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalgesie (PVA). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.	36
Tabelle 6: Maximaler Schmerz seit der letzten Befragung. Darstellung vom Median und Interquartilbereichs mit Hilfe der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die p-Werte ($< 0,05$) wurden durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalgesie (PVA). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.	38
Tabelle 7: Piritramidverbrauch über den gesamten Studienzeitraum. Die Daten sind als Mittelwert \pm Standardabweichung in mg angegeben. Der p-Wert ($< 0,05$) wurde durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt. Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.	40
Tabelle 8: Übelkeit. Die Daten sind als absolute und relative Zahlen in Prozent (%) angegeben. Die P-Werte wurden mittels Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fischer berechnet. Bei einer erwarteten Häufigkeit kleiner 5, bei mehr als einer Zelle, wurde der exakte Test nach Fischer angewendet. Die p-Wert Adjustierung erfolgte nach Holm. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt. Übelkeits- Score von 1-3. (1= keine Übelkeit, 3= starke Übelkeit mit Erbrechen). Die Zeitpunkte 0-6 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum zweiten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag	

- abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.....42
- Tabelle 9: Pruritus. Die Daten sind als absolute und relative Zahlen in Prozent (%) angegeben. Die P-Werte wurden mittels Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fischer berechnet. Bei einer erwarteten Häufigkeit kleiner 5, bei mehr als einer Zelle, wurde der exakte Test nach Fischer angewendet. Die p-Wert Adjustierung erfolgte nach Holm. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt. Pruritus- Score von 1-3. (1= kein Juckreiz, 3= starker Juckreiz). Die Zeitpunkte 0-6 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum zweiten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.....44
- Tabelle 10: Sedierung. Die Daten sind als absolute und relative Zahlen in Prozent (%) angegeben. Die p-Werte wurden mittels Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fischer berechnet. Bei einer erwarteten Häufigkeit kleiner 5, bei mehr als einer Zelle, wurde der exakte Test nach Fischer angewendet. Die p-Wert Adjustierung erfolgte nach Holm. Sedierungs-Score von 1-5 (1= aufmerksamer, ruhiger Patient, 2= schläfrig, 3= mäßige Sedierung, 4= unruhig, 5= nicht erweckbar). Die Zeitpunkte 0-6 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum zweiten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.....46
- Tabelle 11: Mobilisation. Die Daten sind als absolute und relative Zahlen in Prozent (%) angegeben. Die P-Werte wurden mittels Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fischer berechnet. Bei einer erwarteten Häufigkeit kleiner 5, bei mehr als einer Zelle, wurde der exakte Test nach Fischer angewendet. Die p-Wert Adjustierung erfolgte nach Holm. Mobilisierungs- Score von 1-5 (1= Liegen, 2= Bettkante, 3= Stehen, 4= eingeschränkt gehen, 5= uneingeschränkt gehen). Ergebnisse mit statistischer Signifikanz ($p < 0,05$) sind fett markiert. Die Zeitpunkte 0-6 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum zweiten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.....48

Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
%	Prozent
<	kleiner als
=	ist gleich
>	größer als
±	Plusminuszeichen
≤	kleiner gleich
°	Grad
µg	Mikrogramm
µm	Mikrometer
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body Mass Index
ca.	circa
CI	Konfidenzintervall
cm	Zentimeter
CRF	Case Report Form
d.h.	das heißt
dl	Deziliter
et al	et alii
FEV1	expiratorische Einsekundenkapazität / forciertes expiratorisches Volumen
FVC	forcierte Vitalkapazität
h	Stunde
I	Römisch eins
IASP	International Association for the Study of Pain
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
II	Römisch zwei
III	Römisch drei
kg	Kilogramm

KG	Körpergewicht
Lig.	Ligamentum
LOR	loss of resistance
m	männlich
m/s	Meter pro Sekunde
m ²	Meter im Quadrat
mg	Milligramm
MHz	Megahertz
min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
n	Anzahl
NaCl	Natriumchlorid
NRS	Numeric Rating Scale
OP	Operation
paCO ₂	arterieller Kohlendioxidpartialdruck
paO ₂	arterieller Sauerstoffpartialdruck
PEF	Peak Expiratory Flow
post OP-Tag	postoperativer Tag
prä OP-Tag	präoperativer Tag
pSO ₂	partielle Sauerstoffsättigung
PVA	paravertebrale Katheteranalgesie
s.o.	siehe oben
Tab.	Tabelle
TEA	thorakale Epiduralanalgesie
Th	thorakaler Wirbelkörper/ Segment
TIVA	total intravenöse Anästhesie
TNS	Transiente neurologische Symptome
w	weiblich
z.B.	zum Beispiel
δ	Delta
κ	Kappa
μ	My

σ

Sigma

1 Zusammenfassung

1.1 Deutsche Zusammenfassung

Schmerzen nach lungenchirurgischen Eingriffen gehören zu den stärksten Schmerzen überhaupt. Eine dementsprechende Schmerztherapie ist Grundvoraussetzung für eine schnelle Genesung der Patienten. Um nach thoraxchirurgischen Eingriffen eine adäquate Schmerztherapie zu gewährleisten, stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Wir vergleichen in dieser Studie die thorakale Epiduralanalgesie (TEA) und die sonografisch kontrollierte Paravertebralanalgesie (PVA), in Bezug auf deren analgetische Wirksamkeit, Nebenwirkungen und die Mobilisierbarkeit der Patienten.

Im Zeitraum von April 2010 bis Juli 2013 wurden 68 Patienten in die Studie eingeschlossen. Die Randomisierung, zur TEA-Gruppe und PVA-Gruppe, erfolgte per Losentscheid. Beide Verfahren wurden präoperativ durch den Anästhesisten gelegt. Die TEA mittels „loss of resistance“- Technik (LOR- Technik), die PVA sonografisch kontrolliert in inline-Technik. Darüber erfolgte die kontinuierliche Gabe von 8ml/h Ropivacain (0,2%) in Kombination mit Sufentanil (0,5 µg/ml). Die Patienten wurden anschließend hinsichtlich ihrer postoperativen Schmerzen in Ruhe, beim Husten und dem Maximalschmerz mit Hilfe der Numeric Rating Scale befragt. Zudem wurde deren zusätzlicher Opioidverbrauch notiert und die Patienten im Hinblick auf Nebenwirkungen untersucht. Dies erfolgte im Zeitraum von 60 Stunden postoperativ indem ein Case Report Form- Bogen ausgefüllt wurde.

68 Patienten wurden in die Studie eingeschlossen, 5 wurden nachträglich wieder ausgeschlossen. So konnten 30 Patienten aus der TEA-Gruppe und 33 Patienten aus der PVA-Gruppe ausgewertet werden. Dabei ergab sich in Bezug auf die postoperative Analgesie kein statistisch signifikanter Unterschied. Weder bei den Schmerzen in Ruhe, noch den Schmerzen beim Husten und dem Maximalschmerz, unterschieden sich die TEA- und PVA-Gruppe statistisch signifikant voneinander. Auch beim Opioidverbrauch über den gesamten Beobachtungszeitraum, wurde zwischen den beiden Gruppen kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt. Zum glei-

chen Ergebnis kamen wir bei den Nebenwirkungen. Lediglich die Mobilisierungsmaße zeigten einen statistisch signifikanten Unterschied. Die Patienten der PVA- Gruppe konnten schneller mobilisiert werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die TEA und die sonografisch kontrollierte PVA in Bezug auf die postoperative Analgesie und deren Nebenwirkungen gleichwertig sind. Die Mobilisierung der PVA-Patienten gelingt allerdings in der Regel zünger.

1.2 Abstract

Thoracic epidural or paravertebral analgesia- a comparison of pain and side effects after thoracic surgery

Pain after thoracic surgery is among the most intense pain of all. A corresponding pain therapy is a prerequisite for the quick recovery of patients. Various methods are available to ensure adequate pain therapy after thoracic surgery. We compare the thoracic epidural analgesia (TEA) and the sonographically controlled thoracic paravertebral analgesia (PVA) in this study in relation to their analgesic efficacy, side effects and the mobilisability of the patients.

In the period from April 2010 to July 2013, 68 patients were included in the study. Randomization of both the TEA group and the PVA group was carried out by lot decision. Both techniques were preoperatively placed by an anaesthetist. The TEA was applied by using the "loss of resistance" technique (LOR technique), the PVA sonographically controlled by inline technique. This was followed by a continuous application of 8 ml / h Ropivacaine (0.2%) in combination with sufentanil (0.5 µg / ml). The patients were subsequently questioned about their postoperative pain, in rest, during coughing and maximum pain, by using the numerical rating scale. Furthermore, the additional consumption of opium was noted and the patients investigated for side effects. This was done postoperatively for 60 hours by using a Case Report form sheet.

Of the 68 patients included in the study, 5 were retrospectively excluded. Thus, 30 patients from the TEA group and 33 patients from the PVA group were analysed. There was no significant difference between the groups in relation to the postoperative analgesia. Pain at rest, pain during coughing and maximum pain showed no significant difference between the TEA and PVA groups. Also the total opioid use over the entire observation period was not significantly different between the two groups. The same result occurred with the side effects. Only the mobilisability showed a statistically significant difference. The patients of the PVA group could be mobilised more quickly.

In summary, it can be said that the TEA seems as effective as the sonographically controlled PVA in respect of the postoperative analgesia and its side effects. The mobilisation of PVA patients, however, is in generally faster.

2 Einleitung

2.1 Schmerzen

Schmerz wird laut der International Association for the Study of Pain (IASP) folgendermaßen definiert: *„Schmerz ist ein unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, das mit aktueller oder potenzieller Gewebeschädigung verknüpft ist oder mit Begriffen einer solchen Schädigung beschrieben wird. Schmerz ist immer subjektiv“* (1). Die Therapie des Schmerzes war wohl die ursprünglichste Aufgabe des Arztes und gilt auch heute noch als eine seiner wichtigsten Aufgabengebiete. Man unterscheidet dabei den akuten vom chronischen Schmerz. Der akute Schmerz besitzt eine lebenserhaltende Schutz-, Melde- und Heilfunktion bei Gewebeschädigung. Beim chronischen Schmerz ist eine sinnvolle Funktion nicht mehr gegeben, er wird zur eigenständigen Schmerzkrankheit. Man spricht laut ICD-10 von chronischen Schmerzen, wenn die Schmerzzuständen über 6 Monaten anhalten und sich zu stechenden neuropathischen, brennenden Schmerzen oder Dysästhesien ausbilden. Dies führt beim Patienten zu einer psychischen, physischen und sozialen Belastung (2). Begünstigende Faktoren für die Entwicklung chronischer Schmerzen nach thoraxchirurgischen Eingriffen sind starke postoperative Schmerzen oder bereits bestehende Schmerzen vor dem operativen Eingriff, Voroperationen, Depressionen, Ängstlichkeit sowie weibliches Geschlecht (3). Bei starken Schmerzen benötigen die Patienten eine angemessene medikamentöse Therapie, um den aufgetretenen Schmerzreiz zu reduzieren, die Lebensqualität des Patienten zu steigern und um Sensibilisierungsmechanismen zu unterbrechen (4).

Um eine adäquate Schmerztherapie gewährleisten zu können, ist es sinnvoll, sich zunächst die Pathophysiologie des Schmerzes vor Augen zu führen. Man unterscheidet dabei entzündliche und neuropathische Schmerzen. Entzündliche Schmerzen entstehen durch eine Entzündung oder Schädigung des Gewebes. Diese klingen auch nach der Behandlung der Ursache nicht ab und haben ihre natürliche Warn- und Schutzfunktion verloren. Die Freisetzung von proinflammatorischen Botenstoffen, im Zuge der Gewebeschädigung und andauernden Stimulation der Nozizeptoren, führt zu pathologischen Veränderungen der Nozizeptoren. Neuropa-

thische Schmerzen entstehen durch unterschiedliche Grunderkrankungen, welche zu Schädigungen im zentralen und peripheren Nervensystem führen. Diabetes mellitus, verschiedene Krebserkrankungen oder Virusinfektionen zählen zu diesen (4).

Die Schmerzwahrnehmung erfolgt über Schmerzrezeptoren, den sogenannten Nozizeptoren. Diese sind periphere Nervenendigungen von primär afferenten Neuronen und liegen vor allem in der Haut (90%) (2). Potenziell schädliche mechanische, thermische oder chemische Reize werden durch die Nozizeptoren registriert. Sobald diese Reize einen gewissen Schwellenwert überschreiten und ein Aktionspotential im Neuron auslösen, werden sie als schmerzhaft empfunden. Dadurch kann der Körper zwischen normalen Umwelteinflüssen und potentiell schädlichen Reizen unterscheiden. Bei der Schmerzleitung unterscheidet man zwei Gruppen von peripheren Afferenzen, die A-Delta-Fasern und die C-Fasern. Die A-Delta-Fasern haben eine dünne Myelinschicht und leiten das Schmerzsignal mit ca. 20-25 m/s weiter. Der durch sie hervorgerufene Schmerz ist gut lokalisierbar und kann als hell charakterisiert werden. Dabei können die A-Delta-Fasern nochmals in die A-Delta-Fasern vom Typ I und Typ II unterschieden werden. Die A-Delta-Fasern vom Typ I reagieren vor allem auf mechanische und chemische Reize, während die A-Delta-Fasern vom Typ II vermehrt auf thermische Reize reagieren (5). Die C-Fasern hingegen, besitzen im Gegensatz dazu keine Myelinschicht, sind dick und haben eine langsame Leitungsgeschwindigkeit von ca. 1 m/s. Das durch sie hervorgerufene Schmerzsignal ist schwer zu lokalisieren und wird als dumpf beschrieben. Die C-Fasern sind polymodal, d.h. sie können thermische, mechanische und chemische Reize wahrnehmen (6). Über die Nozizeptoren wird der Impuls zu den zentralen Axonen im Dorsalhorn des Rückenmarks weitergeleitet und dort mittels Transmitter (z.B. Glutamat) auf sekundäre Neurone übertragen (7). Von dort aus gelangt das Schmerzsignal über den Hirnstamm und den Thalamus in den somatosensorischen Kortex. Dort findet dann die eigentliche Wahrnehmung des Schmerzes statt (8)(9).

Schmerzen nach thoraxchirurgischen Eingriffen gehören zu den intensivsten und heftigsten Schmerzen überhaupt (10)(11). Sie entstehen durch Rippenfrakturen, Überdehnung der Interkostalgelenke oder Schädigungen der Interkostalnerven. Auch durch Gewebetraumatisierung, Quetschung oder Ischämie im Zuge der Operation können Schmerzen erzeugen. Zudem kann der Nervus phrenicus geschädigt wer-

den, was zu nicht unerheblichen postoperativen ipsilateralen Schulterschmerzen führen kann. Durch starke postoperative Schmerzen, ist die Atemexkursion eingeschränkt. Weiterhin haben die Patienten starke Schmerzen beim Abhusten und deren Mobilisation ist erschwert, was wiederum das Auftreten einer Pneumonie, respiratorischen Insuffizienz und die Bildung von Atelektasen begünstigt (12)(13).

Eine adäquate Therapie der Schmerzen ist eine Grundvoraussetzung für eine schnelle Genesung des Patienten. Sie trägt zu seinem Wohlbefinden bei und senkt das postoperative Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko (14)(15). Damit ist ein kürzerer Krankenhausaufenthalt verbunden, wodurch wiederum die Kosten des Krankenhausaufenthaltes sinken (16). Um nach einem thoraxchirurgischen Eingriff, eine wirksame Schmerztherapie zu gewährleisten, stehen nach aktueller Studienlage verschiedene Verfahren zur Verfügung. Wir vergleichen in dieser Studie die beiden Katheterverfahren der thorakalen Epiduralanalgesie und der thorakalen Paravertebralanalgesie, in Bezug auf deren analgetische Wirksamkeit, Nebenwirkungen und die Mobilisierbarkeit der Patienten (11).

2.1.1 Schmerzmessung

Schmerz wird individuell unterschiedlich wahrgenommen. Er wird als „fünftes Vitalzeichen“ bezeichnet und als multidimensionales, komplexes Erlebnis charakterisiert (17). Schmerz lässt sich nicht wie die Temperatur, das Gewicht oder die Körpergröße einfach messen. Schmerz ist ein subjektives Empfinden, welches durch kulturelle Erfahrungen, Aufmerksamkeit und andere psychologische Variablen beeinflusst wird. Die Festlegung auf ein allgemeines Verfahren der Schmerzmessung gestaltet sich daher schwierig (18). Die subjektive Selbsteinschätzung in Bezug auf Schmerzen, ist der Fremdeinschätzung vorzuziehen. Ausnahmen bilden dabei Patienten mit kognitiven Störungen, eingeschränktem Bewusstsein, sowie Kleinkinder und Säuglinge (19). Zur möglichst objektiven Messung, Objektivierung und besseren Vergleichbarkeit des Schmerzes werden Schmerzskalen zu Hilfe genommen (20). Die besten Ergebnisse erzielt man mit der NRS („Numerische Rating-Skala“), einer eindimensionalen Skala. Sie ist einfach in der Handhabung, erfreut sich einer hohen Akzeptanz bei den Patienten, hat eine geringe Fehlerquote und zeichnet sich durch eine hohe Sensitivität aus (21). 0 bedeutet dabei kein Schmerz, 10 der schlimmste vorstellbare

Schmerz. Anhand dieser Skala, sollen die Schmerzintensitäten des Patienten regelmäßig in Ruhe und beim Husten erfasst werden. Für eine adäquate Schmerztherapie ist dies die Voraussetzung (19).

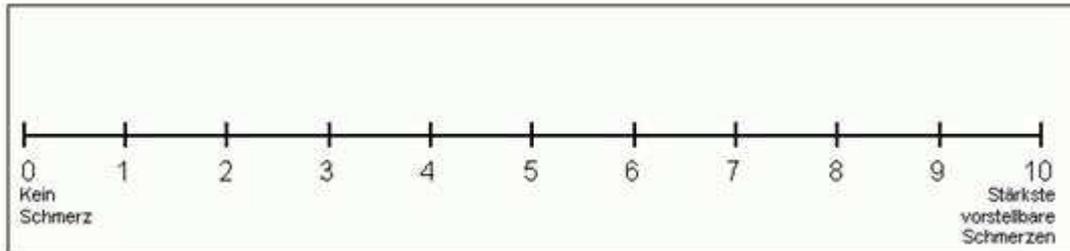


Abbildung 1: Numerische Rating-Skala (NRS) von 0-10 (0= kein Schmerz, 10= schlimmster vorstellbarer Schmerz) (22).

2.2 Regionalanästhesiologische Verfahren nach thoraxchirurgischen Eingriffen

Die thorakale Epiduralanalgesie (TEA) und die thorakale Paravertebralanalgesie (PVA) sind regionalanästhesiologische, rückenmarksnahe Verfahren und gelten als anästhesiologische Standardverfahren zur Behandlung von postoperativen Schmerzen nach Thorakotomien (19). Die beiden Katheterverfahren entsprechen leitlinienkonformem Vorgehen und werden in zahlreichen Kliniken in Deutschland verwendet. Die Gleichwertigkeit der beiden Verfahren in Bezug auf Schmerzen, konnte bei gleichzeitig geringeren Nebenwirkungen der PVA, anhand einer Metaanalyse aus 10 randomisierten Studien nachgewiesen werden (23). Bei dieser Metaanalyse wurden allerdings meist nur Studien berücksichtigt, bei denen die Paravertebralanalgesie intraoperativ gelegt wurde, und nicht wie in unserem Fall präoperativ mittels Sonografie (24).

2.2.1 Thorakale Epiduralanalgesie (TEA)

Die thorakale Epiduralanalgesie (TEA), auch thorakale Periduralanalgesie genannt, gilt als „Goldstandard“ zur Behandlung postoperativer Schmerzen nach Thorakotomien (19)(25)(26). Die TEA führt zu einer erheblichen Reduktion der postoperativen

Schmerzen und wird von vielen als beste Schmerztherapie nach thoraxchirurgischen Eingriffen angesehen (27)(28). Sie reduziert zudem nachweislich den intraoperativen Stress des Patienten und beeinflusst dessen kardiovaskuläre, respiratorische, gastrointestinale, metabolische, und die immunologische Funktion im positiven Sinne (28).

Der Epiduralraum (auch Periduralraum genannt) liegt im Wirbelkanal, zwischen der Dura mater und dem dahinter liegenden Ligamentum flavum. Dieses Band ist mehrere mm dick, enthält viele elastische Fasern und ist für die Punktion eine wichtige Orientierungshilfe. Die seitliche Begrenzung bilden zum einen die Foramina intervertebralia, durch die der Epiduralraum mit dem Paravertebralraum verbunden ist. Die vordere Begrenzung wird durch das Ligamentum longitudinale posterior gebildet. Der Epiduralraum beginnt kranial am Foramen magnum und erstreckt sich bis zum kaudal gelegenen Ligamentum sacrococcygeum, zwischen Kreuz- und Steißbein. Die Weite des Epiduralraums beträgt im Bereich des Thorax um die 3-5 mm, wobei er posterolateral am schmalsten ist. Im Epiduralraum selbst, befinden sich die Nervenwurzeln der Spinalnerven, Venen- und Arteriengeflechte sowie Fett und Bindegewebe. Die Wurzel der Spinalnerven ist der Hauptwirkungsort für das Lokalanästhetikum. Diese sind im Epiduralraum von Dura mater und Pia mater umgeben. Um zu wirken, muss das Lokalanästhetikum daher zunächst durch diese Hüllen diffundieren. Daher braucht es eine gewisse Zeit, bis das Lokalanästhetikum vollständig wirkt. Im Epiduralraum herrscht ein negativer (subatmosphärischer) Druck, welcher im thorakalen Bereich, vor allem durch die respiratorischen intrathorakalen Druckschwankungen entsteht (29)(30).

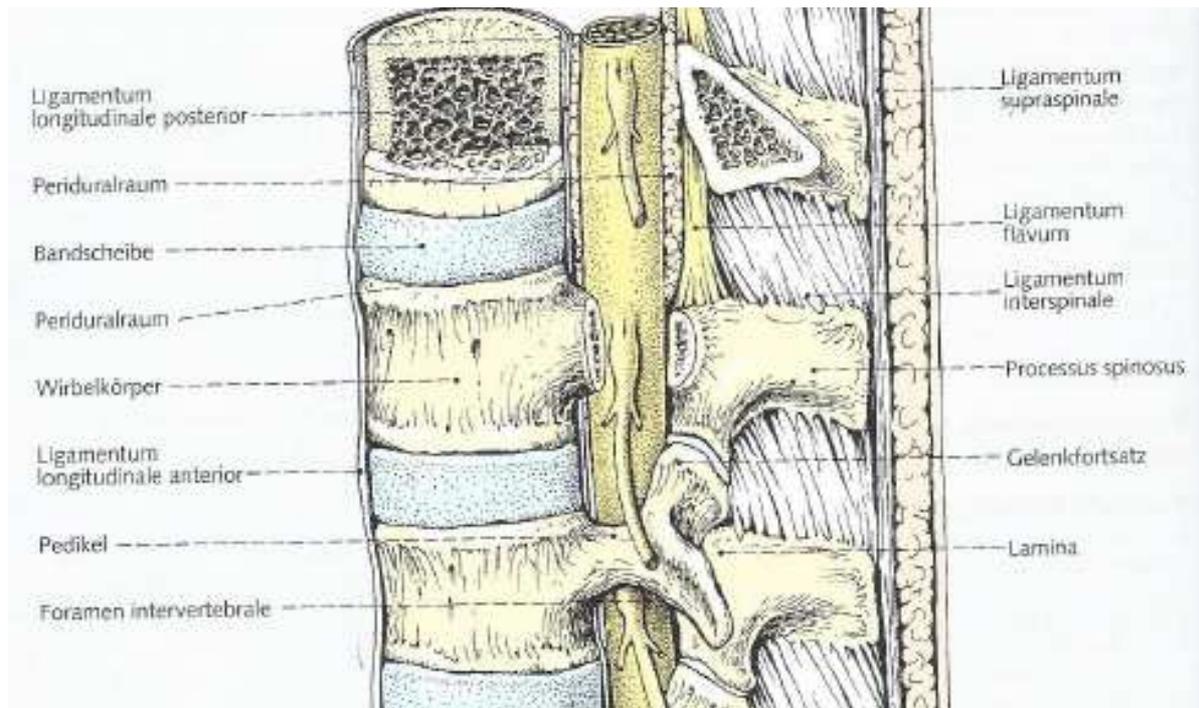


Abbildung 2: Anatomie des Epiduralraums. (29)

Die Punktion des Epiduralraum erfolgt per medianen Zugang (in der Mittellinie der Dornfortsätze), zwischen den thorakal relativ steil verlaufenden (steiler als im lumbalen Bereich) Dornfortsätzen der Wirbelkörper. Die Strecke zwischen Haut und Epiduralraum beträgt ca. 5 cm (31). Bei stark kachektischen Patienten kann dieser allerdings auch oberflächlicher, bei stark adipösen Patienten tiefer liegen (32). Dabei durchtritt die Punktionsnadel die Haut, die Zwischenwirbelbänder und zuletzt das Ligamentum flavum, bevor sie den Epiduralraum erreicht (29). Für die Anlage des thorakalen Epiduralkatheters gibt es verschiedene Techniken. Die in Deutschland am häufigsten verwendete Technik, ist die sogenannte „loss of resistance“- Technik (LOR-Technik), welche auch in der vorliegenden Studie angewendet wurde. Das Prinzip beruht dabei auf dem plötzlichen Widerstandsverlust (loss of resistance) beim Durchstechen des Ligamentum flavum. Dabei wird die Nadel in kranialer Richtung ca. 2-3 cm zwischen den Dornfortsätzen der Wirbelsäule vorgeschoben. Der in der Kanüle befindliche Mandrin wird entfernt und stattdessen eine mit NaCl gefüllte Spritze auf die Tuohy-Nadel aufgesetzt. Diese Tuohy-Nadel ist in ihrem Durchmesser recht dick, um beim Vorschieben der Nadel ein besseres Gefühl der Widerstände zu gewährleisten. Der Anästhesist muss nun gleichzeitig Druck auf die NaCl-Spritze ausüben, während er die Nadel kontrolliert einführt. Sobald die Spitze der Nadel den

Epiduralraum erreicht hat, wird dem Spritzenstempel kein Widerstand mehr entgegengebracht. Dadurch kann man das in der Spritze befindliche NaCl, plötzlich leicht, ohne großen Widerstand injizieren. Dies ist ein Zeichen, dass sich die Nadelspitze im Epiduralraum befindet. Über die im Epiduralraum gelegene Nadel kann nun ein dünner Katheter eingeführt werden. Dieser kann mehrere Tage bis zu Wochen liegen bleiben (33)(29)(34). Bei der Anlage des Katheters kommt es bei 1,5% der Versuche zu einem Misserfolg (35).

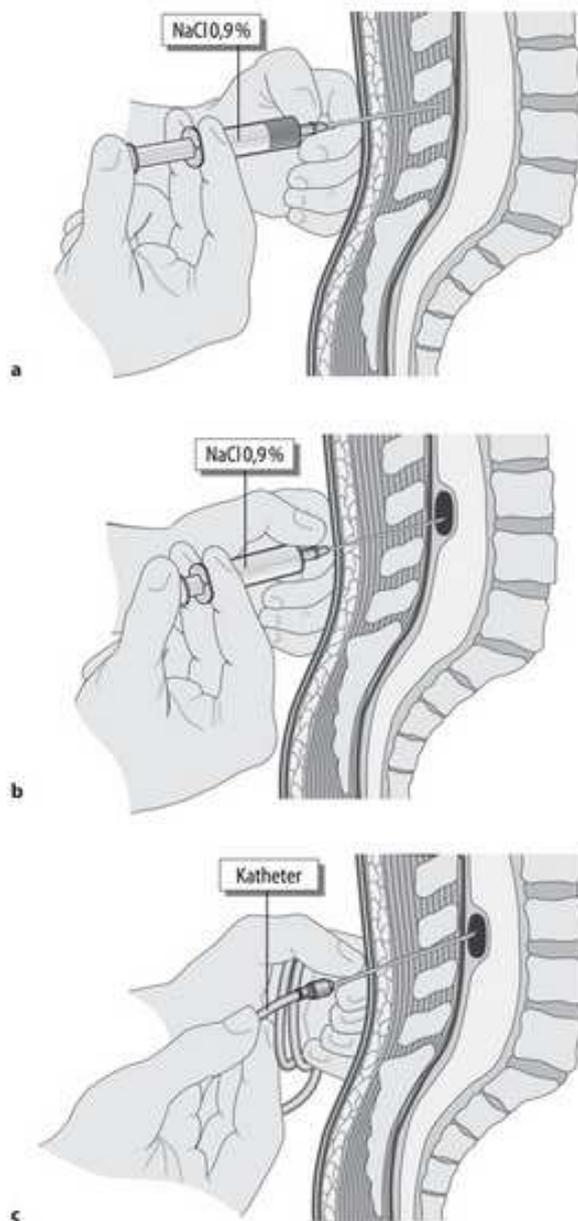


Abbildung 3: Epiduralanästhesie mit der „loss of resistance“- Technik. a) Tuohy-Nadel mit einer NaCl versehenen Spritze wird in Epiduralraum vorgeschoben. b) Widerstandsverlust nach dem Durchstechen des Lig. flavum. c) Vorschieben des Katheters (36)

Die Anästhesie breitet sich vom Injektionsort nach kaudal und kranial aus, wodurch mehrere Segmente blockiert werden. Dadurch kommt es zu einer bilateralen Blockade der Spinalnerven. Das Lokalanästhetikum wirkt dabei auf die motorischen und sensiblen Nerven, sowie auf die sympathischen Fasern. Die Anästhesiequalität, was so viel wie die Dauer der motorischen und sensorischen Blockade sowie die Tiefe der Blockade bedeutet, hängt dabei im wesentlichen von der Menge (Volumen x Konzentration) des jeweiligen Lokalanästhetikums ab (37)(29).

Kontraindikationen sind Gerinnungsstörungen. Auch starke Veränderungen der anatomischen Verhältnisse, wie beispielsweise Skoliose stellen eine Einschränkung dar (38).

Komplikationen und Nebenwirkungen bei der thorakalen Epiduralanalgesie

Neben den positiven Effekten der thorakalen Epiduralanalgesie, gibt es auch unerwünschte Nebenwirkungen und durchaus schwere Komplikationen. Diese sind im Folgenden erläutert:

In etwa 5% der Fälle, kommt es bei der Anwendung eines Epiduralkatheters zu einer ineffektiven Analgesie (32).

Eine Subdurale Injektion, sprich in den Raum zwischen der Dura mater und der Arachnoidea kann zu einer sensorischen sowie sympathischen Blockade, mit flexibel auftretenden motorischen Defiziten führen. Falls das durch eine Fehlpunktion intrathekal injizierte Lokalanästhetikum in den intrakraniellen Raum gelangt oder falls die Dosis des Lokalanästhetikums zu hoch ist, kann es zur totalen Spinalanästhesie kommen. Folgen können arterielle Hypotension, zentrale Apnoe bis hin zum möglichen Herz-Kreislauf-Stillstand mit tödlichem Ausgang sein (32)(39).

Eine weitere Komplikation bei Fehlpunktion der Dura mater ist der postdurale Kopfschmerz. Er betrifft 0,8-15% der Patienten. Durch Verletzung oder Perforation der Dura mater kommt es aufgrund des Liquorverlustes zu einer intrazerebralen Hypotension (40)(32).

Eine Verletzung des Rückenmarks kann im schlimmsten Fall zu einer Paraplegie führen (41).

Ebenso können infektiöse Komplikationen in Form von Meningitis oder Enzephalitis auftreten. Sie können aber auch als Abszess zur lokalen Kompression und damit zu neurologischen Schäden führen. Am häufigsten führt der *Staphylococcus* spp (Erreger der Hautflora) zu einem epiduralen Abszess, was nochmals die Wichtigkeit einer guten Hautdesinfektion vor Katheteranlage unterstreicht. Bei Verdacht muss der Katheter umgehend entfernt und der Abszess chirurgisch saniert werden. Ein epiduraler Abszess führt meist zunächst zu Rückenschmerzen, welche bei Nichtbehandlung zu radikulären Schmerzen, Temperaturanstieg, Paresen, Muskelschwäche, Mastdarmsstörungen, Sensibilitätsstörungen, Meningismus und Zephalgien führen kann. Die Infektion selbst kann durch unsteriles Arbeiten mittels Nadel, Katheter oder durch das Medikament von außen eingebracht werden. Eine lokale Infektion auf Höhe der Einstichstelle und eine unbehandelte Bakteriämie ist aufgrund einer möglichen Keimverschleppung daher auch eine absolute Kontraindikation (32)(41).

Epidurale und spinale Blutungen stellen eine weitere Komplikation dar. Daher ist eine Anamnese bezüglich einer Blutungsneigung und die Frage nach gerinnungshemmenden Medikamenten vor der Katheteranlage wichtig. Blutet es stark in den Epiduralraum, kann dies zu einem Hämatom führen, welches durch den dadurch entstehenden Druck, das Rückenmark schädigt. Dies kann wiederum zu Rückenschmerzen, radikulären Schmerzen, Paresen, Blasen- und Mastdarmsstörungen sowie Sensibilitätsstörungen führen (32)(42).

Transiente neurologische Symptome (TNS) sind ein Syndrom mit gelegentlich in Gesäß und Beine ausstrahlenden Schmerzen. Bei zusätzlich auftretenden neurologischen Ausfällen, muss eine rückenmarksnahe Raumforderung, sprich Hämatom oder Abszess ausgeschlossen werden. Die Ätiologie ist noch nicht geklärt. Als Risikofaktor gilt die intrathekale Gabe von Lidocain (32).

Eine weitere Komplikation kann die versehentliche rückenmarksnahe Injektion von Fremdsubstanzen sein. Der häufigste Grund ist dabei eine Verwechslung von Ampullen bei der Herstellung einer Injektionslösung (32).

Systemische Nebenwirkungen des Lokalanästhetikums, wie Allergien oder kardiotoxische und neurologische Symptome können auftreten (43)(44)(19).

Bei thorakaler Anwendung des Epiduralkatheters, ist in der Regel mit keinem Harnverhalt zu rechnen. Kommt es trotz allem zu anästhesiebedingten Blasenentleerungsstörungen, muss ein Katheter zur Entleerung der Blase gelegt werden (32)(29).

Rückenschmerzen sind eine vergleichsweise geringfügige Komplikation. Allerdings mit etwa 30% recht häufig (32).

Aufgrund der zahlreichen möglichen Komplikationen und Nebenwirkungen des thorakalen Epiduralkatheters ist eine regelmäßige Überwachung des Patienten mit neurologischer Untersuchung und Kontrolle der Einstichstelle unumgänglich. Somit sollen mögliche Komplikationen früh erkannt und dauerhafte neurologische Schäden verhindert werden. Zudem können durch eine Anlage des Katheters beim wachen Patienten, Rückenmarksverletzungen früher erkannt und dementsprechend behandelt werden (42).

2.2.2 Sonografisch kontrollierte thorakale Paravertebralanalgesie

Die thorakale Paravertebralanalgesie (PVA) stellt eine Alternative zur thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) dar (24)(45). Sie ist vor allem dann eine ansprechende Option, wenn Kontraindikationen gegen die thorakale Epiduralanalgesie in Form von schwierigen anatomischen Verhältnissen, Gerinnungsstörungen oder bereits vorhandenen neurologischen Erkrankungen, vorliegen (46). Die Entwicklung des Verfahrens geschah bereits vor über 100 Jahren und erfuhr in den letzten Jahren eine Wiederauferstehung (47)(48). Trotzdem, wird die PVA nur selten angewendet (49). Davies et al. zeigte eine nahezu identische Analgesiequalitäten beider Verfahren. Allerdings wurden bei der Metaanalyse hauptsächlich Studien berücksichtigt, bei denen die thorakale Paravertebralanalgesie intraoperativ gelegt wurde (23). Dabei zeigte sich ein günstigeres Nebenwirkungsprofil bei der Paravertebralanalgesie (24)(23). Mit der Entwicklung moderner Techniken der Sonografie können Paravertebralkatheter auch präoperativ unter Bildführung sicher gelegt werden (50). Dabei wird das meist mit einem Opioid kombinierte Lokalanästhetikum transkutan in den Paravertebralraum appliziert (51).

Der Paravertebralraum ist ein dreieckiges Areal und liegt zwischen zwei Rippen, lateral zum Wirbelkörper, beidseits der Wirbelsäule. Er steht über die Foramina

vertebralia mit dem Canalis vertebralis in Verbindung. Die mediale Begrenzung bilden die Wirbelkörper, die Bandscheibe und die Pediculi der Wirbelbögen. Nach dorsal ist er durch das Ligamentum costotransversum, sowie durch die Fascia thoracica interna begrenzt. Ventral durch die Pleura parietalis und die von außen aufliegende Fascia endothoracica, sowie kranial und kaudal durch die Querfortsätze der Wirbelkörper. Im Paravertebralraum befindet sich eingebettet in Fett- und Bindegewebe der Spinalnerv, mit seinen Abgängen, den Rami anteriores und posteriores sowie ihrer Gefäßversorgung, die Interkostalgefäße, präganglionäre Fasern des Ramus albus communicans und postganglionäre Fasern des Ramus griseus communicans, sowie Ganglien des sympathischen Grenzstrangs. Der Spinalnerv teilt sich beim Durchtritt durch das Foramen intervertebralis in viele kleine Nervenäste auf. Er verliert dabei auch seine Ummantelung, wodurch das Anästhetikum besser wirken kann.

Die thorakale PVA bewirkt neben einer sensorischen und motorischen Nervenblockade, auch eine von der Dosis abhängige Sympathikusblockade, mehrerer zusammenhängender Dermatome, kranial und kaudal der Punktionsstelle (52)(53). Dadurch dass die PVA im Gegensatz zur TEA nur auf einer Seite des Thorax wirkt, kann die PVA Vorteile haben (54).

Da die thorakale PVA auch als rückenmarknahes Anästhesieverfahren angesehen wird, muss vor Punktion auch auf eine mögliche Therapie mit Antikoagulantien geachtet werden, um Komplikationen zu vermeiden (47).

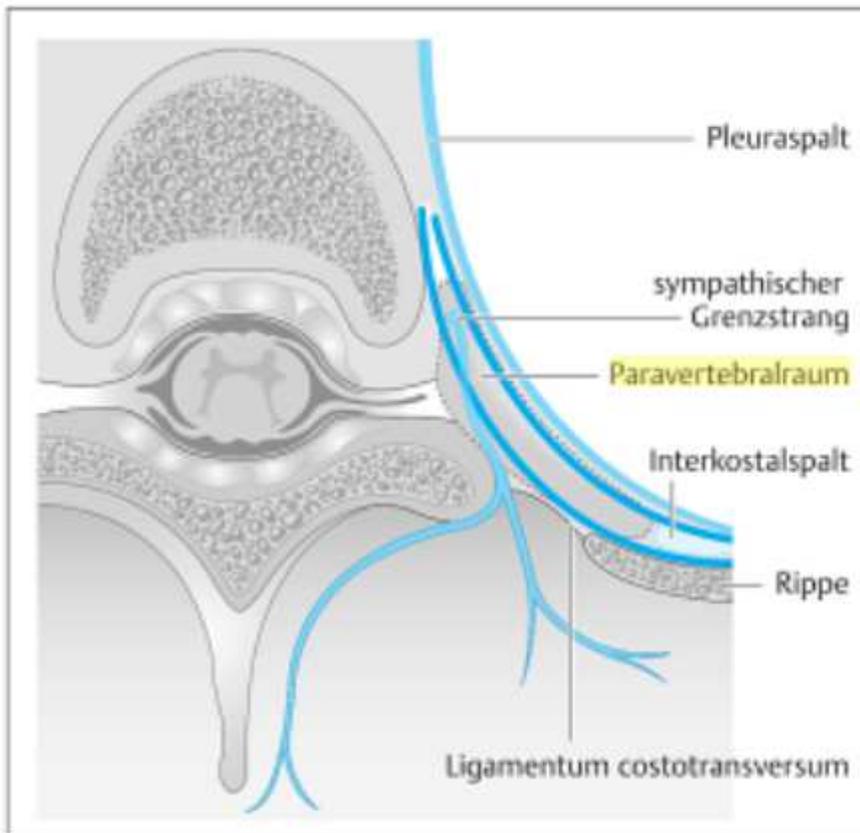


Abbildung 4: Anatomie des Paravertebralraums und seiner angrenzenden Strukturen im Bereich der Brustwirbelsäule (55)

Sonographische Darstellung

Zur sonographischen Darstellung des Paravertebralraums wird meist eine hochfrequente 50 mm 6-15 MHz Linearsonde genutzt.

Der Schallkopf wird dabei auf die Processus transversi der Wirbelsäule gelegt. Anschließend wird er parallel zur Körperachse, ca. 2-3 cm zur OP- Seite verschoben, bis die Lungengrenzen und 2 Querfortsätze gut abgebildet sind (56).



Abbildung 5: Linksseitiger Paravertebralblock mit paramedian aufgelegtem Schallkopf. Punktion in In-plane-Technik mit Nadelführung von kaudal nach kranial (56)

Das daraus resultierende Ultraschallbild sieht man in Abbildung 6. Die Lungengrenzen stellen sich dabei hyperechogen (hell) dar. Die Atembewegung ist in Echtzeit anhand der Verschiebung der Pleurablätter erkennbar. Oberhalb der Lungengrenzen befindet sich ein hypoechogener (dunkler) Raum, in welchem das Lig. costotransversarium superius liegt. Unterhalb davon liegt der Paravertebralraum (57)(56)(24).



Abbildung 6: Schema eines Ultraschallbildes einer linksseitigen Paravertebralanalgesie mit paramedian zur Sagittalachse aufgelegtem Schallkopf. 1: paraspinale Muskulatur, 2: Processus transversus, 3: Lig. costotransversarium laterale, 4: Lig. costotransversarium sup, 5: Pleura (56)

Sonografisch kontrollierte Punktion

Die Punktion des Katheters erfolgte in „inline-Technik“. Dabei wird die Punktion sonografisch kontrolliert unter Sicht in der Schallebene, sozusagen „inline“ durchgeführt. Die Stichrichtung der Punktionskanüle ist dabei von kaudal nach kranial in einem Winkel von 70°-80° zur Oberfläche der Haut. Die Punktionskanüle wird durch das Lig. costotransversarium superius in den Paravertebralraum vorgeschoben. Liegt die Nadelspitze im Paravertebralraum, wird nach negativem Aspirationsversuch 1-2ml NaCl injiziert, sodass die Pleura nach anterior bogig verdrängt wird. Ist dies der Fall, liegt der Katheter richtig und es kann zunächst eine Testdosis von Ropivacain in Kombination mit Sufentanil injiziert werden. Durch den Ultraschallkopf kann die Nadelposition während der gesamten Punktion genau lokalisiert werden, wodurch das Risiko von Verletzungen und Komplikationen deutlich gesenkt wird. Falls die Nadelspitze nicht mehr sichtbar sein sollte, wird empfohlen diese zurückzuziehen. Ein erneuter Versuch unter Sicht kann dann erfolgen (58)(56).

Komplikationen und Nebenwirkungen bei der thorakalen Paravertebralanalgesie

Bei der thorakalen Paravertebralanalgesie zeigen sich auch wegen der anatomischen Nähe des Paravertebralraums zum Spinalraum ähnliche Komplikationen und Nebenwirkungen wie bei der thorakalen Epiduralblockade. So zeigen sich ebenfalls lokale Infektionen, allergische Reaktionen auf das Lokalanästhetikum, rückenmarksnahe Hämatome durch Punktion von Gefäßen, Perforationen der Dura mater mit deren Folgen wie beispielsweise Kopfschmerzen (siehe oben) bis hin zu Verletzungen des Rückenmarks. Neben diesen ähnlichen, zeigen sich auch spezielle Komplikationen, welche typisch bei der thorakalen Paravertebralanalgesie sind (44)(47):

Der Pneumothorax. Aufgrund der anatomischen Nähe zwischen Paravertebralraum und der parietalen Pleura, kann es zur akzidentiellen Pleuraverletzung kommen und einer intrapleurale Katheterlage. Dabei kann auch das Lungenparenchym verletzt werden (56).

Epidurale oder intrathekale Katheterlage. Aufgrund der anatomischen Nähe zum Epiduralraum kann dies passieren. Es kann allerdings auch durch Diffusion des Lo-

kalanästhetikums durch das Foramen intervertebralia in den Epiduralraum zur epiduralen Wirkung kommen (56).

Das Horner Syndrom. Es kann ipsilateral bei einer hohen thorakalen Paravertebralanalgesie durch Blockade des Ganglion stellatum auftreten (47).

Nichtsdestotrotz ist die thorakale Paravertebralanalgesie ein risikoarmes Anästhesieverfahren. Mit einer Gesamtinzidenz von 5% treten Komplikationen recht selten auf (59).

2.3 Studienmedikamente

Eine Kombination aus einem Lokalanästhetikum und einem Opioid ist in seiner analgetischen Wirksamkeit effektiver als die Verwendung nur einer der beiden Substanzen (23). Aufgrund dessen wird der Analgetikaverbrauch geringer und die Konzentration des Lokalanästhetikums kann, bei gleicher Effektivität, reduziert werden (19). In unserem Fall haben wir als Lokalanästhetikum Ropivacain (0,2%) in Kombination mit dem Opioid Sufentanil (0,5 µg/ml) verwendet.

2.3.1 Ropivacain

Das Lokalanästhetikum Ropivacain (Handelsname Naropin) ist ein schwach basisches Amin. In seiner undissoziierten Form ist Ropivacain lipidlöslich. Es kann dadurch an seinen Wirkort, den Nerv, vordringen. Am Wirkort selbst wird es dissoziiert zu einem wasserlöslichen Kation und dadurch zu seiner aktiven Form. Dieses Kation blockiert den Natriumkanal (60).

Lokalanästhetika im Allgemeinen hemmen reversibel und örtlich begrenzt die Erregungsentstehung und deren Fortleitung durch eine Blockade der Natriumkanäle. Dadurch wird bei erhaltenem Bewusstsein die Schmerzempfindung ausgeschaltet. Die Lokalanästhetika wirken dabei unterschiedlich auf die verschiedenen Typen von Nervenfasern. Die Wirksamkeit nimmt mit dem Durchmesser der Nervenfasern ab. Somit werden die dünnen C-Fasern mit einem Durchmesser von ca. 0,4-1,2 µm früher ausgeschaltet als die dickeren motorischen Fasern mit einem Durchmesser von 12-20 µm (61)(62).

Der Wirkungseintritt von Ropivacain ist langsam und die Wirkdauer, bei hoher analgetischer Potenz, lang (ca. 12 Stunden) (60). Zu den Anwendungsgebieten in der Anästhesie gehören neben den rückenmarksnahen Anästhesieverfahren, auch Leitungsanästhesien und periphere Nervenblockaden. Ropivacain kann dabei kontinuierlich über einen Katheter appliziert werden (61)(63).

Ropivacain ähnelt in seinen Eigenschaften dem Lokalanästhetikum Bupivacain. Allerdings soll Ropivacain bei gleicher Blockade des Schmerzempfindens eine geringere motorische Blockade aufweisen. Zudem hat Bupivacain eine höhere Toxizität, zentralnervös und vor allem kardiotoxisch, wodurch Ropivacain im Vergleich dazu in höheren Dosen angewendet werden kann (60)(19).

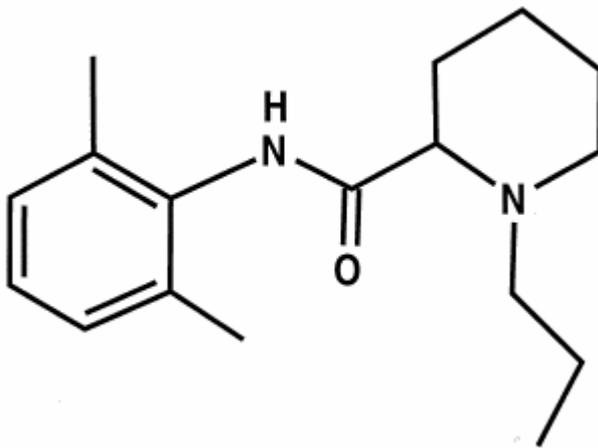


Abbildung 7: Strukturformel Ropivacain (64)

2.3.2 Sufentanil

Das Opioid Sufentanil (Handelsname Sufenta) ist ein synthetisches Opioid aus der Fentanyl-Gruppe (Alfentanil, Fentanyl, Remifentanyl, Sufentanil). Sufentanil ist derzeit das Opioid mit der höchsten analgetischen Potenz, sprich der höchsten relativen Wirkstärke in Relation zu Morphin. Dabei gilt Morphin, ein natürliches Opiat, als Referenzsubstanz für alle Opioide mit einer analgetischen Potenz von 1. Die analgetische Potenz von Sufentanil ist 1000-fach höher als die von Morphin und 7-10-fach höher als die von Fentanyl. Je höher die analgetische Potenz eines Opioids ist, desto geringer ist die benötigte Dosis, für eine vergleichbare Analgesie (60)(62).

Es gibt verschiedene Arten von Opioidrezeptoren. Man unterscheidet dabei vier Rezeptortypen, den μ (μ_1 und μ_2)-, κ -, δ - und σ -Rezeptor. Die Opiode binden mit unterschiedlicher Affinität an diese Rezeptoren und unterscheiden sich daher in ihren pharmakologischen Effekten. Sufentanil gehört dabei zu den reinen Agonisten. Diese binden mit hoher Affinität an den μ -Rezeptor und mit geringer Affinität an den κ -Rezeptor. Dies führt zu einer starken Analgesie und Sedierung, allerdings auch zu unerwünschten Nebenwirkungen wie Atemdepression, Suchterzeugung, Miosis, Bradykardie, Obstipation, Übelkeit und Erbrechen. Durch den Antagonisten Naloxon, welcher an den μ -Rezeptoren antagonistisch wirkt, können diese Nebenwirkungen aufgehoben werden (6)(60)(62).

Sufentanil erreicht seine maximale Wirkstärke bereits nach ca. 3 Minuten und hat eine Wirkdauer von 30 Minuten. Dies ermöglicht eine gute Steuerbarkeit des Opioids. Die Eliminationshalbwertszeit beträgt 2,5 Stunden. Sie ist somit kürzer als die von Fentanyl. Die Wirkstärke, Wirkdauer und die Nebenwirkungen sind dabei abhängig von der jeweiligen Dosis des Opioids und der individuellen Empfindlichkeit des Patienten (61)(6).

Für rückenmarksnahe Anästhesieverfahren ist in Deutschland neben Sufentanil auch Morphin zugelassen. Dabei ist die Anwendung des lipophilen Sufentanils analgetisch effektiver als die Verwendung hydrophiler Opiode, durch seine schnelle Verteilung in fetthaltigem Gewebe (19).

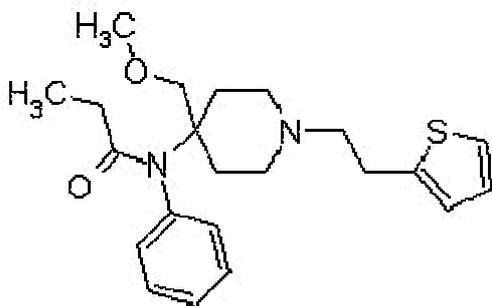


Abbildung 8: Strukturformel Sufentanil (65)

2.4 Fragestellung

Folgende Fragestellungen werden in der Studie geklärt:

- Unterscheiden sich die beiden Verfahren im Bezug auf die postoperativen Schmerzen in Ruhe und unter Belastung (primäre Zielvariable)?
- Unterscheidet sich das jeweilige Nebenwirkungsprofil (sekundäre Zielvariable) der beiden Verfahren?
- Unterscheiden sich die Mobilisierungsmaße (sekundäre Zielvariable) bei beiden Verfahren?

3 Material und Methodik

Die Studie (ISRCTN 55650235 DOI 10.1186/ISRCTN55650235) wurde mit Zustimmung der Ethikkommission bei der Ärztekammer des Saarlandes (Kenn-Nr. 40/10), in der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie des Universitätsklinikum des Saarlandes, durchgeführt. Dies geschah in Zusammenarbeit mit der Thoraxchirurgie des Universitätsklinikum des Saarlandes.

Bei der Studie handelt es sich um eine offene randomisierte unizentrische Studie, zum Vergleich einer TEA mit einer sonografisch kontrollierten PVA. Sie wurde unter Leitung des Univ.- Prof. Dr. med. Thomas Volk, Direktor der Klinik für Anästhesiologie und seiner mitbetreuenden Ärzte, Dr. med. S. Schneider und Prof. Dr. med. U. Grundmann, im Zeitraum von April 2010 bis Juli 2013 durchgeführt.

3.1 Studiendesign

Für die Studie wurden Patienten ausgewählt, welche sich einem thoraxchirurgischen Lungeneingriff in der Thoraxchirurgie am Universitätsklinikum des Saarlandes unterzogen. Die für diese Studie infrage kommenden Patienten, wurden am Vortag der Operation in der Prämedikationsambulanz der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie untersucht. Dort wurde nach ausführlicher Aufklärung der Studienteilnehmer ihr Einverständnis schriftlich festgehalten. Die Randomisierung erfolgte per Losentscheid am Operationstag. Auf diesen Umstand wurde bei der Aufklärung ausdrücklich hingewiesen.

Screening	OP-Tag	Postoperativer Tag 1-2	Nachvisite
D1	D0	D1-2	D3
Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien, Aufklärung und Einwilligung	Erneute Prüfung der Kriterien, Randomisierung und Beginn des Analgesieverfahrens	Besuche und klinische Untersuchung	

Tabelle 1: Studiendesign

3.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen wurden sowohl männliche, als auch weibliche Patienten, nach folgenden Kriterien:

3.2.1 Einschlusskriterien

- Alter > 18 Jahre
- ASA I-III
- Geplante Operation: thoraxchirurgischer Eingriff
- Einwilligung in ein rückenmarksnahe Analgesieverfahren (TEA, PVA) liegt vor

3.2.2 Ausschlusskriterien

- Patienten mit wesentlichen Einschränkungen der Leber- oder Nierenfunktion (Kreatinin > 2mg/dl, Bilirubin > 2mg/dl)
- Kontraindikationen oder bekannte Unverträglichkeit gegen eine der verwendeten Medikamente oder Verfahren
- Vorerkrankung oder Patientenumstände, die eine Untersuchung des Patienten unmöglich oder nicht sinnvoll erscheinen lassen (z.B. Demenz, fehlendes Sprachverständnis oder Sprechfähigkeit)
- Patienten mit wesentlichen kardiologischen oder neurologischen Vorerkrankungen

- Dauertherapie mit Opioiden oder Psychopharmaka, Medikamentenabhängigkeit
- Body Mass Index > 30
- ASA > III
- Kontraindikationen für die Durchführung eines rückenmarksnahen Analgesieverfahrens
- Ablehnung durch den Patienten

3.3 Patientenauswahl

Insgesamt wurden 68 Patienten in die Studie eingeschlossen. Bei 5 Patienten wurde die Studie wieder abgebrochen. In einem Fall war die Katheteranlage aufgrund starker Skoliose nicht möglich, in den anderen 4 Fällen fand die Operation nicht statt. Die weiteren 63 Patienten wurden randomisiert und per Losverfahren auf die beiden Analgesieverfahren, TEA und PVA, aufgeteilt.

- **Gruppe TEA: 30** Patienten erhielten eine thorakale Epiduralanalgesie
- **Gruppe PVA: 33** Patienten erhielten eine thorakale sonografisch kontrollierte Paravertebralanalgesie
- **Dropouts: 5**

3.4 Anästhesie und Katheteranlage

Die Vorbereitung und Prämedikation erfolgte gemäß den üblichen Standards. Die Einleitung entsprach dem üblichen klinischen Vorgehen, mit Überwachung der Vitalfunktionen wie Blutdruckmessung, EKG und O₂-Sättigung, sowie der Anlage eines venösen Zugangs und einer arteriellen Kanüle.

Sowohl die thorakale Epiduralanalgesie (TEA) als auch die thorakale Paravertebralanalgesie (PVA) wurden präoperativ im Einleitungsraum gelegt. Die Katheter können im Sitzen oder in Seitenlage gelegt werden. Beide Katheteranlagen erfolgten bei uns gemäß den üblichen Standards in sitzender Position. Dabei saßen

die Patienten im Katzenbuckel an der Hinterkante des Operationstisches. Vor dem Patienten stand ein Helfer um ihn zu stützen.

Bei der Gruppe der TEA wurde nach entsprechender Lagerung, desinfiziert und steril abgedeckt. Anschließend erfolgte die anatomische Orientierung und das Spritzen eines Lokalanästhetikums, bevor auf Höhe von Th 4/5, 5/6 oder 6/7 der Katheter (18 gx8 cm Nadel: B. Braun Medical Inc.) median mittels „loss of resistance“- Technik (LOR- Technik) gelegt wurde. Bei Aspiration von Blut, Schmerzen oder neu aufgetretenen Parästhesien, wurde der Katheter entfernt und eine erneute Punktion durchgeführt. Zur Überprüfung und Identifikation der korrekten Lage des Katheters wurde eine Testdosis Ropivacain (0,2 %) in Kombination mit Sufentanil (0,5 µg/ml) appliziert. Danach erfolgte die Standardmäßige kontinuierliche Gabe von 8 ml/h Ropivacain (0,2 %) in Kombination mit Sufentanil (0,5 µg/ml) mittels einer Schmerzpumpe.

Bei der Gruppe der PVA wurde ebenfalls nach entsprechender Lagerung, desinfiziert und steril abgedeckt. Anschließend erfolgte die anatomische Orientierung und das Spritzen eines Lokalanästhetikums, bevor auf Höhe von Th 4/5, 5/6 oder 6/7 der Katheter ca. 3 cm lateral der Medianlinie, auf der Seite die vom Eingriff betroffen ist, gelegt wurde. Das Einführen der 18 gx8 cm Katheternadel (B. Braun Medical Inc.) erfolgte unter sonographischer Sicht (HFLx50 Sonosite, Fujifilm Sonosite GmbH, Frankfurt, Germany) in inline- Technik. Die Identifikation des Paravertebralraumes erfolgte über einen 1 ml Bolus NaCl. Bei Aspiration von Blut, Schmerzen oder neu aufgetretenen Parästhesien, wurde der Katheter entfernt und eine erneute Punktion durchgeführt. Anschließend wurde eine Testdosis von Ropivacain (0,2 %) in Kombination mit Sufentanil (0,5 µg/ml) appliziert. Alle Katheter wurden getunnelt und im Anschluss steril fixiert. Danach erfolgte standardmäßig die kontinuierliche Gabe von 8ml/h Ropivacain (0,2 %) in Kombination mit Sufentanil (0,5 µg/ml) mittels einer Schmerzpumpe.

Die Narkoseinduktion wurde gemäß den üblichen Standards durchgeführt. Die Narkoseaufrechterhaltung erfolgte als total intravenöse Anästhesie (TIVA) mit Propofol und Remifentanil.

Die Ausleitung erfolgte gemäß den üblichen Standards. Beim Verschluss des Thorax wurden zusätzlich 30 mg/kgKG Metamizol verabreicht.

3.5 Datenerhebung

Beide Patientengruppen wurden postoperativ standardisiert überwacht. Die Patienten beider Katheterverfahren wurden visitiert. Die Visiten erfolgten unverblindet. Bei den Visiten wurden die im CRF (Case Report Form)-Bogen (siehe Anlage 1) aufgeführten Daten erhoben. In diesem CRF-Bogen sind alle zu erfassenden Messwerte der Studie zusammengestellt (siehe unten: 3.6). Die Besuche und klinische Untersuchung der Patienten erfolgten zu neun Zeitpunkten, an vier darauffolgenden Tagen. Der erste Tag entsprach dem Operationstag. An diesem erfolgten drei Visiten: Eine präoperativ, eine 15 Minuten nach Katheteranlage und eine am Abend der Operation. Am Abend der Operation wurden die Patienten im Aufwachraum oder der Intensivstation aufgesucht. Die weiteren Untersuchungen erfolgten dann je nach Zustand des Patienten wieder auf der thoraxchirurgischen Station oder der Intensivstation. Der zweite Tag entsprach dem ersten postoperativen Tag. An diesem erfolgten zwei Visiten mit klinischer Untersuchung. Eine am Morgen und eine am Abend. Der dritte Tag kongruierte mit dem zweiten postoperativen Tag. An diesem erfolgten ebenfalls zwei Visiten, eine am Morgen und eine am Abend. Der vierte Tag glich dem dritten postoperativen Tag. An diesem fand eine Nachvisite mit Abschlussuntersuchung statt.

Zudem erfolgte zweimal täglich eine Befragung des Patienten, eine Kontrolle des Schmerzkatheters durch einen anästhesiologischen Schmerzdienst, sowie eine ständige Überprüfung des laufenden Analgesieverfahrens durch das Stationspersonal.

Am ersten Tag erfolgte präoperativ zunächst die Erfassung und Überprüfung der demographischen Daten. Anschließend wurden die Patienten ausführlich über den Gebrauch der im CRF- Bogen verwendeten Skalen (siehe unten, 3.6.1 Erklärungen zu den spezifischen Tests) eingewiesen und mit der Durchführung der Tests und Untersuchungen im Verlauf der Studie vertraut gemacht. Bei der Katheteranlage selbst, wurde die Höhe des Katheters, die Anlageprozesszeit und Komplikationen während der Katheteranlage notiert. Zudem das sensible Niveau auf beiden Seiten des Thoraxes im Vergleich.

Die Beurteilung der Schmerzintensität der beiden Patientengruppen, erfolgte über die Nutzung einer subjektiven numerischen Skala von 0-10. Der Patient schätzt dabei

seine Schmerzen ein. 0 bedeutet kein Schmerz, 10 maximal vorstellbare Schmerzen. Dabei wurde nach dem jeweiligen Schmerzniveau in Ruhe, beim Husten und rückblickend, dem Schmerzmaximum seit der letzten klinischen Untersuchung, gefragt. Zudem wurde zur weiteren Beurteilung der Schmerzintensität, die Analgetika-Einnahme erfasst. Durch die wiederholte klinische Untersuchung und Befragung der Patienten, war es möglich den Erfolg der Schmerztherapie zu verfolgen sowie den zeitlichen Schmerzverlauf zu beurteilen.

Zum Vergleich der beiden Schmerzkatheterverfahren, in Bezug auf das Nebenwirkungsprofil, wurden die Patienten zu Sedierung, Pruritus, Übelkeit, Erbrechen und Harnverhalt untersucht und die Ergebnisse schriftlich im CRF-Bogen festgehalten. Das Restharnvolumen wurde mit Hilfe des Blasenvolumenmessgerätes „Bladder Scan BVI 9400“ gemessen, allerdings nur, wenn kein Blasenkatheter beim Patienten lag. Dies war aufgrund der Schwere des chirurgischen Eingriffes selten der Fall. Deswegen ist die Datenlage sehr gering und zur Auswertung nicht geeignet.

Außerdem wurden Unterschiede der Mobilisierungsmaße anhand des CRF-Bogens erfasst. Es wurde protokolliert, ob der Patient zum Untersuchungszeitpunkt liegen, an der Bettkante sitzen, stehen, eingeschränkt gehen oder bereits uneingeschränkt gehen konnte und zur Selbstversorgung fähig war. Man erwartete, dass die Patienten am ersten postoperativen Tag bereits an der Bettkante saßen und am zweiten postoperativen Tag zum eingeschränkten Gehen fähig waren.

Daneben wurden zum Vergleich der postoperativen Lungenfunktion weitere Tests durchgeführt. Ein Test davon war ein Lungenfunktionstest. Dieser wurde anhand eines mobilen Spirometers durchgeführt. Dazu wurde zunächst vor jedem thoraxchirurgischen Eingriff die Lungenfunktion mittels Lungenfunktionsmessung untersucht. Hierbei war vor allem die forcierte Einsekundenkapazität (FEV1), zur Abschätzung des Operationsrisikos wichtig. Darüber hinaus wurde noch der Peak expiratory flow (PEF: maximale Atemstromstärke), die forcierte Vitalkapazität (FVC: Lungenvolumen, welches nach maximaler Inspiration forciert ausgeatmet werden kann) sowie die Atemfrequenz gemessen. Diese pulmonalen Funktionswerte gehören zum Standard für thoraxchirurgische Eingriffe. Für diese Werte gibt es Sollwerte, welche sich aus Alter, Gewicht und Körpergröße berechnen lassen. Zudem wurde die Höhe der Bälle beim Triflo –ein Atemtrainer zum Training der Einatemmuskulatur- gemessen.

Darüber hinaus wurden die Sättigung in Prozent, sowie die Blutgasanalysewerte $p\text{SO}_2$, $p\text{aCO}_2$, $p\text{aO}_2$ und der pH notiert.

3.6 CRF-Bogen

CRF- Bogen: Die zu erfassenden Messwerte. Die geschwärtzten Felder wurden nicht erfasst (siehe Anhang – Abbildung (Anh) 1: CRF-Bogen).

3.6.1 Erklärungen zu den spezifischen Tests

Numerische Schmerzskala: Skala zwischen 0-10 (0= kein Schmerz, 10= maximal vorstellbarer Schmerz)

Sedierungs-Score: Skala zwischen 1-5 (1= aufmerksamer, ruhiger Patient, 2= schläfrig, 3= mäßige Sedierung, 4= unruhig, 5= nicht erweckbar)

Pruritus- Score: Skala zwischen 1-3 (1= kein Juckreiz, 2= mäßiger Juckreiz, 3= starker Juckreiz)

Übelkeit- Score: Skala zwischen 1-3 (1= keine Übelkeit, 2= mäßige Übelkeit, 3= starke Übelkeit)

3.7 Zielsetzung der Studie

Zielsetzung der Studie war der Vergleich der thorakalen epiduralen und paravertebralen Analgesie nach thoraxchirurgischen Eingriffen, vor allem in Bezug auf das postoperative Schmerzniveau. Das Schmerzniveau wurde anhand einer numerischen Schmerzskala und der benötigten Schmerzmedikation verglichen.

Als zweite Zielsetzung der Studie wurden ebenfalls die unerwünschten Nebenwirkungen der Schmerzmedikation wie Übelkeit, Erbrechen, Pruritus und Sedierung, sowie die unterschiedlichen Mobilisierungsmaße postoperativ miteinander verglichen.

Die erfassten Daten über die postoperative Lungenfunktion, werden in einer anderen Doktorarbeit ausgewertet und behandelt.

3.8 Statistik

Die statistischen Auswertungen wurden mit dem Programm „SPSS“ durchgeführt. Die quantitativen Variablen wurden auf Normalverteilung geprüft. Abhängig davon wurde der zweiseitige Student-t-Test für unverbundene Stichproben oder der zweiseitige Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Die p-Werte wurden mittels Mann-Whitney-U-Test, Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fischer berechnet. Bei einer erwarteten Häufigkeit kleiner 5, bei mehr als einer Zelle, wurde der exakte Test nach Fischer angewendet. Die p-Wert Adjustierung erfolgte nach Holm. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt.

Wegen der Annahme, dass die NRS-Werte nicht Normalverteilt sind, erfolgte deren Darstellung als Median und dessen 95% Konfidenzintervall. Die restlichen Werte wurden als Mittelwert \pm Standardabweichung oder als absolute und relative Zahlen (%) angegeben.

Die statistische Planung und Auswertung der Studie erfolgte in Kooperation mit dem Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Medizinische Informatik der Universität des Saarlandes.

4 Ergebnisse

Die Studie wurde im Zeitraum von April 2010 bis Juli 2013 durchgeführt. Insgesamt wurden in diesem Zeitraum 68 Patienten in die Studie eingeschlossen. In vier Fällen fand die Operation nicht statt, so dass diese Patienten zwar aufgeklärt wurden, allerdings nicht randomisiert. Die restlichen 64 Patienten wurden randomisiert und per Losverfahren auf die TEA-Gruppe und die PVA-Gruppe aufgeteilt. 31 Patienten wurden der TEA-Gruppe zugelost, 33 Patienten der PVA-Gruppe. In der TEA-Gruppe war aufgrund starker Skoliose die Katheteranlage bei einem Patienten nicht möglich. Der Patient wurde daher für die weitere Studie ausgeschlossen. Insgesamt gab es 5 Patienten welche für die weitere Analyse keine Rolle spielten.

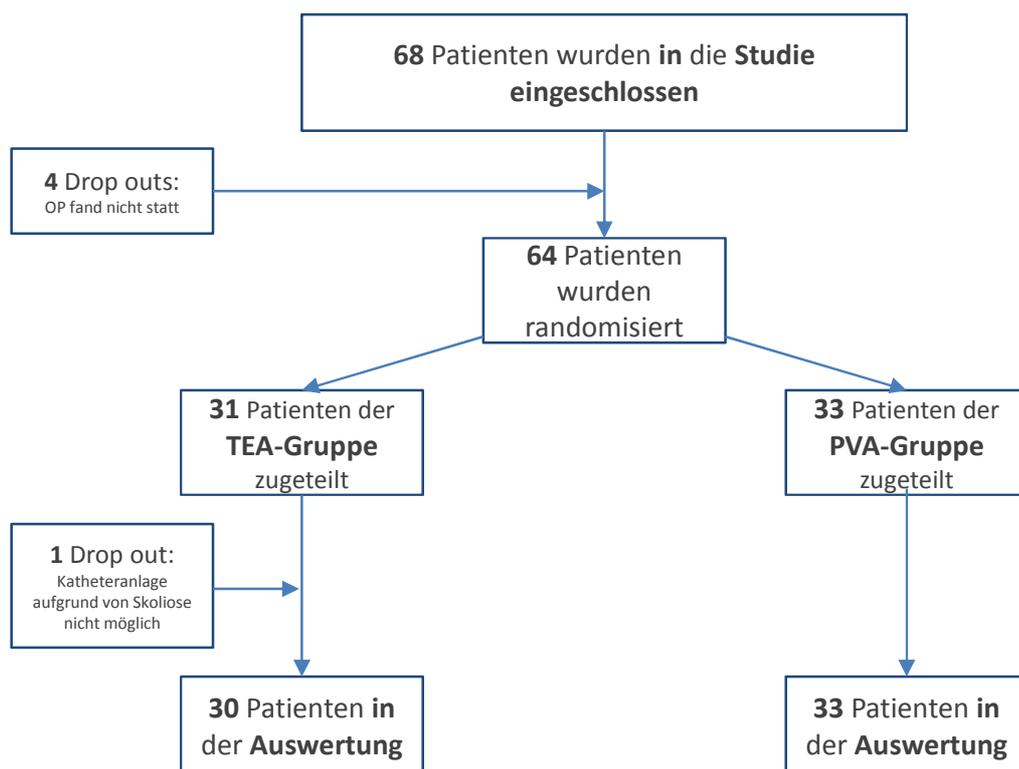


Abbildung 9: Flussdiagramm der Studienteilnehmer

4.1 Demographische Daten

Die demographischen Daten wurden bei der ersten Untersuchung des Patienten erhoben. Um die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen (TEA und PVA) zu gewährleisten, wurden diese hinsichtlich ihrer demographischen Daten verglichen. Die TEA-Gruppe bestand aus 8 (27%) Frauen und 22 (73%) Männern mit einem Altersdurchschnitt von 62,2 Jahren. Die PVA-Gruppe bestand aus 9 (27%) Frauen und 24 (73%) Männern mit einem Altersdurchschnitt von 63,7 Jahren. In der TEA-Gruppe hatten die Patienten eine Durchschnittsgröße von 173,6 cm und ein Durchschnittsgewicht von 79,9 kg. Das ergab einen durchschnittlichen BMI von 26,3 kg/m². In der PVA-Gruppe hatten die Patienten eine Durchschnittsgröße von 173 cm und ein Durchschnittsgewicht von 81,7 kg. Das ergab einen durchschnittlichen BMI von 27,2 kg/m². Damit zeigten die beiden Studiengruppen im Bezug auf die demographischen Daten keine signifikanten Unterschiede.

	TEA-Gruppe (n=30)	PVA-Gruppe (n=33)	p-Wert
Geschlecht (w/m)	8 (27%)/ 22 (73%)	9 (27%)/ 24 (73%)	0,603
Alter (Jahre)	62,2 ± 11,9	63,7 ± 13	0,679
Größe (cm)	173,6 ± 9,1	173 ± 8	0,761
Gewicht (kg)	79,9 ± 18,6	81,7 ± 17,1	0,478
BMI (kg/m²)	26,3 ± 4,5	27,2 ± 5,2	0,394

Tabelle 2: Demographische Daten: Die Daten sind als Anzahl (Häufigkeit in %) oder als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben. Die p-Werte (< 0,05) wurden durch Chi-Quadrat-Test ermittelt. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert ≤ 0,05 festgelegt. BMI= Body Mass Index

4.2 Daten zur Katheteranlage

Der Vergleich der beiden Verfahren in Bezug auf die Anlageprozesszeit erfolgt in Tabelle 3. Dabei wurde die Zeit ab der (ersten) Punktion bis zur Gabe der Testdosis mit Ropivacain (0,2 %) in Kombination mit Sufentanil (0,5 µg/ml), gemessen. Die Anlageprozesszeit der Katheter beträgt bei der TEA-Gruppe im Durchschnitt 3,5 Minu-

ten, bei der PVA-Gruppe 7 Minuten. Der Unterschied im Gruppenvergleich ist statistisch signifikant.

Ebenfalls ist die Anzahl der benötigten Punktionen für die Katheteranlage in Tabelle 3 dargestellt. Das Maximum an Punktionen betrug bei der TEA-Gruppe 3, bei der PVA-Gruppe 2. Die durchschnittliche Anzahl der Punktionen bei der TEA-Gruppe 1,3 und bei der PVA-Gruppe 1,09. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant.

Zwei Paravertebralkatheter wurden versehentlich intrapleural gelegt. Diese wurden durch die Chirurgen intraoperativ unter direkter Sicht zurück in den Paravertebralraum platziert. Ansonsten traten keine weiteren Komplikationen auf.

	TEA- Gruppe (n=30)	PVA-Gruppe (n=33)	p-Wert
Anlageprozesszeit Katheter (min)	3,5 ± 2,4	7 ± 4,1	0,000
Punktionen	1,3 ± 0,6	1,09 ± 0,3	0,111

Tabelle 3: Daten zur Katheteranlage: Die Daten sind als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben. Die p-Werte (< 0,05) wurden durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Ergebnisse mit statistischer Signifikanz (p < 0,05) sind fett markiert. Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

4.3 Schmerzen

4.3.1 Schmerzen in Ruhe

Die erhobenen Daten zu „Schmerzen in Ruhe“ sind in Tabelle 4 erfasst. In der TEA-Gruppe betrug der mediane NRS- Wert auf einer Skala von 0-10 im gesamten Beobachtungszeitraum maximal 2. Die größten Schmerzen gaben die Patienten der PVA- Gruppe an. Diese lagen bei einem maximalen medianen NRS-Wert von 3. Der minimale NRS-Wert betrug bei beiden Gruppen 0. Es konnte durch beide

Katheterverfahren eine gute Kontrolle der Schmerzen in Ruhe erreicht werden. Zu keinem Zeitpunkt war der Unterschied der beiden Gruppen statistisch signifikant.

Schmerzen in Ruhe (NRS: 0-10) zum Zeit- punkt	TEA-Gruppe (n=30)	PVA-Gruppe (n=33)	p-Wert
0 (prä OP-Tag)	0,00 (0)	0,00 (0)	1,000
1 (15 min postblock)	0,00 (0)	0,00 (0)	1,000
2 (OP-Tag abends)	2,00 (5)	3,00 (5)	1,000
3 (1. post OP-Tag morgens)	0,00 (3)	2,00 (4)	0,096
4 (1. post OP-Tag abends)	1,00 (3)	2,00 (4)	0,135
5 (2. post OP-Tag morgens)	1,50 (3)	0,00 (3)	1,000
6 (2. post OP-Tag abends)	0,50 (2)	0,00 (3)	1,000
7 (3. post OP-Tag)	0,00 (1)	0,00 (2)	1,000

Tabelle 4: Schmerzen in Ruhe. Darstellung des Medians und in Klammern des Interquartilbereichs in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die p-Werte (< 0,05) wurden durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der thorakalen Paravertebralanalgesie (PVA). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

In Abbildung 10 sind die erhobenen Daten zu „Schmerzen in Ruhe“ als Median dargestellt. Diese Darstellung verdeutlicht nochmals das Schmerzmaximum bei beiden Patientengruppen zum Zeitpunkt 2, dem Abend der Operation. Ab diesem Zeitpunkt bis zum Morgen des zweiten postoperativen Tags, gaben die Patienten der PVA-Gruppe stärkere Schmerzen als die Patienten der TEA-Gruppe an. Statistisch signifikant war der Unterschied zwischen den beiden Gruppen jedoch nicht.

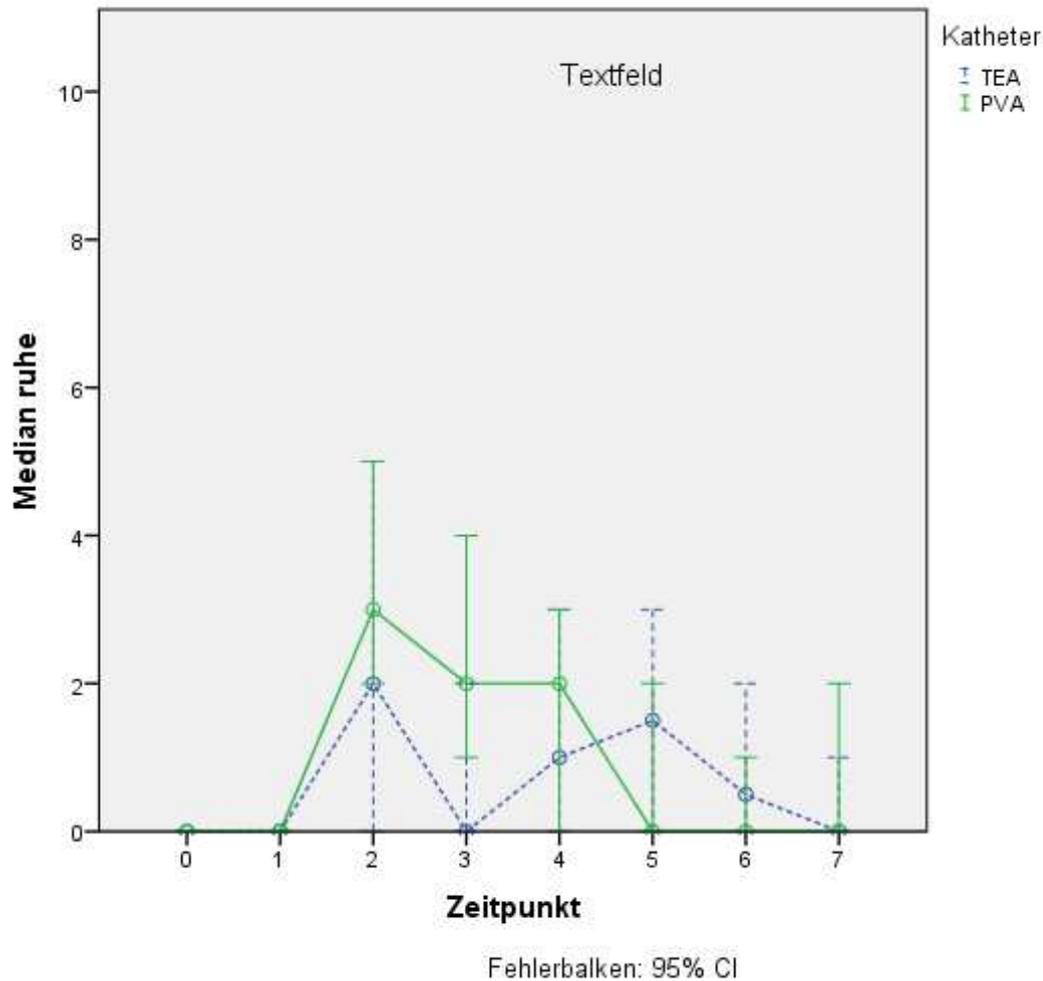


Abbildung 10: Schmerzen in Ruhe. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der thorakalen Paravertebralanalgesie (PVA). Darstellung des Medians und des 95% Konfidenzintervalls des Medians in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die Zeitpunkte 0-7 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum dritten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Dritter postoperativer Tag (Zeitpunkt 7). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

4.3.2 Schmerzen beim Husten

Tabelle 5 gibt die erhobenen Daten zu „Schmerzen beim Husten“ wieder. Die höchsten Schmerzen wurden von der PVA-Gruppe am ersten postoperativen Tag abends, mit einem medianen NRS-Wert von 5,5 angegeben. Das Schmerzmaximum der

TEA-Gruppe war niedriger und lag im Median bei einem NRS-Wert von 5. Allerdings lagen bei der TEA-Gruppe zu 3 Zeitpunkten im Median NRS-Werte von 5 vor, dem Abend der Operation, dem Abend des ersten postoperativen Tages und dem Morgen des zweiten postoperativen Tages. Im gesamten Beobachtungszeitraum erreichten die Unterschiede in den beiden Gruppen allerdings keine statistische Signifikanz.

Schmerzen beim Husten (NRS: 0-10) zum Zeit- punkt	TEA-Gruppe (n=30)	PVA-Gruppe (n=33)	p-Wert
0 (prä OP-Tag)	0,00 (0)	0,00 (0)	1,000
1 (15 min postblock)	0,00 (0)	0,00 (1)	1,000
2 (OP-Tag abends)	5,00 (5)	5,00 (4)	1,000
3 (1. post OP-Tag morgens)	4,00 (4)	5,00 (4)	1,000
4 (1. post OP-Tag abends)	5,00 (5)	5,50 (3,8)	0,704
5 (2. post OP-Tag morgens)	5,00 (3)	5,00 (3)	1,000
6 (2. post OP-Tag abends)	4,00 (4)	4,00 (5)	1,000
7 (3. post OP-Tag)	3,00 (3)	3,00 (4)	1,000

Tabelle 5: Schmerzen beim Husten. Darstellung des Medians und in Klammern des Interquartilsbereichs in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die p-Werte (< 0,05) wurden durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt. Vergleich der thorakalen Epiduralanalogie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalogie (PVA). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

Die erhobenen Schmerzwerte beim Husten sind nochmals in Abbildung 11 dargestellt. Die Patienten der PVA-Gruppe, gaben am ersten postoperativen Tag stärkere Schmerzen an, wobei zu diesen Zeitpunkten auch kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen nachgewiesen werden konnte. Zu den anderen Zeitpunkten sind die NRS-Werte der beiden Gruppen im Median identisch.

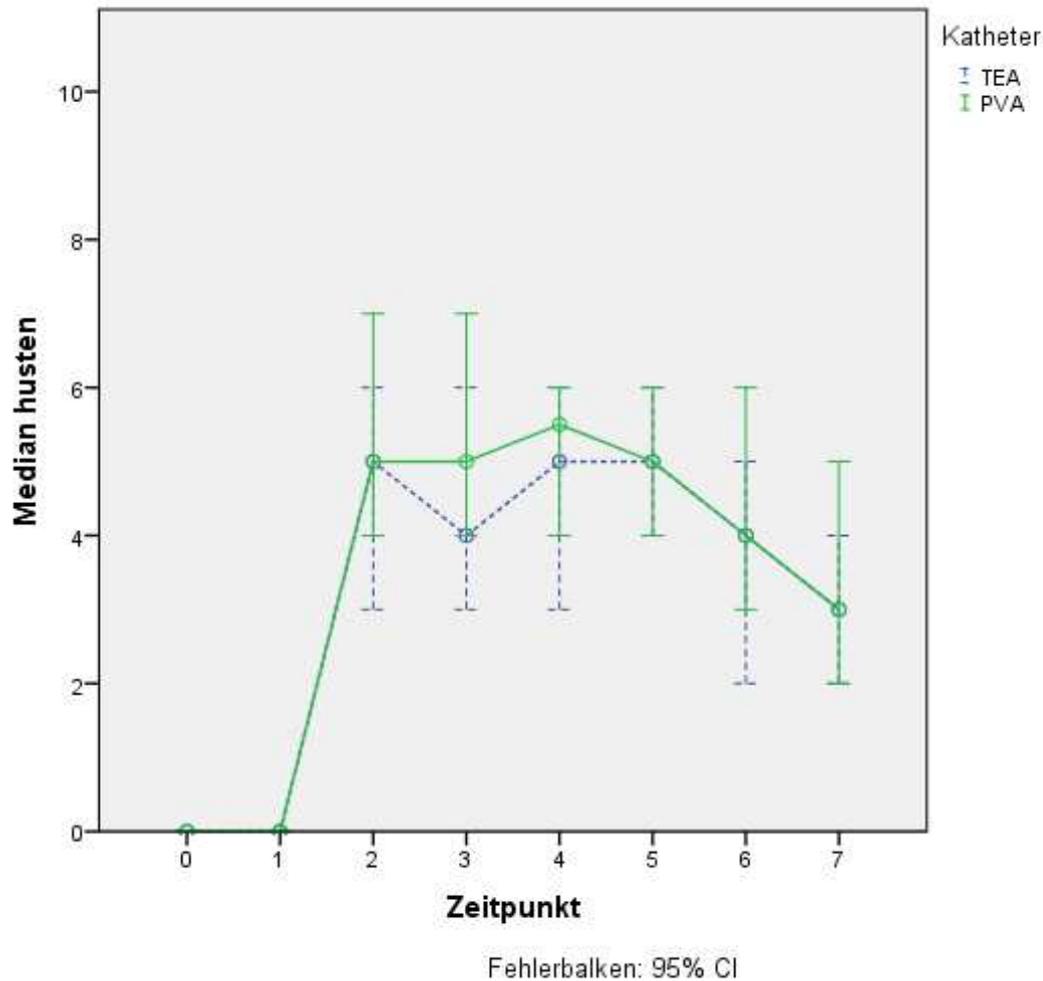


Abbildung 11: Schmerzen beim Husten. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalgesie (PVA). Darstellung des Medians und des 95% Konfidenzintervalls des Medians in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die Zeitpunkte 0-7 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum dritten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Dritter postoperativer Tag (Zeitpunkt 7). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

4.3.3 Maximaler Schmerz seit der letzten Befragung

Eine Darstellung der „maximalen Schmerzen seit der letzten Befragung“ zeigt Tabelle 6. Die maximale Schmerzstärke der beiden Gruppen, wurde jeweils mit einem NRS-Wert im Median von 6 angegeben. In der PVA-Gruppe wurde dieses Schmerz-

maximum zu drei Zeitpunkten angegeben: Am Abend des Operationstages und jeweils am Morgen und Abend des ersten postoperativen Tages. In der TEA-Gruppe gab es zu zwei Zeitpunkten den maximalen NRS-Wert von 6, ebenfalls am Abend der Operation und am Morgen des ersten postoperativen Tages. Zu keinem Zeitpunkt der Befragung waren die Unterschiede der beiden Gruppen allerdings statistisch signifikant.

Maximaler Schmerz seit letzter Befragung (NRS: 0-10) zum Zeitpunkt	TEA-Gruppe (n=30)	PVA-Gruppe (n=33)	p-Wert
0 (prä OP-Tag)	0,00 (1)	0,00 (0)	1,000
1 (15 min postblock)	0,00 (2)	3,00 (4)	1,000
2 (OP-Tag abends)	6,00 (6)	6,00 (5)	1,000
3 (1. post OP-Tag morgens)	6,00 (5)	6,00 (4)	1,000
4 (1. post OP-Tag abends)	5,00 (4)	6,00 (4)	1,000
5 (2. post OP-Tag morgens)	5,00(4)	5,00 (4)	1,000
6 (2. post OP-Tag abends)	4,00 (3)	5,00 (4)	1,000
7 (3. post OP-Tag)	4,00 (5)	4,00 (5)	1,000

Tabelle 6: Maximaler Schmerz seit der letzten Befragung. Darstellung vom Median und Interquartilbereichs mit Hilfe der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die p-Werte (< 0,05) wurden durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert \leq 0,05 festgelegt. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalgesie (PVA). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

Eine weitere Darstellung der erhobenen Daten zu den „maximalen Schmerzen seit der letzten Befragung“ erfolgt in Abbildung 12. Die Werte sind als Median mit dem 95 % Konfidenzintervalls dargestellt. Das Schmerzmaximum wird bei beiden Gruppen am Abend der Operation erreicht. Zu keinem Zeitpunkt war der Unterschied zwischen beiden Gruppen statistisch signifikant.

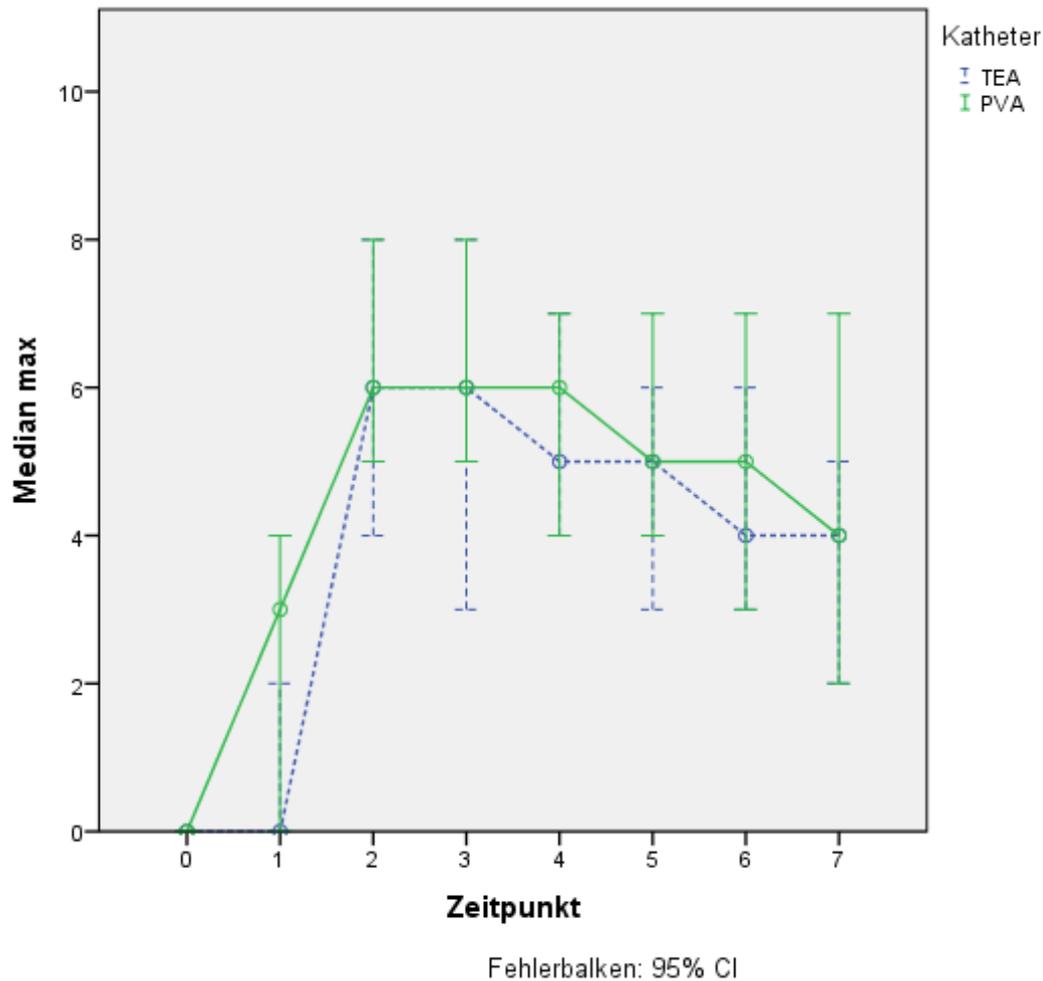


Abbildung 12: Maximaler Schmerz seit der letzten Befragung. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalgesie (PVA). Darstellung des Medians und des 95% Konfidenzintervalls des Medians in der "Numeric Rating Scale" (NRS) von 0-10. Die Zeitpunkte 0-7 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum dritten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Dritter postoperativer Tag (Zeitpunkt 7). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

4.4 Analgetikaverbrauch

Die Tabelle 7 zeigt den Piritramidverbrauch der beiden Kathetergruppen über den gesamten Beobachtungszeitraum kumulativ in mg. Falls im Studienverlauf andere Opiode wie Piritramid genutzt wurden, wurden diese mittels Opioid-

Umrechnungstabelle in die entsprechend adäquate Piritramidmenge umgerechnet. Der maximale Piritramidverbrauch eines Patienten während des Beobachtungszeitraumes liegt in der TEA-Gruppe bei 260 mg und in der PVA-Gruppe bei 189 mg. Der minimale Piritramidverbrauch eines Patienten liegt in der TEA-Gruppe bei 25 mg und der PVA-Gruppe bei 12 mg. Die TEA-Gruppe hat somit einen höheren Maximal- und Minimalverbrauch. Der Gesamtpiritramidverbrauch beträgt im Mittel 100,4 mg in der TEA-Gruppe. In der PVA-Gruppe beträgt der Gesamtpiritramidverbrauch etwas mehr, mit im Mittel 103,44 mg. Der Unterschied der beiden Gruppen ist allerdings von keiner statistischen Signifikanz.

Piritramidverbrauch über den gesamten Beobachtungszeitraum	TEA-Gruppe (n=30)	PVA-Gruppe (n=33)	p-Wert
Mittelwert (mg)	100,400 ± 59,04	103,438 ± 47,83	0,375
Maximum (mg)	260	189	-
Minimum (mg)	25	12	-

Tabelle 7: Piritramidverbrauch über den gesamten Studienzeitraum. Die Daten sind als Mittelwert ± Standardabweichung in mg angegeben. Der p-Wert (< 0,05) wurde durch Mann-Whitney-U-Test ermittelt. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert ≤ 0,05 festgelegt. Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

In Abbildung 13 ist der Piritramidverbrauch über den gesamten Beobachtungszeitraum“ kumulativ in mg, als Balkendiagramm dargestellt. Beide Gruppen haben einen Mittelwert, welcher über 100 mg und unter 105 mg Piritramid liegt. Die beiden Balken sind sich sehr ähnlich. Der Unterschied der beiden Gruppen ist statistisch nicht signifikant.

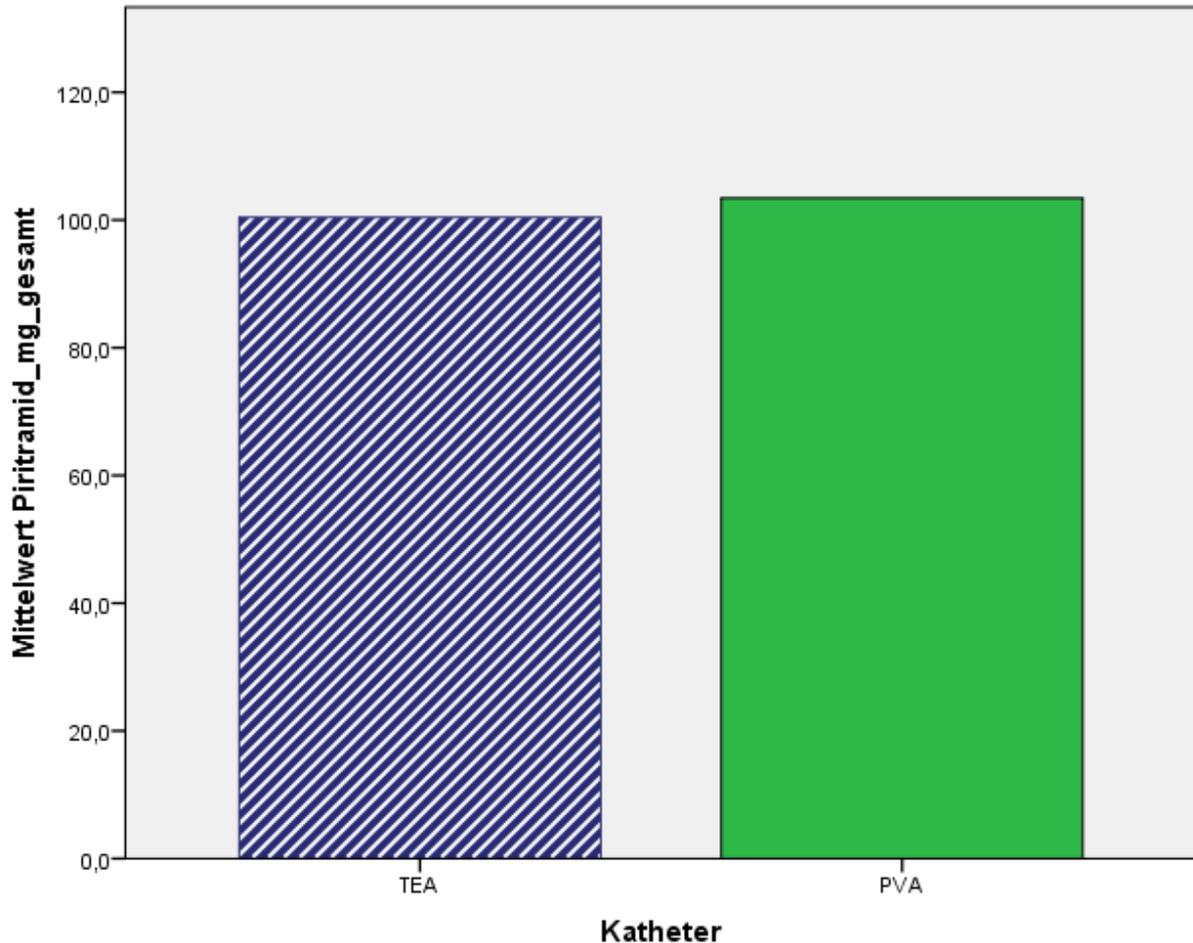


Abbildung 13: Piracetamidverbrauch über den gesamten Zeitraum. Vergleich der thorakalen Epiduralanalgesie (TEA) mit der paravertebralen Katheteranalgesie (PVA). Die Daten sind als Mittelwert angegeben. Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

4.5 Nebenwirkungen

Nebenwirkungen der Therapie mit Lokalanästhetika und Opioiden können unter anderem Übelkeit, Pruritus und eine übermäßige Sedierung sein(66). Diese Nebenwirkungen wurden in der Studie untersucht und sind im Folgenden ausgewertet.

4.5.1 Übelkeit

Eine Auflistung der aufgetretenen Übelkeit (Score von 1-3), zu den verschiedenen Beobachtungszeitpunkten erfolgt in der Tabelle 8. Die TEA-Gruppe litt am Morgen des zweiten postoperativen Tages am stärksten unter Übelkeit. Dabei hatten 21 Pa-

tienten (70%) keine Übelkeit, 7 Patienten (23,3%) mäßige Übelkeit und 2 Patienten (6,7%) starke Übelkeit. Im Gegensatz dazu litt die PVA-Gruppe am Morgen des ersten postoperativen Tages am meisten unter Übelkeit. Dabei hatten von 33 Patienten, 23 (69,7%) keine Übelkeit, 7 (21,2%) mäßige Übelkeit und 3 (9,1%) starke Übelkeit. Alle 63 Patienten aus beiden Gruppen zusammen genommen, litten auch die meisten Patienten am Morgen des ersten postoperativen Tages unter starker Übelkeit, mit 4 Patienten (6,3%). Zu den Zeitpunkten 1 und 2 herrscht in beiden Gruppen keine Übelkeit. Die Unterschiede der beiden Gruppen sind gering, sie unterscheiden sich statistisch nicht signifikant voneinander.

Übelkeit (1-3) zum Zeitpunkt	Score	TEA-Gruppe (n=30)		PVA-Gruppe (n=33)		Gesamt (n=63)		p-Wert
		absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	
0 (prä OP-Tag)	1	30	100%	33	100%	63	100%	1,000
	2	0	0%	0	0%	0	0%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
1 (15 min postblock)	1	30	100%	33	100%	63	100%	1,000
	2	0	0%	0	0%	0	0%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
2 (OP-Tag abends)	1	22	73,3%	24	72,7%	46	73%	1,000
	2	6	20%	9	27,3%	15	23,8%	
	3	2	6,7%	0	0%	2	3,2%	
3 (1. post OP-Tag morgens)	1	22	73,3%	23	69,7%	45	71,4%	1,000
	2	7	23,3%	7	21,2%	14	22,2%	
	3	1	3,3%	3	9,1%	4	6,3%	
4 (1. post OP-Tag abends)	1	23	76,7%	25	75,8%	48	76,2%	1,000
	2	5	16,7%	7	21,2%	12	19%	
	3	2	6,7%	1	3,0%	3	4,8%	
5 (2. post OP-Tag morgens)	1	21	70%	28	84,8%	49	77,8%	1,000
	2	7	23,3%	4	12,1%	11	17,5%	
	3	2	6,7%	1	3,0%	3	4,8%	
6 (2. post OP-Tag abends)	1	27	90%	30	90,9%	57	90,5%	1,000
	2	3	10%	2	6,1%	5	7,9%	
	3	0	0%	1	3,0%	1	1,6%	

Tabelle 8: Übelkeit. Die Daten sind als absolute und relative Zahlen in Prozent (%) angegeben. Die P-Werte wurden mittels Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fischer berechnet. Bei einer erwarteten Häufigkeit kleiner 5, bei mehr als einer Zelle, wurde der exakte Test nach Fischer angewendet. Die p-Wert Adjustierung erfolgte nach Holm. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt. Übelkeits- Score von 1-3. (1= keine Übelkeit, 3= starke Übelkeit)

mit Erbrechen). Die Zeitpunkte 0-6 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum zweiten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

4.5.2 Pruritus

Die Darstellung des Pruritus auf einem Score von 1-3 erfolgt in der Tabelle 9. Tendenziell lässt sich dabei sagen, dass Pruritus eine seltene Nebenwirkung ist. Präoperativ und 15 Minuten nach Katheteranlage gibt keiner der Patienten Pruritus an. Am zweiten postoperativen Tag litten die Patienten beider Gruppen am stärksten unter Pruritus. Von insgesamt 63 (100 %) Patienten, gaben 56 (88,9 %) keinen Juckreiz, 6 (9,5 %) mäßigen Juckreiz und 1 (1,6 %) Patient starken Juckreiz an. Die Patienten der TEA-Gruppe, hatten ebenfalls am zweiten postoperativen Tag insgesamt den stärksten Pruritus. So gaben zwar 24 (80 %) keinen Juckreiz an, allerdings 5 (16,7 %) mäßigen und 1 (3,3 %) Patient starken Juckreiz an. Dies war der einzige Patient zum einzigen Zeitpunkt im gesamten Beobachtungszeitraum, welcher starken Juckreiz angab. Ansonsten wurde höchstens mäßiger Juckreiz angegeben. In der PVA-Gruppe hatten die Patienten tendenziell weniger Juckreiz. Am Abend des Operationstages, am Morgen des ersten postoperativen Tages und am Morgen des zweiten postoperativen Tages gab nur jeweils 1 (3,0%) Patient aus der PVA-Gruppe mäßigen Juckreiz an. Die Unterschiede der beiden Gruppen zeigten dabei keine statistische Signifikanz.

Pruritus (1-3) zum Zeitpunkt	Score	TEA-Gruppe (n=30)		PVA-Gruppe (n=33)		Gesamt (n=63)		p-Wert
		absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	
0 (prä OP-Tag)	1	30	100%	33	100%	63	100%	1,000
	2	0	0%	0	0%	0	0%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
1 (15 min postblock)	1	30	100%	33	100%	63	100%	1,000
	2	0	0%	0	0%	0	0%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
2 (OP-Tag abends)	1	28	93,3%	32	97,0%	60	95,2%	1,000
	2	2	6,7%	1	3,0%	3	4,8%	
	3	0	6,7%	0	0%	0	0%	
3 (1. post OP-Tag morgens)	1	30	100%	32	97,0%	62	98,4%	1,000
	2	0	0%	1	3,0%	1	1,6%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
4 (1. post OP-Tag abends)	1	28	93,3%	33	100%	61	96,8%	1,000
	2	2	6,7%	0	0%	2	3,2%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
5 (2. post OP-Tag morgens)	1	26	86,7%	32	97%	58	92,1%	1,000
	2	4	13,3%	1	3%	5	7,9%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
6 (2. post OP-Tag abends)	1	24	80%	32	97%	56	88,9%	0,385
	2	5	16,7%	1	3%	6	9,5%	
	3	1	3,3%	0	0%	1	1,6%	

Tabelle 9: Pruritus. Die Daten sind als absolute und relative Zahlen in Prozent (%) angegeben. Die P-Werte wurden mittels Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fischer berechnet. Bei einer erwarteten Häufigkeit kleiner 5, bei mehr als einer Zelle, wurde der exakte Test nach Fischer angewendet. Die p-Wert Adjustierung erfolgte nach Holm. Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert $\leq 0,05$ festgelegt. Pruritus- Score von 1-3. (1= kein Juckreiz, 3= starker Juckreiz). Die Zeitpunkte 0-6 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum zweiten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

4.5.3 Sedierung

Tabelle 10 gibt den Sedierungsstatus zu den jeweiligen Zeitpunkten wieder, erfasst mit einem Score von 1-5. Der höchste Sedierungsgrad zeigt sich dabei in beiden Gruppen am Abend der Operation. Dabei waren aus der TEA-Gruppe 13 (43,3%) Patienten aufmerksam und ruhig, 12 (40%) Patienten schläfrig, 2 (6,7%) Patienten mäßig sediert, weitere 2 (6,7%) Patienten unruhig und 1 (3,3%) Patient nicht erweckbar. In der PVA-Gruppe waren am Abend der Operation 14 (42,4%) Patienten aufmerksam und ruhig, ebenso 14 (42,2%) Patienten schläfrig, 4 (12,1%) Patienten mäßig sediert und 1 (3%) Patient unruhig. Ab dem Morgen des ersten postoperativen Tages, bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes ist der Sedierungsgrad in der PVA-Gruppe insgesamt höher als in der TEA-Gruppe. Statistisch signifikant ist dieser Unterschied allerdings zu keinem Zeitpunkt.

Sedierung (1-5) zum Zeitpunkt	Score	TEA-Gruppe (n=30)		PVA-Gruppe (n=33)		Gesamt (n=62)		p-Wert
		absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	
0 (prä OP-Tag)	1	29	96,7%	33	100%	62	98,4%	1,000
	2	0	0%	0	0%	0	0%	
	3	1	3,3%	0	0%	1	1,6%	
	4	0	0%	0	0%	0	0%	
	5	0	0%	0	0%	0	0%	
1 (15 min postblock)	1	27	90%	32	97%	59	93,7%	1,000
	2	3	10%	1	3%	4	6,3%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
	4	0	0%	0	0%	0	0%	
	5	0	0%	0	0%	0	0%	
2 (OP-Tag abends)	1	13	43,3%	14	42,4%	27	42,9%	1,000
	2	12	40%	14	42,4%	26	41,3%	
	3	2	6,7%	4	12,1%	6	9,5%	
	4	2	6,7%	1	3%	3	4,8%	
	5	1	3,3%	0	0%	1	1,6%	
3 (1. post OP-Tag morgens)	1	21	70%	20	60,6%	41	65,1%	1,000
	2	7	23,3%	11	33,3%	18	28,6%	
	3	2	6,7%	1	3%	3	4,8%	
	4	0	0%	0	0%	0	0%	
	5	0	0%	1	3%	1	1,6%	
4 (1. post OP-Tag abends)	1	27	90%	20	60,6%	47	74,6%	0,126
	2	3	10%	11	33,3%	14	22,2%	

	3	0	0%	1	3%	1	1,6%	
	4	0	0%	0	0%	0	0%	
	5	0	0%	1	3%	1	1,6%	
5 (2. post OP-Tag morgens)	1	26	86,7%	23	69,7%	49	77,8%	1,000
	2	4	13,3%	8	24,2%	12	19%	
	3	0	0%	1	3%	1	1,6%	
	4	0	0%	0	0%	0	0%	
	5	0	0%	1	3%	1	1,6%	
6 (2. post OP-Tag abends)	1	26	86,7%	27	81,8%	53	84,1%	1,000
	2	4	13,3%	5	15,2%	9	14,3%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
	4	0	0%	1	3%	1	1,6%	
	5	0	0%	0	0%	0	0%	

Tabelle 10: Sedierung. Die Daten sind als absolute und relative Zahlen in Prozent (%) angegeben. Die p-Werte wurden mittels Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fischer berechnet. Bei einer erwarteten Häufigkeit kleiner 5, bei mehr als einer Zelle, wurde der exakte Test nach Fischer angewendet. Die p-Wert Adjustierung erfolgte nach Holm. Sedierungs-Score von 1-5 (1= aufmerksamer, ruhiger Patient, 2= schläfrig, 3= mäßige Sedierung, 4= unruhig, 5= nicht erweckbar). Die Zeitpunkte 0-6 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum zweiten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

4.6 Mobilisation

Die erhobenen Daten zur Mobilisation sind in Tabelle 11 dargestellt. Dabei wurde ein Mobilisierungs-Score von 1-5 (1= Liegen, 2= Bettkante, 3= Stehen, 4= eingeschränkt gehen, 5= uneingeschränkt gehen) angewendet. Beide Patientengruppen konnten präoperativ uneingeschränkt gehen und waren zu diesem Zeitpunkt noch zur Selbstversorgung fähig. Zum Zeitpunkt 1, also 15 Minuten nach Katheteranlage, wurden keine Daten erfasst. Dies war nicht möglich, da die Patienten zu diesem Zeitpunkt allesamt bereits auf dem Operationstisch lagen. Über den gesamten Beobachtungszeitraum lässt sich in beiden Gruppen, je später der Zeitpunkt ist, eine durchgehende Verbesserung der Mobilität erkennen. Am Abend der Operation „liegen“, mit 27 (90%) Patienten, die meisten in der TEA-Gruppe. In der PVA-Gruppe sind alle 33

(100%) Patienten immobil. Am Morgen des ersten postoperativen Tages sitzen mit 20 (66,7%) die meisten Patienten an der „Bettkante“. In der PVA-Gruppe können bereits die meisten Patienten, 13 (41,9%) von 33, „stehen“. Zu diesem Zeitpunkt ist der Unterschied zwischen den beiden Gruppen statistisch signifikant. Am Abend des ersten postoperativen Tages zeigt sich ein ähnliches Bild. Mit 14 (46,7%) Patienten sitzt der größte Teil der TEA-Gruppe noch an der „Bettkante“, während in der PVA-Gruppe mit 13 (41,%) Patienten die meisten „stehen“. Am Morgen des zweiten postoperativen Tages können in der TEA-Gruppe 20 (66,7%) und in der PVA-Gruppe 22 (71%) Patienten bereits „eingeschränkt gehen“. Zum letzten Zeitpunkt der Datenerhebung, dem Abend des zweiten postoperativen Tages, können in beiden Gruppen weiterhin die meisten Patienten „eingeschränkt gehen“, 17 (56,7%) in der TEA- und 18 (54,5%) in der PVA-Gruppe. Die Anzahl der Patienten welche bereits „uneingeschränkt gehen“ können ist in beiden Gruppen allerdings gestiegen. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der TEA-Gruppe und der PVA-Gruppe zeigte sich nur am Morgen des ersten postoperativen Tages.

Mobilisation (1-5) zum Zeitpunkt	Score	TEA-Gruppe (n=30)		PVA-Gruppe (n=33)		Gesamt (n=60)		p-Wert
		absolut	relativ	absolut	relativ	absolut	relativ	
0 (prä OP-Tag)	1	0	0%	0	0%	0	0%	1,000
	2	0	0%	0	0%	0	0%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
	4	0	0%	0	0%	0	0%	
	5	30	100%	33	100%	63	100%	
1 (15 min postblock)	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	
	3	-	-	-	-	-	-	
	4	-	-	-	-	-	-	
	5	-	-	-	-	-	-	
2 (OP-Tag abends)	1	27	90%	33	100%	60	95,2%	0,465
	2	2	6,7%	0	0%	2	3,2%	
	3	0	0%	0	0%	0	0%	
	4	1	3,3%	0	0%	1	1,6%	
	5	0	0%	0	0%	0	0%	
3 (1. post OP-Tag morgens)	1	2	6,7%	8	24,2%	10	15,9%	0,012
	2	20	66,7%	8	24,2%	28	44,4%	
	3	6	20%	16	48,5%	22	34,9%	

	4	2	6,7%	1	3%	3	4,8%	
	5	0	0%	0	0%	0	0%	
4 (1. post OP-Tag abends)	1	1	3,3%	4	12,9%	5	8,2%	0,600
	2	14	46,7%	11	35,5%	25	41%	
	3	8	26,7%	13	41,9%	21	34,4%	
	4	7	23,3%	3	9,7%	10	16,4%	
	5	0	0%	0	0%	0	0%	
5 (2. post OP-Tag morgens)	1	0	0%	3	9,7%	3	4,9%	0,456
	2	3	10%	2	6,5%	5	8,2%	
	3	1	3,3%	3	9,7%	4	6,6%	
	4	20	66,7%	22	71%	42	68,9%	
	5	6	20%	1	3,2%	7	11,5%	
6 (2. post OP-Tag abends)	1	0	0%	3	9,1%	3	5%	0,600
	2	0	0%	1	3%	1	1,7%	
	3	2	6,7%	0	0%	2	3,3%	
	4	17	56,7%	18	54,5%	35	58,3%	
	5	10	33,3%	9	27,3%	19	31,7%	

Tabelle 11: Mobilisation. Die Daten sind als absolute und relative Zahlen in Prozent (%) angegeben. Die P-Werte wurden mittels Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fischer berechnet. Bei einer erwarteten Häufigkeit kleiner 5, bei mehr als einer Zelle, wurde der exakte Test nach Fischer angewendet. Die p-Wert Adjustierung erfolgte nach Holm. Mobilisierungs-Score von 1-5 (1= Liegen, 2= Bettkante, 3= Stehen, 4= eingeschränkt gehen, 5= uneingeschränkt gehen). Ergebnisse mit statistischer Signifikanz ($p < 0,05$) sind fett markiert. Die Zeitpunkte 0-6 beziehen sich auf den Studienzeitraum vom präoperativen Tag bis zum zweiten postoperativen Tag. Präoperativer Tag (Zeitpunkt 0). 15 Minuten nach Katheteranlage (Zeitpunkt 1). Operationstag abends (Zeitpunkt 2). Erster postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 3). Erster postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 4). Zweiter postoperativer Tag morgens (Zeitpunkt 5). Zweiter postoperativer Tag abends (Zeitpunkt 6). Insgesamt wurden 63 Patienten mit thoraxchirurgischem Eingriff am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeschlossen.

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Ergebnisse

5.1.1 Demographische Daten

Die beiden Studiengruppen (TEA und PVA) stellen sich in ihren demographischen Daten als sehr homogen dar und unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Sowohl in der Geschlechterverteilung, (TEA und PVA jeweils 27% Frauen und 73% Männer), als auch im Altersdurchschnitt (TEA: 62,2 Jahre; PVA: 63,7 Jahre), der Größe (TEA: 173,6 cm; PVA: 173 cm), dem Gewicht (TEA: 79,9 kg; PVA: 81,7 kg) und dem BMI (TEA: 26,3; PVA: 27,2), sind sich die beiden Gruppen sehr ähnlich (Tabelle 2). Dies ermöglicht eine gute Vergleichbarkeit der beiden Kathetergruppen.

5.1.2 Diskussion der Hauptfragestellung (postoperative Schmerzen)

In der vorliegenden Studie, wurde zwischen den beiden Katheterverfahren (TEA und PVA) zu keinem Zeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Schmerzen in Ruhe, beim Husten, sowie bei den maximalen Schmerzen seit der letzten Befragung beobachtet.

Verschiedene vorangegangene Studien kamen in Bezug auf das Schmerzniveau zu einem gleichen Ergebnis. Eine Metaanalyse von Davies et al aus dem Jahre 2009 aus 10 verschiedenen randomisierten Studien zeigte bereits keinen statistisch signifikanten Unterschied des postoperativen Schmerzniveaus. Die für diese Metaanalyse verwendeten Studien wurden zwischen 1989 und 2005 publiziert und schlossen insgesamt 520 Patienten ein. Die verwendete Technik zur Anlage des thorakalen Paravertebralkatheters variierte dabei. So wurde die PVA teilweise präoperativ mittels LOR-Technik oder intraoperativ unter direkter Sicht gelegt (23). Allerdings nie, wie in unserem Fall, präoperativ und sonografisch kontrolliert. Seit der Veröffentlichung von Davies et al aus dem Jahre 2009 wurden sieben weitere randomisierte Studien zum Vergleich von PVB und TEA durchgeführt. Neben der Berücksichtigung dieser, unterscheidet sich Baidya et al zusätzlich von der Studie von Davies et al da-

durch, dass dieser nur lungenchirurgische Eingriffe bei seiner Metaanalyse berücksichtigte und nicht wie bei Davies et al auch kardiochirurgische (67). Dennoch kommen die beiden Studien zum gleichen Ergebnis wie wir. Die beiden Katheterverfahren, TEA und PVA, sind gleichwertig in Bezug auf postoperative Schmerzen. Eine weitere Metaanalyse von de Pontes Jardim Júnior et al aus dem Jahre 2012 unterstreicht nochmals dieses Ergebnis. Auch er findet keinen statistisch signifikanten Unterschied der postoperativen Schmerzen zwischen der TEA und PVA. Diese Studie berücksichtigte 8 Studien, bei welchen eine laterale Thorakotomie durchgeführt wurde (68).

Die genannten Studien berücksichtigten allerdings nur einen Zeitraum von 48 Stunden postoperativ. In unserer Studie hingegen, wurden Schmerzwerte im Zeitraum von bis zu 60 Stunden (3.post OP-Tag) postoperativ erhoben. Die am dritten postoperativen Tag (letzter Beobachtungszeitraum) erhobenen Werte unterscheiden sich ebenfalls weder in Ruhe, beim Husten, noch beim Maximalschmerz statistisch signifikant voneinander. Allerdings ist zu erkennen, dass am dritten postoperativen Tag die postoperativen NRS-Werte im median am niedrigsten im Beobachtungszeitraum sind. So liegt der Median auf der NRS-Skala von 0-10 in Ruhe in der TEA-Gruppe bei 0,00. In der PVA-Gruppe bei 0,00. Beim Husten in der TEA-Gruppe bei 3,00 und in der PVA-Gruppe bei 3,00. Der“ maximale Schmerz seit der letzten Befragung“ liegt am dritten postoperativen Tag in der TEA-Gruppe bei 4,00 und in der PVA-Gruppe bei 4,00 und somit am niedrigsten im Beobachtungszeitraum. Es lässt sich allgemein sagen, dass nicht nur die postoperativen Schmerzen im Median am dritten postoperativen Tag am niedrigsten liegen, sondern, dass diese von Tag zu Tag kontinuierlich abnehmen. Am stärksten sind die Schmerzen, mit Ausnahme der PVA-Gruppe beim „Husten“, am Abend des Operationstages. (siehe Tab. 5, 6, 7)

In unserem Fall, wurde der thorakale Paravertebralkatheter, präoperativ sonografisch kontrolliert gelegt. Trotz der Verwendung anderer Techniken der Katheteranlage in den vorangegangenen Studien, kommen diese in Bezug auf das Schmerzniveau auf das gleiche Ergebnis (23)(67)(68). Die TEA und PVA ist gleichwertig. Daraus könnte man als Rückschluss ziehen, dass die Anlagetechnik des Katheters keine Auswirkung auf die Effektivität der Schmerzbekämpfung hat.

Analgetikaverbrauch

Patienten beider Gruppen bekamen ergänzend zu ihren Schmerzkathetern (bei Bedarf) weitere Schmerzmedikation. Dieser zusätzliche Analgetikaverbrauch wurde über den gesamten Studienverlauf kumulativ als Piritramidverbrauch in mg gemessen (Tab. 7). Falls im Studienverlauf andere Opioide wie Piritramid genutzt wurden, wurden diese mittels Opioid-Umrechnungstabelle in die entsprechend adäquate Piritramidmenge umgerechnet. Sowohl die Anlage des Schmerzkatheters als auch die zusätzlich Gabe von Analgetika muss als Gesamtkonzept der Schmerztherapie angesehen werden. Beim Analgetikaverbrauch gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Kathetergruppen. Der Gesamtpiritramidverbrauch beträgt bei der TEA-Gruppe im Mittel 100,4 mg und bei der PVA-Gruppe im Mittel 103,4 mg. Falls sich die beiden Patientengruppen im zusätzlich benötigten Analgetikaverbrauch statistisch signifikant voneinander unterschieden hätten, müsste man Rückschlüsse auf die Effektivität des Schmerzkatheters ziehen. Das hier erzielte Ergebnis unterstützt nochmals das Ergebnis der Ebenbürtigkeit der beiden Schmerzkatheterverfahren in Bezug auf die Schmerztherapie.

5.1.3 Diskussion der ersten Nebenfragestellung (Nebenwirkungen)

Nebenwirkungen der TEA und PVA können unter anderem Übelkeit, Pruritus und eine übermäßige Sedierung sein (66). Diese Nebenwirkungen wurden in der Studie untersucht. Hierbei wurde kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der TEA und der PVA festgestellt.

Übelkeit tritt in beiden Gruppen häufig auf. Mäßige Übelkeit insgesamt am häufigsten am Abend der Operation, mit 15 (23,8%) der Patienten in beiden Gruppen. Unter starker Übelkeit mit Erbrechen leiden die Patienten beider Gruppen am häufigsten am Morgen des ersten postoperativen Tages. Mit insgesamt 4 (6,3%) Patienten ist die Zahl dennoch recht niedrig. Ein Unterschied zwischen den Gruppen wurde nicht festgestellt. (Tab. 8) Zu diesem Ergebnis kommt auch die Metaanalyse von de Pontes Jardim Júnior et al aus dem Jahre 2012 (68).

Es lässt sich allgemein sagen, dass Pruritus insgesamt in unserer Studie recht selten auftritt. Am stärksten noch am zweiten postoperativen Tag. An diesem gaben von

insgesamt 63 (100%) Patienten, 56 (88,9%) keinen Juckreiz, 6 (9,5%) mäßigen Juckreiz und 1 (1,6%) Patient starken Juckreiz an. Dies war der einzige Patient, zum einzigen Zeitpunkt, im gesamten Beobachtungszeitraum, welcher starken Juckreiz angab. Der Unterschied der beiden Gruppen war dabei zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikant. (Tab. 9)

Auch bezüglich der Sedierung, zeigten sich in unserer Studie keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der TEA und PVA. Die höchste Sedierung zeigte sich dabei in beiden Gruppen am Abend der Operation. Im Verlauf des Beobachtungszeitraumes, nimmt diese kontinuierlich ab. (Tab. 10)

In vorangegangenen Studien, zeigte sich im Gegensatz dazu, dass das Auftreten von unerwünschten Nebenwirkungen bei der Anlage einer PVA, im Vergleich zur TEA, geringer ist (23)(68)(69). Davies et al kam mit seiner Metaanalyse aus 10 randomisierten Studien zu einem anderen Ergebnis als unsere Studie. Patienten mit einer PVA, zeigten weniger Übelkeit und Erbrechen (23).

Allerdings wurden in den beiden genannten Metaanalysen hauptsächlich Studien berücksichtigt, bei denen die PVA intraoperativ gelegt wurde. In der vorliegenden Studie wurde eine neue Technik verwendet. Bei der sonografisch kontrollierten Anlage der PVA, wird der Katheter präoperativ unter Bildführung sicher gelegt. (s.o. Punkt 2.2.2) Dadurch kann während der gesamten Punktion die Position der Nadel genau lokalisiert werden, wodurch wiederum das Risiko von Komplikationen und Verletzungen gesenkt wird (70).

5.1.4 Diskussion der zweiten Nebenfragestellung (Mobilisierungsmaße)

In der vorliegenden Studie wurde die Mobilisierbarkeit in den beiden Behandlungsgruppen untersucht und miteinander verglichen. Der Unterschied der beiden Gruppen war dabei am Morgen des ersten postoperativen Tages statistisch signifikant. Während zu diesem Zeitpunkt mit 20 (66,7%) Patienten, die meisten der TEA-Gruppe noch an der „Bettkante“ sitzen, „stehen“ bereits mit 13 (41,9%) Patienten die meisten in der PVA-Gruppe. Zu den anderen Beobachtungszeiträumen wurde kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt. Am letzten Zeitpunkt der Datenerhebung, dem Abend des zweiten postoperativen Tages, können in den beiden

Gruppen die meisten Patienten „eingeschränkt gehen“: 17 (56,7%) in der TEA- und 18 (54,5%) in der PVA-Gruppe. (Tab. 11)

Am Morgen des ersten postoperativen Tages sitzen mit 20 (66,7%) die meisten Patienten der TEA-Gruppe an der „Bettkante“. In der PVA-Gruppe können bereits die meisten Patienten, 13 (41,9%) von 33, „stehen“. Zu diesem Zeitpunkt ist der Unterschied zwischen den beiden Gruppen statistisch signifikant.

Eine schnellere postoperative Mobilisation, führt zu einer schnelleren postoperativen Eigenständigkeit des Patienten und somit wiederum zu einem kürzeren Krankenhausaufenthalt. Des weiteren wird durch eine erschwerte Patientenmobilisation, das Auftreten einer Pneumonie begünstigt, was ebenfalls die Dauer des Krankenhausaufenthaltes verlängert (12)(13). So fand Elyased et al in einer retrospektiven Analyse mit 1592 Patienten heraus, dass Patienten mit paravertebalem Katheter nach Thorakotomien eine signifikant kürzere Krankenhausaufenthaltdauer haben, im Durchschnitt 6 anstatt 7 Tage (70). Dies könnte im Zusammenhang, mit der in der PVA-Gruppe aufgetretenen, schnelleren Mobilisation der Patienten liegen.

5.1.5 Anlageprozesszeit der Katheter

Sowohl der thorakale Epiduralkatheter (TEA), als auch der sonografisch kontrollierte Paravertebalkatheter (PVA) wurden in unserer Studie präoperativ im Einleitungsraum gelegt. Die Anlageprozesszeit, sprich die Zeit ab der Punktion bis zur Bolusgabe, wurde dabei gemessen. Die restlichen Vorgänge, wie Lagerung, Desinfektion und steriles Abdecken, sowie im Anschluss an die Katheterlage die sterile Fixation, entsprachen sich bei beiden Kathetern und wurden daher vernachlässigt. Dabei ergab sich bei der TEA-Gruppe eine Anlageprozesszeit von 3,5 Minuten im Mittel und bei der PVA-Gruppe eine Anlageprozesszeit von 7 Minuten im Mittel (Tabelle 3). Dieser Unterschied ist von statistischer Signifikanz. Die Anlageprozesszeit des sonografisch kontrollierten Paravertebalkatheters brauchte somit im Mittel doppelt so lange wie die Anlage des thorakalen Epiduralkatheters. Mögliche Gründe hierfür könnten zum einen in der aufwendigeren Technik bei der Anlage des PVAs liegen, zum anderen im geübteren Umgang der Anästhesisten bei der Anlage der TEA. Dadurch verlängerte sich die Einleitungszeit bei der PVA-Anlage im Mittel um 3,5 Minuten.

5.1.6 Komplikationen

Vorangegangene Studien beschrieben bereits das Auftreten von Komplikationen in Form einer versehentlichen Pleurapunktion und einem daraus resultierenden Pneumothorax, bei der Anlage eines unilateralen Paravertebralkatheters (71). Bei einer Studie mit 620 Patienten, zeigte der bilaterale Paravertebralblock im Gegensatz hierzu, nochmals ein achtfach häufigeres Auftreten dieser Komplikationen (72). In unserer Studie, fanden wir trotz der sonografisch kontrollierten Anlage des Paravertebralkatheters, ebenfalls zwei Katheter intrapleural. Diese wurden durch die Chirurgen, intraoperativ unter Sicht zurück in den Paravertebralraum gelegt (73). Ansonsten traten keine weiteren Komplikationen in unserer Studie auf.

5.2 Limitationen und methodische Einschränkungen

Bei der selbstkritischen Reflexion der eigenen Studie, zeigten sich im Verlauf Limitationen und methodischen Einschränkungen. Diese könnten einen Einfluss auf die Aussagekraft der im Laufe der Studie erhobenen Daten haben. Diese möglichen Limitationen und methodischen Einschränkungen sind im Folgenden aufgeführt, um mögliche Impulse für zukünftige Arbeiten zu liefern:

Die thorakale Epiduralanalgesie (TEA) und die thorakale Paravertebralanalgesie (PVA) sind anästhesiologische Standardverfahren, zur Behandlung von postoperativen Schmerzen nach Thorakotomien. Sie entsprechen leitlinienkonformem Vorgehen und werden in zahlreichen Kliniken in Deutschland verwendet (19). Aktuelle Studien zeigten jedoch, dass die Verwendung der beiden Verfahren, zur Schmerztherapie nach Thorakotomien, noch nicht voll ausgelastet ist. Dabei zeigte eine nationale Umfrage, über den Gebrauch der TEA und PVA in Frankreich, dass die PVA noch des Öfteren in Universitätskliniken verwendet wird (74). Die TEA gilt dabei in Deutschland noch als Goldstandard (19). Die Anlage der Katheter erfolgte durch Anästhesisten mit unterschiedlicher Berufserfahrung. Vom relativ ungeübten Assistenzarzt, bis zum sehr erfahrenen und geübten Chefarzt. Dies wirkte sich eventuell sowohl auf die Qualität des Schmerzkatheters als auch auf die Dauer der Anlage aus und somit wiederum auf die erhobenen Daten. Die Anlage der Katheter, durchgeführt von Anästhesisten gleicher Berufserfahrung, würde in diesem Fall Besserung verschaffen.

Die Studie wurde nicht verblindet, was zu einer Veränderung der Ergebnisse, in beide Richtungen führen kann. Eine doppel-blinde Studie, mit Einsatz von Placebo würde dies verhindern. Allerdings wäre dies aus ethischer Sicht nicht vertretbar.

Die klinische Untersuchung, mit der Erhebung der Daten des CRF- Bogens, wurde durch zwei Doktoranden durchgeführt. Trotz klar vorgegebener Scores und regelmäßiger Absprache, kann es möglicherweise trotz alledem zu einer unterschiedlichen Beurteilung der Patienten kommen. Speziell was die durch uns durchgeführte Fremdbeurteilung der Sedierung angeht. Um eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erhalten, wäre es von Vorteil, die klinische Untersuchung, ausschließlich von einer Person durchzuführen zu lassen.

Einige Patienten bekamen eine Piritramid Schmerzpumpe, einige allerdings auch nicht. Dadurch war es in einzelnen Fällen möglich, dass die Patienten unter Schmerzen litten, bevor das Stationspersonal zusätzliche Analgetika geben konnte. Dies konnte sich auf das Schmerzniveau des Patienten auswirken, vor allem auf den Maximalschmerz seit der letzten Befragung. Eine einheitliche Behandlung in Bezug auf zusätzliche Schmerzmittelgabe würde zu einer besseren Vergleichbarkeit führen.

Die Untersuchungen der Patienten erfolgten jeweils am Morgen und am Abend. Unabhängig vom Zeitpunkt der Operation, wurden die Patienten am Abend nach der Operation visitiert. Somit variierte der Zeitraum der Schmerzerhebung postoperativ erheblich, abhängig davon, ob der Patient bereits am Morgen oder erst am Mittag operiert wurde. Dies könnte sich auf den erhobenen Schmerzscore auswirken. Ein festgeschriebener zeitlicher Abstand, zwischen Operationsende und der ersten postoperativen Untersuchung würde sich in diesem Fall zukünftig anbieten. Zudem war die Vigilanz der Patienten am Abend der Operation teilweise noch eingeschränkt, was die Befragung nach Schmerzen erschwerte. Den Patienten fiel es schwer sich zu diesem Zeitpunkt adäquat mitzuteilen und ihre Schmerzen auf der Schmerzskala einzuteilen. Daher ist der erhobene Schmerzwert zu diesem Zeitpunkt mit einer eingeschränkten Aussagekraft zu betrachten.

Die Dauer der klinischen Untersuchung belief sich auf den Zeitraum vom ersten präoperativen Tag, bis zum dritten postoperativen Tag, an welchem die Abschlussuntersuchung der Studie stattfand. Dieser Zeitraum umfasst nicht den gesamten Klinikaufenthalt der Patienten. Daher ist eine Aussage zur Vergleichbarkeit und Effektivität

vität der beiden Katheter, auch nur auf diesen Zeitraum beschränkt. Die weitere Entwicklung der Schmerzen, Nebenwirkungen und Mobilisierbarkeit der Patienten wurde dabei nicht berücksichtigt.

Aufgrund der Schwere und Invasivität des chirurgischen Eingriffes, wurde bei allen Patienten präoperativ ein Blasenkatheter gelegt. Dieser wurde in vielen Fällen bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes belassen. Daher war es nur selten möglich, das Restharnvolumen der Blase zu messen. Die Datenlage war aufgrund dessen sehr gering und zur Auswertung nicht geeignet.

5.3 Ausblick

In den letzten Jahren erfährt die PVA nicht nur in der Anästhesie ein neu aufkommendes Interesse (75). Durch die Einführung der Sonografie in der Regionalanästhesie ergeben sich neue Möglichkeiten und Vorteile. Durch den Einsatz der Sonografie, kann neben der Darstellung der Nervenzielstruktur, auch deren anatomische Umgebungsstruktur, die Katheternadel selbst und die Ausbreitung des Lokalanästhetikums dargestellt werden. In den zuvor durchgeführten Studien, bei denen sich eine analgetische Gleichwertigkeit der beiden Analgesieverfahren, PVA und TEA, zeigte, wurde die thorakale Paravertebralanalgesie meist intraoperativ oder anhand von anatomischer Orientierung gelegt (23)(76). Durch die Einführung moderner Techniken der Sonografie können Paravertebralkatheter auch präoperativ, unter Echtzeit-Bildführung, sicher gelegt werden, als es in der Vergangenheit der Fall war (50)(24). Unsere Studie ist eine von wenigen bisher existenten Studien, welche zum ersten Mal die präoperativ gelegte, sonografisch kontrollierte, thorakale Paravertebralanalgesie und die präoperativ gelegte thorakale Epiduralanalgesie miteinander vergleicht. Dadurch konnten wir belegen, dass die PVA genauso effektiv zur postoperativen Schmerztherapie geeignet ist wie die TEA, wenn die PVA sonografisch kontrolliert gelegt wurde.

5.4 Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich beide Katheter hervorragend zur postoperativen Schmerzbekämpfung nach thoraxchirurgischen Eingriffen eignen. Sie unterscheiden sich dabei in Bezug auf die postoperativen Schmerzwerte nicht signifikant voneinander. Auch in Bezug auf die Nebenwirkungen zeigen die beiden Katheterverfahren keine Unterschiede. Lediglich die Mobilisierung gelangt mit Hilfe einer PVA schneller, was sich auf die Krankenhausaufenthaltsdauer auswirken kann. Die PVA ist eine einfache, sichere und leicht zu erlernende Technik, falls diese sonografisch kontrolliert gelegt wird. Infolgedessen, kann die sonografisch kontrollierte PVA und die TEA als gleichwertig angesehen werden.

6 Literaturverzeichnis

1. **Mersky H, Bogduk N.** *Classification of chronic pain: Description of chronic pain syndromes and definitions of pain terms.* Seattle : IASP Press, 1994.
2. **Striebel.** *Therapie chronischer Schmerzen (Ein praktischer Leitfaden).* Stuttgart : Schattauer, 2002, 4. Auflage.
3. **Pluijms WA, Steegers MA, Verhagen AF, Scheffer GJ, Wilder-Smith OH.** Chronic post-thoracotomy pain: a retrospective study. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica.* 2006 Aug.
4. **Treede RD, Jensen TS, Campbell JN, Cruccu G, Dostrovsky JO, Griffin JW, Hansson P, Hughes R, Nurmikko T, Serra J.** Neuropathic pain: redefinition and a grading system for clinical and research purposes. *Neurology.* 2008 Apr 29; 70 (18): 1630-5.
5. **ER, Perl.** Ideas about pain, a historical view. *Nature Reviews Neuroscience.* 2007 Jan; 8, 71-80.
6. **Schulte am Esch J., Bause H., Kochs E., Scholz J., Standl T., Werner C.** *Anästhesie (Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie).* Stuttgart : Thieme, 2007, 3. Auflage.
7. **Dubin AE, Patapoutian A.** Nociceptors: the sensors of the pain pathway. *Journal of Clinical Investigation.* 2010 Nov; 120(11):3760-72.
8. **Katz J, Seltzer Z.** Transition from acute to chronic postsurgical pain: risk factors and protective factors. *Expert Review of Neurotherapeutics.* 2009 May.
9. **Hunt SP, Pini A, Evans G.** Induction of c-fos-like protein in spinal cord neurons following sensory stimulation. *Nature.* 1987 Aug, 13-19;328(6131):632-4.
10. **Ochroch EA, Gottschalk A.** Impact of Acute Pain and Its Management for Thoracic Surgical Patients. *Thoracic Surgery Clinics.* 2005 Feb.
11. **Kavanagh BP, Katz J, Sandler AN.** Pain control after thoracic surgery. A review of current techniques. *Anesthesiology.* 1994 Sep.

12. **Pogatzki-Zahn EM, Van Aken HK, Zahn PK.** *Postoperative Schmerztherapie.* Stuttgart : Thieme, 2008.
13. **Richardson J, Sabanathan S, Jones J, Shah RD, Cheema S, Mearns AJ.** A prospective, randomized comparison of preoperative and continuous balanced epidural or paravertebral bupivacaine on post-thoracotomy pain, pulmonary function and stress responses. *British Journal of Anaesthesia.* 1999; 83(3): 387-92.
14. **Laubenthal H, Becker M, Sauerland S, Neugebauer E.** *Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen.* Köln : Deutscher Ärzte-Verlag, 2008.
15. **Rodgers A, Walker N, Schug S, McKee A, Kehlet H, van Zundert A, Sage D, Futter M, Saville G, Clark T, MacMahon S.** Reduction of postoperative mortality and morbidity with epidural or spinal anaesthesia: results from overview of randomised trials. *British Medical Journal.* 2000 Dec.
16. **Piraccini E, Pretto Jr EA, Corso RM, Gambale G.** Analgesia for thoracic surgery: the role of paravertebral block. *HSR Proceedings in Intensive Care and Cardiovascular Anesthesia.* 2011; 3(3):157-160.
17. **Clark WC, Yang SL, Tsui SL, Ng KF, Bennett Clark S.** Unidimensional pain rating scales: a multidimensional affect and pain survey (MAPS) analysis of what they really measure. *Pain.* 2002 Aug; 98(3):241-7.
18. **Katz J, Melzack R.** Measurement of pain. *Surgical Clinics of North America.* 1999 April.
19. **Leitlinie, S3.** S3- Leitlinie Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen (AWMF- Register Nr.041/001). vom 21.05.2007 und aktualisiert am 20.04.2009.
20. **HD, Basler.** The Marburg questionnaire on habitual health findings- a study on patients with chronic pain. *Schmerz.* 1999 Dec.
21. **Gagliese L, Weizblit N, Ellis W, Chan VW.** The measurement of postoperative pain: a comparison of intensity scales in younger and older surgical patients. *Pain.* 200 Oct.

-
22. **Weber, Lars.** HU-Berlin. *Hüft-TEP und Knie-TEP in der ambulanten Rehabilitation - eine prospektive Kohortenstudie.* [Online] 28. September 2010. [Zitat vom: 13. August 2016.] <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/weber-lars-2011-02-14/HTML/image007.jpg>.
23. **Davies RG, Myles PS, Graham JM.** A comparison of the analgesic efficacy and side-effects of paravertebral vs epidural blockade for thoracotomy- a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *British Journal of Anaesthesia.* 13. 02.2006.
24. **A Ben-Ari, M Moreno, J Chelly, P Bigeleisen.** Ultrasound-guided paravertebral block using an intercostal approach. *Anesth Analg.* 2009; 109: 1691-4.
25. **GP Joshi, F Bonnet, R shah, RC Wilkinson, F Camu, B Fischer EA Neugebauer, N Rawal, SA Schug, C Simanski, H Kehlet.** A systematic review of randomized trials evaluating regional techniques for postthoracotomy analgesia. *Anesth Analg.* 2008 Sep; 107(3): 1026-1040.
26. **Cook TM, Riley RH.** Analgesia following thoracotomy: a survey of Australian practice. *Anaesth Intensive Care.* 1997; 25:520-4.
27. **Liu S, Carpenter RL, Neal JM.** Epidural anesthesia and analgesia. Their role in postoperative outcome. *Anesthesiology.* 1995 Jun;82(6):1474-506.
28. **Freise H, Van Aken HK.** Risks and benefits of thoracic epidural anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia.* 2011 Dec;107(6):859-68.
29. **Larsen.** *Anästhesie.* München : Urban & Fischer, 2002, 8. Auflage.
30. **Klöss.** *Anästhesie.* München : Urban & Fischer, 2004.
31. **Kao MC, Tsai SK, Chang WK, Liu HT, Hseih YC, Hu JS, Mok MS.** Prediction of the distance from skin to epidural space for low-thoracic epidural catheter insertion by computed tomography. *Br J Anaesth.* 2004 Feb; 92(2): 271-3.
32. **Rossaint, Werner, Zwißler.** *Die Anästhesiologie.* Heidelberg : Springer, 2008, 2 Auflage.
33. **S. Singhal, M. Bala, K. Kaur.** Identification of epidural space using loss of resistance syringe, infusion drip, and balloon technique: A comparative study. *Saudi Journal of Anaesthesia.* 2014 Nov; 8(Suppl 1): S41-S45.

-
34. **Rev, Cochrane Database Syst.** Antibas PL, do Nascimento Junior P, Braz LG, Vitor Pereira Doles J, Módolo NS, El Dib R. *Air versus saline in the loss of resistance technique for identification of the epiduralspace.* 2014 Jul 18;7.
35. **Dawkins, M.** The identification of the epidural space. A critical analysis of the various methods employed. *Anaesthesia.* 1963 Jan; 18: 66-77.
36. **B. von Hundelshausen, M. Mörtl.** Geburtshilfliche Anästhesie und Analgesie. [Buchverf.] P-W. Husslein H. Schneider. *Die Geburtshilfe.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2011.
37. **JM, Leung.** Role of epidural anesthesia and alagesie on postoperative patient outcome. *Anesthesiology.* 1995 Nov .
38. **E Vandermeulen, H Van Aken J Vermylen.** Anticoagulants and spinal-epidural anesthesia. *Anesth Analg.* 1994; 79: 1165-77.
39. **Chen SH, Chiueh HY, Hung CT, Tsai SC, Wong SY.** Extensive sensory block caused by accidental subdural catheterization during epidural labor analgesia. *Chang Gung Med J.* 2006 Nov-Dec; 29(6): 607-11.
40. **Loures V, Savoldelli G, Kern K, Haller G.** Atypical headache following dural punctur in obstetrics. *Int J Obstet Anesth .* 2014 Auf; 23(3): 246-52.
41. **Moen V, Dahlgren N, Irestedt L.** Severe neurological complications after central neuraxial blockades in Sweden 1990-1999. *Anesthesiology.* 2004 Oct; 101 (4): 950-9.
42. **Pöpping DM, Wenk M, Van Aken HK.** Neurologic complications after epidural analgesia. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2012 May; 47(5):336-43.
43. **S. M. Klein, S. M. Steele, R. A. Greengrass.** A Clinical Overview of Paravertebral Blockade. *The Internet Journal of Anesthesiology.* 1999 Jan.
44. **Manoj k, Karmakar.** Thoracic Paravertebral Block. *Anesthesiology.* 2001 09.
45. **De Cosmo G, Aceto P, Gualtieri E, Congedo E.** Analgesia in thoracic surgery; review. *Minerva Anesthesiol.* 2009 Jun;75(6):393-400. Epub 2008 Oct 27.
46. **MK, Karmakar.** Thoracic paravertebral block. *Anesthesiology.* 2001; 95:771-80.

47. **C Byhahn, D Meininger.** *Thorakale Paravertebralblockade, Anästhesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie.* Stuttgart : Thieme Verlag, 2009, 44(7/08): 530-542.
48. **Richardson J, Lönnqvist PA.** Thoracic paravertebral block. *British Journal of Anaesthesia.* 1998; 81:230-238.
49. **Koyyalamudi VB, Arulkumar S, Yost BR, Fox CJ, Urman RD, Kaye AD.** Supraclavicular and paravertebral blocks: Are we underutilizing these regional techniques in perioperative analgesia? *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2014 Jun; 28(2):127-38.
50. **Okajima H, Tanaka O, Ushio M, Higuchi Y, Nagai Y, Iijima K, Horikawa Y, Ijichi K.** Ultrasound-guided continuous thoracic paravertebral block provides comparable analgesia and fewer episodes of hypotension than continuous epidural block after lung surgery. *J Anesth.* 2015 Jun;29(3)373-8.
51. **O RianSC, Donnell BO, Cuffe T, Harmon DC, Fraher JP, Shorten G.** Thoracic paravertebral block using real-time ultrasound guidance. *Anesth Analg.* 2010, Jan, 110:248-51.
52. **Lonquist, J. Richardson and P.A.** Thoraic paravertebral block. *British Journal of Anaesthesia.* 1998; 81: 230-238.
53. **S Ó Riain, B Donnell, T Cuffe, D Harmon, J Fraher, G Shorten.** Thoracic paravertebral block using real-time ultrasound guidance. *Anesth Analg.* 2010; 110: 248-51.
54. **Fortier S, Hanna HA, Bernard A, Girard C.** Comparison between systemic analgesia, continuous wound catheter analgesia and continuous thoracic paravertebral block: a randomised, controlled trial of postthoracotomy pain management. *Eur J Anaesthesiol.* 2012 Nov; 29(11):524-30.
55. **T Hachenberg, T Velte, S Fischer.** *Anästhesie und Intensivtherapie in der Thoraxchirurgie.* s.l. : Thieme, 2010.
56. **Albrecht, Birnbaum.** *Ultraschallgestützte Regionalanästhesie.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2008, 2013, 2., aktualiesiert und erweiterte Auflage.

57. **Boussuges A, MD, PhD, Gole Y, MSc, Blanc P, MD.** Diaphragmatic Motion Studied by M-Mode Ultrasonography. *CHEST*. 2009; 135:391-400.
58. **Birnbaum, Albrecht.** *Ultraschallgestützte Regionalanästhesie*. Heidelberg : Springer, 2008, 1. Auflage.
59. **Richardson J, Sabanathan S.** Thoracic paravertebral analgesie. A review. *Acta Anaesthesiol Scand*. 1995.
60. **Karow T, Lang-Roth R.** *Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. Köln : Thomas Karow, 2013.
61. **Aktories, Förstermann, Hofmann, Starke.** *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. München : Elsevier GmbH, 2013, 11., überarbeitete Auflage.
62. **Mutschler E, Geisslinger G, Kroemer H, Menzel S, Ruth P.** *Mutschler Arzneimittelwirkungen, Lehrbuch der Pharmakologie, der klinischen Pharmakologie und Toxikologie*. Stuttgart : Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, 2013, 10.,vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage.
63. **Astra Zeneca, Fachinformation.** *Rote Liste*. Berlin : s.n.
64. **Pharmazeutische Zeitung.** Pharmazeutische Zeitung. [Online] 1997. [Zitat vom: 13. August 2016.] <http://www.pharmazeutische-zeitung.de/fileadmin/arzneistoffe/ropivacain.gif>.
65. **Michael Gordon, Ph.D.** Anesthesia2000. *Table of Contents and Programmed Study: Anesthesia Content, Anesthesia Pharmacology, Study Questions and Practice Exams*. [Online] 2000. [Zitat vom: 2016. August 2016.] <http://www.anesthesia2000.com/Central/Opioids/sufentanil1.gif>.
66. **Dolin SJ, Cashman JN.** Tolerability of acute postoperative pain management: nausea, vomiting, sedation, pruritus, and urinary retention. Evidence from published data. *British Journal of Anaesthesia*. 2005 Nov;95(5):584-91.
67. **Baidya DK, Khanna P, Maitra S.** Analgesic efficacy and safety of thoracic paravertebral and epidural analgesia for thoracic surgery: a systematic review and meta-analysis. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 2013 Sep 18(2014)626-636.

68. **de Pontes Jardim Júnior A, Erdmann TR, dos Santos TV, Brunharo GM, Filho CTB, Losso MJ, de Oliveira Filho GR.** Comparison between Continuous Thoracic Epidural and Paravertebral Blocks for Postoperative Analgesia in Patients Undergoing Thoracotomy: Systematic Review. *Revista Brasileira de Anestesiologia*. 2012 ;63(5):433-442.
69. **Ding X, Jin S, Niu X, Ren H, Fu S, Li Q.** A comparison of the analgesia efficacy and side effects of paravertebral compared with epidural blockade for thoracotomy: an updated meta-analysis. *PLOSone*. 2014 May.
70. **Elsayed H, McKeivith J, McShane J, Scawn N.** Thoracic epidural or paravertebral catheter for analgesia after lung resection: is the outcome different? *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2012 Feb; 26(1): 78-82.
71. **Conlon NP, Shaw AD, Grichnik KP.** Postthoracotomy paravertebral analgesia: will it replace epidural analgesia? *Anesthesiol Clin*. 2008 Jun;26(2):369-80.
72. **Naja Z, Lönnqvist PA.** Somatic paravertebral nerve blockade. Incidence of failed block and complications. *Anaesthesia*. 2001 Dec;56(12):1184-8.
73. **Kus A, Gurkan Y, Gul Akgul A, Solak M, Toker K.** Pleural puncture and intrathoracic catheter placement during ultrasound guided paravertebral block. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2013 Apr;27(2):e11-2.
74. **Dualé C, Gayraus G, Taheri H, Bastien O, Schoeffler P.** A French Nationwide Survey on Anesthesiologist-Perceived Barriers to the Use of Epidural and Paravertebral Block in Thoracic Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2015, 29(4):942-949.
75. **Thavaneswaran P, Rudkin GE, Cooter RD, Moyes DG, Perera CL, Maddern GJ.** Brief reports: paravertebral block for anesthesia: a systematic review. *Anesth Analg*. 2010 Jun 1;110(6):1740-4.
76. **Raveglia F, Rizzi A, Leporati A, Di Mauro P, Cioffi U, Baisi A.** Analgesia in patients undergoing thoracotomy: epidural versus paravertebral technique. A randomized, double-blind, prospective study. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014 Jan;147(1):469-73.

-
77. **Albrecht, Birnbaum.** *Ultraschallgestützte Regionalanästhesie.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag 2. Auflage, 2008, 2013.
78. **Byhahn C, Meininger D.** *AINS.* Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2009.
79. **Schulz-Stübner.** *Regionalanästhesie und -analgesie.* Stuttgart : Schattauer GmbH, 2003.
80. **Striebel, Hans Walter.** *Die Anästhesie Band I.* Stuttgart : Schattauer GmbH, 2010.
81. **Wu CL, Cohen SR, Richman JM, Rowlingson AJ, Courpas GE, Cheung K, Lin EE, Liu SS.** Efficacy of postoperative patient-controlled and continuous infusion epidural analgesia versus intravenous patient-controlled analgesia with opioids: a meta-analysis. *Anesthesiology.* 2005 Nov.
82. **Vallath N, Salins N, Kumar M.** Unpleasant subjective emotional experiencing of pain. *Indian Journal of Palliative Care.* 2013.
83. **Ullrich L, Stolecki D, Grünewald M.** *Intensivpflege und Anästhesie.* Stuttgart : Thieme, 2005.
84. **Diener HC, Maier C.** *Das Schmerztherapie Buch: medikamentös- interventionell- psychologisch.* s.l. : Urban & Fischer, 2003.

7 Anhang

Abbildung (Anh) 1: CRF-Bogen

CRF TEA-PVA version 2.0

		präo		postblock					
		perativ							
item\time		d0	15	d0a	d1m	d1a	d2m	d2a	d3nach
		(_. _._ _)	mi n	b (_: _)	o (_: _)	b (_: _)	o (_: _)	b (_: _)	vis (_: _)
Pat	FallNr								
	Gewicht (kg)								
	Größe (cm)								
	Geschlecht 8m/w)								
Blutdruck	RRsys								
	RRdiast								
Herzfrequenz	HF ruhe								
Schmerz	Analgetika-einnahme: (rückblickend)								
	NRS ruhe (0-10)								
	NRS hust (0-10)								
	NRS max (rückbl.)								
Katheteranlage	Höhe								
	Anlageprozesszeit								
	Komplikationen:								
Mobilisierung	Pat. Kann: Bettkante/Stehen/ingeschränkt gehen/ uneingeschränkt gehen								
	Sens Niveau li (cran./caud.)								

	Sens Niveau re (cran./caud.)												
Rö Thx	Pneumonie/Atelektase j/n								w e n v o r h .				
Lunge	Atemfrequenz												
	FeV1												
	PEFluss												
	FVC												
Triflo	Höhe erster Ball (cm)												
	Höhe zweiter Ball (cm)												
	Höhe dritter Ball (cm)												
Sättigung	pSO2												
BGA	paCO2												
	paO2												
	pH												
	Nebenwirkungen	Sedierung (1-5)											
Pruritus (1-3)													
Übelkeit (1-3)													
Erbrechen (Anzahl)													
Harn-drang (j/n)													
Harnvolumen (ggf)													
B-Kath-anlage notw. j/n/liegt													
Opioideverbrauch	im Rescue												

8 Publikationen/ Dank

Mein Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Thomas Volk, meinen Doktorandenbetreuern Dr. med. Sven Schneider und Prof. Dr. med. U. Grundmann für das Vertrauen und die Hilfe bei der Durchführung meiner Promotion.

Ein besonderen Dank gilt auch meinen Eltern, sowie meiner Familie und Freunden für die Unterstützung.