

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR ORTHOPÄDIE
PROF. DR. MED. DR. H.C. JOACHIM GRIFKA
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**EINFLUSS INTRAOPERATIVER SCHALLPROTEKTION AUF DAS
POSTOPERATIVE SCHMERZEMPFINDEN ALS ERGÄNZUNG
DER SCHMERZTHERAPIE BEI IMPLANTATION EINER KNIE-
TOTALENDOPROTHESE – EINE PROSPEKTIV
RANDOMISIERTE STUDIE**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Teresa Wolf

2013

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR ORTHOPÄDIE
PROF. DR. MED. DR. H.C. JOACHIM GRIFKA
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**EINFLUSS INTRAOPERATIVER SCHALLPROTEKTION AUF DAS
POSTOPERATIVE SCHMERZEMPFINDEN ALS ERGÄNZUNG
DER SCHMERZTHERAPIE BEI IMPLANTATION EINER KNIE-
TOTALENDOPROTHESE – EINE PROSPEKTIV
RANDOMISIERTE STUDIE**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Teresa Wolf

2013

Dekan: Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert
1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Joachim Grifka
2. Berichterstatter: PD Dr. Christoph Wiese
Tag der mündlichen Prüfung: 24. September 2013

*Meinem Papa
gewidmet*

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis	VI
1 EINLEITUNG.....	1
2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN	3
2.1 Stressfaktoren während einer Operation	3
2.1.1 Akustische Reize und Geräusche im OP	3
2.1.2 Weitere beeinflussende Reize	5
2.1.3 Wirkung von Stressoren auf den Patienten.....	7
2.2 Wachheitsgrade – Wahrnehmungen in der Narkosephase	8
2.3 Gedächtnisformen – bewusstes und unbewusstes Erinnern.....	11
2.4 Schmerz	13
2.4.1 Physiologie des Schmerzes.....	13
2.4.2 Was beeinflusst die Schmerzwahrnehmung?	15
2.4.3 Objektivierung des Schmerzes – die Visuelle Analoge Skala.....	16
2.5 Die Anästhesie	17
2.5.1 Die verschiedenen Anästhesieformen.....	18
2.5.1.1 Die Allgemeinanästhesie	18
2.5.1.2 Die Lokal- und Regionalanästhesie.....	19
2.5.1.2.1 Die Lokalanästhesie.....	20
2.5.1.2.2 Die Regionalanästhesie	20
2.5.1.2.3 Risiken, Komplikationen und Kontraindikationen.....	22
2.5.2 Die in der Studie angewandte Regionalanästhesie	23
2.5.2.1 Die Psoaskompartiment-Blockade – eine Plexusanästhesie.....	24
2.5.2.2 Die Ischiadicus-Blockade – die Blockade eines einzelnen Nerven	26
2.5.2.3 Die verwendeten Lokalanästhetika	28
2.5.3 Die Sedierung	29
2.6 Die Regionalanalgesie als Methode zur postoperativen Schmerzlinderung	30
2.7 Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks	32
2.7.1 Anatomische Grundlagen	32
2.7.1.1 Die artikulierenden Knochen	32
2.7.1.2 Gelenkkapsel, Bänder und Menisken.....	33

2.7.1.3	Blut- und Nervenversorgung der Articulatio genus	36
2.7.2	Biomechanik des Kniegelenks	37
2.8	Anwendungsgebiet und Durchführung der Knieendoprothetik	39
2.8.1	Indikation für den Kniegelenkersatz	39
2.8.2	Die Knieprothesenimplantation	41
3	FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG	43
4	MATERIAL UND METHODEN	44
4.1	Patientenrekrutierung	44
4.1.1	Einschlusskriterien.....	44
4.1.2	Ausschlusskriterien.....	44
4.2	Genehmigung und Einwilligungserklärung	45
4.3	Studienkonzept.....	45
4.4	Studiendurchführung	46
4.4.1	Realisierung der intraoperativen Schallprotektion	46
4.4.2	Messung des Schallpegels	49
4.4.3	Dokumentation der Schmerzscores	50
4.5	Datenverarbeitung	51
4.5.1	Berechnung von statistisch verwertbaren VAS-Scores	51
4.5.2	Statistische Auswertung.....	52
4.6	Literaturrecherche	53
5	ERGEBNISSE	54
5.1	Anthropometrische Daten des Patientenkollektivs	54
5.1.1	Gruppenzuordnung.....	54
5.1.2	Geschlecht	54
5.1.3	Alter	55
5.1.4	Body-Mass-Index.....	56
5.2	Operationsausführung	57
5.2.1	Operationstechnik.....	57
5.2.2	Prothesenfixierung.....	58
5.2.3	OP-Dauer	58
5.2.4	Intraoperative Lärmbelastung	59

5.2.5	Musikeinspielung	60
5.3	Postoperative Beobachtungen.....	60
5.3.1	Häufigkeit eines Femoralis-Katheters	60
5.3.2	Katheterliegedauer	61
5.4	Erinnerung.....	62
5.5	Schmerzscores.....	66
5.5.1	Beispielhafte Darstellung der zugrunde liegenden Werteberechnung	66
5.5.2	Beobachtungen im Kollektiv.....	68
5.5.3	Gruppenabhängige Ergebnisse	70
5.5.4	Gruppenunabhängige Korrelationen	74
5.6	Ergebnisüberblick	75
6	DISKUSSION	78
6.1	Ergebnisdiskussion unter Einbeziehung aktueller Studien	78
6.1.1	Daten des Patientenkollektivs	78
6.1.2	Daten zur Operationsausführung	79
6.1.2.1	Operationstechnik und -dauer.....	79
6.1.2.2	Intraoperative Lärmbelastung	79
6.1.3	Daten zu den postoperativen Beobachtungen	81
6.1.4	Daten zur Erinnerung.....	81
6.1.5	Erhobene Schmerzscores.....	84
6.1.5.1	Ergebniserörterung	84
6.1.5.2	Mögliche Gründe für die ausgebliebenen gruppenspezifischen Schmerz- differenzen.....	85
6.1.6	Einfluss anderer Variablen.....	88
6.2	Studienkritik.....	90
6.2.1	Studiendesign.....	90
6.2.2	Methodik	90
6.2.2.1	Datenerhebung	91
6.2.2.2	Studiendurchführung	92
6.2.2.3	Verwendete Materialien	93
6.2.3	Limitationen	94
6.3	Aktuelle Studienlage	96
6.3.1	Musik – ein sinnvoller Beitrag zur komplementären Schmerztherapie.....	96
6.3.1.1	Physiologische Erklärungsansätze der Musikwirkung	96

6.3.1.2	Operationsunabhängige Musikanwendung	97
6.3.1.2.1	Allgemeine Wirkungen von Musik	97
6.3.1.2.2	Lautstärke als wichtiges Kriterium.....	99
6.3.1.2.3	Führt nur die Lieblingsmusik zum Wirkeffekt?	99
6.3.1.3	Intra- und postoperative Musikanwendung.....	100
6.3.1.3.1	Wirkung von Musik während der Anästhesie	100
6.3.1.3.2	Effekt von Musik im Aufwachraum	101
6.3.1.3.3	Resümee aus den dargestellten Studien zur intra- und postoperativen Musikanwendung.....	102
6.3.2	Die eigene Studie im Vergleich	103
6.3.2.1	Darstellung thematisch ähnlicher Studien	103
6.3.2.1.1	Studie von Heitz et al.....	103
6.3.2.1.2	Studie von Bonke et al.....	104
6.3.2.1.3	Studie von Ayoub et al.....	105
6.3.2.1.4	Studie von Kang et al.....	106
6.3.2.1.5	Studie von Simcock et al.....	107
6.3.2.1.6	Studie von Reza et al.....	108
6.3.2.1.7	Studie von Ebneshahidi et al.....	109
6.3.2.2	Folgerungen aus dem Studienvergleich	111
6.3.2.2.1	Folgerungen bezüglich des Anwendungszeitpunktes der Musik	111
6.3.2.2.2	Folgerungen aus dem direkten Vergleich mit Simcocks Studie	112
6.3.2.2.3	Weitere, in den Vergleichsstudien dargestellte Effekte von Musik.....	113
6.3.2.2.4	Folgerungen bezüglich der eigenen Studienmethodik	113
6.4	Resümierender Überblick über eingangs dargestellte Studienergebnisse und wichtige Erkenntnisse aus der Diskussion.....	114
6.4.1	Erkenntnisse bezüglich der Sedierung als Gedächtnisblockade	114
6.4.2	Erkenntnisse bezüglich der eigenen Studienfragestellung	115
6.4.3	Eigene Studienergebnisse im klinischen Kontext.....	116
6.4.4	Erkenntnisse bezüglich der prä- und postoperativen Musikanwendung	116
6.4.5	Vorteile einer prä-, intra- und postoperativen Musikanwendung.....	117
6.4.6	Empfehlungen zur Durchführung einer perioperativen Musikanwendung....	118
7	SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK.....	120
8	ZUSAMMENFASSUNG.....	121
9	LITERATURVERZEICHNIS.....	124

10	ANHANG	142
10.1	Abbildungsverzeichnis	142
10.2	Tabellenverzeichnis	144
10.3	Anlagen	145
10.3.1	Anlage 1: Einverständniserklärung	145
10.3.2	Anlage 2: Kurve des Aufwachraums	146
10.3.3	Anlage 3: Überwachungsbogen für Schmerzkatheter	148
11	DANKSAGUNG	150
12	LEBENSLAUF	151

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
[...]	Literaturangabe
°	Grad
€	Euro
A.	Arteria (Arterie)
a.-p.	anterior-posterior (von vorne nach hinten)
ARAS	Aufsteigendes, Retikuläres, Aktivierendes System
BIS	Bispectral Index Score
BMI	Body-Mass-Index
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CD	Compact Disk
cm	Zentimeter
CPM	continuous passive motion (Bewegungsschiene)
CSE	combined spinal and epidural anesthesia (kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie)
db	Dezibel
DRG	Diagnosis Related Groups (Diagnosebezogene Fallgruppen)
EEG	Elektroenzephalographie
et al.	et alii (und andere)
etc.	et cetera (und so weiter)
Fem	Femoralis
FPS	Faces Pain Scale
FPS-R	Faces Pain Scale Revised
GB	Gigabite
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
i.v.	intravenös
IVA	Intravenöse Anästhesie
K ⁺	Kalium-Ion
kg	Kilogramm
kg/m ²	Kilogramm/Quadratmeter
L	lumbale Spinalnervenwurzel
l/min	Liter/Minute
LWK	Lendenwirbelkörper
m	männlich

m	Meter
M	Patientengruppe mit Musikkopfhörer
M.	Musculus (Muskel)
mA	Milliampere
Max	Maximum
µg	Mikrogramm
mg/ml	Milligramm/Milliliter
Min	Minimum
min	Minute
ml	Milliliter
ml/h	Milliliter/Stunde
Mm.	Musculi (Muskeln)
ms	Millisekunden
MW	Mittelwert
n	Anzahl
N.	Nervus (Nerv)
Na ⁺	Natrium-Ion
NF	Nervus femoralis
NI	Nervus ischiadicus
ns	nicht signifikant
O	Patientengruppe ohne Schallschutz
OAA/S	Observer's Assessment of Alertness/Sedation Scale
OP	Operation
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
p	probability-value (Wahrscheinlichkeitswert)
PACU	Postanesthesia Care Unit (Aufwachraum)
Pat.	Patient
PC	Psoas-Kompartiment
PCA	patient controlled analgesia (Patientenkontrollierte Analgesie)
PDA	Periduralanästhesie
PTSD	Posttraumatic Stress Disorder (posttraumatisches Stresssyndrom)
S	Patientengruppe mit Kapselgehörschutz
s	Sekunden
s	signifikant
SD	Standardabweichung
TIVA	Total Intravenöse Anästhesie
VAS	Visuelle Analoge Skala

Vol	Volume (Lautstärke)
vs.	versus
w	weiblich
WHO	World Health Organization
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index
z.B.	zum Beispiel
ZNS	Zentrales Nervensystem

1 EINLEITUNG

Eine Operation stellt im Allgemeinen die für den Patienten am meisten belastende Therapieoption dar, die man nach strenger Indikationsstellung anbieten kann. Obwohl damit die gesundheitliche Situation langfristig verbessert werden soll, wird sie von den meisten Betroffenen als gravierender Einschnitt in das bisherige Leben und als Bedrohung für das körperliche Befinden angesehen. Deshalb wird sich kaum Einer ohne einem mehr oder weniger stark ausgeprägten Maß an Aufregung, Unsicherheit und Angst einem chirurgischen Eingriff unterziehen. Grund für diese Gefühle ist die Tatsache, dass die Person die Verantwortung für ihr Leben abgeben und sich zu hundert Prozent Anderen anvertrauen muss. Außerdem besteht bei jedem Eingriff ein gewisses Risiko für Komplikationen, über die der Betroffene präoperativ aufgeklärt werden muss. Besonders ausschlaggebend für das Unbehagen des Patienten sind allerdings die durch jede Operation im entsprechenden Maß verursachten postoperativen Schmerzen. Diese stellen vor allem in der Knieendoprothetik eines der Hauptprobleme dar, weil 75% der Operierten nach dem Eingriff mäßige bis heftige Schmerzen verspüren [165]. Dennoch ist die Kniegelenkimplantation aufgrund der demographischen Entwicklung in Deutschland mit der zunehmend älter werdenden Bevölkerung in immer mehr Fällen indiziert. Während 2010 ca. 20,6% der Deutschen über 64 Jahren sind, gehören laut Bevölkerungsvorausberechnungen des Statistischen Bundesamtes 15 Jahre später bereits 25,6% zu jener Altersgruppe [233]. Diese Alterszunahme ist unter anderem bedingt durch eine steigende durchschnittliche Lebenserwartung, deren Entwicklung sich bei einem Vergleich von 2010 mit 1995 veranschaulichen lässt. Im Jahr 2010 Geborene werden in Deutschland im Mittel 79,9 Jahre alt, wohingegen 15 Jahre zuvor die mittlere Lebenserwartung bei 76,4 Jahren lag [82,262]. Parallel dazu steigen auch der Wunsch und das Bedürfnis nach körperlicher Aktivität und Mobilität im Alter. Dadurch kommt es im Folgeschluss immer häufiger zu Verschleißerscheinungen an den Gelenken [191]. Besonders das Kniegelenk als größtes Gelenk des Körpers mit einem hohen Maß an Inkongruenz ist häufig davon betroffen [267]. Die entstehende Arthrose führt aufgrund von Schmerzen und Bewegungseinschränkungen zu einer gravierenden Minderung der Lebensqualität älterer Personen. Deshalb entscheiden sich immer mehr Betroffene, trotz der Angst vor einer solchen Operation und vor den postoperativen Schmerzen, für eine Kniegelenkendoprothese. Dies spiegelt sich auch deutlich in den Implantationszahlen wider. Während 2006 in Deutschland 135.393 Endoprothesen in das Kniegelenk (OPS-Schlüssel 5-822) eingesetzt wurden, stieg die Anzahl 2009 auf 159.137 Prothesen an [232,235,236]. Derartige Tendenzen zeigen sich allerdings nicht nur im orthopädischen

Bereich. Auch viele andere Fachgebiete verzeichnen aufgrund der intensiven Erforschung neuer Operationsmöglichkeiten steigende Operationszahlen. Aus diesem Grund wird es zunehmend wichtiger, den Betroffenen die Entscheidung zum chirurgischen Eingriff durch eine effiziente Minderung der Operationsschmerzen zu erleichtern und ihnen damit zumindest einen entscheidenden Teil des präoperativen Unbehagens zu nehmen. Derartige Verbesserungen des Operations- und Rehabilitationsprozesses sind allerdings nicht nur für den Patienten selbst, sondern auch für die Klinik und die Kostenträger entscheidend. Die zunehmende Nachfrage nach chirurgischen Interventionen führt logischerweise konsekutiv zu einer steigenden finanziellen Belastung der Krankenkassen. Beispielsweise kostet die Implantation einer Knieendoprothese ohne äußerst schwere Komplikationen oder Komorbiditäten (DRG I44B) mit einer mittleren Krankenhausverweildauer von 12,7 Tagen die Krankenkassen bei einer Bewertungsrelation von 2,458 und einem Bundesbasisfallwert von 2.935,78€ insgesamt 7.216,15 € [8,111]. Diese Berechnung bezieht sich auf die im Jahr 2010 gültigen Vergütungsgrundlagen, welche in den einzelnen Bundesländern geringfügig unterschiedlich sind. Die auch in allen anderen Fachbereichen vorherrschende pauschalisierte Vergütung nach den DRG's zwingt die Krankenhäuser zu einer Therapieoptimierung. Nur mit einer effektiven, absolut zielorientierten und möglichst kostengünstigen Behandlung können aus den Pauschalbeträgen finanzielle Gewinne erzielt werden. Solche sind vor allem in Zeiten zahlreicher Einsparungsmaßnahmen besonders wichtig, um dem immer größer werdenden finanziellen Druck gerecht zu werden. Zusätzlich stehen die Kliniken unter einem steigenden Leistungs- und Konkurrenzdruck. In diesem Zusammenhang fungiert der Patient als „Aushängeschild“ eines Krankenhauses. Durch die zunehmende Vernetzung beispielsweise über das Internet ist der Erfahrungsaustausch bezüglich der Operation gang und gäbe. Deshalb ist die Mundpropaganda ein wichtiger Werbefaktor, um das Interesse anderer Betroffener an der eigenen Klinik zu fördern. Das Wohl des Patienten ist also nicht nur ein persönliches, sondern auch ein institutionelles Anliegen. Aus diesen Gründen wird das Erforschen einfacher, nebenwirkungsfreier und kostengünstiger Therapieinterventionen zur Minderung der Operationsschmerzen und somit zur Verbesserung des Patientenbefindens immer essentieller. Mit derartigen Behandlungsoptionen könnte die Zufriedenheit der Patienten gesteigert und die Dauer der Rehabilitation möglicherweise verkürzt werden, was besonders für den Patienten, aber auch für die Klinik einen entscheidenden Benefit darstellen würde.

2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN

Um die Beweggründe und Anreize zu dieser Studie nachvollziehen zu können, ist es notwendig, diesbezüglich einige Gedanken und Überlegungen anzustellen. Zudem wird im Folgenden genauer auf das Phänomen Schmerz, die angewandte Anästhesie, die postoperative Regionalanalgesie, die Anatomie des Kniegelenks und den durchgeführten chirurgischen Eingriff eingegangen.

2.1 Stressfaktoren während einer Operation

Eine Operation im Allgemeinen und eine Knieprothesenimplantation im Speziellen stellt für den betroffenen Patienten nicht nur eine physische, sondern auch eine enorme psychische Herausforderung dar [113,116]. In den Aufklärungsgesprächen zum Eingriff und zur Anästhesie erhält die Person zahlreiche Informationen zur Operation an sich und die darauf folgende Rehabilitation. Somit kann sich der Patient eine genaue Vorstellung davon machen, wie lange beispielsweise der Schnitt sein wird, welche Materialien implantiert werden und welche Risiken auftreten können. Ihm wird also die Möglichkeit gegeben, sich psychisch auf die physischen Folgen einzustellen. Bereits dies ist je nach Persönlichkeit und Eingriff für manche nicht einfach. Deutlich schwieriger ist es allerdings, sich vorab auf das vorzubereiten, worüber man nicht explizit aufgeklärt wird. Gemeint ist damit alles, was die Person während des Aufenthalts im Operationsbereich mit ihren Sinnen wahrnimmt und welche Gefühle damit verbunden sind. Was für das Personal Routine und Normalität ist, stellt für den Patienten in seiner ohnehin psychisch angespannten Verfassung eine Ausnahmesituation dar. Deshalb soll im Folgenden darauf eingegangen werden, welche Faktoren eine zu operierende Person im Operationsbereich beeinflussen und welche Konsequenzen sich daraus für den Patienten ergeben können. Inhaltlich wurden in diesem Kapitel die eigenen Erfahrungen durch zahlreiche literarische Veröffentlichungen zu diesem Thema ergänzt [29,31,32,46,50,52,83,84,85,86,113,116,117,189,202,210,246,254,263].

2.1.1 Akustische Reize und Geräusche im OP

Besonders wichtig sind neben den olfaktorischen und optischen die akustischen Reize, denen der Patient ausgesetzt ist. Nicht nur im Operationssaal, sondern auch im Einleitungsraum hört die Person eine Vielzahl an neuartigen Geräuschen. Die

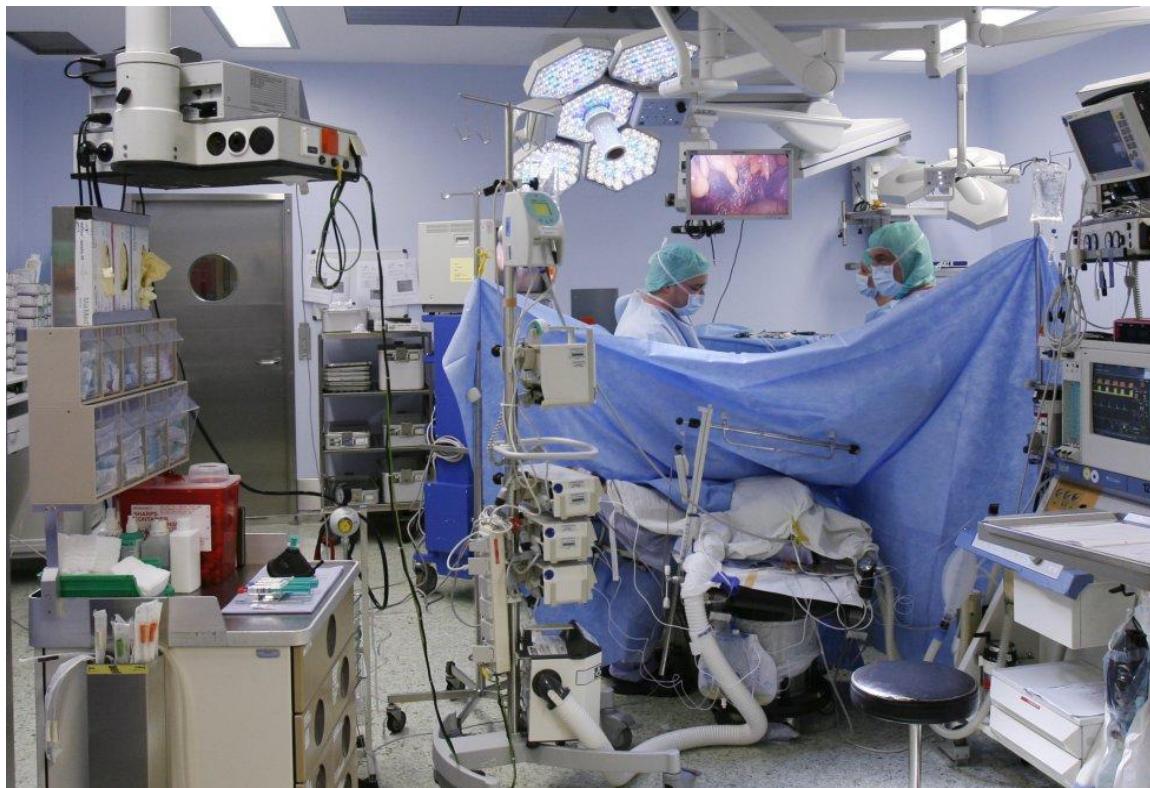
Interpretation derer dürfte sich für diejenigen, die nicht im medizinischen Sektor tätig sind, schwierig bis unmöglich gestalten. Während der Anästhesieeinleitung kann der Patient das lautstarke Aufräumen und die Vorbereitungen zur nächsten Operation vernehmen. Konkret ist damit das Klicken des gebrauchten OP-Bestecks beim Zurücklegen in die Siebe, das Aufeinanderstapeln der neuen Sterilgutcontainer, das schnappende Öffnen derer und das Aufrichten der sterilen Werkzeuge gemeint. Außerdem können auch Geräusche aus anderen OP-Sälen zum Gehör des Patienten gelangen. Für besondere Beunruhigung dürften die Alarmsignale des eigenen Monitors sorgen [219]. Ein Patient kann nicht unterscheiden, ob das Signal auf eine bedrohliche Komplikation hindeutet oder ob das Anästhesiepersonal damit beispielsweise nur auf das Abrutschen des Fingerclips zur Pulsoxymetrie aufmerksam gemacht wird. Ähnlich verhält es sich mit den vielen verschiedenen Piepgeräuschen im Operationsbereich. Beispielsweise wird durch ein Piepen der Puls verdeutlicht, das Ende der Perfusorspritze angekündigt und der Stromfluss eines Elektrokauters begleitet. Diese und andere Alarmgeräusche sind nicht immer Ausdruck einer Gefahr für den Patienten, sondern vielmehr eine durch den technologischen Fortschritt bedingte Unterstützung für das Personal [160]. Allerdings werden nur wenige Personen auf dem OP-Tisch dieses vielfältige Piepen korrekt einschätzen können. Zusätzlich kann der Patient Stimmen wahrnehmen. Diese wirken zum Teil sicherlich beruhigend, weil er damit weiß, dass Personen in seiner Nähe sind. Andererseits ist es für den Patienten eine eher ungewöhnliche Situation, wenn er das Gesprochene akustisch oder inhaltlich nicht versteht und nicht weiß, worum es eigentlich geht. Es werden Witze gemacht und gelacht, obwohl der Patient auf dem OP-Tisch liegt und ihm – zumindest kurzfristig gesehen – Schaden zugefügt wird. Für den Fall, dass er folgen kann, wird es vor allem dann beruhigend, wenn die Anwesenden über den Operationsverlauf oder aufgetretene Schwierigkeiten sprechen. Zudem kommt es bisweilen im Operationssaal zu lautstarken Äußerungen seitens der Ärzte. Ein derartiges Schimpfen oder sogar Schreien dürfte auf den Patienten besorgniserregend und befremdend wirken, selbst wenn er nicht der Grund dafür ist. Weitere, sehr eindringliche Geräusche werden durch verschiedene Operationsinterventionen hervorgerufen. Vor allem im orthopädischen Operationssaal entsteht eine Geräuschkulisse, die besonders laut ist und sich zudem äußerst bedrohlich anhört. Neben eher harmlosen akustischen Reizen wie Spülen oder Saugen, kann der Patient auch das Bohren und Sägen mit Pressluft, das Hämmern und das Meißeln wahrnehmen [160]. Letztere wirken mit großer Wahrscheinlichkeit enorm angstentflößend auf die betroffene Person und könnten als Zeichen einer extremen Manipulation und Gewalteinwirkung interpretiert werden. Selbst wenn diese in ähnlicher Weise aus dem handwerklichen Bereich bekannt sein dürften, ist

es ohne Zweifel ein besonders einschneidendes Erlebnis, diese als Folge der Handlungen am eigenen Körper zu erkennen.

Derartige und weitere, ähnliche Geräusche führen aufgrund der fehlenden Interpretationsfähigkeit und der Neuartigkeit zu einem mehr oder weniger gesteigerten Unbehagen der Patienten und könnten als Stressfaktoren die physische Reaktion und das Befinden beeinflussen [60,195,227]. Außerdem ist man davon überzeugt, dass Geräusche im Operationssaal das Beibehalten eines stabilen Sedierungslevels erschweren [128].

2.1.2 Weitere beeinflussende Reize

Neben den akustischen Reizen kann der Patient allerdings noch weitere beeinflussende Details wahrnehmen. Er wird die Umgebung mit anderen Augen sehen als beispielsweise eine OP-Schwester.



*Abbildung 1:
Operationssaal*

Die notwendigerweise äußerst sterile Einrichtung mit den zahlreichen Edelstahloberflächen ist für einen Patienten ungewohnt und wirkt nicht gerade freundlich

und einladend. Ebenso hinterlassen die gekachelten Wände einen äußerst kühlen Eindruck. In den oft durchsichtigen Schütten lassen sich sterile Nadeln, Pflaster, Kanülen und Gummihandschuhe erkennen, was auf diesbezüglich sensible Patienten beängstigend wirken dürfte. Auch die zahlreichen Geräte, Monitore und Kabel, die jedem Patienten angelegt werden, können aufgrund der fehlenden Funktionszuordnung ein befremdendes Empfinden hervorrufen. Ähnlich verhält es sich mit den Infusionen, der grellen OP-Beleuchtung, dem nervösen Blinken von Monitoren und dem mit Blut gefüllten Saugerbeutel. Allerdings kann auch das, was der Patient nicht sieht, seinen Zustand beeinflussen, denn er befindet sich in einem meist fensterlosem Raum mit einem begrenzten Sichtfeld. Zum einen kann er in liegender Position nicht verfolgen, was an seinem Kopfende geschieht, und zum anderen wird ihm intraoperativ durch das Abdecktuch ab Brusthöhe die Sicht nach unten verwehrt. Diese visuellen Eindrücke sind für das Personal nichts Ungewöhnliches, aber der betroffene Patient wird durch solche unbekannten Details in seinem Wohlbefinden beeinflusst.

Auch die olfaktorischen Wahrnehmungen – der Geruch nach Desinfektionsmittel und mittels Elektrokauter verbranntem Gewebe – sind für den Patienten neuartig. Besonders unangenehm dürfte die zur Operation nötige Lagerung sein. Zum einen wird der Körper des Patienten in eine Position gebracht, die bei den meisten Operationen über die Dauer des Eingriffs beibehalten wird. Verständlicherweise stehen dabei die Vorteile für die Operationsdurchführung im Vordergrund und nicht der Komfort des Patienten. Zum anderen wird die Person zur Sturzprävention mit Klettgurten am Operationstisch fixiert. Diese gravierende Bewegungseinschränkung vor allem der Arme fordert ein großes Vertrauen und ist deshalb sicherlich für viele Patienten eine äußerst unangenehme, beängstigende Situation. Auch dadurch wird sich je nach Persönlichkeit ein mehr oder weniger starkes Hilflosigkeits- und Unsicherheitsgefühl beim Patienten breit machen. Zusätzlich kann man nicht ausschließen, dass die Person – besonders bei Anästhesieeinleitung – Schmerzen oder Kälte verspürt. Auch wenn der Patient mit warmen Tüchern abgedeckt wird und eine Warmluftzufuhr erhält, kann es dennoch in den stark klimatisierten OP-Sälen zu Kälteempfinden kommen. Grund dafür sind unter anderem mögliche Wartezeiten und die Tatsache, dass der Patient nur mit dem OP-Hemd bekleidet ist. Auf diese Weise wird zusätzlich auch die Intimsphäre derjenigen Person verletzt und ein unterschiedlich starkes Schamgefühl ausgelöst. Letzteres verstärkt sich dann ungemein, wenn die Türen offen stehen oder zahlreiche andere unbeteiligte Personen den Raum durchqueren. Ganz allgemein stellt eine Operation einen bedeutenden Eingriff in die Privatsphäre dar. Die Betroffenen müssen alles über ihre physische Verfassung preisgeben und ihr Schicksal in die Hände Anderer legen. Dadurch ist ihre Selbstbestimmung eingeschränkt und eine große Portion Vertrauen zu

Ärzten und Pflegern gefordert. Getrennt von nahe stehenden Menschen wird der Patient in dieser sensiblen Phase mit vielen unbekannten Personen konfrontiert. Zum einen erfolgt die Durchführung von Anästhesie und Operation in manchen Fällen von fremdem Personal und zum anderen können bereits bekannte Personen möglicherweise aufgrund des Mundschutzes nicht erkannt werden. Diese befremdende Umgebung, die neuen Personen und die mangelnde Vorhersehbarkeit und Kontrollierbarkeit der Maßnahmen und des Ablaufs führen bei den Patienten zu Angst, Stress und Nervosität.

2.1.3 Wirkung von Stressoren auf den Patienten

Nach dem Aufzeigen möglicher Stressfaktoren auf den Patienten im Rahmen einer Operation sollen nun die Auswirkungen, die sich daraus für die Betroffenen ergeben, dargestellt werden. Informationen dazu erhält man hauptsächlich aus Berichten von Patienten, die während einer Allgemeinanästhesie aufgewacht sind und postoperativ über das Erlebte berichten. Die Patienten erzählen von operativen Manipulationen, von Gesprächen und anderen akustischen Wahrnehmungen [139,164]. Außerdem wird sehr häufig die Wahrnehmung von Schmerz, Angst, Panik und Hilflosigkeit geschildert [3,77,127,135,139,164,204,230]. Angst bezeichnet ein psychophysiologisches Phänomen mit motorischer, physiologischer und subjektiver Komponente [50]. Die physiologischen Veränderungen beziehen sich auf Schwankungen des Kortisol- und Adrenalininspiegels [189], auf eine Suppression der Leukozytenfunktion [46], auf einen Anstieg von Puls, Blutdruck, Körper- und Hauttemperatur und auf eine Störung des Magen-Darm-Trakts [85]. Sie können in Kombination mit der subjektiven Angstwahrnehmung zu einer negativen Beeinträchtigung der Narkose und des postoperativen Genesungsprozesses führen [86,168]. Johnston et al. [117] kamen zu dem Ergebnis, dass eine erhöhte präoperative Belastung mit einer schlechteren postoperativen Erholung einhergeht. Auch die psychische Situation nach der Operation kann durch eine intraoperative Wachheit stark beeinflusst werden. 70% der Patienten, die im Rahmen einer Studie zu einer derartigen Erfahrung befragt wurden, klagten über Schlafstörungen, Albträume und Flashbacks seit diesem Erlebnis [164]. Vergleichbare Beschwerden werden auch in vielen anderen Untersuchungen geschildert [3,127,144,164,203,230,239]. Daraus ergibt sich außerdem ein Risiko zur Entwicklung von lang andauernden psychischen Folgeschäden [77,136]. Gemeint sind unter anderem transiente oder persistente Angstsymptome, die in manchen Fällen auch zu einem posttraumatischen Stresssyndrom (Posttraumatic Stress Disorder = PTSD) führen können [2,55,135,136,139,164,179,180,203,204,212,214,239]. Die PTSD ist durch die Trias Wiedererleben, Vermeiden und Übererregbarkeit definiert [179], welche über einen Monat

anhalten muss [3,127]. Blacher [21] bezeichnet dies als „traumatisches Neurosesyndrom“ und fasst darunter wiederkehrende Albträume, allgemeine Irritabilität und Ängstlichkeit, eine ständige Todesangst und die Schwierigkeiten, darüber zu sprechen, zusammen. Eine andere Studie von Moerman et al. [164] untersucht, an welche Art von Stimuli und an welche Gefühle sich Patienten, die während einer Allgemeinanästhesie aufgewacht sind, erinnern. 89% der Teilnehmer berichten von Geräuschen, 27% von visuellen Wahrnehmungen, 92% von Angst und Panik und 46% von Hilflosigkeit. Bei 69% der Personen ergaben sich Folgeerscheinungen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangen auch Sandin et al. [205]. Aus anderen Berichten zur Wirkung der Stressoren auf sedierte Patienten geht hervor, dass der intraoperative Lärm Stressreaktionen verursacht und – bei leichter Sedierung – die bispectral index scores (BIS) beeinflussen kann [60,128,227]. Der Bispectral Index ist ein verarbeiteter EEG-Parameter, der die Auswirkungen der Sedierung auf das Gehirn anzeigt. Besonders entscheidend ist dieser Effekt natürlich im orthopädischen OP, wo Sägen, Bohren und Ähnliches für einen hohen Lärmpegel sorgen [160]. Mit, aber auch ohne intraoperativem Erwachen können nach jedem chirurgischen Eingriff in der postoperativen Periode psychische oder emotionale Probleme auftreten. Diese äußern sich in Deja-vu-Erfahrungen, Konzentrationsstörungen, einer verminderten Konzentrationsspanne, allgemeinem Unwohlsein und regressivem Verhalten [62,230]. Dieser nachteilige Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung intraoperativer Ereignisse und den konsekutiven Auswirkungen auf den Patienten fordert Überlegungen zur Reduzierung der psychischen Belastung im operativen Kontext. Die Möglichkeit, durch Unterbinden des intraoperativen Stressfaktors „Akustik“ beziehungsweise durch dessen Umwandlung in einen positiven Beeinflussungsfaktor mittels Musik dieses Ziel zu erreichen, wurde in unserer Studie untersucht.

2.2 Wachheitsgrade – Wahrnehmungen in der Narkosephase

Ist eine Reduzierung der intraoperativen Stressoren überhaupt notwendig, wenn die Patienten eine Sedierung erhalten? Kann eine Sedierung die Wahrnehmung von Reizen vollständig unterbinden? Auch bezüglich dieser Fragestellungen geben hauptsächlich Untersuchungen zur Allgemeinanästhesie orientierende Anhaltspunkte.

Den noch heute gültigen Differenzierungen von „Wachheit und Wahrnehmung während der Narkosephase“ geht ein langer Prozess von immer neuen Erkenntnissen auf diesem Gebiet voraus. 1965 wurde von Levinson [140] erstmals eine Untersuchung zur postoperativen Erinnerung nach einer Lachgas-Sauerstoff-Äther-Anästhesie durchgeführt. Dabei wurde intraoperativ eine beängstigende Aussage zum

Gesundheitszustand des Patienten getroffen. Postoperativ konnte sich keiner der zehn Patienten bewusst, aber vier unter Hypnose daran erinnern. Als Resümee hielt Levinson [140] fest, dass bestimmte Laute während der Allgemeinanästhesie gehört und im Unterbewusstsein gespeichert werden können. Brice et al. [25,239] definierten 1970 zum ersten Mal den Begriff „Awareness“ als die Fähigkeit des Patienten, spontan oder auf Nachfrage Ereignisse aus der intraoperativen Phase zu erinnern. Anderenorts wird diese auch als ein unerwünschter, unvorhergesehener Wachzustand des Patienten während eines chirurgischen Eingriffs oder die nachträgliche Erinnerung daran beschrieben [77]. Nach weiterer Forschung wurde das Phänomen „intraoperative Wachheit“ 1989 von Jones [120] in eine bewusste Wachheit mit expliziter Erinnerung, in eine bewusste Wachheit mit Amnesie und in eine unbewusste Wachheit mit Amnesie unterteilt. Zeitgleich stellten auch Bonke et al. [22] fest, dass sich Patienten an spezifische Ereignisse ihrer Operation erinnern können, obwohl sie für bewusstlos gehalten wurden. Aufgrund dieser und eigener Untersuchungen sahen Schwender et al. [213] schon 1991 die Möglichkeit zur Verarbeitung sensorischer Informationen während der Allgemeinanästhesie und die Fähigkeit, diese postoperativ zu erinnern, als sehr wichtiges ethisches und medizinisches Thema an. Ihrer Meinung nach erinnern sich die meisten Patienten postoperativ an akustischen Wahrnehmungen während einer Operation. Mit dieser Darstellung verschiedener, älterer Untersuchungen wird deutlich, dass das Vorkommen von Wachheitszuständen aufgrund zahlreicher Fallberichte umstritten war [7,13,152,206,221,241,249], auch wenn der Nachweis derer schwierig ist [196].

Heute differenziert man „intraoperative Wachheit“ noch genauer in explizit erinnerbare, bewusste Wachheit mit Schmerz, explizit erinnerbare Wachheit ohne Schmerz, bewusste Wachheit mit Amnesie, unbewusste Wachheit mit impliziter Erinnerung und keine Wachheit [119,212]. Zu dieser Unterteilung führte unter anderem eine von Schwender et al. [211] durchgeführte, entsprechende Studie. Dabei wurde anästhetisierten Patienten ein Tonbandtext mit einer impliziten Gedächtnisaufgabe vorgespielt. Kein Patient hatte postoperativ eine explizite Erinnerung an den Text, allerdings konnten sich sechs der 20 Patienten an das dargebotene Zielwort als Ausdruck einer impliziten Gedächtnisfunktion erinnern. Die Forschungsgruppe kam deshalb auch zu dem Ergebnis, dass es während der Anästhesie zur Aufnahme und Verarbeitung akustischer Informationen kommen kann, die postoperativ unbewusst erinnerlich sind [211]. Nun ist es aber entscheidend, wie häufig die jeweiligen Wachheitsgrade unter Allgemeinanästhesie vorkommen. Die Inzidenz der explizit erinnerbaren bewussten Wachheit mit Schmerz beträgt weniger als 0,01 - 0,03% und ohne Schmerz 0,2 - 2% [119, 136,138,145,184,212,239]. Dagegen tritt die bewusste Wachheit mit Amnesie in 7 - 72% der Fälle auf [212]. Für die unbewusste Wachheit mit impliziter Erinnerung, die sogar in bis zu 80% der Fälle vorkommt, ist eine

genaue Angabe aufgrund methodischer Schwierigkeiten nicht möglich [212]. Bei den Angaben zur expliziten Erinnerung muss man allerdings beachten, dass die Patienten in ca. 6% der Fälle über Ereignisse während der Anästhesie berichten, die sie nur geträumt haben und deshalb keinen Bezug zum realen, intraoperativen Geschehen aufweisen [216]. Warnsymptome für eine drohende Awareness können motorische Reaktionen oder vegetative Stimulationen sein. Konkret versteht man darunter Bewegungen der Augen, der Lider, des Kopfes oder der Extremitäten, Husten, Schlucken und Grimassieren, aber auch Tachykardie, Hypertension, Schwitzen, Tränenfluss und Mydriasis [257]. Als eine mögliche Strategie zur Vermeidung der Awareness wird von verschiedenen Autoren die Verwendung von Schallschutz-Materialien zur Abschirmung von akustischen Reizen angegeben [76,230]. Der Effekt zeigte sich in der Studie von Gonano et al. [78]. Dort war die Inzidenz der intraoperativen Wachheit während einer Spinalanästhesie in der Gruppe mit Ohrstöpsel deutlich geringer als in der Vergleichsgruppe ohne Schallschutz (16% vs. 56%).

Alle diese Nachweise intraoperativer Wachheit wurden laut Orser et al. [178] gerade deshalb hauptsächlich für die Allgemeinanästhesie erbracht, weil Patienten in Regionalanästhesie mit zusätzlicher Sedierung ohnehin für gewöhnlich erweckbar sind. Bei einer Sedierung kann man also einerseits die bewusste Wachheit nicht sicher ausschließen. Ursache dafür ist unter anderem die Tatsache, dass Sedierungsmittel bei jedem Patienten unterschiedlich starke Auswirkungen haben. Abgesehen von Körpergewicht und -größe – was bei der Applikationsmenge berücksichtigt wird – nehmen auch zahlreiche andere Faktoren wie beispielsweise Leberschädigungen, Alkoholabusus oder Medikamentenmissbrauch einen großen Einfluss auf die interindividuelle Variabilität im Bezug auf die Stärke der Sedierungswirkung. Somit kann kein Anästhesist aufgrund der applizierten Sedierungsmittelmenge eine eindeutige Aussage zur Tiefe der Sedierung treffen. Andererseits wird sicherlich auch unter Sedierung eine unbewusste Wachheit vorkommen, wenn diese für die Allgemeinanästhesie – die stärkste Form der Sedierung – bereits bewiesen ist. Diese These wird durch eine Studie von Koelsch et al. [131] gestützt. Dort wurden die akustischen Wahrnehmungen unter tiefer Propofolsedierung mittels Gehirnstrommessung untersucht. Das Ergebnis zeigt, dass dabei die Aktivität des auditiv-sensorischen Gedächtnisses zwar reduziert, aber dennoch vorhanden ist. Dieses Resultat stimmt mit dem früheren Studien überein [97,272]. Auch bei sedierten Patienten, die mit normalen verbalen Äußerungen nicht ansprechbar sind, konnte die Aktivität des auditiven Gedächtnisses beobachtet werden. Damit sei bewiesen, dass die Aufmerksamkeit während einer Sedierung durch entsprechende Stimuli aktiviert werden kann [131].

Gerade deshalb macht auch die Reduzierung der intraoperativen Stressoren – insbesondere der akustischen Reize – durchaus Sinn und sollte in Studien wie dieser genauer bezüglich der Effektivität untersucht werden.

2.3 Gedächtnisformen – bewusstes und unbewusstes Erinnern

Um das Verständnis der verschiedenen Wachheitsgrade noch zu vertiefen, sollten auch die damit verbundenen verschiedenen Gedächtnisqualitäten genauer erläutert werden. Wie man heute weiß, können sensorische Informationen, beispielsweise Geräusche, auf bewusstem und unbewusstem Level abgespeichert werden [213]. Deshalb unterscheidet man zwischen zwei verschiedenen Gedächtnisqualitäten, dem expliziten, bewussten und dem impliziten, unbewussten Gedächtnis.

Das explizite Gedächtnis, auch deklaratives oder Wissensgedächtnis genannt, speichert Fakten, Episoden und Erlebnisse mit örtlichem und zeitlichem Bezug ab. Dieser Merkvorgang ist dann besonders effektiv, wenn die Inhalte mit gerichteter Aufmerksamkeit erlebt werden [223]. Zur weiteren Differenzierung kann diese Gedächtnisform in ein semantisches-allgemeines und ein episodisches-persönliches Gedächtnis unterteilt werden [73]. Alle expliziten Gedächtnisinhalte sind aktiv und bewusst erinnerlich [108,133,213,223]. Bedeutsame Strukturen für die Funktion dieses Gedächtnisses sind der Gyrus parahippocampalis, der Gyrus cinguli als Teil des limbischen Systems und Teilbereiche des Hippokampus und des Thalamus [73].

Das implizite, nicht-deklarative oder prozedurale Gedächtnis speichert Gewohnheiten und erlernte Fertigkeiten wie beispielsweise das Radfahren oder Fremdsprachen ab [73,108,119,213,223,260]. Außerdem ist es für assoziatives und nicht-assoziatives Lernen verantwortlich. Mit assoziativem Lernen meint man die Konditionierung bedingter Reflexe und unter nicht-assoziativem Lernen wird die Habituation und Sensibilisierung von Reflexwegen verstanden [73,108,223]. Im Gegensatz zum expliziten Gedächtnis sind die impliziten Erinnerungen passiv und unbewusst ohne zeitlichen und örtlichen Bezug [119,133,213,223]. Deshalb können sie auch ohne Einschaltung des Bewusstseins das Verhalten beeinflussen [260]. Lokalisiert ist das implizite Gedächtnis im Striatum, im Kleinhirn, im Neokortex und im Corpus amygdaloideum [108,223]. Die Amygdala belegt die sensorischen Informationen mit emotionalem Gehalt und erzeugt damit eine so genannte „emotionale Antwort“ [133]. So kommt es, dass entsprechend der Konditionierung aversive Reize mit Furcht und Vermeidung verknüpft werden [73]. Diese konditionierte emotionale Antwort umfasst Veränderungen im Verhalten, im autonomen Nervensystem und in der Hormonaktivität [133].

Die beiden beschriebenen Gedächtnisformen existieren und arbeiten unabhängig voneinander [73,108,213]. Gerade deshalb ist es auch möglich, dass während der Allgemeinanästhesie, wenn das explizite Gedächtnis größtenteils ausgeschaltet ist, das implizite teilweise aktiv ist [213]. Also können neben bewussten Erinnerungen des Patienten an Operationsgeschehnisse durch intraoperatives Erwachen auch unbewusste Reminiszenzen auftreten. Der Nachweis eines bewussten „recall“ ist insofern methodisch einfach, weil der Patient über spezifische Ereignisse während der Anästhesie berichten kann. Somit reicht ein strukturiertes Interview aus, um bewusste Wachheit zu detektieren. Allerdings sollte dieses nicht nur unmittelbar nach der Operation durchgeführt werden, sondern auch in einem Abstand von ca. 7 Tagen zum Eingriff. Man hat nämlich herausgefunden, dass manchen Patienten, die bei der ersten Befragung eine explizite Erinnerung verneinen, Tage später doch intraoperative Ereignisse einfallen [148,201,205,257]. Unvergleichbar schwieriger ist das Aufzeigen einer impliziten Erinnerung, da diese beispielsweise zu Veränderungen im Verhalten führt, ohne dass spezielle ursächliche Ereignisse bewusst wiedergegeben werden können [134]. Nachgewiesen wird das Vorhandensein einer unbewussten Erinnerung mittels Wortergänzungstests oder auffälligen Verhaltensveränderungen des Patienten [74]. Ähnliche Vorgehensweisen stellen auch Schwender et al. [213] dar. In ihrer Studie zeigten 20-30% der Patienten, bei denen während der OP eine implizite Gedächtnisaufgabe und postoperativ die Hypnose angewandt wurde, Spuren einer unbewussten Erinnerung an eine intraoperativ dargebotene akustische Information. Aufgrund dieser Ergebnisse ist die Forschergruppe auch der Meinung, dass unbewusst erinnerliche Sachverhalte über meist negative, intraoperative Ereignisse das postoperative Erwachen und Wohlbefinden nachteilig beeinflussen können und deshalb von enormer klinischer Relevanz sind [213]. Auch andere Forscher sind der Überzeugung, dass die implizite Erinnerung an intraoperative Vorgänge bereits gesichert ist [119].

Diese Kenntnisse über das implizite Gedächtnis legen die Vermutung nahe, dass sich Patienten nach der Implantation einer Knieendoprothese unter Sedierung zwar nicht bewusst an die Operationsgeräusche erinnern, aber diese dennoch abgespeichert haben. Wie bereits erwähnt, könnte ein solch negatives Erinnerungsvermögen unbewusst Einfluss auf den postoperativen Verlauf nehmen. Möglicherweise können dadurch die postoperativen Schmerzen verschlimmert, das Verhalten verändert und so der Rehabilitationsprozess aufgehalten werden. Deshalb wurde in der vorliegenden Studie für einen Teil der Patienten der Lärm im Operationssaal durch Gehörschutz oder Musik gedämmmt. Dadurch soll die Speicherung der Operationsgeräusche im impliziten

Gedächtnis verhindert und positive Auswirkungen auf das postoperative Schmerzempfinden erzielt werden.

2.4 Schmerz

2.4.1 Physiologie des Schmerzes

Die Indikation für die Implantation einer Knieendoprothese ist der belastende Schmerz des Patienten und die damit verbundene, verminderte Lebensqualität. Die ursächliche Arthrose führt laut McCaffery bei mehr als 80% der Senioren über 65 Jahren mit der Zeit zu Funktionseinschränkungen und Schmerzen [153]. Deshalb ist es nötig, einen kurzen Überblick über die Entstehung des Schmerzes an sich und seine Beeinflussbarkeit zu geben. Die physiologischen Grundlagen zu diesem Kapitel stammen aus gängigen Lehr- und Handbüchern, welche die Entstehung einer Schmerzwahrnehmung nahezu einheitlich beschreiben [12,108,169,223].

Schmerzen sind ein wichtiges Warnsystem des Körpers und sollen diesen vor weiteren Schäden schützen.

Die Wahrnehmung von Algesie und das dadurch veränderte Verhalten sind integrative Fähigkeiten des gesamten Nervensystems. Seinen Ursprung nimmt die Perzeption von Schmerz in der Peripherie. Meldungen über Schadensereignisse werden von den vor Ort liegenden nervösen Sensoren, den so genannten Nozizeptoren aufgenommen [17,91,266,276]. Diese Rezeptoren liegen als freie Nervenendigungen in fast allen Organen außer Gehirn, Leber und Lunge. Sie stellen zahlenmäßig die stärkste Gruppe aller somatosensorischen Rezeptoren dar. Nozizeptoren für die in der Studie entscheidenden Schmerzen liegen in der Haut, den Muskeln, den Sehnen, den Gelenken, den Knochen und dem Periost. Zur Erregung dieser ist eine relativ hohe Intensität von potentiell gewebsschädigenden mechanischen, thermischen oder chemischen Reizen notwendig. Diese werden von den Nozizeptoren anhand verschiedener Typen von Membrananälen in Nervenimpulse umgesetzt. Solche Impulse sind fortgeleitete Aktionspotentiale, die von Ionenströmen durch Ionenkanäle der Nervenmembran gebildet werden [56]. Die treibenden Kräfte für den Austausch von Ionen – hauptsächlich Na^+ - und K^+ - Ionen – sind die Konzentrationsgradienten über der Membran. Eine derartige Schmerznachricht wird über spezielle Nervenfasern – die schnell leitenden, dünnen, myelinisierten A δ - und die langsam leitenden, unmyelinisierten C-Fasern – über die Hinterwurzel ins Hinterhorn des Rückenmarks fortgeleitet. Schmerzreize im Gesichtsbereich gelangen über den Nervus trigeminus direkt zum Hirnstamm. Im Hinterhorn des Rückenmarks angekommen wird die Schadensmeldung über eine

exzitatorische Synapse auf ein zentrales Neuron übertragen. Diese Informationsweitergabe erfolgt durch die Ausschüttung erregender Neurotransmitter, wie beispielsweise Glutamat, aus der präsynaptischen Endigung der afferenten peripheren Nervenfaser und deren Wirkung an den postsynaptischen Rezeptoren. An eben diesen Hinterhornneuronen kann das Gehirn über segmentale und absteigende Hemmmechanismen den sensorischen Input kontrollieren. Zusätzlich zur möglichen Inputregulierung können afferente Schmerzinformationen bereits auf Rückenmarksebene zu motorischen und vegetativen Reflexen verarbeitet werden. Ein typischer spinaler Reflex ist der Wegziehreflex. Auf diese Weise kommt es beispielsweise beim Kontakt des Fingers mit der heißen Herdplatte bereits vor der eigentlichen Schmerzwahrnehmung zum Zurückziehen der Hand. Im weiteren Verlauf erfolgt die Übertragung des Reizes zum Gehirn nach Umschaltung auf das zentrale Neuron vorwiegend im kontralateralen Vorderseitenstrang, dem Tractus spinothalamicus. Im Hirnstamm angekommen nehmen derartige Informationen bereits Einfluss auf die Steuerung von Atmung und Kreislauf und auf das aufsteigende, retikuläre, aktivierende System (ARAS), welches Wachheit und Aufmerksamkeit bestimmt. Als Nächstes erreichen alle sensorischen Wahrnehmungen den Thalamus im Zwischenhirn. Dieser ist für die notwendige Informationsverteilung verantwortlich. Stark vereinfacht betrachtet werden die Nervenimpulse über den medialen Thalamus zum Gyrus cinguli des limbischen Systems, zum Hypothalamus und zur Hypophyse weitergeleitet. Der laterale Thalamus überträgt die Information zur somatosensorischen Großhirnrinde, im Speziellen zu den Arealen SI und SII. Das limbische System ist für die emotional-affektive Komponente einer jeden Schmerzwahrnehmung verantwortlich, während der Kortex die kognitive Verarbeitung übernimmt. Durch Letztere ist es möglich, den Schmerz bewusst wahr zu nehmen, zu lokalisieren und wenn möglich durch gezielte Handlungen zu beenden.

Viele dieser beschriebenen Abläufe funktionieren auch bei bewusstlosen und narkotisierten Patienten. Niesel et al. [169] vermuten auch, dass bislang unbekannte, normalerweise immer ablaufende unter- und unbewusste Phänomene eine wichtige „unsichtbare“ Basis für die Schmerzwahrnehmung darstellen und dass es deshalb nicht sinnvoll ist, diese auf die bewusste Wahrnehmung einzuengen. Auch Bader et al. [12] sind der Meinung, dass die bewusste Schmerzwahrnehmung nur einen Teil der Reaktionen umfasst, welche im Nervensystem nach Schmerzreizen ablaufen. In Kongruenz mit Niesel et al. [164] nehmen auch Letztere immer ablaufende unbewusste Reaktionen als Teil der Schmerzwahrnehmung und - verarbeitung an [12].

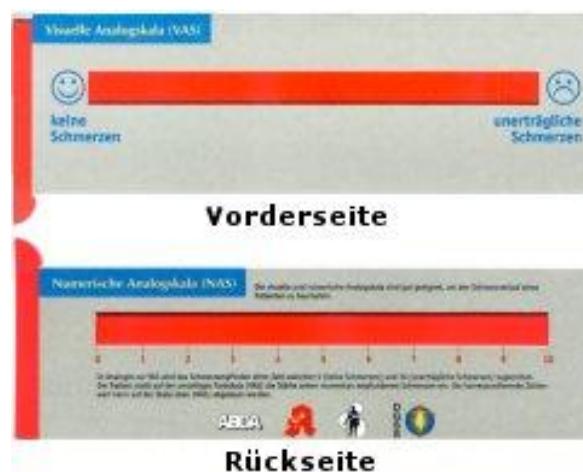
2.4.2 Was beeinflusst die Schmerzwahrnehmung?

Eine Schmerzempfindung setzt sich nach dem derzeitigen Kenntnisstand aus mehreren Bestandteilen zusammen. Man unterscheidet eine sensorisch-diskriminative, eine affektive, eine vegetative, eine motorische und eine kognitive Komponente. Bei der affektiven Beurteilung eines Schmerzreizes spielen die emotionale Ausgangslage und die aktuellen Umstände zum Zeitpunkt des Reizes eine entscheidende Rolle. Auch wenn einem selbst der Einfluss der psychischen Verfassung auf Wahrnehmungen im Allgemeinen nicht bewusst ist, gibt es dennoch keine Kognition ohne affektive Tönung [12]. Somit hat alles, was die Stimmung beeinflusst, auch Folgen auf das Schmerzerleben. Neben dieser momentanen Situation spielen allerdings auch weitere Faktoren eine modifizierende Rolle. Dabei sind vor allem die familiäre Herkunft mit dem jeweiligen ethno-kulturellen Hintergrund, das Geschlecht, das Alter, die Erziehung und Persönlichkeitsstruktur und die tageszeitliche Rhythmis zu erwähnen [57,126,150,155,157]. Des Weiteren hängt das Schmerzerleben auch eng mit Fehldeutungen oder -bewertungen zusammen. Alles, was der Patient an oder um sich selbst herum wahrnimmt, was er beispielsweise hört oder sieht, wird er für sich selbst interpretieren und bewerten. So kommt es, dass manche Personen solche Sinneseindrücke wie beispielsweise eine lange Nadel, einen großen Hautschnitt oder laute Sägegeräusche automatisch mit stärkeren Schmerzen assoziieren als eine kurze Nadel, einen kurzen Hautschnitt und eine „leise“ Säge. Durch diese negative Erwartungshaltung werden die Schmerzen getriggert und verstärkt. Anhand dieser zahlreichen Einflussfaktoren wird deutlich, dass der gleiche Schmerzreiz bei verschiedenen Personen und zu verschiedenen Zeitpunkten und Situationen unterschiedlich empfunden wird. Gerade deshalb ist es wichtig, dass besonders die postoperativen Schmerzen – wie in der Studie durchgeführt – einer strengen Überwachung unterliegen und auf jede Änderung adäquat reagiert wird. Nur so kann man die Bildung eines ausgeprägten Schmerzgedächtnisses und die Chronifizierung der Schmerzen verhindern. Allerdings können die Operationsschmerzen nicht nur – wie normalerweise üblich – in der postoperativen Phase beeinflusst werden, sondern schon zu einem früheren Zeitpunkt. Bernatzky et al. [16] beispielsweise halten psychologische und spirituelle Betreuung, Entspannungstechniken oder rezeptive Musiktherapie für hilfreiche, präoperative Methoden zur Reduzierung der Schmerzen während und nach der Operation. Als Grund für diesen Standpunkt geben sie die dadurch verminderte Produktion von Stresshormonen an [16]. Diese Hormongruppe wird beim Auftreten von Schmerzempfindungen vermehrt produziert und beeinflusst sowohl die Operation als auch den postoperativen Genesungsprozess im negativen Sinne. Solche präoperativen Maßnahmen zur Schmerzminderung treten immer mehr in den Vordergrund, weil man

weiß, dass das Schmerzempfinden intraoperativ trotz einer das Bewusstsein ausschaltenden Narkose neu auftreten beziehungsweise weiterhin vorhanden sein kann [16]. Aus diesem Grund ist es laut Bernatzky et al. [16] wichtig, alle Möglichkeiten zur Schmerzausschaltung zu nutzen. Sie denken dabei an eine Kombination aus üblicher Schmerzlinderung und komplementären Methoden, um eine Verbesserung der Medikamentenwirkung zu erreichen und die perioperative Schmerzbehandlung zu optimieren [16]. Dieses perioperative Schmerzmanagement beinhaltet auch eine prophylaktische Schmerztherapie, die nach Bernatzky et al. [16] absolut notwendig ist und in der Chirurgie zum Standard werden muss. Vor allem für ältere Patienten, die aus Angst vor Nebenwirkungen ohnehin eine starke Abneigung gegenüber einer medikamentösen Behandlung haben, gewinnt ein interdisziplinäres, multimodales Konzept zur Schmerzlinderung enorm an Bedeutung.

2.4.3 Objektivierung des Schmerzes – die Visuelle Analoge Skala

Um die Effizienz einer Schmerztherapie zu steigern, muss diese kontinuierlich an den aktuellen Schmerzzustand angeglichen werden. Da „Schmerz“ allerdings eine subjektive Empfindung ist, stellt dessen Beurteilung einige Schwierigkeiten dar. Deshalb sind Hilfsmittel nötig, die dem Patienten die Verdeutlichung seiner Schmerzintensität erleichtern [48,104]. In der vorliegenden Studie wurde dazu die Visuelle Analoge Skala (VAS) verwendet. Die VAS ist ein 10cm langes Lineal mit den Endpunkten „0“ für „kein Schmerz“ und „10“ für „stärkster vorstellbarer Schmerz“.



*Abbildung 2:
Visuelle Analoge Skala
(dargestellt: Schmerzstärke 10)*

Nach einer Erklärung zur Handhabung werden die Patienten gebeten, mit einem Balken die momentane Schmerzstärke am Lineal einzustellen. Daraufhin kann man auf der Rückseite des Schiebers die angegebene Schmerzintensität als Zahlenwert von 0 bis 10 ablesen und dokumentieren. Diese Befragung wurde in unserer Studie vom Schmerzdienst (pain nurse) und dem Pflegepersonal mehrmals täglich durchgeführt und die Medikamentenapplikation an den jeweiligen Schmerzgrad angepasst. Die Visuelle Analoge Skala hat – im Vergleich zu anderen Skalen – den großen Vorteil einer Intervallskalierung. So können Schmerzwerte zueinander ins Verhältnis gesetzt werden [37,95,109]. Außerdem ist die Erhebung der Schmerzen mittels VAS besonders sensitiv und Veränderungen fallen frühzeitig auf, da sich bei der Bestimmung der Scores mit natürlichen Zahlen 11 verschiedene Levels ergeben. Dies ist laut Jensen und Murphy [115,167] mehr als ausreichend, um Schmerzintensitäten akkurat bestimmen zu können. In mehreren Studien wurde auch über eine hohe Reliabilität (= Wiederholbarkeit) und Validität (= Richtigkeit) der mittels VAS ermittelten Schmerzgrade berichtet [20,142,265]. Der Nachteil dieser Messmethode ist die zum Teil zeitaufwendige Erklärung und das dazu nötige abstrakte Denkvermögen. Deshalb gibt es – im Gegensatz zu anderen Skalen – eine höhere Fehlerwahrscheinlichkeit zwischen 4% und 11%, die aber nach genauer Erklärung und häufigerem Umgang mit der VAS abnimmt [115,121,132,177]. In manchen Fällen lehnen vor allem ältere Patienten die Verwendung der Skala sogar ab [142]. Allgemein spielen bei der Beurteilung der eigenen Schmerzen viele verschiedene Einflussfaktoren eine Rolle. Beispielsweise hängt der Umgang mit Schmerzen stark vom kulturellen Hintergrund und den bereits erlebten Schmerzerignissen ab. Trotz mancher Einschränkungen in der Aussagekraft ist die Verwendung von Schmerzskalen eine bei Patienten beliebte Methode sich mitzuteilen. Obwohl die eigentliche Schmerzbeurteilung subjektiv ist, wird dennoch die Schmerzintensität für Dritte durch einen Zahlenwert objektiviert. So ist es für den Arzt leichter, die Beschwerden einzuschätzen und darauf zu reagieren. Zusätzlich kann durch eine veränderte Schmerzintensität der Behandlungserfolg verdeutlicht werden. Voraussetzung für die Verwendung von Schmerzskalen ist, dass man dem Patienten glauben muss und jede Schmerzangabe ernst genommen wird, auch wenn dafür keine Pathologie gefunden werden kann [154].

2.5 Die Anästhesie

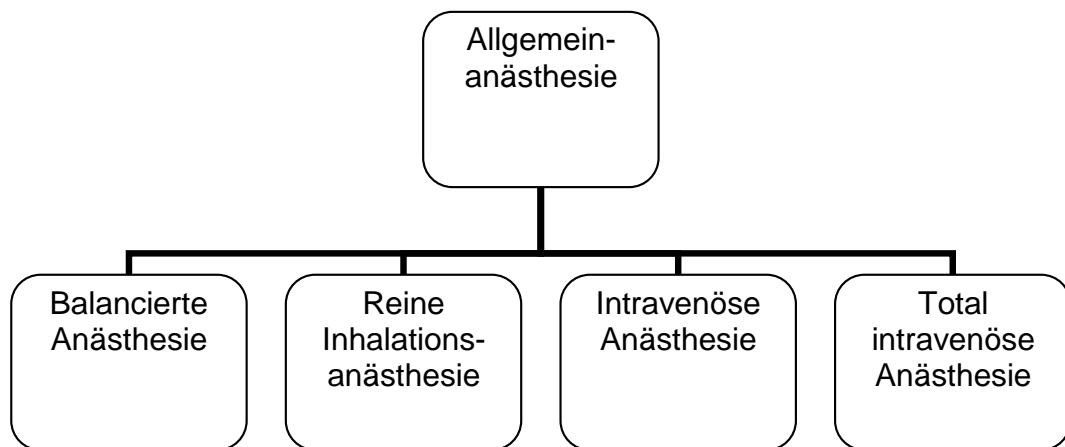
Literarische Grundlage dieses Kapitels stellen entsprechende Lehrbücher und Artikel zum Thema Anästhesie, Regionalanästhesie und Sedierung dar [129,165,169,200,238,239].

2.5.1 Die verschiedenen Anästhesieformen

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Allgemeinanästhesie auf der einen Seite und Lokal- bzw. Regionalanästhesie auf der anderen Seite.

2.5.1.1 Die Allgemeinanästhesie

Bei der Allgemeinanästhesie, auch Vollnarkose genannt, differenziert man weiter in eine balancierte Anästhesie, eine reine Inhalationsanästhesie, eine intravenöse Anästhesie und eine total intravenöse Anästhesie.



*Abbildung 3:
Schema zur Allgemeinanästhesie*

Für eine balancierte Anästhesie wird eine Kombination aus Sauerstoff, volatilem Inhalationsanästhetikum plus Opioid und gegebenenfalls auch ein Relaxans und Lachgas verabreicht. Diese stellt die Standardnarkose bei mittellangen und langen Eingriffen für Erwachsene dar und ist deshalb vermutlich immer noch die am häufigsten durchgeführte Narkose. Die reine Inhalationsanästhesie unterscheidet sich von der balancierten Anästhesie lediglich darin, dass dafür kein Opioid verwendet wird. Außerdem muss das volatile Inhalationsanästhetikum etwas höher dosiert werden. Sie ist besonders für die Anwendung bei Kindern indiziert. Eine intravenöse Anästhesie, kurz IVA, wird mit Sauerstoff, einem intravenösem Hypnotikum, einem Inhalationsanästhetikum, einem Opioid und unter Umständen einem Relaxans hergestellt. Diese ist für Eingriffe von beliebiger Dauer geeignet. Bei der total intravenösen Anästhesie (TIVA) werden abgesehen von Sauerstoff ausschließlich intravenös verabreichte Narkosemedikamente verwendet. Sie entspricht also der intravenösen Anästhesie mit Verzicht auf ein Inhalationsanästhetikum. Seit Einführung des Hypnotikums Propofol haben die IVA und die TIVA einen enormen Aufschwung erlebt. Grund dafür sind die günstigen

pharmakologischen Eigenschaften: die kurze Halbwertszeit und die schnelle Elimination haben einen raschen Wirkungsbeginn, eine gute Steuerbarkeit und ein schnelles Erwachen zur Folge. Die kognitiven Fähigkeiten sind ähnlich lange wie bei der balancierten Anästhesie beeinträchtigt [18]. Zum Offenhalten der Atemwege können bei allen vier Narkoseformen die Gesichtsmaske, ein Endotrachealtubus, die Larynxmaske oder der Larynxtubus verwendet werden. Je nach Höhe des Frischgasflusses kann man des Weiteren zwischen High-Flow-Anästhesie (>3l/min), Low-Flow-Anästhesie (ca. 1l/min) und Minimal-Flow-Anästhesie (ca. 0,5l/min) unterscheiden. Die beiden Letzten werden auch unter dem Begriff „Niedrigflussnarkose“ zusammengefasst. Diese stellt also keine eigene Anästhesieform dar, sondern informiert nur über den jeweiligen Frischgasanteil der Beatmungsgase. Grund dafür ist der verminderte Verbrauch des teuren volatilen Anästhetikums durch den geringeren Anteil an Frischgas und die gesteigerte Rückatmung. Somit ist die Anwendung der Niedrigflussnarkose hauptsächlich bei der balancierten Anästhesie und der reinen Inhalationsanästhesie indiziert, da bei diesen beiden Formen ein volatiles Anästhetikum verwendet wird. Demzufolge werden die IVA und die TIVA normalerweise im „high-flow“ durchgeführt.

2.5.1.2 Die Lokal- und Regionalanästhesie

Im Gegensatz zur Allgemeinanästhesie, bei der die Schmerzwahrnehmung im Gehirn ausgeschaltet wird, blockiert die Lokal- bzw. Regionalanästhesie die Schmerzleitung aus einem bestimmten Körpergebiet zum Gehirn. Diese Unterbindung der Weiterleitung von Schmerzinformationen zum Gehirn kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden.

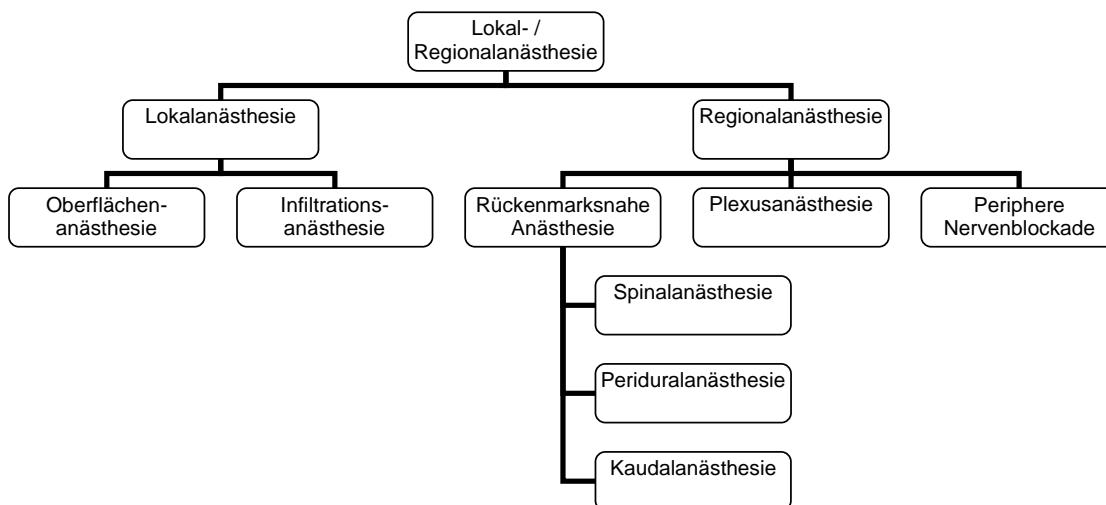


Abbildung 4:
Schema zur Lokal-/ Regionalanästhesie

Erreicht wird die Blockade dadurch, dass in die Nähe der entsprechenden Nerven bzw. Nervenendigungen ein Lokalanästhetikum injiziert wird, welches diese reversibel hemmt. Die Empfindungswahrnehmungen in anderen Regionen sind somit unbeeinflusst und der Patienten ist wach.

2.5.1.2.1 Die Lokalanästhesie

Bei der Lokalanästhesie, welche nur ein kleines Körperareal betäubt, unterscheidet man zwischen Oberflächen- und Infiltrationsanästhesie. Für eine Oberflächenanästhesie wird das gewünschte Oberflächenareal mit einem höherprozentigen Lokalanästhetikum – Lidocain, Xylocain oder Cocain – besprüht oder bestrichen. Die dünne Schleimhaut kann von dem Anästhetikum durchdrungen werden, nicht dagegen die normale Haut. Für letztere muss die so genannte EMLA-Creme verwendet werden. Durch das Aufbringen des Lokalanästhetikums werden die in der Schleimhaut bzw. in der normalen Haut liegenden sensiblen Nervenendigungen blockiert. Indiziert ist diese Art der Lokalanästhesie beispielsweise für das Legen eines Harnröhrenkatheters oder einer Venenpunktion beim Kind. Für die „kleine Chirurgie“ wie beispielsweise eine Wundversorgung ist die Infiltrationsanästhesie besser geeignet. Dabei werden die Lokalanästhetika – Lidocain, Mepivacain oder Prilocain – intradermal, subkutan oder intramuskulär injiziert und hemmen so die dort liegenden Nervenendigungen.

2.5.1.2.2 Die Regionalanästhesie

Größere Körperareale können mit der Regional- oder Leitungsanästhesie zur Empfindungs- und Schmerzfreiheit gebracht werden. Dabei unterscheidet man zwischen der Blockade einzelner Nerven, der Hemmung von ganzen Nervengeflechten und den rückenmarksnahen Regionalanästhesien. Bei diesen Verfahren wird das Lokalanästhetikum in die unmittelbare Nähe der neuronalen Strukturen gespritzt und diffundiert selbstständig in die Nerven. Weiter distal gelegene Versorgungsgebiete werden auf diese Weise inhibiert. Die Blockade von ganzen Nervengeflechten bezeichnet man als Plexusanästhesie. Anästhesiert werden können je nach Eingriff der Plexus brachialis, der Plexus lumbalis und der Plexus sacralis. Genauere Erläuterungen zur Blockierung eines einzelnen Nerven bzw. eines Nervenplexus werden am Beispiel der in der Studie durchgeführten Regionalanästhesie im nächsten Kapitel angefügt. Die rückenmarksnahen Regionalanästhesien kann man des Weiteren unterteilen in die Spinalanästhesie, die Periduralanästhesie und die Kaudalanästhesie. Zur Unterscheidung dieser ist die Kenntnis der Rückenmarkshüllen erforderlich. Vom Rückenmark in Richtung Wirbelkörper beschrieben liegt die Pia mater dem Rückenmark und den abgehenden

Spinalnerven unmittelbar auf. Der sich anschließende Liquorraum ist nach innen durch die Pia mater und nach außen durch die Arachnoidea begrenzt, weshalb er auch als Subarachnoidalraum bezeichnet wird. Der Arachnoidea liegt nach außen direkt die Dura mater an, welche wiederum vom Periduralraum umgeben wird. Dieser Raum, der mit einem Venengeflecht, Bindegewebe und Fettgewebszellen ausgefüllt ist, wird auch des Öfteren als Epiduralraum bezeichnet.

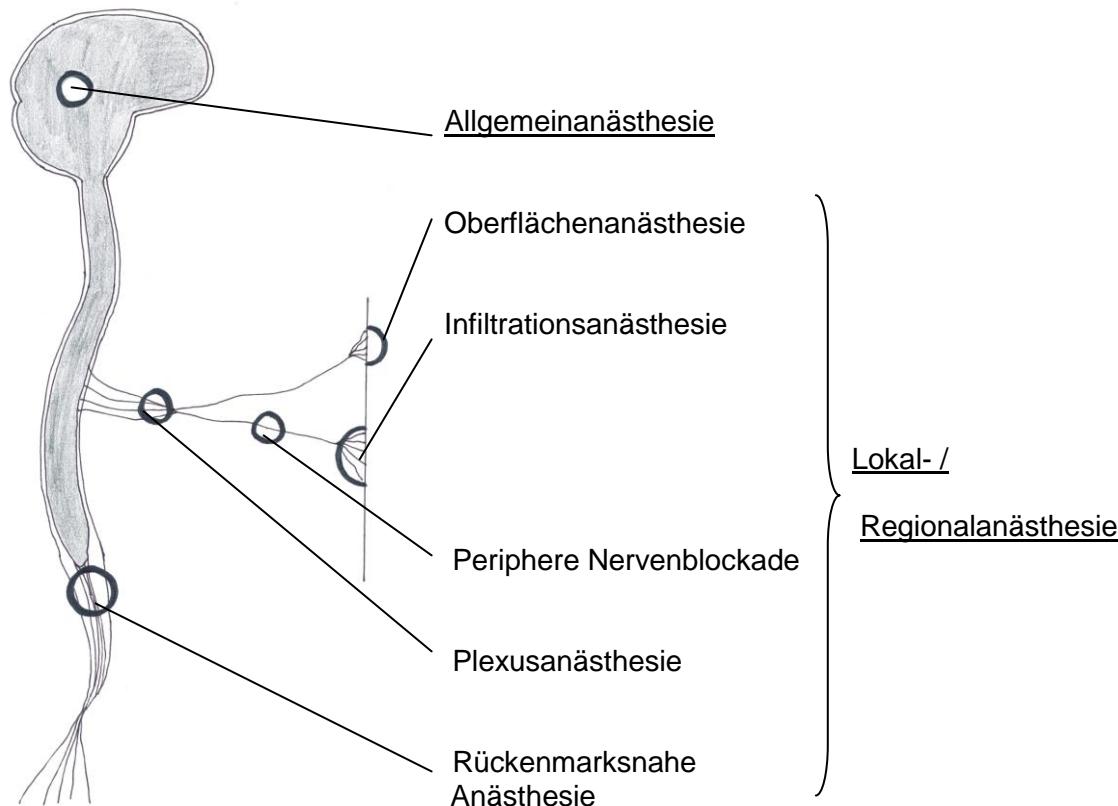
Bei der Spinalanästhesie wird das Lokalanästhetikum in den Subarachnoidalraum eingebracht, wodurch die entsprechenden Spinalnerven blockiert und die Schmerzempfindungen im entsprechenden Bereich ausgeschaltet werden. Angewandt wird diese Anästhesieform bei Eingriffen an der unteren Körperhälfte wie beispielsweise Unterbauch-, Leisten- oder Dammoperationen. Absolute Kontraindikationen sind Gerinnungsstörungen, Allergien gegen die Medikamente, eine starke Hypovolämie, lokale Infektionen im Punktionsbereich und ein erhöhter intrakranieller Druck. Punktiert wird meistens zwischen LWK 3 und LWK 4, um eine Verletzung des Rückenmarks, welches bei Erwachsenen in 97% nur bis LWK 2 reicht, zu verhindern. Zum Austesten der Ausbreitung der Spinalanästhesie eignet sich ein mittels Eiswürfel gesetzter Kältereiz am Besten. Dieser wird im betäubten Gebiet eher als Wärmegefühl empfunden. Mögliche Nebenwirkungen der Spinalanästhesie sind ein durch die Sympathikusblockade und die darauf folgende Vasodilatation bedingter Blutdruckabfall, eine Bradykardie durch das Überwiegen der Parasympathikusfunktion und ein postspinaler Kopfschmerz durch den geringen Liquorverlust. Außerdem kann es bisweilen zu bakteriellen Infektionen mit konsekutiver Abszess- oder Meningitisbildung und zu Harnverhalt, Übelkeit oder Rückenschmerzen kommen. Von einer kontinuierlichen Spinalanästhesie spricht man, wenn die Spinalkanüle für spätere Nachinjektionen *in situ* belassen wird.

Im Gegensatz zur Spinalanästhesie wird bei der Periduralanästhesie (PDA) das Lokalanästhetikum in den Periduralraum eingebracht, was technisch wesentlich schwieriger ist. Diese Art der Anästhesie wird bei Operationen in der unteren Körperhälfte, aber auch im Oberbauch- und Thoraxbereich verwendet. Außerdem wird sie häufig zur Schmerztherapie wie beispielsweise bei der Entbindung eingesetzt. Es gelten die gleichen Kontraindikationen und Komplikationen wie bei der Spinalanästhesie. Zusätzlich kann es zur Rückenmarks- bzw. Nervenverletzung kommen, falls die PDA oberhalb von L3 durchgeführt und versehentlich die Dura perforiert wird. Bei Verletzung einer im Periduralraum liegenden Vene kann ein Hämatom entstehen.

Diese beiden, beschriebenen rückenmarksnahen Regionalanästhesien können auch kombiniert angewandt werden, um deren jeweilige Vorteile zu verknüpfen. Dazu wird eine konventionelle Kanüle in den Periduralraum eingeführt, welche als Schiene für die möglichst dünne Spinalkanüle zum Setzen der Spinalanästhesie fungiert. Dadurch ist das

Risiko für postspinale Kopfschmerz minimiert und die Möglichkeit zur Nachinjektion durch einen peridural liegenden Katheter gegeben. Man spricht dann von einer kombinierten Spinal- Periduralanästhesie (CSE= combined spinal and epidural anesthesia).

Die dritte Form der rückenmarksnahen Regionalanästhesie ist die Kaudalanästhesie. Sie findet hauptsächlich bei Kindern Anwendung, weil bei diesen das Rückenmark noch weiter nach kaudal reicht als bei Erwachsenen. Zur Durchführung wird das Lokalanästhetikum, meist Bupivacain, durch den Hiatus sacralis in den Sakralkanal injiziert, welcher das kaudale Ende des Periduralraums darstellt. Indikationen dafür sind beispielsweise Hypospadieoperationen, Analeingriffe oder orthopädische Operationen an der unteren Extremität. Bei korrekter Identifizierung des Hiatus sacralis gilt die Kaudalanästhesie als ein sicheres Anästhesieverfahren bei kleinen Kindern [261].



*Abbildung 5:
Übersicht über die Anästhesieformen
(dargestellt: Gehirn und Rückenmark = grau; Haut = gerade Linie)*

2.5.1.2.3 Risiken, Komplikationen und Kontraindikationen

Im Allgemeinen muss bei allen peripheren Nervenblockaden zu einem gewissen Prozentsatz mit inkompletten Anästhesien gerechnet werden. Deshalb muss genau auf

Hinweise wie Sympathikolyse, Hypästhesien und motorische Schwächen geachtet werden. Sollte sich kein Blockadeeffekt einstellen, darf eine erneute Nervenblockade unter keinen Umständen in dem bereits mit Lokalanästhetikum infiltrierten Gebiet wiederholt werden. In einem solchen Fall muss weiter peripher der ursprünglichen Blockadestelle erneut anästhesiert werden [169]. Weitere Komplikationen können toxische Reaktionen auf das Lokalanästhetikum, cerebrale Krampfanfälle oder neurologische Spätschäden sein. Letztere treten mit einer Häufigkeit von ca. 0,95% auf und können neben der direkten Verletzung des Nervs mit der Kanüle auch durch ein zur Nervenkompression führendes Hämatom bedingt sein [10,63,118]. Derartige neurologische Schäden weisen aber eine gute Prognose auf und gehen meist mit einer vollständigen Rückbildung der Lähmungen oder der Schmerzen einher [63,231,237]. Um solche Komplikationen zu vermeiden, können zusätzlich technische Hilfsmittel wie Gefäß-Doppler oder Sonographie angewendet werden. Allgemeine Kontraindikationen für diese Anästhesieform sind lediglich die Ablehnung durch den Patienten, manifeste Gerinnungsstörungen und Infektionen im Bereich der Einstichstelle. Eine Thromboseprophylaxe, die Einnahme von Acetylsalicylsäure oder neurologische Defizite, die genau dokumentiert sind, stellen keine Kontraindikationen dar.

2.5.2 Die in der Studie angewandte Regionalanästhesie

Ein Hauptgrund der Etablierung einer peripheren Nervenblockade für die intraoperative Anästhesie bei Eingriffen an der unteren Extremität liegt in der geringeren Kreislauf- und Atmungsbeeinträchtigung und der Erhaltung der Schutzreflexe [9]. So nahm beispielsweise die Anzahl der Herzstillstände im Vergleich zur Anzahl derer nach Spinalanästhesie signifikant ab [10]. Mit diesem Verfahren können die Nachteile einer rückenmarksnahen Anästhesie vermieden und eine gezielte Analgesie der zu operierenden Extremität erreicht werden [49,65,274]. Außerdem kommt es fast nie zur beidseitigen Störung der Motorik und nur sehr selten zu einer Einschränkung der Blasenfunktion. Darüber hinaus besteht auch keine Gefahr, dass es aufgrund der Thromboseprophylaxe zu einer rückenmarksnahen Blutung mit konsekutiver Querschnittslähmung kommt [165]. Die Vorteile aus der Sicht des Patienten sind vor allem das Fehlen einer Allgemeinanästhesie, der frühere Kontakt zur Familie und die Möglichkeit einer zeitigen Nahrungsaufnahme [51]. Um allerdings – wie in unserem Fall nötig – eine komplette Anästhesie des Kniegelenkes zu erreichen, müssen zwei Blockaden angelegt werden. Mit der Psoaskompartiment-Blockade wird der anteriore, mediale und laterale Anteil des zu operierenden Gelenkes analgesiert, während die

Blockade des Nervus ischiadicus für Schmerzfreiheit im posterioren Bereich des Kniegelenkes sorgt [165,169].

2.5.2.1 Die Psoaskompartiment-Blockade – eine Plexusanästhesie

Mit dieser Regionalanästhesie ist es möglich, die drei Hauptnerven des Plexus lumbalis – nämlich den N. femoralis, den N. cutaneus femoris lateralis und den N. obturatorius – mit einer Punktion zu erreichen. Während der N. femoralis und der N. cutaneus femoris lateralis in der gleichen Muskelschicht des M. psoas liegen, befindet sich der N. obturatorius in einer anderen Schicht. Trotzdem gelingt es in 95% der Fälle diesen Nerv zu blockieren [183].

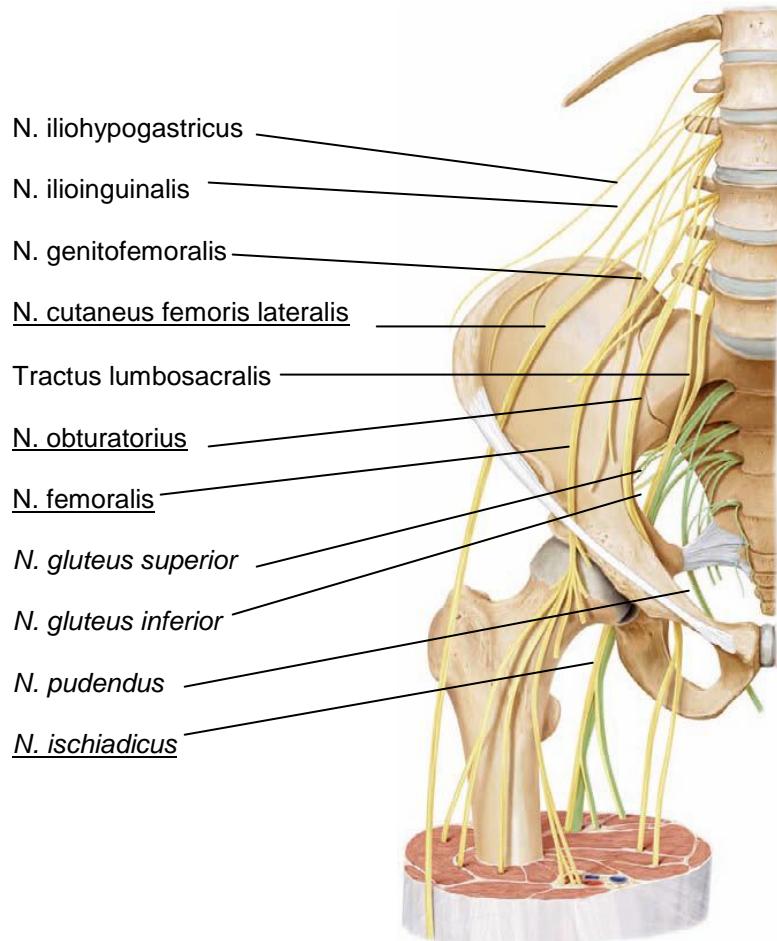
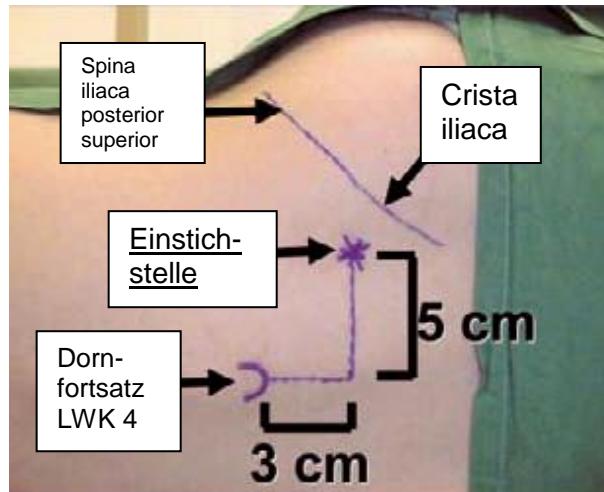


Abbildung 6:
Schematische Darstellung des Plexus lumbalis (gelb) und des Plexus sacralis (grün)

Bei der Psoaskompartiment-Blockade nach Chayen liegt der Patient mit kyphosiertem Rücken und dem zu blockierenden Bein nach oben in Seitenlage auf der Liege. Die Beine

sind im Hüft- und Kniegelenk im 90°- Winkel gebeugt. Um die korrekte Einstichstelle zu finden, orientiert sich der Anästhesist an verschiedenen Landmarken. Eine Verbindungsline zwischen den beiden Spinae iliacae posteriores superiores schneidet die Wirbelsäule auf Höhe des Dornfortsatzes des 4. Lendenwirbelkörpers [40]. Von diesem Schnittpunkt wird eine 3 cm lange interspinale Linie nach kaudal gezogen. Von dort wird im rechten Winkel eine 5 cm lange Markierungslinie nach lateral auf die zu blockierende Seite aufgezeichnet, deren Endpunkt die Einstichstelle darstellt.



*Abbildung 7:
Landmarken bei der Psoaskompartiment-Blockade*

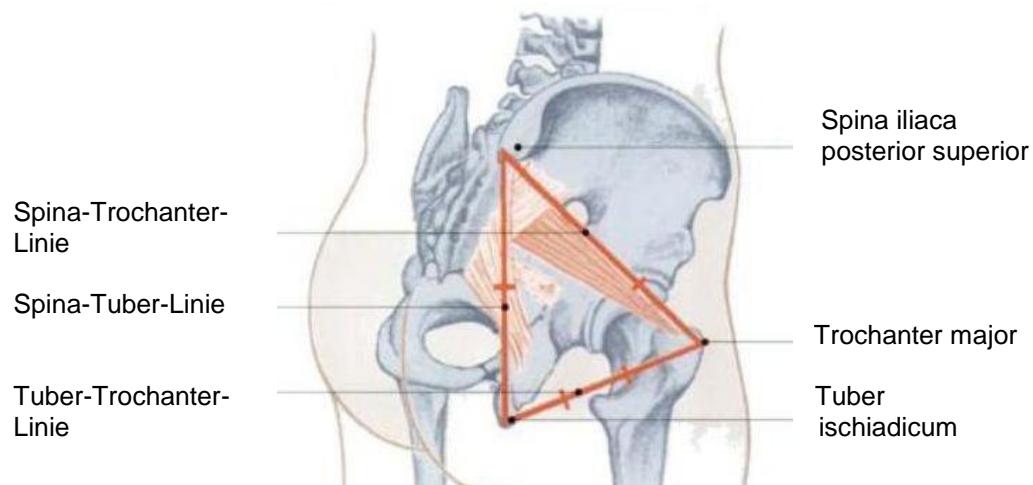
Zur Durchführung einer kontinuierlichen Psoaskompartiment-Blockade, die postoperativ als Schmerzkatheter verwendet werden kann, orientiert man sich an den Leitlinien von Mehrkens und Geiger. Nach einer Wischdesinfektion, lokalen Betäubung und Inzision der Haut wird eine Unipolarkanüle an einen Nervenstimulator angeschlossen. Diese Stimulationskanüle ist von einer Teflonhülse umgeben. Unter kontinuierlicher Stimulation mit 0,5 - 1,0 mA Reizstromstärke wird die Nadel in streng senkrechter Stichrichtung zur Haut maximal 8 cm vorgeschoben bis der Kontakt zum Querfortsatz des LWK 5 erfolgt. Dieser ist eine notwendige und sichere Landmarke, da nach weiteren maximal 2 cm Vorschub in leicht kraniale Richtung der Plexus lumbalis erreicht ist. Der Widerstandsverlust beim Durchtritt der Kanüle durch den M. quadratus lumborum in das Psoaskompartiment ist ein weiteres Indiz für die richtige Ebene. Außerdem muss nach Reduktion der Stromstärke eine korrekte Stimulationsantwort der Mm. vasti oder der Adduktoren bei 0,3 mA Impulsamplitude und 0,1 ms Impulsbreite Rückschlüsse auf das Erreichen der unmittelbaren Nähe zum Plexus zulassen. Nach sorgfältiger negativer Aspiration wird zunächst eine Testdosis von ca. 4 ml Lokalanästhetikum zum Ausschluss einer intrathekalen Fehllage injiziert. Erst dann erfolgt die Injektion der Wirkdosis von 30-

50 ml Lokalanästhetikum. Dazu wird eine Kombination aus Prilocain und Ropivacain verwendet. Der Anästhesist entfernt die Stimulationskanüle und schiebt den Katheter über die Teflonhülse hinaus weitere 5 cm in das Psoaskompartiment vor. Zum Abschluss wird an den Katheter ein Bakterienfilter angeschlossen, die Inzisionsstelle steril abgedeckt und der Verabreichungszeitpunkt notiert. Komplikationen speziell bei dieser Art von Nervenblockade können ein subkapsuläres Nierenhämatom, eine retroperitoneale Blutung oder eine epidurale oder spinale Fehllage sein. Außerdem kann es unerwünschterweise zu einer Mitblockade kleinerer, kranial liegender Äste aus dem Plexus lumbalis mit konsekutiven Hypästhesien im Bereich der Bauchdecke oder der Genitalien kommen. Eine kurzfristige bilaterale Ausbreitung ähnlich einer Epiduralanästhesie ist aufgrund der Diffusion in den Epiduralraum auch nicht auszuschließen. Kontraindikationen für diese Art der peripheren Nervenblockade sind eine peritoneale Infektion und eine gravierende Veränderung der Wirbelsäule [165,169].

2.5.2.2 *Die Ischiadicus-Blockade – die Blockade eines einzelnen Nerven*

Wie bereits erwähnt ist die Blockade des Plexus lumbalis für die komplette Anästhesie des Kniegelenks nicht ausreichend. Deshalb muss zusätzlich auch der Nervus ischiadicus (NI) aus dem Plexus sacralis betäubt werden (siehe Abbildung 6). Die in der vorliegenden Studie am häufigsten durchgeführte Methode ist die dorsale transgluteale kontinuierliche Ischiadicusblockade nach Meier und Bauereis. Durch die sehr weit proximal liegende Blockadeebene ist die Wahrscheinlichkeit einer Mitblockierung des N. cutaneus femoris posterior, der den N. ischiadicus schon sehr früh verlässt, größer als bei anderen Methoden. Auf die Erklärung des anterioren Ischiadicusblocks wird verzichtet, da dieser beim vorliegenden Patientengut nur in seltenen Ausnahmefällen Verwendung gefunden hat.

Beim posterioren Ischiadicusblock liegt der Patient ebenfalls in Seitenlage mit der zu anästhesierenden Seite nach oben auf der Liege. Das obere Bein wird im Hüftgelenk in 40°-Flexion und im Kniegelenk in 70°-Flexion gebracht. Leitpunkte bei dieser Anästhesie sind die Spina iliaca posterior superior, der Trochanter major und das Tuber ischiadicum. Der Mittelpunkt der Spina-Tuber-Linie markiert den Punktsort. Der weitere Verlauf des Nervs projiziert sich auf den Übergang von innerem zu mittlerem Drittel der Tuber-Trochanter-Linie [190,198].



*Abbildung 8:
Landmarken bei der Nervus-ischiadicus-Blockade*

Nach Desinfektion, lokaler Betäubung und Inzision der Haut an der Einstichstelle wird eine Unipolarkanüle an den Nervenstimulator angeschlossen. Umgeben von einer Teflonhülse wird die mit 0,5 - 1,0 mA Reizstromstärke aktivierte Stimulationskanüle in einem Winkel von 45° zur Haut in die beschriebene Nervenverlaufsrichtung nach kaudal vorgeschoben. Durch diese tangentiale Annäherung wird eine Katheteranlage ermöglicht. Der N. ischiadicus ist nach ca. 10 -12 cm erreicht. Bei einer Stimulationsantwort wird die Stromstärke schrittweise reduziert, bis bei 0,3 mA Impulsamplitude und 0,1 ms Impulsbreite im Fuß noch Muskelkontraktionen zu sehen sind. Dies zeigt die richtige Lage der Kanülen spitze an. Nach negativer Aspiration werden 20 - 30 ml Lokalanästhetikum injiziert. Dazu wird ebenfalls eine Kombination aus Prilocain und Ropivacain verwendet. Die Stimulationskanüle wird entfernt und der Katheter 3 - 5 cm über die Teflonhülse hinaus nach kaudal vorgeschoben. Zum Schluss bringt man einen Bakterienfilter an, verbindet die Einstichstelle steril und dokumentiert den Blockadezeitpunkt. Auch bei dieser Art von Nervenblockade kann es selten zu Komplikationen kommen, wie beispielsweise Hypästhesien im perinealen Bereich oder Harnretention [149,255]. Da der N. ischiadicus über einen hohen Anteil an sympathischen Fasern verfügt, führt eine Blockade des Nervs zu einer Sympathikolyse. Zur Festlegung des Blockadebeginns kann schon nach wenigen Minuten mit einem Oberflächenthermometer plantar der Temperaturanstieg gemessen werden [226].

2.5.2.3 Die verwendeten Lokalanästhetika

Da es nicht nur bei der Durchführung der Regionalanästhesie, sondern auch durch Medikamenten Nebenwirkungen zu unerwünschten Zwischenfällen kommen kann, sollten auch die verwendeten Anästhetika erläutert werden.

Prilocain und Ropivacain sind zwei mittel bis lang wirksame Lokalanästhetika vom Amidtyp. Der Wirkmechanismus beruht auf einer reversiblen Hemmung der Funktion erregbarer Strukturen. Dabei wird die Membranpermeabilität der Nervenfaser für Natriumionen herabgesetzt, woraus eine Verminderung der Depolarisationsgeschwindigkeit und eine Erhöhung der Reizschwelle folgen. Dieser Mechanismus führt schließlich zu einer lokalen Blockade der Fortleitung von Nervenimpulsen [200]. Zu hohe Blutkonzentrationen der Medikamente können durch Überdosierung, versehentlich intravaskuläre Injektion oder ungewöhnlich schnelle Resorption aus einer stark vaskularisierten Region verursacht sein. In der Folge kann es zu systemischen toxischen Reaktionen kommen, die in erster Linie das zentrale Nervensystem und das kardiovaskuläre System betreffen. Die Symptome reichen von cerebralen Krampfanfällen, Seh- und Hörstörungen, Schwindel und Parästhesien über Arrhythmien und Hypotonien bis hin zu Apnoe oder Herzstillstand. Beim Erscheinen derartiger Reaktionen muss die Injektion sofort gestoppt werden. In solchen Ausnahmefällen sind konstante, optimale Sauerstoffversorgung, Beatmung und Kreislaufunterstützung sowie die Behandlung der Azidose lebenswichtige Maßnahmen. Deshalb sollten generell alle Patienten, bei denen große Nervenblockaden vorgenommen werden, vor Beginn einen zuverlässigen intravenösen Zugang erhalten. Allgemeine, häufige Nebenwirkungen dieser Lokalanästhetika beschränken sich auf Hypotonie, Übelkeit und Erbrechen [200]. Selten kann es auch zu allergischen Reaktionen kommen. Außerdem kann bei Prilocain der physiologische Methämoglobinwert vorübergehend ansteigen. Dies ist durch die methämoglobinbildenden Eigenschaften des Abbauproduktes o-Tolidin begründet. Mit dem Antagonisten Methylenblau kann eine entstandene Methämoglobinämie behandelt werden. Unabhängig vom Auftreten unerwünschter Symptome benötigen Patienten mit altersbedingt schlechtem Allgemeinzustand, fortgeschrittenen Lebererkrankungen oder schweren Nierenfunktionsstörungen besondere Aufmerksamkeit bei der Durchführung einer Nervenblockade. Im Gegensatz zu Prilocain ist Ropivacain aufgrund seiner zusätzlich analgetischen Wirkung auch bestens für eine kontinuierliche Therapie postoperativer Schmerzen geeignet [169,200].

2.5.3 Die Sedierung

Der Hauptgrund für eine patientenbedingte Ablehnung einer Regionalanästhesie ist die große Furcht vor den zahlreichen Punktionsnadeln [42,47,70]. Deshalb empfiehlt es sich, die Anlage einer kontinuierlichen Nervenblockade am sedierten Patienten durchzuführen. Voraussetzung dafür sind der beschriebene Einsatz eines Nervenstimulators und die Verwendung von atraumatischen Kanülen mit Unipolarspitze. In der vorliegenden Studie wurde hauptsächlich Fentanyl zur Analgosedierung bei Anästhesieeinleitung verwendet. Dieses Opioid-Analgetikum zeichnet sich durch einen raschen Wirkungseintritt innerhalb weniger Minuten und einer relativ geringen Herz-Kreislauf-Belastung aus. Es wird schnell und überwiegend in der Leber metabolisiert. Bei Erwachsenen können initiale Dosen von 70 - 600 µg angewendet werden [200]. Besondere Vorsicht bei der Fentanylapplikation ist bei Patienten mit Schilddrüsenunterfunktion, Lungenerkrankung, Alkoholkrankheit und eingeschränkter Leber- oder Nierenfunktion geboten. Allgemein bekannte Nebenwirkungen wie Schwindel, Euphorie, Übelkeit, Bradykardie, Hypotonie, Myoklonie und vor allem Atemdepression zeigen sich verstärkt bei einer Überdosierung. Die Verabreichung des Opioid-Antagonisten Naloxon stellt in solchen Ausnahmefällen eine lebensrettende Maßnahme dar. Ziel des Fentanyl-Einsatzes ist ein gut sedierter, aber trotzdem kooperativer Patient.

Ein weiterer Minuspunkt für eine Regionalanästhesie ist die mögliche Erinnerungsfähigkeit an den Operationsablauf [146]. Deshalb ist vor allem bei einer Knieprothesenimplantation eine intraoperative Sedierung sehr sinnvoll. Der Patient sollte somit zumindest nicht bewusst Operationsgeräusche wahrnehmen, da diese sicher nicht zum Patientenkomfort beitragen. Die in die Studie eingeschlossenen Patienten wurden während der Operation mit Propofol sediert. Diese Substanz ist für das rasche Einsetzen der hypnotischen Wirkung innerhalb von 30 - 40 s bekannt. Ebenso schnell wird das Anästhetikum in der Leber metabolisiert und anschließend ausgeschieden, weshalb die Wirkung nur ca. 4 - 6 min anhält [200]. Die Patienten erlangen also postoperativ schnell ihr Bewusstsein wieder. Die Menge der Medikamentenapplikation wurde in der vorliegenden Studie vom Anästhesisten abhängig von dessen subjektiver Einschätzung des Sedierungsgrades bestimmt. Kontraindikationen für die Verabreichung von Propofol sind bekannte Überempfindlichkeiten gegen das Medikament, Soja oder Erdnüsse und der Einsatz bei Kindern unter 16 Jahren. Wie bei jeder medikamentösen Substanz gibt es auch bei Propofol unerwünschte Arzneimittelwirkungen. Häufig werden Spontanbewegungen, Blutdruckabfall, Brady- oder Tachykardie, Hyperventilation, Atemdepression oder Husten beobachtet [151,161,218]. Deshalb muss das Medikament vor allem bei Personen mit Herz-, Atem-, Nieren- oder Leberfunktionsstörungen besonders vorsichtig angewendet werden. Auf die genannten Symptome sollte vor allem

bei stark übergewichtigen Patienten aufgrund der nötigen Dosierungssteigerung geachtet werden. Sehr oft kommt es bei der initialen Injektion zu einer lokalen Schmerzempfindung, die durch eine gleichzeitige Verabreichung von z.B. Lidocain vermindert werden kann. Trotzdem ist Propofol aufgrund seiner vorteilhaften pharmakokinetischen Eigenschaften das Sedierungsmittel der Wahl bei Regionalanästhesien [106].

Zusätzlich zu Propofol wurde in unserer Studie auch Midazolam oder Ketamin zur Sedierung eingesetzt, weshalb diese der Vollständigkeit halber im Folgenden kurz erläutert werden. Midazolam, ein Benzodiazepinderivat, ist ein kurz, aber stark wirksames Sedativum. Es bewirkt eine anterograde Amnesie, Anxiolyse und Muskelrelaxierung. Nach intravenöser Injektion tritt die Wirkung nach etwa zwei Minuten ein und erreicht nach fünf bis zehn Minuten ihr Maximum. Dieses Medikament kann in seltenen Fällen zu Übelkeit und schweren kardiorespiratorischen Ereignissen wie Atemdepression, Apnoe, Atemstillstand oder Herzstillstand führen. Bei Patienten über 60 Jahren oder mit eingeschränkter Nieren-, Herz- oder Leberfunktion muss die Applikation mit besonderer Vorsicht durchgeführt werden. Eine Überdosierung, bei der die erwähnten Nebenwirkungen verstärkt auftreten, muss in schweren Fällen mit dem Benzodiazepinantagonist Flumazenil behandelt werden. Ketamin hingegen ist ein Anästhetikum mit starker analgetischer Wirkung und geringeren sedativen Eigenschaften. Kontraindikationen für die Verwendung der Substanz sind bekannte Überempfindlichkeiten, Bluthochdruck oder Schilddrüsenüberfunktion. Aufgrund der zentralen sympathomimetischen Wirkung kann es bei der Anwendung dieses Medikaments zu einem Anstieg von Blutdruck oder Herzfrequenz kommen. Außerdem tritt häufig eine Zunahme des Hirndrucks, Übelkeit und Hypersalivation auf. Des Weiteren durchleben manche Patienten einen so genannten „bad trip“ als unerwünschte Nebenwirkung dieses Medikaments. Die Symptome einer Überdosierung, wie z.B. Herzrhythmusstörungen oder Atemstillstand, müssen mit Diazepam behandelt werden [200].

2.6 Die Regionalanalgesie als Methode zur postoperativen Schmerzlinderung

Postoperative Schmerzen sind ein großes Problem nach der Implantation von Kniegelenksendoprothesen. 75% aller Patienten äußern nach einem derartigen Eingriff starke Beschwerden, vor allem in den ersten 72 Stunden und bei Mobilisation [165,169]. Diese Schmerzen wurden bei dem vorliegenden Patientenkollektiv durch

Regionalanalgesie vermindert bzw. ausgeschaltet. Dazu wurden bei den präoperativ durchgeführten Regionalanästhesien zwei Katheter in die Blockadegebiete eingeführt, über welche auch postoperativ der Nervus ischiadicus und das Psoas-Kompartiment blockiert werden konnten. Diese Fortführung der Analgesie nach derartigen Operationsanästhesien gilt als wertvoller Baustein eines umfassenden Frührehabilitationskonzeptes. Sie fördert die Patientenzufriedenheit und optimiert die postoperative Erholung [23,35,43,112,225,250]. Eine beständige Schmerzfreiheit reduziert die subjektive Belastung und Stressreaktion und macht den Patienten durch eine schnellere Mobilisierbarkeit früher für Rehabilitationsbehandlungen zugänglich. Außerdem verkürzt eine adäquate Schmerztherapie den Krankenhausaufenthalt und reduziert somit die Kosten [35,41,43,112,147,169,225]. Notwendig dabei ist die Überprüfung der subjektiven Effektivität der Analgesie in kurzen Abständen z.B. mittels der Visuellen Analogskala (VAS), welche an anderer Stelle (Kapitel 2.4.3. Objektivierung des Schmerzes – die Visuelle Analoge Skala) erklärt wurde. Der wichtigste Vorteil der Regionalanalgesie gegenüber einer Epidural- oder Spinalanalgesie besteht darin, dass das autonome Nervensystem nicht beeinträchtigt wird. Außerdem kommt es nicht – wie bei einer systemischen Analgesie – zur Sedierung des Patienten. Somit resultieren aus dieser Methode der Schmerzlinderung sehr gute Voraussetzungen für einen schnellen Rehabilitationsfortschritt. Mögliche Komplikationen beschränken sich auf Infektionen der Einstichstelle oder Katheterdislokationen [27]. Um Infektionen zu vermeiden, wird die Punktionsstelle regelmäßig inspiziert und der Katheter bei entsprechenden Anzeichen, beispielsweise einer Rötung, entfernt. Eine inadäquate Analgesie ist meist durch eine ungünstige Position des Katheterendes verursacht [36]. Wie bei der Beschreibung der Durchführung einer Regionalanästhesie bereits erwähnt, wird der Katheter ca. 5 cm über die Kanülen spitze hinaus vorgeschnitten. Deshalb führt bereits das geringe Zurückziehen des Katheters in vielen Fällen zu einer gravierenden Verbesserung der Analgesie. Sollte sich durch diese Intervention jedoch keine Besserung einstellen, muss bei Bedarf auf einen anderen Schmerzkatheter gewechselt werden. Dazu bietet sich besonders die nachträgliche Blockierung des Nervus femoralis an. Die postoperative Analgesie wurde mit dem lang wirksamen Lokalanästhetikum Ropivacain, Handelsname Naropin, durchgeführt, welches an anderer Stelle (Kapitel 2.5.2.3 Die verwendeten Lokalanästhetika) genauer erläutert wurde. Großer Vorteil dieser Substanz ist die im Vergleich zu anderen noch geringere Herabsetzung der Muskelkraft [156,194,215]. Der Schmerzperfusor wurde mit Naropin in der Konzentration 2 mg/ml, entspricht 0,2 %, gefüllt. Für Bolusgaben wurde auch Prilocain, Handelsname Xylonest, 1 % oder Naropin 0,375 % verwendet. Die kontinuierliche Basalrate betrug für den Psoas-Kompartiment-Katheter 10 ml/h und für die N. ischiadicus- und N. femoralis-Katheter 6 ml/h. Um die

Patienten vom Katheter und dem Lokalanästhetikum wieder zu entwöhnen, wurden unter Aufsicht des Schmerzdienstes Auslassversuche durchgeführt. Sobald sich das Schmerzlevel auf konstant niedrigem Niveau einpendelte, wurde die kontinuierliche Medikamentengabe unterbrochen. Bei positivem Patientenfeedback konnte der Katheter entfernt werden, ansonsten wurde die Applikation der Basalrate fortgeführt und sukzessive vermindert. Diese dargestellte regionale Schmerztherapie verbessert – wie erwähnt – die Zufriedenheit und den Rehabilitationserfolg der Patienten und minimiert die Komplikationen, die Kosten und die Aufenthaltsdauer im Krankenhaus [105,169]. Deshalb wurde sie auch anderen Möglichkeiten der postoperativen Schmerzbehandlung wie der oralen oder der intravenösen, systemischen Analgetikaapplikation vorgezogen. Bei der oralen Schmerzmittelgabe würde man sich am Stufenschema der WHO orientieren. In Stufe 1 gibt man ein nicht-opioides Analgetikum möglicherweise in Kombination mit Adjuvantien, in Stufe 2 empfiehlt sich ein schwaches Opioid ggf. zusammen mit einem nicht-opioiden Analgetikum oder einem Adjuvans und in Stufe 3 kann man ein starkes Opioid wiederum mit einem nicht-opioiden Analgetikum oder einem Adjuvans verknüpfen.

2.7 Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks

Da alle Patienten eine Endoprothese in das Kniegelenk erhalten haben, soll im Folgenden genauer auf dieses eingegangen werden. Die Literatur zu diesem Kapitel setzt sich aus einschlägigen Lehr- und Handbüchern der Anatomie zusammen, welche die makroskopisch-funktionelle Anatomie ausführlich und nahezu einheitlich beschreiben [15,208,256,267].

2.7.1 Anatomische Grundlagen

2.7.1.1 Die artikulierenden Knochen

Das Kniegelenk, Articulatio genus, besteht aus zwei Gelenkanteilen und wird deshalb als zusammengesetztes Gelenk, Articulatio composita, bezeichnet. Entsprechend der jeweils artikulierenden Gelenkpartner unterscheidet man die beiden Anteile. Die Articulatio femorotibialis beschreibt das Gefüge aus Femur und Tibia, während die Articulatio femoropatellaris das Gelenk zwischen Femur und Patella bezeichnet. Das Tibiofibulargelenk zwischen Tibia und Fibula gehört trotz topographischer Nähe weder anatomisch noch funktionell zum Kniegelenk. Im Femorotibialgelenk artikulieren die Femurkondylen, Condyli medialis et lateralis ossis femoris, mit dem so genannten

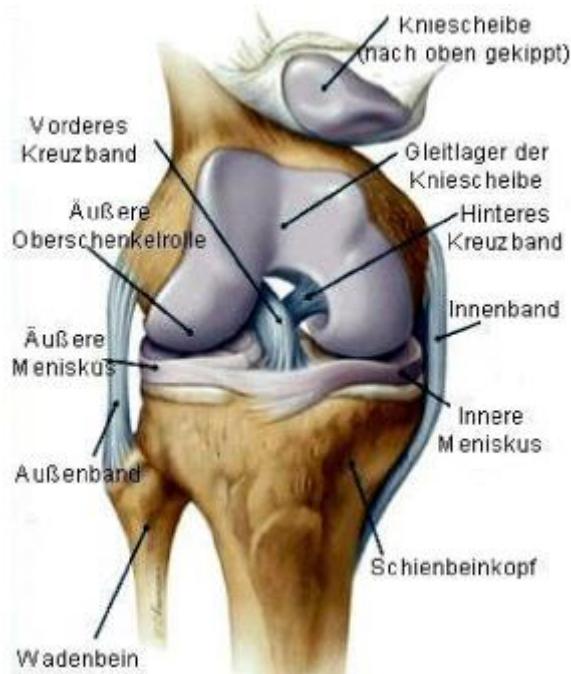
Tibiakopfplateau, der Facies articularis superior tibiae. Bedingt durch die Form des femoralen Gelenkpartners wird diese Articulatio auch als Kondylengelenk, Articulatio bicondylaris, bezeichnet, welches eine Rotation, eine Translation und eine Abrollbewegung ermöglicht. Die durch die Eminentia intercondylaris voneinander getrennten Gelenkflächen des Tibiakopfplateaus weisen in den zentralen, lastaufnehmenden Bereichen einen dickeren Gelenkknorpel auf als peripher. Auch der subchondrale Knochen ist in eben diesem Bereich materialdichter als im übrigen Tibiakopfplateau und gibt somit ein beanspruchungsabhängiges Verteilungsmuster wider [6,163,209]. Im Femoropatellargelenk treffen die Facies patellaris des Femur und die Facies articularis der Patella aufeinander. Die Facies patellaris bildet ein rollenförmiges Gleitlager, die sogenannte Trochlea, mit einer medialen und einer lateralen Kondylenwange. Letztere ist meist breiter und höher als die mediale und verhindert somit eine den eigentlichen Kraftvektoren entsprechende, laterale Subluxation der Patella. In Kongruenz zur femoralen Gelenkfläche weist auch die patellare Facies articularis eine mediale und eine laterale Gelenkfacette auf, die in der Horizontalebene den Patellaöffnungswinkel von ca. 120 - 140° bilden [64]. Die Kniescheibe entsteht in der Osteogenese als Sesambein in der Ansatzsehne des M. quadriceps femoris aus mehreren Ossifikationszentren, die in der Regel bis zum 20. Lebensjahr miteinander verschmolzen sind. Über ein komplexes, vielgliedriges Verspannungssystem ist die Patella in diesem Konstrukt fixiert. Der tiefe Teil der Sehne zwischen Patellaspitze und Tuber ositas tibiae wird als Ligamentum patellae bezeichnet. Besonders wichtig für die Verhinderung der erwähnten lateralen Subluxation ist das mediale patellofemorale Ligament [44,53,94]. Die Funktion dieses Sesambeins besteht aus einer Schutzfunktion für das Femur, der Verlängerung des virtuellen Hebelarms des Quadricepstmuskels und somit der Einsparung von Muskelkraft.

2.7.1.2 Gelenkkapsel, Bänder und Menisken

Umgeben ist die Articulatio genus von einer Gelenkkapsel, die sich aus einer äußeren Membrana fibrosa und einer inneren Membrana synovialis zusammensetzt. Die Membrana fibrosa spannt sich zwischen den Kondylen des Femur und der Tibia auf und umgibt im anterioren Bereich die Patella. Die Basis beider Menisken ist mit Ausnahme über dem Recessus subpopliteus fest mit der fibrösen Membran verwachsen. Verstärkt wird diese äußere Schicht der Kapsel durch die Quadrizepsansatzsehne, das Ligamentum patellae und die Retinacula patellae longitudinales mediale et laterale. Innerhalb dieser kräftigeren, äußeren Kapselschicht liegt die Membrana synovialis, welche von der femoralen bzw. tibialen Knochen-Knorpel-Grenze zum Ober- bzw.

Unterrand der Meniskusbasis zieht. Durch den speziellen intraartikulären Verlauf der Synovialmembran liegen die Kreuzbänder zwar außerhalb der Gelenkhöhle, aber innerhalb der Gelenkkapsel [192]. Der kontinuierliche Übergang der inneren Gelenkmembran in die Bursa suprapatellaris und den Recessus subpopliteus bewerkstelligt eine Kommunikation dieser Schleimbeutel mit der Gelenkhöhle.

Seitlich liegen der Kapsel die Kollateralbänder, Ligamenta collaterales tibiale et fibulare, an. Das tibiale Kollateralband entspringt am Epicondylus medialis des Femur und zieht schräg nach distal vorne zur medialen Fläche des Tibiakopfes. Bei diesem Band unterscheidet man einen vorderen und einen hinteren Anteil. Das Ligamentum collaterale tibiale anterius ist bei Extension und Außenrotation gespannt, der hintere Bandanteil bei Flexion. Gemeinsam stabilisieren sie den posteromedialen Abschnitt des Kniegelenks. Parallel zum Innenband zieht das Außenband vom Epicondylus lateralis femoris schräg nach distal hinten zur Vorderseite des Fibulakopfes. In Extension und Außenrotation ist das fibulare Kollateralband gespannt und stabilisiert so – synergistisch zum hinteren Kreuzband – den lateralen Bereich der Articulatio genus [107]. Gemeinsam festigen die Seitenbänder das Kniegelenk in der Frontalebene.



*Abbildung 9:
Schematische Darstellung eines Kniegelenks*

Zur weiteren Fixierung des Gelenks dienen anterolateral der Tractus iliotibialis, posterolateral der M. popliteus, posteromedial der M. semimembranosus und im Kniekehlenbereich die Ursprungssehnen der Gastroknemiusköpfe und die Ligamenta

poplitea obliquum et arcuatum. Eingebettet in die proximalen Muskelansatzsehnen sind die Bursae subtendineae musculi gastrocnemii medialis et lateralis. Der M. popliteus wirkt synergistisch zum hinteren und der M. semimembranosus zum vorderen Kreuzband. Diese beiden Kreuzbänder, Ligamenta cruciata, liegen als sogenannte Zentralpfleiler in der Fossa intercondylaris des Kniegelenks. Da sie nur vorne und seitlich von der Membrana synovialis bedeckt sind, liegen sie definitionsgemäß außerhalb der eigentlichen Gelenkhöhle. Das Ligamentum craciatum anterius entspringt im hinteren Anteil der Fossa intercondylaris an der Innenseite des lateralen Femurkondylus und zieht schräg zum mittleren Bereich der Area intercondylaris der Tibia. In Extension ist dieses Band gespannt und dient somit primär der Stabilisierung des Kniegelenks in der Sagittalebene bezüglich der anterioren Translation und sekundär in der Frontalebene. Histologisch betrachtet besteht das Ligamentum proximal aus straffem kollagenfasrigem Bindegewebe und mittig-distal aus avaskulärem Faserknorpel [186,187]. Gegengleich zum vorderen Kreuzband entspringt das Ligamentum craciatum posterius an der vorderen Innenfläche des medialen Femurkondylus und verläuft schräg nach distal posterior zum hinteren Anteil der Area intercondylaris. Diese Struktur – das kräftigste Band des Kniegelenks – teilt sich in zwei Faserbündel. Der starke anterolaterale Anteil ist in Flexion gespannt, das posteromediale Bündel hingegen in Extension. Die Histologie ist entsprechend dem vorderen Kreuzband, allerdings liegt der Faserknorpelanteil im mittleren Drittel der Bandlänge. Auch das Ligamentum craciatum posterius fixiert das Kniegelenk in der Sagittal- und Frontalebene und verhindert damit die posterior-tibiale Translation sowie die Varus- und Valgusaufklappbarkeit. Neben der stabilisierenden Funktion und der zusätzlichen Bedeutung als propriozeptive Strukturen sind sie auch für den Roll-Gleitmechanismus des Kniegelenks verantwortlich.

Ebenso wie die Kreuzbänder sind auch die Menisken in der Area intercondylaris auf dem Tibiakopfplateau befestigt. Sie bedecken ca. 70% der Facies articularis superior tibiae und dienen als transportable Gelenkflächen [68]. Durch ihren keilförmigen, sickelartigen Aufbau gleichen sie die Inkongruenz zwischen Femur und Tibia aus und vergrößern damit die Gelenkauflagefläche. Bedingt durch diese Funktion mit intermittierend auftretender Druck- und Schubbeanspruchung bestehen Grund- und Deckflächen der Menisken aus Faserknorpel, wohingegen die mit der Kapsel in Verbindung stehende Basis straffes kollagenfasriges Bindegewebe enthält. Über eben diese Kontaktstelle mit der Kapsel gelangt lockeres Bindegewebe mit Blutgefäßen zwischen die zirkulären Fibrillenbündel und sorgt so im äußeren Drittel für die Durchblutung. Deshalb haben Verletzungen im basisnahen Bereich bessere Heilungschancen als in gelenkszentralen Arealen. Der Radius des Meniscus lateralis ist, bedingt durch die näher beieinander liegenden Insertionszonen, kleiner als der des medialen und somit ist dieser auch

beweglicher. Bei Kniebeugung wandern die Menisken nach hinten, bei Streckung nach vorne. Im Falle einer Innenrotation gleitet der mediale Anteil nach vorne, der laterale nach hinten und bei einer Außenrotation genau entgegengesetzt. Die Verlagerung erfolgt sowohl passiv als auch aktiv durch den Musculus semimembranosus, den Musculus popliteus und den Musculus quadriceps femoris. Durch diese Beweglichkeit und die Umwandlung vertikal wirkender Kräfte in zirkuläre Zugspannung übernehmen die Menisken etwa ein Drittel der auf das Gelenk wirkenden Last und führen zu einer gleichmäßigen Druckverteilung im Femorotibialgelenk. Des Weiteren tragen sie zur Propriozeption und zur Synoviaverteilung in der Gelenkhöhle bei [176]. Diese Höhle erstreckt sich durch die bereits erwähnte Kommunikation mit gelenknahen Schleimbeuteln bis in variabel verzweigte Recessus. Ausgehend vom fettreichen, lockeren Bindegewebe an den Seitenrändern der Patella und vom Corpus adiposum infrapatellare, dem Hoffa-Fettkörper, ragen zahlreiche sogenannte Plicae alares in ihren Innenraum.

2.7.1.3 *Blut- und Nervenversorgung der Articulatio genus*

Die hauptsächliche Gefäßversorgung des Kniegelenks wird über zwei Hauptarterien gewährleistet, die Arteria femoralis und die Arteria poplitea. Aus der Arteria femoralis zweigt die Arteria descendens genus ab, welche den Ramus articularis zum Gelenk abgibt. Von der Arteria poplitea gehen die Arteriae superior lateralis genus et superior medialis genus, die Arteria media genus und die Arteriae inferior lateralis genus et inferior medialis genus zur Articulatio ab. Alle diese Äste bilden zusammen mit den Arteriae recurrentes tibiales anterior et posterior das Rete articulare genus, ein Arteriengeflecht an der Vorderseite des Knies. Von der Blutversorgung ausgespart sind am Knochen die chondral-apophysären Ursprungs- und Ansatzzonen im Bereich des Kniegelenks sowie die Insertionszonen der Kollateralbänder, der Kreuzbänder und Menisken. Zusätzlich zum Rete articulare genus gibt es zur Versorgung der Patella noch das Rete patellare, an dem sich die Arteria descendens genus und die beiden proximalen Abgänge der Arteria poplitea beteiligen.

Ähnlich diffizil wie die Gefäßversorgung des Knies stellt sich die Innervation dar. Aus Gründen der einfacheren Verständigung wird das Kniegelenk zur Beschreibung der nervalen Versorgung sagittal in eine tibiale und eine fibulare Hälfte geteilt. Für die Nervenvorsorgung von Kniegelenkkapsel, Bändern und periartikulären Strukturen sorgen tibial, streckseitig, proximal die Rami articulares nervi femoralis abgehend aus den Muskelästen des M. quadriceps und tibial, steckseitig, distal der Ramus articularis des Nervus saphenus. Tibial, beugeseitig, proximal ist der Gelenkast des Nervus obturatorius

für die nervale Versorgung der erwähnten Strukturen zuständig und tibial, beugeseitig, distal die Rami articulares nervi tibialis. Der fibulare Teil der Gelenkkapsel und der Bänder wird über die Rami articulares des Nervus fibularis communis innerviert. Die erwähnten Rami articulares nervi tibialis versorgen zusätzlich noch das periligamentäre Gewebe der Kreuzbänder und Menisken. Für die sensible Innervation der Haut an der Streckseite des Knies sind proximal die Rami cutanei anteriores nervi femoralis und der Nervus cutaneus femoris lateralis zuständig, während der distale Hautabschnitt von den Rami infrapatellares des Nervus saphenus versorgt wird. Letztere sind zusätzlich noch zusammen mit dem Ramus cutaneus nervi obturatorii für den medialen Hautbereich an der Knieinnenseite verantwortlich. In der Kniekehle übernimmt proximal der Nervus cutaneus femoris posterior die sensible Versorgung und distal die Äste des Nervus cutaneus surae medialis aus dem Nervus tibialis. Die Knieaußenseite erhält ihre Oberflächensensibilität über den Nervus cutaneus surae lateralis aus dem Nervus fibularis communis. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich an der sensiblen Innervation des Knies aus dem Plexus lumbalis der Nervus femoralis mit seinem Endast, dem Nervus saphenus, der Nervus obturatorius und der Nervus cutaneus femoris lateralis und aus dem Plexus sacralis der Nervus ischiadicus mit seinen Hauptästen, den Nervi tibialis et fibularis communis und der Nervus cutaneus femoris posterior beteiligen. Alle diese Nerven werden mit der beschriebenen Regionalanästhesie des Psoas-Kompartments und des Nervus ischiadicus mit großer Wahrscheinlichkeit blockiert.

2.7.2 Biomechanik des Kniegelenks

Das Knie als größtes Gelenk im menschlichen Körper hat die Aufgabe, den Energieverbrauch über die Höhe des Körperschwerpunktes zu kontrollieren und die Körperpositionierung an unterschiedliches Terrain anzupassen. Um dies zu bewerkstelligen, muss sich das Gelenk in drei Dimensionen und sechs Freiheitsgraden bewegen können. Diese sechs Freiheitsgrade beziehen sich auf die vordere und hintere Schublade, die mediale und laterale Verschiebung, die Kompression und Distraktion, sowie die Ab- und Adduktion, die Flexion und Extension und die Innen- und Außenrotation. Als weitere Funktion muss die Articulatio genus die darauf wirkenden Kräfte übertragen. Diese kann man in innere und äußere Kräfte differenzieren. Die Inneren stammen aus der aktiven Anspannung der Beinmuskulatur und aus einer passiven Verformung des Kapsel-Band-Apparates, wohingegen mit den Äußeren die reine Gewichtsbelastung gemeint ist. Der Hauptanteil der wirkenden Kräfte kommt dabei dem Quadrizepsmuskel zu. Für die Häufigkeit, mit der es in eben diesem Gelenk zu Problemen kommt, gibt es mechanische Ursachen. Zum einen ist das Knie der zentrale

Drehpunkt zwischen den längsten Knochen des Körpers und zum anderen ist die Stabilität durch das hohe Maß an Inkongruenz stark von passiven Ligamenten abhängig. Eine entscheidende Funktion im Zusammenhang mit der fehlenden Kongruenz übernehmen die Menisken. Der Kontaktdruck, der auf die Gelenkflächen wirkt, ist abhängig von der Kompressions- und Druckkraft und der Größe der Kontaktfläche. Indem die Menisken eben diese Fläche vergrößern, vermindert sich der Kontaktdruck auf den Knochen. Die Kraft, die auf den keilförmigen Mensikus drückt und ihn an den Rand des Tibiaplateaus hinauspresst, wird in zunehmende Ringspannung übertragen und somit reduziert. Die zusätzliche Beweglichkeit dieser Strukturen führt zu einer idealen Anpassung an jede Bewegung. Dies ist besonders dann wichtig, wenn man bedenkt, dass das Kniegelenk im Normalfall eine Innenrotation von 10°, eine Außenrotation von 40° eine Extension von ca. 5°, eine durch die Weichteile begrenzte, aktive Flexion von ca. 130° erreicht. Bei einer solch tiefen Kniebeugung führt der Femur eine Roll-Gleitbewegung aus. Die Notwendigkeit dessen zeigt sich bei sagittaler Betrachtung der – im Verhältnis zum Tibiaplateau – deutlich längeren Kontur der Femurkondylen. Würde das Femur beim Abrollen zur tiefen Flexion nicht durch das angespannte vordere Kreuzband in eine Gleitbewegung nach anterior gezwungen werden, käme es zur Subluxation des Femur über das Hinterende der Tibia [159]. Solche und weitere Bewegungsabläufe führen zu einer Reibung zwischen den sich gegeneinander verschiebenden Elementen. Zur Vorbeugung von entstehenden Schäden an den Oberflächen wird deshalb ein Schmiermechanismus benötigt. In der Schwungphase des Ganges, wenn die Kompressionskraft geringer ist, gelangt Gelenkflüssigkeit, die Synovia, zwischen die Strukturen und bewirkt eine Vollschmierung des Gelenks. Somit kommen die Oberflächen – mikroskopisch gesehen – auch bei stärkerem Druck wegen des „Squeeze-Film-Effekts“ nicht in direkten Kontakt. Dadurch können frühzeitige Schädigungen verhindert werden, was bei der immerwährenden Beanspruchung des Gelenks besonders wichtig ist.

Das Kapitel Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks sollte aufzeigen, wie geschickt und komplex die Natur den Konflikt zwischen Mobilität und Stabilität am Kniegelenk durch ein Zusammenspiel aus Gelenkoberflächen, passiven und aktiven Stabilisatoren gelöst hat. Des Weiteren soll der Ausflug in die Anatomie und Biomechanik der Articulatio genus eine Einsicht in die Bedeutsamkeit dieses Gelenks geben. Da die schmerzfreie Funktion dessen in engem Zusammenhang mit der Lebensqualität steht und die Dauer der Belastung auf das Knie durch die älter und stets mobiler werdende Gesellschaft zunimmt, tritt das Thema der Knieendoprothetik zunehmend in den Vordergrund. Deshalb wird in

dem folgenden Kapitel die Vorgehensweise der Prothesenimplantation beschrieben, wie sie am vorliegenden Patientengut durchgeführt wurde.

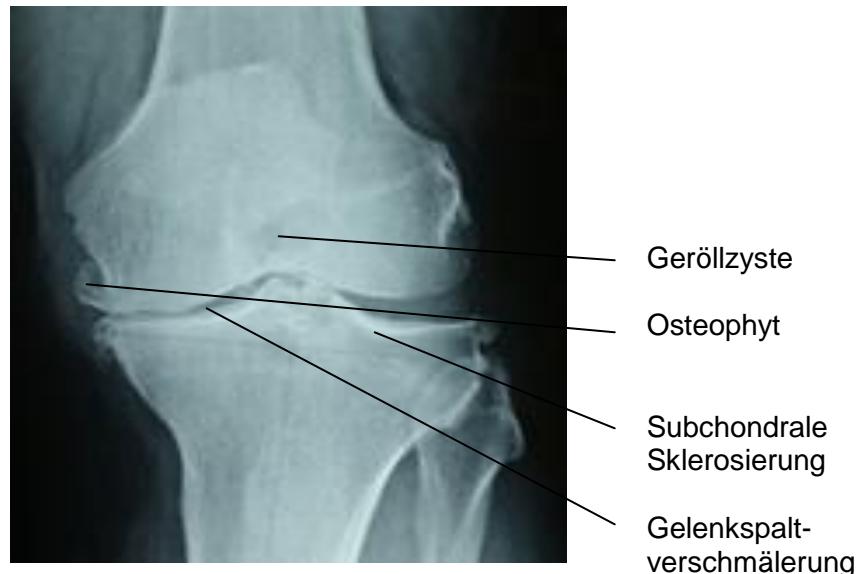
2.8 Anwendungsgebiet und Durchführung der Knieendoprothetik

2.8.1 Indikation für den Kniegelenkersatz

Gründe für eine Alloarthroplastik am Kniegelenk sind die Arthrose oder der Morbus Ahlbäck. Da nur Patienten mit der Indikation Arthrose in unsere Studie aufgenommen wurden, wird auf Letzteren nicht genauer eingegangen. Unter der Gonarthrose versteht man eine degenerative, progrediente Erkrankung des gesamten Kniegelenkes. Man unterscheidet die primäre - idiopathische Form von der sekundären Gonarthrose, welche sich auf der Basis lokaler (z.B. Traumata) oder systemischer (z.B. rheumatoide Arthritis) Vorerkrankungen entwickelt. Die Prävalenz der Arthrose ist stark altersabhängig. In der Gruppe der 70- bis 74-Jährigen weisen 40% radiologische Arthrosezeichen auf [253]. Allerdings korreliert der radiologische Nachweis keineswegs mit den klinischen Beschwerden. Nur 15% aller Patienten mit radiologisch gesicherter Gonarthrose klagen über Knieschmerzen [92]. Risikofaktoren für die Entstehung derartiger Gelenksveränderungen sind das zunehmende Lebensalter, Bewegungsarmut, starke mechanische Beanspruchung, Traumata, angeborene Fehlstellungen, Übergewicht und genetische Prädisposition [88]. Außerdem ist das weibliche Geschlecht deutlich häufiger betroffen. Im Anfangsstadium bessert sich die Arthralgie in Ruhe und in der Nacht, was bei fortgeschrittener Arthrose nicht mehr der Fall ist. Mit zunehmender Progression wird das Bewegungsausmaß stärker eingeschränkt und es kann zur Achsabweichung und Muskelatrophie durch Schonhaltung kommen. Die Diagnostik einer Gonarthrose erfolgt durch Klinik und Röntgenbild. Der klinische Schweregrad wird im WOMAC-Arthroseindex abgebildet, der den Patienten die Möglichkeit gibt, die wichtigsten und alltagsrelevanten Konsequenzen ihrer Arthrose zu evaluieren und zu objektivieren [14]. Radiologisch treten die typischen Arthrosezeichen wie Gelenkspaltverschmälerung, Geröllzystenbildung, subchondrale Sklerosierung und Osteophytenanbau in Erscheinung.



*Abbildung 10:
Röntgenbild eines gesunden Kniegelenks (links)*



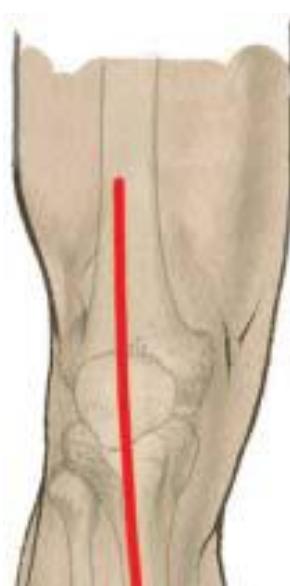
*Abbildung 11:
Röntgenbild eines arthrotisch veränderten Kniegelenks (links)*

Um diese Kriterien besser beurteilen zu können, ist zusätzlich zum a.-p.-Röntgenbild eine seitliche und eine Patella-Defilée-Aufnahme nötig. Letztere ist eine tangentiale Aufnahme des flektierten Knies und stellt die Gelenksituation zwischen Femur und Patella dar. Zur Berechnung der Achsabweichung verwendet man eine Ganzbeinstandaufnahme im

Einbeinstand. Nach gesicherter Diagnose einer Gonarthrose beginnt man zunächst eine konservative Behandlung, um die Symptomatik des Patienten zu verbessern. Diese beinhaltet eine Gewichtsreduktion, die Vermeidung von Überbelastung und Zwangshaltungen und eine entsprechende Physiotherapie. Bei anhaltenden Schmerzen beginnt man die Therapie mit Analgetika und intraartikulären Injektionen. Eine Heilung der Arthrose kann dadurch jedoch nicht erzielt werden.

2.8.2 Die Knieprothesenimplantation

Erst wenn konservativ die Beschwerden längerfristig nicht gebessert werden können, wird die Indikation zur Gelenksendoprothetik gestellt. Ziel eines solchen Eingriffs ist das Erreichen von Schmerzfreiheit und einer guten Beweglichkeit. Man unterscheidet zwei Arten von Prothesen. Die ungekoppelten Oberflächenendoprothesen erfordern eine stabile Gelenkführung durch den Kapsel-Band-Apparat und ersetzen nur die Gelenkflächen. Sollte diese Voraussetzung nicht gegeben sein, kommen teilgekoppelte oder vollgekoppelte Prothesen zum Einsatz. Bei dem vorliegenden Patientengut fand hauptsächlich die ungekoppelte Version Verwendung. Die Operationstechnik war bei allen Studienteilnehmern standardisiert. Der gesamte Eingriff wird am Patienten in Rückenlage unter Blutleere des zu operierenden Beines durchgeführt. Nach einem medianen Hautschnitt über dem Kniegelenk wird die Kapsel parapatellar medial eröffnet und bis zur sagittalen Mittellinie subperiostal vom Tibiakopf abgelöst.



*Abbildung 12:
Hautschnittführung
(rechtes Knie)*



*Abbildung 13:
Schnittführung bei
der Kapseleröffnung
(rechtes Knie)*

Nun kann die Patella in Streckstellung nach lateral evertiert und das Gelenk flektiert werden [267]. Anschließend reseziert man das vordere Kreuzband und die noch vorhandenen Meniskusreste. Nach der intramedullär ausgerichteten, distalen Femurosteotomie erfolgt die Entfernung des Tibiaplateaus. Dabei orientiert man sich am Zentrum des oberen Sprunggelenkes und an der Tibiaschaftachse in der Frontalebene. Sobald die femorale und tibiale Gelenkfläche entfernt ist, muss die Seitenbandspannung mit einem Spacer ausgetestet werden. Etwaige Osteophyten müssen noch vor dem Einsetzen der Probekomponenten entfernt werden. Anschließend erfolgt die Funktionsprüfung mit einer Probeprothese, wobei besonders auf Bewegungsausmaß, Achsenausrichtung, Patellalauf und Gelenkstabilität geachtet wird. Nach einer positiven Beurteilung durch die Operateure erfolgte die Implantation der definitiven Prothese der Firma DePuy in der entsprechenden Größe. Als Gleitlager wird ein Polyethylen-Inlay zwischen die beiden Gelenkkomponenten eingebracht. Bei der Mehrzahl der Studienteilnehmer wurde die Endoprothese mit Knochenzement verankert. Während der notwendigen Aushärtungszeit des Zements wurden eventuell vorhandene Osteophyten an der Patellarückseite entfernt und eine Patellaranddennervierung durchgeführt. Ein mehrschichtiger Wundverschluss mit Einlegen von zwei Drainagen beendete den Eingriff. Diese Operation wurde zum Teil auch unter Zuhilfenahme eines computergesteuerten Navigationssystems durchgeführt. Dadurch kann die Prothesenpositionierung optimiert werden. Allerdings ist ein derartiges System mit hohen Anschaffungskosten und einer verlängerten Operationszeit verbunden [267]. Bei der Knieendoprothetik ist die postoperative Nachbehandlung sehr entscheidend für die spätere Funktion der Prothese. Um etwaigen Verklebungen im Gelenk vorzubeugen, ist die Anwendung einer CPM (continuous passive motion)- Schiene ab dem 1. postoperativen Tag Standard. Das Aufstehen unter Teilbelastung mit Unterarmgehstützen ist zwischen dem dritten und fünften Tag erlaubt. Am 10. postoperativen Tag sollte es dem Patient möglich sein, das Kniegelenk mindestens 90° zu flektieren [267]. Mögliche Risiken einer Alloarthroplastik beschränken sich auf Prothesenlockerung oder -infektion. Die Implantation eines Oberflächenersatzes zählt heute zu den orthopädischen Standardeingriffen und nimmt weltweit mit Abstand den größten Anteil der knieendoprothetischen Versorgungen ein.

3 FRAGESTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Wie bereits dargestellt, wurden alle Patienten unseres Untersuchungskollektivs während der Knieprothesenimplantation sediert. Postoperativ können sich die meisten der Patienten nicht an die Operation erinnern. Neurologisch-psychiatrisch gesehen bestätigen sie damit, dass für diesen Zeitabschnitt keine Ereignisse im expliziten, episodischen Gedächtnis gespeichert sind. Allerdings kann kein Patient eine Aussage über sein implizites Gedächtnis treffen. Dort werden – wie eingangs erwähnt – Erwartungen, Verhaltensweisen und die Ergebnisse von Konditionierungsvorgängen gespeichert. Diese implizite Erinnerung kann im Folgenden das Verhalten ohne Einschaltung des Bewusstseins beeinflussen [260]. Also besteht die Möglichkeit, dass die Patienten das Operationsgeschehen zwar im Gedächtnis gespeichert haben, sich aber nicht bewusst daran erinnern können. Dies hat in unserem Fall zur Folge, dass die unbewusste Wahrnehmung von Geräuschen wie Bohren, Sägen, Hämmern und Meißeln Einfluss auf das Verhalten und das Befinden nach der Operation nimmt. Eine derartige implizite Reminiszenz an das Operationsgeschehen wirkt sich vermutlich kaum positiv auf die postoperative Rehabilitation aus. Wir gehen in der vorliegenden Studie davon aus, dass eine implizite Erinnerung an die intraoperativen Geräusche während der Implantation einer Knieendoprothese den postoperativen Schmerz verstärkt. Eine gesteigerte Schmerzbelastung des Patienten hätte wiederum einen erhöhten Analgetikaverbrauch und eine verlängerte Rehabilitation zur Folge.

Mit dieser Arbeit soll geprüft werden, ob eine intraoperative Schallprotektion Auswirkungen auf das postoperative Schmerzempfinden hat. Durch Schalldämpfung bzw. das Vorspielen von Musik während der Operation soll die Speicherung von Operationsgeräuschen im impliziten Gedächtnis verhindert oder zumindest minimiert werden. Gemessen wird dieser Einfluss anhand der postoperativ erhobenen Schmerzscores. Als Kontrolle dient eine dritte Patientengruppe, die keinerlei Schallschutz erhalten hat.

Das Ergebnis dieser Studie soll Antworten auf folgende Fragen geben:

- Ist es sinnvoll, allen Patienten, die sich einer geräuschintensiven Operation in Regionalanästhesie mit zusätzlicher Sedierung unterziehen, eine Form der Schallprotektion zur Herabsetzung der postoperativen Schmerzintensität zukommen zu lassen?
- Welche Form der Schalldämpfung ist im Hinblick auf die Verminderung postoperativer Schmerzen effizienter?

4 MATERIAL UND METHODEN

4.1 Patientenrekrutierung

In die Studie wurden insgesamt 83 Patienten aufgenommen, bei denen im Zeitraum von August bis Oktober 2009 in der Orthopädischen Klinik für die Universität Regensburg, dem Asklepios Klinikum Bad Abbach, die Implantation einer Endoprothese am Kniegelenk durchgeführt wurde. Die Namen der Teilnehmer wurden durch Pseudonyme verschlüsselt in die Statistik aufgenommen.

4.1.1 Einschlusskriterien

Die Voraussetzung für die Teilnahme an der Studie war das Erfüllen der Einschlusskriterien. Dazu musste die geplante Operation die Erstimplantation einer Endoprothese in das betroffene Kniegelenk sein. Außerdem war es zwingend notwendig, dass dieser Eingriff in Regionalanästhesie mit einem Katheter zum Nervus ischiadicus (NI) und einem zum Psoas-Kompartiment (PC) – in Ausnahmefällen auch alternativ zum Nervus femoralis (NF) – bei gleichzeitiger Sedierung mit Propofol durchgeführt wurde. Diese Kriterien wurden gestellt, um das Patientenkollektiv zu vereinheitlichen und somit eine bessere Basis für Vergleiche schaffen zu können.

4.1.2 Ausschlusskriterien

Im Vorfeld wurden diejenigen Patienten von der Studie ausgeschlossen, die unter einem chronischen Schmerzsyndrom litten oder bei denen eine Schwerhörigkeit bekannt war. Zusätzlich mussten bereits in die Studie aufgenommene Personen nachträglich ausgeschlossen werden, falls sich im postoperativen Verlauf Komplikationen wie beispielsweise eine gastrointestinale Blutung oder ein Apoplex ereigneten. Eine intraoperative Umstellung der Regionalanästhesie auf eine Allgemeinanästhesie war ein weiteres Ausschlusskriterium. Außerdem wurden die Daten von Patienten, denen die nötigen Analgetika postoperativ über eine i.v. PCA verabreicht wurden, nicht in die Auswertung der Studie mit einbezogen. Dadurch erfüllten insgesamt sechs der ursprünglich 89 Patienten die Studienkriterien nicht.

4.2 Genehmigung und Einwilligungserklärung

Eine Befürwortung der Ethikkommission der Universität Regensburg liegt vor.

Alle Patienten wurden bei ihrer stationären Aufnahme ausführlich mündlich und schriftlich über den Inhalt, den Ablauf und das Ziel der geplanten Studie aufgeklärt und auf die Freiwilligkeit der Teilnahme hingewiesen. Des Weiteren wurde deutlich erklärt, dass eine Ablehnung keine negativen Folgen für den Einzelnen nach sich zieht. Diesbezüglich wurde von allen Teilnehmern eine schriftliche Einwilligungserklärung eingeholt (siehe Anlage 1).

4.3 Studienkonzept

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine prospektive, randomisierte, einfach-blinde Studie. Mit dem Ziel drei vergleichbare Einheiten aufzustellen, wurden die Studienteilnehmer am Tag der stationären Aufnahme über eine Blockrandomisierung ohne ihr eigenes Wissen und ohne Einfluss eines Arztes in eine der Untergruppen eingeteilt. Dabei konnten die Patienten – für den Fall, dass sie zur Musik-Gruppe gehören würden – je nach Belieben zwischen den Musikrichtungen Klassik, Volksmusik oder Rock&Pop auswählen. Außerdem wurde in seltenen Fällen der Ausschluss einer der drei Gruppenoptionen akzeptiert, falls der Patient diese unter keinen Umständen haben wollte. Auch dann wusste der Patient noch nicht über die definitive Gruppenzuteilung Bescheid. Auf diese Weise wurden 28 Patienten der Gruppe ohne Schallschutz, 28 Teilnehmer der Gruppe mit Schalldämpfung und 27 Personen der Gruppe mit Musikeinspielung zugeordnet. Je nach Gruppenzugehörigkeit erhielt jeder Teilnehmer am nächsten Tag während der Operation die entsprechende Maßnahme bezüglich des Schallschutzes. Im postoperativen Verlauf wurde – in Zusammenarbeit mit dem Team im Aufwachraum, dem Schmerzdienst des Institutes für Anästhesiologie & Schmerztherapie und dem Pflegepersonal auf Station – die Entwicklung der Schmerzintensität bei jedem Patienten genau beobachtet und in Form von Schmerzscores dokumentiert. Erst am Tag vor der Entlassung in eine Rehabilitationsklinik musste der Studienteilnehmer über seine Erinnerung an die Operation berichten. Dazu stellte man ihm standardisierte Fragen, die Auskunft darüber geben, was der Patient gehört oder gespürt hat. Zum gleichen Zeitpunkt wurde ein Auszug aus der Patientenakte kopiert. Dieser umfasste das Operationsprotokoll, das Anästhesieprotokoll, den Anordnungs- und Überwachungsbogen für den Schmerzkatheter und die Kurve aus dem Aufwachraum und der Station.

4.4 Studiendurchführung

4.4.1 Realisierung der intraoperativen Schallprotektion

Bei der Versuchsgruppe ohne Schallschutz (= O) wurde – wie sonst üblich – auf jede Art von Schalldämpfern verzichtet. Diese Einheit stellt in unserer klinischen Studie die Kontrollgruppe dar. Zum Abspielen der Musik bei Patienten der Musik-Gruppe (= M) fanden die Kopfhörer der Firma Technics, Modell RP-F350 Stereo Headphones in Kombination mit dem MP3-Player Trekstor i. Beat cebrax 1GB 6808022 N1-1/4 Anwendung.



*Abbildung 14:
Musikkopfhörer und MP3-Player*

Der Kapselgehörschutz EN 352-2 der Firma UPIXX wurde in Verbindung mit den Einmal-Ohrstöpseln Oropax® Soft bei allen Personen der Schallschutz-Gruppe (= S) benutzt. Laut Angabe der Hersteller vermindert der Kapselgehörschutz den Lärmpegel um 23 db und die Oropax® um 29 db.



*Abbildung 15:
Kapselgehörschutz und Oropax®*

Nach eingesetzter Wirkung des Sedierungsmittels – ca. 10 min nach Beginn der intravenösen Applikation – und somit noch vor OP-Beginn wurden die Patienten entsprechend der Gruppenzugehörigkeit mit dem jeweiligen Equipment ausgestattet. Die Personen der Musik-Gruppe bekamen die genannten Kopfhörer mit der vom Patienten im Vorfeld selbst ausgewählten Musikrichtung in der Lautstärke Vol 14 aufgesetzt.



*Abbildung 16:
Patient der Musik-Gruppe im OP mit entsprechender Ausstattung
(Musikkopfhörer und MP3-Player)*

Den Teilnehmern der Schallschutz-Gruppe wurden die oben erwähnten Ohrstöpsel nach Verpackungsanweisung behutsam in den Gehörgang eingeführt und im Anschluss die genannten Schallschutzkopfhörer aufgesetzt.



*Abbildung 17:
Patient der Schallschutz-Gruppe im OP mit entsprechender Ausstattung
(zu sehen: Kapselgehörschutz)*



*Abbildung 18:
Patient der Schallschutz-Gruppe im OP mit entsprechender Ausstattung
(zu sehen: Oropax®)*

Bei diesen beiden Gruppen wurde sichergestellt, dass keine möglichen Druckstellen am Kopf oder den Ohren entstehen. Außerdem achtete man aus hygienischen Gründen besonders darauf, dass zwischen jeder Art von Ohrbedeckung und Patientenhaut die Einwegmütze lag. Im Verlauf der Operation wurden der korrekte Sitz und die

Betriebsfähigkeit der angelegten Teile mehrfach überprüft. Außerdem wurden mögliche Reaktionen der Patienten – beispielsweise auf intraoperative Interventionen – beobachtet und gegebenenfalls dokumentiert. Frühestens bei der Hautnaht beziehungsweise spätestens beim Beenden der Propofolgabe – und somit vor dem Erwachen – wurden die verwendeten Schallprotektoren wieder entfernt, sodass der Patient nicht über seine Gruppenzugehörigkeit informiert war. Bei den Patienten der Kontrollgruppe wurde, wie dargestellt, auf jede Art der Schalldämpfung verzichtet.



*Abbildung 19:
Patient der Kontrollgruppe im OP ohne Schallschutz*

4.4.2 Messung des Schallpegels

Um eine konkrete Vorstellung vom Lärmpegel während der Implantation einer Knie-Totalendoprothese zu bekommen, wurde exemplarisch an fünf Operationen die dabei entstehende Lautstärke gemessen. Dazu verwendete man das Sound Level Meter Model NM-3 der Firma Noris. Alle mit diesem Gerät gemessenen Ergebnisse sind Ca.-Angaben. Die einzelnen Werte wurden bei bestimmten intraoperativen Aktionen wie beispielsweise Sägen oder Bohren erhoben und dokumentiert. Außerdem wurde die Lautstärke der verabreichten Musik gemessen, um dies mit dem intraoperativen Lärmpegel vergleichen zu können.



*Abbildung 20:
Schallpegelmessgerät*

4.4.3 Dokumentation der Schmerzscores

Im gesamten postoperativen Verlauf wurden die Schmerzen aller Patienten genau erfragt, beobachtet und gegebenenfalls mit Analgetika behandelt. Dazu ermittelte zuerst das Personal im Aufwachraum mehrmals pro Aufenthalt eines frisch Operierten dessen aktuellen Schmerzwert. Diese wurden in die separate Kurve des Aufwachraums eingetragen (siehe Anlage 2). Ab dem Zeitpunkt, als der Patient auf die Normalstation verlegt werden konnte, befragte ihn der Schmerzdienst des Asklepios Klinikums täglich mehrere Male zu seinen Schmerzen. In dieser Phase wurde die Schmerzintensität getrennt nach Katheterversorgungsgebiet – also Vorder- und Rückseite des Knies – abgefragt, wodurch die Angaben an Präzision gewinnen. Die dabei ermittelten Schmerzscores dokumentierte man in einem gesonderten Überwachungsbogen für Schmerzkatheter (siehe Anlage 3). Sobald sich die Schmerzen trotz Auslassversuch auf einem konstant niedrigen Level befanden, konnten die Katheter entfernt werden. In manchen Fällen geschah dies unbeabsichtigterweise bereits im Voraus durch den Patienten selbst. Ab diesem Zeitpunkt wurden die Patienten in der Regel zweimal täglich – morgens und abends – vom Pflegepersonal nach dem aktuellen Schmerzwerte gefragt. In der Kurve notierte man diese Ergebnisse. Fehlende Werte im

Schmerzprotokoll oder in der Patientenkurve entstanden bei Abwesenheit des Patienten oder wenn dieser zum Zeitpunkt der Befragung schlief.

4.5 Datenverarbeitung

4.5.1 Berechnung von statistisch verwertbaren VAS-Scores

Aus dieser eben beschriebenen Ermittlung der Schmerzscores ergab sich eine große Fülle an Werten. Allerdings variiert die Anzahl der erhobenen VAS-Scores von Patient zu Patient stark, da es keine genauen Vorgaben für die Häufigkeit der Befragung gab, sondern man sich immer am Bedarf orientierte. Um diese Angaben für eine statistische Auswertung brauchbar zu machen, entwickelte man Berechnungsleitlinien. Auf diese Weise sollten einerseits zwar alle erhobenen Schmerzwerte eines Patienten in die Berechnung eingehen, aber andererseits die Anzahl der in die Statistik aufzunehmenden Werte immer gleich groß sein.

Das dazu nötige Grundschema der Berechnung wird im Anschluss erläutert.

Aus allen im Aufwachraum erfragten Werten wurde der Durchschnitt berechnet.

Zusätzlich bestimmte man im „Überwachungsbogen für Schmerzkatheter“ jeweils das arithmetische Mittel aus den beiden katherterspezifischen Scores, die bei einem Besuch (zur selben Uhrzeit) notiert wurden. Aus den so erhobenen Mittelwerten wurde wiederum das Mittel pro Tag ausgerechnet. Hat der Patient zum Beispiel beim ersten Besuch die Werte 6PC/2NI und bei der zweiten Befragung 4PC/2NI angegeben, so errechnet sich aus den VAS-Mittelwerten 4 und 3 ein Durchschnitt von 3,5 für diesen Tag. Falls der Patient bereits am OP-Tag auf die Normalstation verlegt wurde, musste zur Mittelwertberechnung des ersten Tages auch der Durchschnittswert aus dem Aufwachraum mit einbezogen werden.

Ebenso wird für jeden Tag nach der Katheterentfernung der Mittelwert der beiden, in der Patientenkurve angegebenen Schmerzwerte errechnet. Daraus erhält man im Idealfall pro Patient sieben Werte, die die Schmerzintensität pro Krankenhaustag ab dem Operationszeitpunkt darstellen.

Jedoch ergaben sich bei den Schmerzwertangaben an zahlreichen Stellen Interpretationsschwierigkeiten, die im Folgenden genauer betrachtet werden. Falls in der Kurve des Aufwachraumes – in Kongruenz zum Schmerzprotokoll – zu einem Zeitpunkt zwei somit katherterspezifische Werte angegeben waren, so wurde auch davon der Mittelwert berechnet. Dieser ging wiederum in die Berechnung des Durchschnittswertes aller Schmerzscores aus dem Aufwachraum ein. Da die Erhebung der Schmerzwerte durch den Schmerzdienst aufgrund der katherterspezifischen Unterscheidung präziser

war als durch das Pflegepersonal, wurden die Angaben im Überwachungsprotokoll für Schmerzkatheter den möglicherweise parallel existierenden Werten aus der Patientenkurve vorgezogen. Für den Fall, dass ein einzelner Katheter bereits gezogen und nur für den Verbleibenden ein Wert im Protokoll angegeben war, wurde dieser trotzdem zusammen mit einem fiktiven zweiten Wert 0 gemittelt. Grund dafür ist die Tatsache, dass der Schmerzdienst die Schmerzen für das gesamte Kniegelenk abfragte und nicht nur für den mit Katheter versehenen Bereich. Die Angabe „0“ ergibt sich also aus der Schmerzfreiheit in diesem Bereich, was meist auch der Grund für das Ziehen des Katheters gewesen sein dürfte. Sollte der Schmerzdienst bei einem dokumentierten Besuch eines Patienten keine Angaben zum VAS-Score gemacht haben, so wurde dieser auch vernachlässigt. Man ging davon aus, dass der Patient entweder schlief oder nicht im Zimmer war. Wenn im „Überwachungsbogen für Schmerzkatheter“ ein Wert zwischen der Spalte für die VAS-Angabe von Katheter 1 und 2 stand, so galt er für beide und stellte somit auch gleichzeitig den Mittelwert dar. Sofern seitens des Pflegepersonals nur ein Schmerzwert pro Tag in der Patientenkurve angegeben wurde, mittelte man diesen ebenfalls zusammen mit einem gedachten zweiten Wert „0“. Sollte dort an einem Tag kein Score eingetragen gewesen sein, so ergab sich daraus ein „fehlender Wert“ in der Statistik. Bei Intervallangaben (z.B. 4-5) wurde immer der größere Zahlenwert in die Mittelwertberechnung einbezogen.

4.5.2 Statistische Auswertung

Die Berechnungen sowie die statistische Auswertung des Datensatzes wurden mit Hilfe des Statistik- und Analyseprogramms PASW Statistics 17 durchgeführt. Die Angaben lagen als nominal, ordinal und metrisch skalierte Daten vor. Zur deskriptiven Beschreibung der Daten dienten Häufigkeiten mit zusätzlicher Prozentangabe, Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max). Die Datenanalyse erfolgte mit den gängigen statistischen Verfahren zur Überprüfung auf Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov-Test) und auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen (Kruskal-Wallis-Test, Chi-Quadrat-Test nach Pearson). Unterschiede zwischen den einzelnen Tagen wurden mit Hilfe des Friedman- und des Wilcoxon-Tests überprüft. Mögliche Einflüsse verschiedener anderer Variablen auf die Schmerzwerte wurden mit dem Spearman-Rho-Test und dem Mann-Whitney-Test untersucht. Als statistisch signifikant wurden Ergebnisse mit einem p-Wert kleiner 0,05 gewertet. Alle Berechnungen der Schmerzwerte wurden mit dem Mittelwert durchgeführt. Zur Darstellung der Ergebnisse wurden Tabellen, Boxplots, Balken-, Kreis- und Liniendiagramme benutzt.

4.6 Literaturrecherche

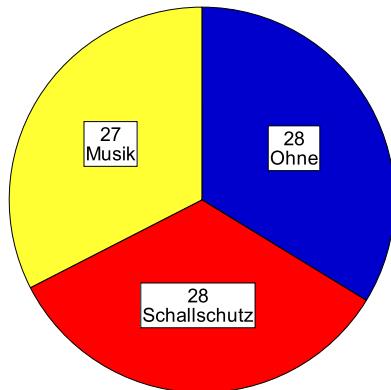
Die Literaturrecherche erfolgte über die Bibliothek der Universität Regensburg und mittels der Literaturdatenbank „PubMed“ (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Begleitend wurden gängige Internet-Suchmaschinen und bestehende eigene Literatur eingesetzt.

5 ERGEBNISSE

5.1 Anthropometrische Daten des Patientenkollektivs

5.1.1 Gruppenzuordnung

Das Patientenkollektiv besteht aus insgesamt 83 Patienten, bei denen die Implantation einer Knieendoprothese durchgeführt wurde. Nach einer randomisierten Gruppenzuteilung erhielten 28 Studienteilnehmer (33,7%) während der Operation einen Schallschutz in Form von Oropax® und Kapselgehörschutz (Schallschutz-Gruppe). Weiteren 27 Patienten (32,5%) wurden über die Dauer der Operation Musikkopfhörer aufgesetzt (Musik-Gruppe). Die restlichen 28 Teilnehmer (33,7%) stellten die Kontrollgruppe dar und bekamen somit keinerlei Schalldämpfung.



*Abbildung 21:
Gruppenaufteilung*

5.1.2 Geschlecht

Das Kollektiv setzt sich aus 31 Männern (37,3%) und 52 Frauen (62,7%) zusammen. Die Schallschutz-Gruppe umfasst 11 männliche (39,3% = 11/28) und 17 weibliche Teilnehmer (60,7% = 17/28), während die Musik-Gruppe aus 10 Patienten (37,1% = 10/27) und 17 Patientinnen (62,9% = 17/27) besteht. Daraus ergibt sich für die Kontrollgruppe ein Gefüge aus 10 Herren (35,7% = 10/28) und 18 Damen (64,3% = 18/28). Ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Geschlechtsverteilung in den Untergruppen blieb somit aus ($p=0,962$).

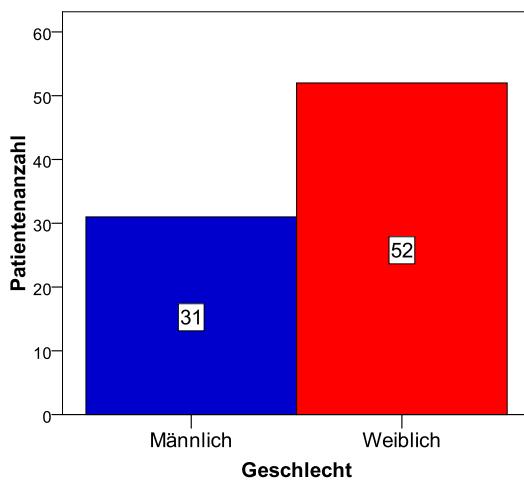


Abbildung 22:
Geschlechtsverteilung
im Patientenkollektiv

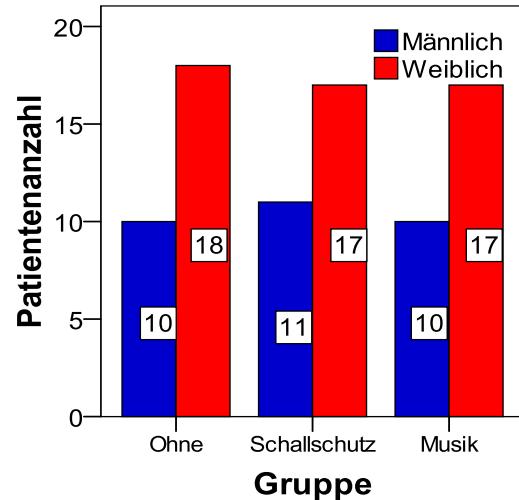


Abbildung 23:
Gruppenspezifische
Geschlechtsverteilung

5.1.3 Alter

Die Studienteilnehmer waren zum Zeitpunkt der Operation zwischen 37 und 82 Jahren alt und der Altersdurchschnitt im Kollektiv lag bei 68,7 Jahren ($SD: \pm 0,96$). Die jüngste Frau war 37 Jahre und die Älteste 82 Jahre alt (MW: 69,92; SD: $\pm 1,22$). Bei den Männern erstreckt sich die Altersspanne von 52 bis 82 Jahren (MW: 66,52; SD: $\pm 1,5$).

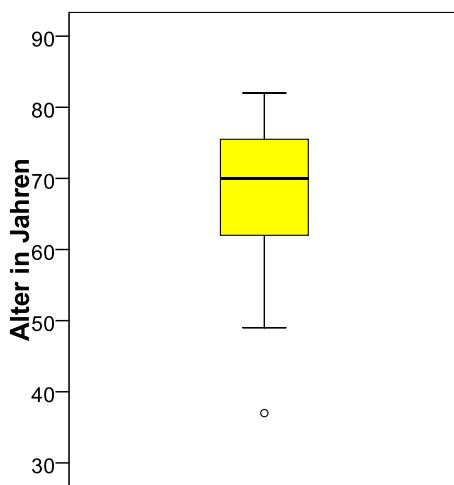


Abbildung 24:
Altersverteilung im Patientenkollektiv

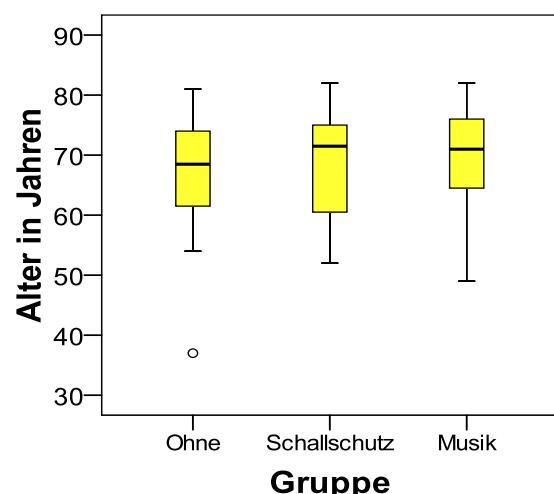
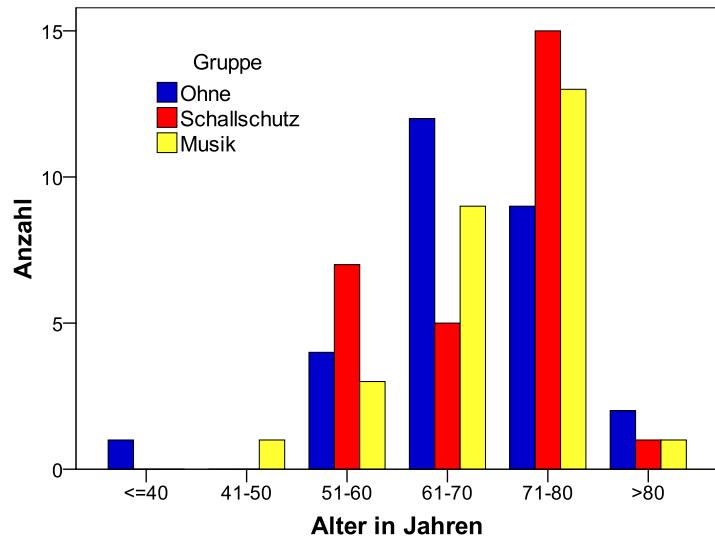


Abbildung 25:
Gruppenspezifische Altersverteilung

Der Altersdurchschnitt in den Untergruppen liegt in der Kontrollgruppe bei 67,6 Jahren (SD: $\pm 1,84$), in der Schallschutz-Gruppe bei 69,1 Jahren (SD: $\pm 1,62$) und in der Musik-Gruppe bei 69,3 Jahren (SD: $\pm 1,56$). Aufgrund ähnlicher Mittelwerte sind die Gruppen diesbezüglich als kompatibel zu betrachten ($p= 0,804$).



*Abbildung 26:
Gruppenspezifische Altersverteilung nach Lebensdekaden*

5.1.4 Body-Mass-Index

Bei einem Durchschnittsgewicht von 85,9 kg (SD: $\pm 2,07$) und einer mittleren Größe von 1,66 m (SD: $\pm 0,01$) ergibt sich ein BMI-Mittelwert von 30,99 kg/m² (SD: $\pm 0,69$). Die BMI-Werte der Patienten liegen in einem Intervall zwischen 21,23 kg/m² und 55,84 kg/m². Nach den WHO-Definitionen waren 15,7% (13/83) der Patienten normalgewichtig, 34,9% (29/83) übergewichtig und 49,3% (41/83) adipös [270]. Die BMI-Durchschnittswerte sind mit 30,63 kg/m² (SD: $\pm 1,26$) in der Kontrollgruppe, 30,84 kg/m² (SD: $\pm 0,92$) in der Schallschutz-Gruppe und 31,51 kg/m² (SD: $\pm 1,39$) in der Musik-Gruppe vergleichbar. Damit besteht kein signifikanter Unterschied ($p= 0,734$).

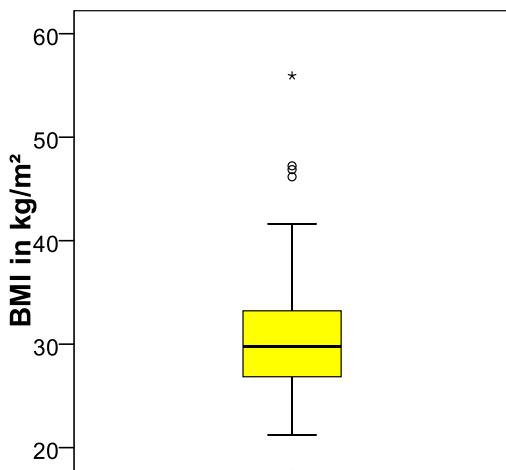


Abbildung 27:
BMI-Verteilung im Patientenkollektiv

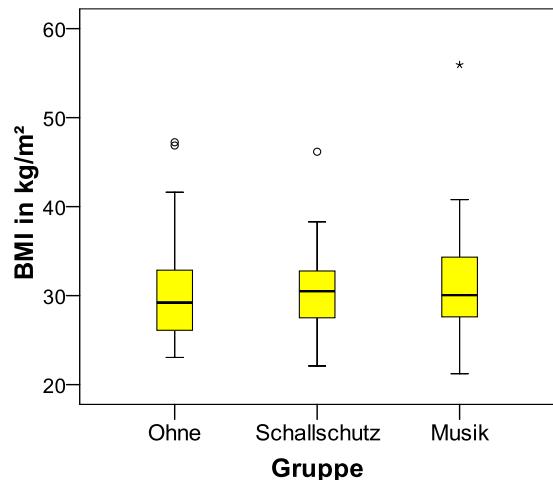


Abbildung 28:
Gruppenspezifische BMI-Verteilung

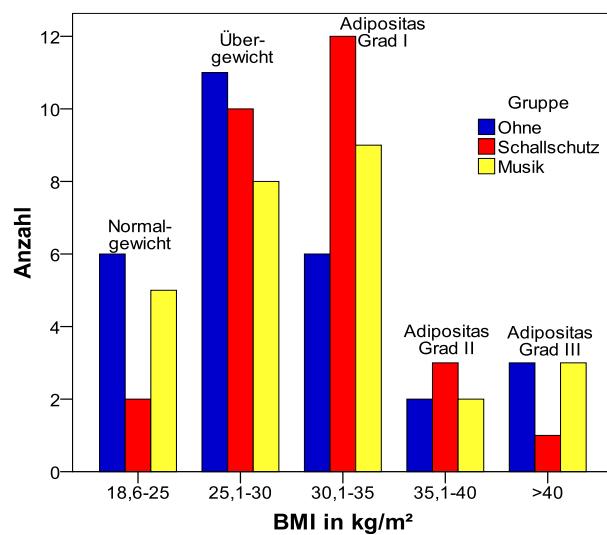


Abbildung 29:
Gruppenspezifische BMI-Verteilung nach der WHO-Klassifikation [275]

5.2 Operationsausführung

5.2.1 Operationstechnik

Die Operationen wurden zu 66,3% (55/83) ohne Anwendung eines Navigationssystems durchgeführt. Somit wurden 28 Knieendoprothesen (33,7%) navigiert implantiert. In der Kontrollgruppe sind 46,4% (13/28), in der Schallschutz-Gruppe 78,6% (22/28) und in der Musik-Gruppe 74,1% (20/27) der Eingriffe ohne computergesteuerte Unterstützung

ausgeführt worden. Durch den Einfluss der Kontrollgruppe ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Untergruppen bezüglich der Operationstechnik ($p= 0,023$).

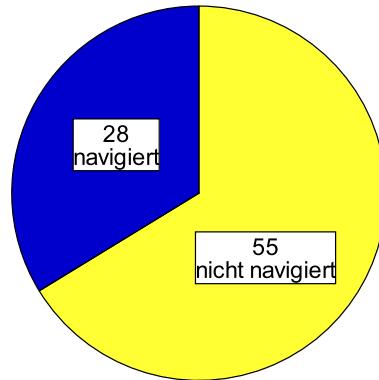


Abbildung 30:
Operationstechnik im Patientenkollektiv

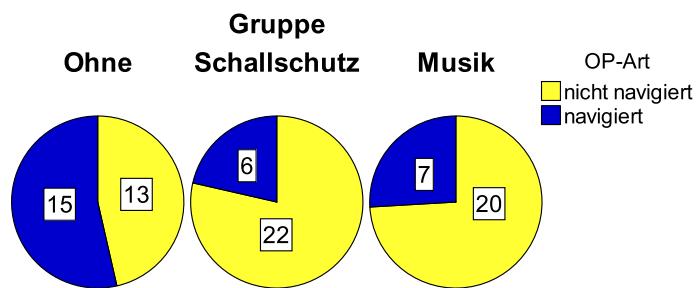


Abbildung 31:
Gruppenspezifische Operationstechnik

5.2.2 Prothesenfixierung

Bis auf eine Ausnahme (1,2% = 1/83) in der Schallschutz-Gruppe wurden alle restlichen 82 Knieendoprothesen (98,9% = 82/83) mit Zement fixiert. Folglich sind die einzelnen Gruppen auch diesbezüglich kongruent ($p= 0,37$).

5.2.3 OP-Dauer

Die Operation dauerte im Durchschnitt 58,42 Minuten (SD: $\pm 1,77$) mit einem Minimum von 30 Minuten und einem Maximum von 104 Minuten. Die Mittelwerte in den Untergruppen schwanken zwischen 58,14 Minuten (SD: $\pm 3,45$) in der Kontrollgruppe,

60,86 Minuten (SD: $\pm 3,18$) in der Schallschutz-Gruppe und 56,19 Minuten (SD: $\pm 2,49$) in der Musik-Gruppe nur geringfügig. Die Untersuchungsgruppen stellen somit vergleichbare Einheiten dar ($p= 0,721$).

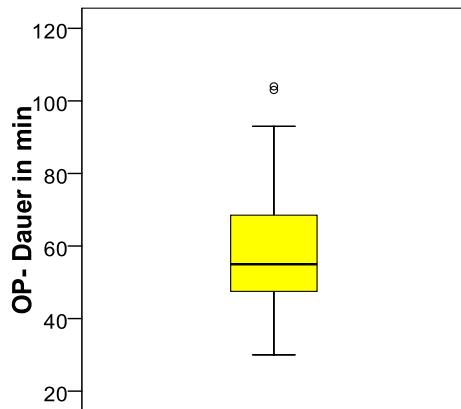


Abbildung 32:
Operationsdauer im Patientenkollektiv

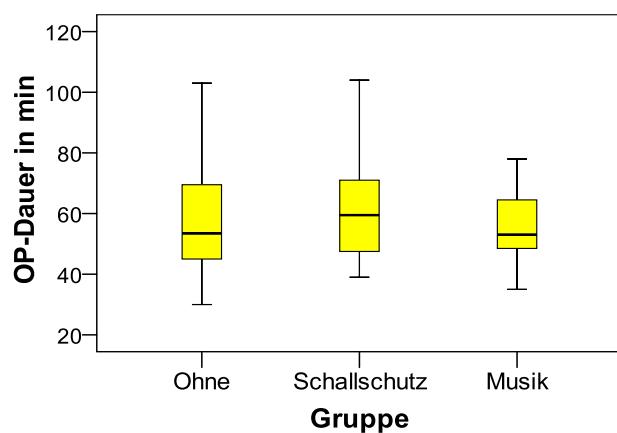
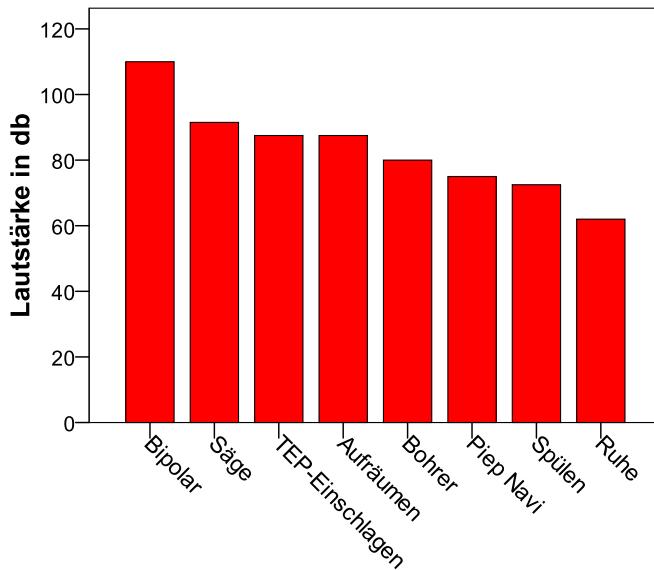


Abbildung 33:
Gruppenspezifische Operationsdauer

Betrachtet man nun die Operationsdauer im Hinblick auf die Operationstechnik, so erhält man für einen nicht-navigierten Eingriff eine mittlere Dauer von 55,51 Minuten (SD: $\pm 1,92$) und für eine navigierte Operation einen Zeitdurchschnitt von 64,14 Minuten (SD: $\pm 3,44$).

5.2.4 Intraoperative Lärmbelastung

Wie bereits erwähnt wurde an fünf Operationen beispielhaft die dabei auftretende Lärmbelastung gemessen. Dabei ergaben sich folgende durchschnittliche Lautstärken: die Bipolare erreichte 105 db (SD: ± 5), der Bohrer 81 db (SD: $\pm 1,87$), die Säge 90 db (SD: $\pm 1,29$), der Spülvorgang 72 db (SD: $\pm 1,23$) und das Einschlagen der Prothese 85 db (SD: $\pm 1,58$). Das Piepen des Navigationssystems, gemessen an zwei der fünf Operationen, erreichte beide Male 75 db. Das abschließende Aufräumen war im Mittel 87 db (SD: ± 2) laut. Ein mittlerer Lärmpegel von 62 db (SD: $\pm 0,2$) stellt die Grundlautstärke in einem OP-Saal dar.



*Abbildung 34:
Mittlere Lautstärke verschiedener Operationsgeräusche*

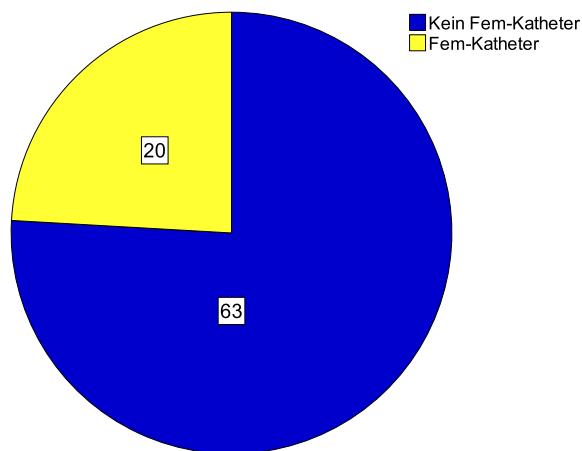
5.2.5 Musikeinspielung

Die Lautstärke der verabreichten Musik in Vol 14 lag für Volksmusik bei ca. 73 db, für Klassik bei ca. 65 db und für Rock&Pop bei ca. 70 db. Mit einer großen Mehrheit wurde die Musikrichtung Volksmusik gewählt, seltener Klassik und nur einmal Rock&Pop.

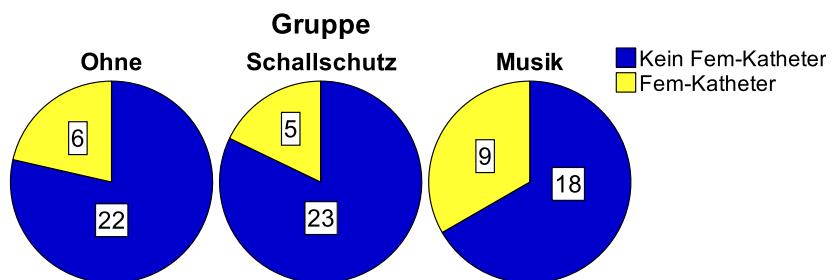
5.3 Postoperative Beobachtungen

5.3.1 Häufigkeit eines Femoralis-Katheters

Bei insgesamt 20 Patienten ($20/83 = 24,1\%$) wurde postoperativ ein Femoralis-Katheter angelegt, 63 Personen ($63/83 = 75,9\%$) behielten über die postoperative Phase die zwei während der OP-Einleitung gesetzten Katheter bei. Verteilt auf die Untergruppen wurde in der Kontrollgruppe bei 21,4% (6/28), in der Schallschutz-Gruppe bei 17,9% (5/28) und in der Musik-Gruppe bei 33,3% (9/27) ein Katheterwechsel durchgeführt. Dieses Kriterium stellt somit keinen signifikanten Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen dar ($p= 0,374$).



*Abbildung 35:
Häufigkeit eines Femoralis-Katheters im Patientenkollektiv*



*Abbildung 36:
Gruppenspezifische Häufigkeit eines Femoralis-Katheters*

5.3.2 Katheterliegedauer

Die Schmerzkatheter wurden im Mittel nach 3,42 Tagen ($SD: \pm 0,082$) gezogen. Das Intervall erstreckt sich von mindestens 2 Tagen bis maximal 7 Tagen. Durch die sehr ähnlichen Mittelwerte in den Untergruppen (3,36 Tage ($SD: \pm 0,19$) in der Kontrollgruppe; 3,43 Tage ($SD: \pm 0,11$) in der Schallschutz-Gruppe; 3,48 Tage ($SD: \pm 0,12$) in der Musik-Gruppe) ergeben sich keine signifikanten Abweichungen ($p= 0,452$).

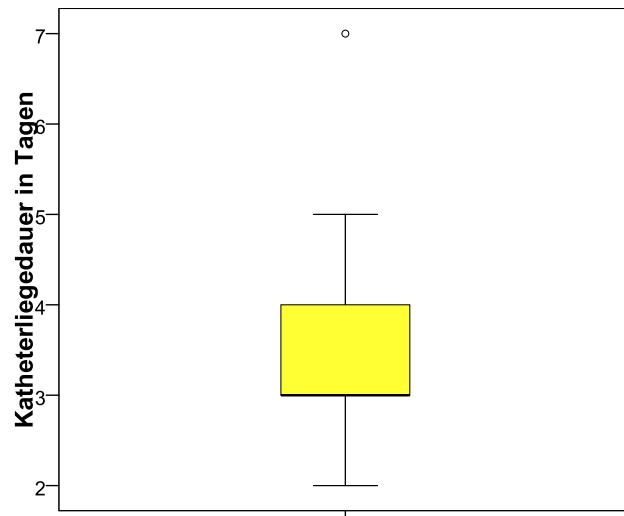


Abbildung 37:
Katheterliegedauer im Patientenkollektiv

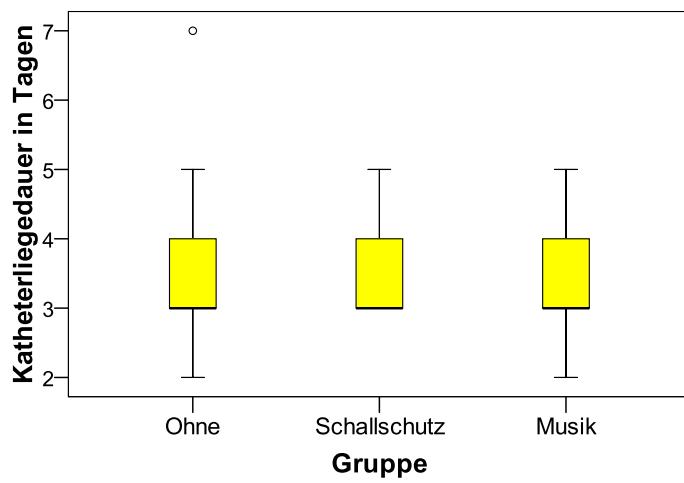


Abbildung 38:
Gruppenspezifische Katheterliegedauer

5.4 Erinnerung

Die Studienteilnehmer wurden am Tag vor der Entlassung aus der Klinik zu ihren Erinnerungen an die Operation befragt. Dabei unterschied man bei einer Erinnerung zwischen „Gehörtem“ und „Gespürtem“. Beides gleichzeitig wurde von keiner Person angegeben. Des Weiteren wurde die Qualität der akustischen Wahrnehmung genauer spezifiziert, indem zwischen Operationsgeräuschen, Musik und Gesprächen differenziert wurde. Dabei kam es in zwei Fällen zu Mehrfachnennungen.

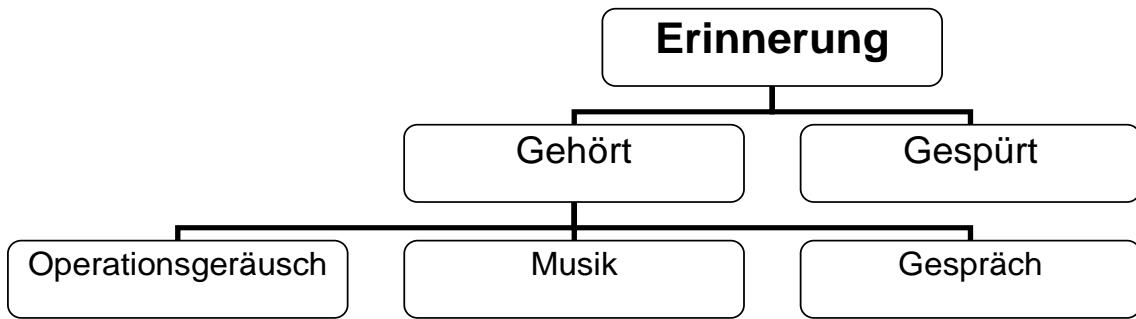


Abbildung 39:
Schema zur Erinnerungsabfrage

10 Patienten (12%) fielen Ereignisse während des Eingriffs ein, die anderen 73 Personen (88%) konnten zu diesem Zeitabschnitt keine Angaben machen. Bezogen auf die Gruppenzugehörigkeit konnten sich in der Kontrollgruppe 17,8% (5/28), in der Schallschutz-Gruppe 10,7% (3/28) und in der Musik-Gruppe 7,4% (2/27) an Vorgänge während der Operation erinnern. Zwischen den Untergruppen besteht aber trotz der deutlichen Tendenz kein signifikanter Unterschied ($p=0,475$).

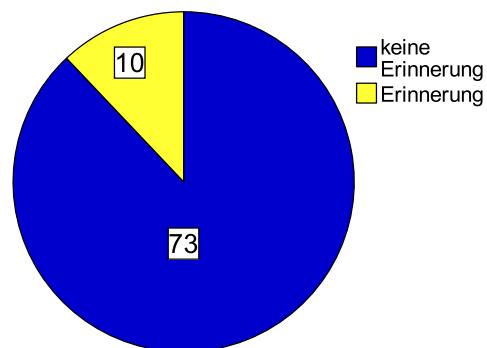


Abbildung 40:
Erinnerungsvermögen im Patientenkollektiv

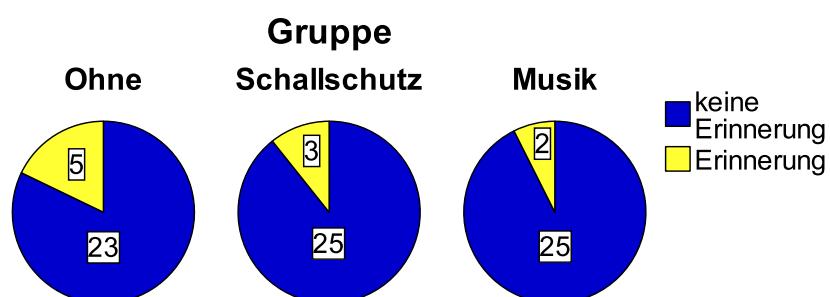
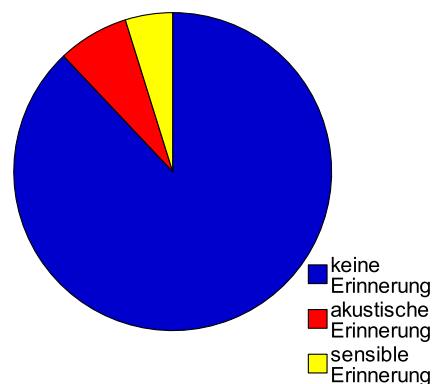
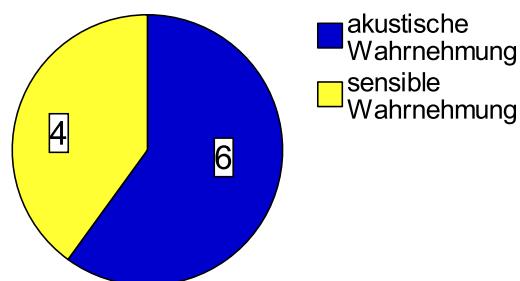


Abbildung 41:
Gruppenspezifisches Erinnerungsvermögen

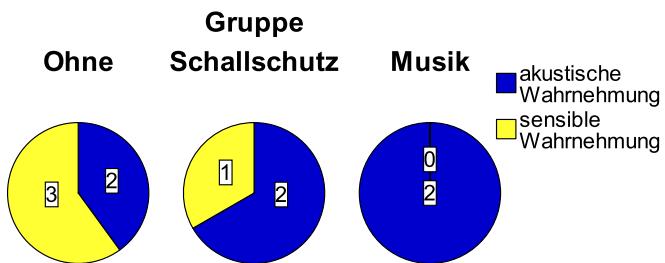
Über akustische Perzeptionen berichteten 6 Studienteilnehmer (7,2% aller und 60% derer mit Erinnerung). Davon befanden sich in jeder Gruppe 2 Patienten (7,1% = 2/28 in der Kontroll- und Schallschutz-Gruppe; 7,4% = 2/27 in der Musik-Gruppe). Vier Teilnehmer (4,8% aller und 40% derer mit Erinnerung) informierten auf Nachfrage über eine sensible Wahrnehmung. Davon waren 3 Personen ($3/28 = 10,7\%$) Mitglieder der Kontrollgruppe und eine ($1/28 = 3,5\%$) aus der Schallschutz-Gruppe. In der Musik-Gruppe konnte sich keiner an eine sensible Wahrnehmung erinnern. Bei den verschiedenen Wahrnehmungsqualitäten blieb ein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen aus („Gehört“: $p= 0,999$; „Gespürt“: $p= 0,167$).



*Abbildung 42:
Erinnerungsfähigkeit und -qualität bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv*

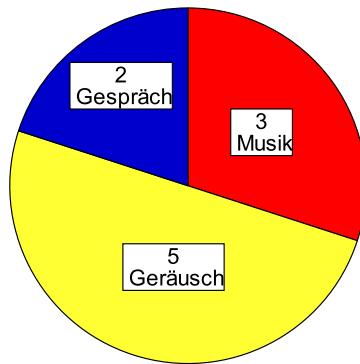


*Abbildung 43:
Qualität der Erinnerung im Patientenkollektiv*



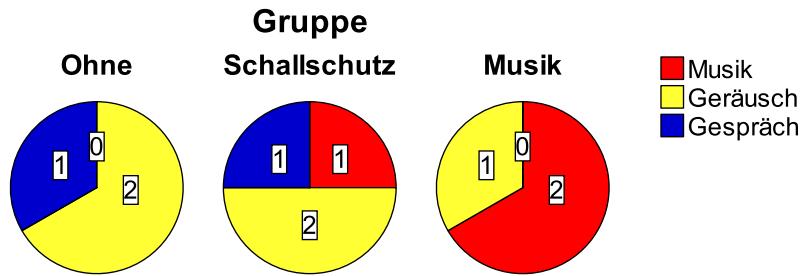
*Abbildung 44:
Gruppenspezifische Qualität der Erinnerung*

Bei der Unterteilung der akustischen Wahrnehmung berichteten insgesamt 3 Studienteilnehmer ($3,6\% = 3/83$) über eine Erinnerung an Musik, 5 Personen ($6\% = 5/83$) über Geräuschwahrnehmungen und 2 Patienten ($2,4\% = 2/83$) über das Hören von Gesprächen.



*Abbildung 45:
Differenzierung der akustischen Wahrnehmung im Patientenkollektiv*

Bezogen auf die einzelnen Untergruppen hörten in der Kontrollgruppe 2 Teilnehmer ($7,1\% = 2/28$) Geräusche und ein Mitglied ($3,6\% = 1/28$) Gespräche. In der Schallschutz-Gruppe erinnerte sich 1 Proband ($3,6\% = 1/28$) an Musik, 2 ($7,1\% = 2/28$) an Geräusche und 1 ($3,6\% = 1/28$) an Gespräche. Den Berichten der Patienten aus der Musik-Gruppe zufolge hörten 7,4% ($2/27$) Musik und 3,7% ($1/27$) Operationsgeräusche. Daraus konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Untergruppen verdeutlicht werden (Musik: $p=0,119$; Geräusch: $p=0,827$; Gespräch: $p=0,61$).



*Abbildung 46:
Gruppenspezifische Differenzierung der akustischen Wahrnehmung*

5.5 Schmerzscores

5.5.1 Beispielhafte Darstellung der zugrunde liegenden Werteberechnung

Die Auswertung der Schmerzscores wurde getrennt für die Zeitabschnitte Tag 1-3, Tag 4-7 und Tag 1-7 durchgeführt, da im Mittel am 3. Tag der Schmerzkatheter entfernt wurde. Besondere Aufmerksamkeit gilt den beiden Letzteren. Der Tag 1 stellt den Operationstag dar. Um die folgenden Angaben leichter verstehen zu können, soll die Werteberechnung an einem Beispiel veranschaulicht werden:

	Gruppe	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5	Tag 6	Tag 7
PatientA	K	0,95	1,29	0,00	0,00	1,50	1,00	1,00
PatientB	K	2,60	1,21	0,20	0,00	0,50	0,00	0,00
PatientC	S	2,70	1,50	3,20	3,50	3,00	3,50	1,50
PatientD	S	2,25	2,28	1,00	0,00	1,00	0,50	1,50
PatientE	M	0,34	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
PatientF	M	1,59	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelle 1: Beispiel zur Werteberechnung – Schritt 1

Patientenspezifische Werte am Beispiel von Patient A:

$$\text{Schmerz Tag 1-3: } (0,95 + 1,29 + 0,00) / 3 = 0,75$$

$$\text{Schmerz Tag 4-7: } (0,00 + 1,5 + 1 + 1) / 4 = 0,88$$

$$\text{Schmerz Tag 1-7: } (0,95 + 1,29 + 0 + 0 + 1,5 + 1 + 1) / 7 = 0,82$$

$$\text{Schmerzmaximum Tag 1-3: } = 1,29$$

$$\text{Schmerzmaximum Tag 4-7: } = 1,5$$

$$\text{Schmerzmaximum Tag 1-7: } = 1,5$$

	Gruppe	Tag 1-3	Maximum Tag 1-3	Tag 4-7	Maximum Tag 4-7	Tag 1-7	Maximum Tag 1-7
PatientA	K	0,75	1,29	0,88	1,50	0,82	1,50
PatientB	K	1,34	2,60	0,13	0,50	0,64	2,60
PatientC	S	2,47	3,20	2,88	3,50	2,70	3,50
PatientD	S	1,84	2,28	0,75	1,50	1,22	2,28
PatientE	M	0,25	0,40	0,13	0,50	0,18	0,50
PatientF	M	0,99	1,59	0,00	0,00	0,42	1,59

Tabelle 2: Beispiel zur Werteberechnung – Schritt 2

Die so ermittelten Schmerzwerte wurden zusätzlich noch pro Gruppen erhoben, um einen Vergleich zu ermöglichen.

Kollektiv- und Gruppenspezifische Werte am Beispiel des Intervalls Tag 1-3:

$$\begin{aligned} \text{Schmerzdurchschnitt Kollektiv: } & (0,75 + 1,34 + 2,47 + 1,84 + 0,25 + 0,99) / 6 = 1,27 \\ \text{Schmerzdurchschnitt Gruppe K: } & (0,75 + 1,34) / 2 = 1,05 \\ \text{Schmerzdurchschnitt Gruppe S: } & (2,47 + 1,84) / 2 = 2,16 \\ \text{Schmerzdurchschnitt Gruppe M: } & (0,25 + 0,99) / 2 = 0,62 \\ \text{Schmerzmaximum Kollektiv: } & (1,29 + 2,6 + 3,2 + 2,28 + 0,4 + 1,59) / 6 = 1,89 \\ \text{Schmerzmaximum Gruppe K: } & (1,29 + 2,6) / 2 = 1,95 \\ \text{Schmerzmaximum Gruppe S: } & (3,2 + 2,28) / 2 = 2,74 \\ \text{Schmerzmaximum Gruppe M: } & (0,4 + 1,59) / 2 = 0,97 \end{aligned}$$

Tagesspezifische Werte am Beispiel von Tag 1 (siehe Tabelle 1):

$$\begin{aligned} \text{Schmerzdurchschnitt Tag 1 im Kollektiv: } & (0,95 + 2,6 + 2,7 + 2,25 + 0,34 + 1,59) / 6 = 1,74 \\ \text{Schmerzdurchschnitt Tag 1 in Gruppe K: } & (0,95 + 2,6) / 2 = 1,78 \\ \text{Schmerzdurchschnitt Tag 1 in Gruppe S: } & (2,70 + 2,25) / 2 = 2,48 \\ \text{Schmerzdurchschnitt Tag 1 in Gruppe M: } & (0,34 + 1,59) / 2 = 0,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maximaler Schmerzwert Tag 1 im Kollektiv: } & = 2,70 \\ \text{Maximaler Schmerzwert Tag 1 in Gruppe K: } & = 2,60 \\ \text{Maximaler Schmerzwert Tag 1 in Gruppe S: } & = 2,70 \\ \text{Maximaler Schmerzwert Tag 1 in Gruppe M: } & = 1,59 \end{aligned}$$

Zur Beschreibung und Beurteilung wurden die Daten getrennt für das Kollektiv und die Untergruppen deskriptiv und explorativ ausgewertet. Lediglich bei den Maximalen

Schmerzwerten pro Tag ist eine deskriptive und explorative Analyse aus statistischen Gründen nicht möglich. Fälle mit fehlenden Werten (insgesamt 11 Fälle) wurden nicht in die Statistik mit einbezogen. Im Folgenden werden die Ergebnisse entsprechend der Reihenfolge des obigen Beispiels strukturiert dargestellt: erst Schmerzdurchschnitt und -maximum der jeweiligen Intervalle und anschließend Schmerzdurchschnitt und maximaler Schmerzwert der einzelnen Tage.

5.5.2 Beobachtungen im Kollektiv

Im Intervall Tag 1-3 wurde im Kollektiv im Mittel ein Schmerzwert von 1,42 (SD: $\pm 0,072$; Min: 0; Max: 3,19) angegeben, im Intervall Tag 4-7 ergab sich ein Durchschnitt von 0,98 (SD: $\pm 0,093$; Min: 0; Max: 3,67) und über den gesamten Krankenhausaufenthalt wurde ein mittlerer Schmerzscore von 1,17 (SD: $\pm 0,072$; Min: 0,08; Max: 2,85) ermittelt.

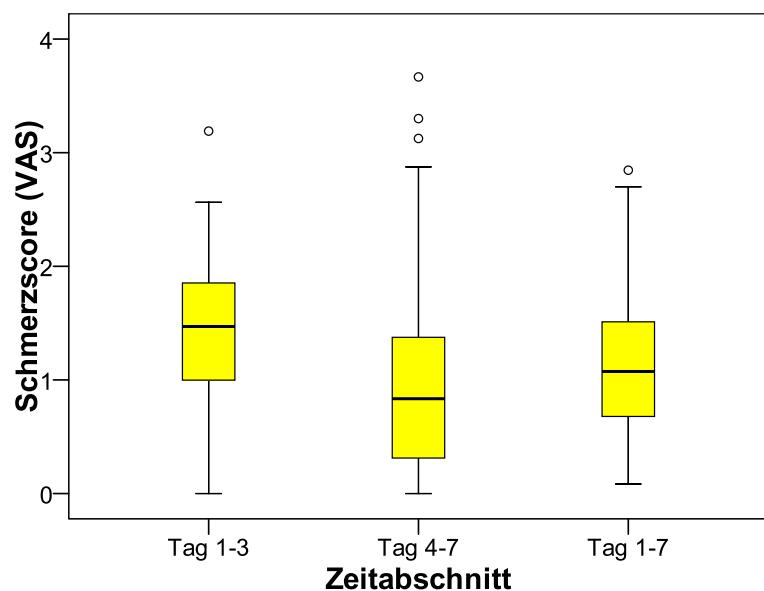
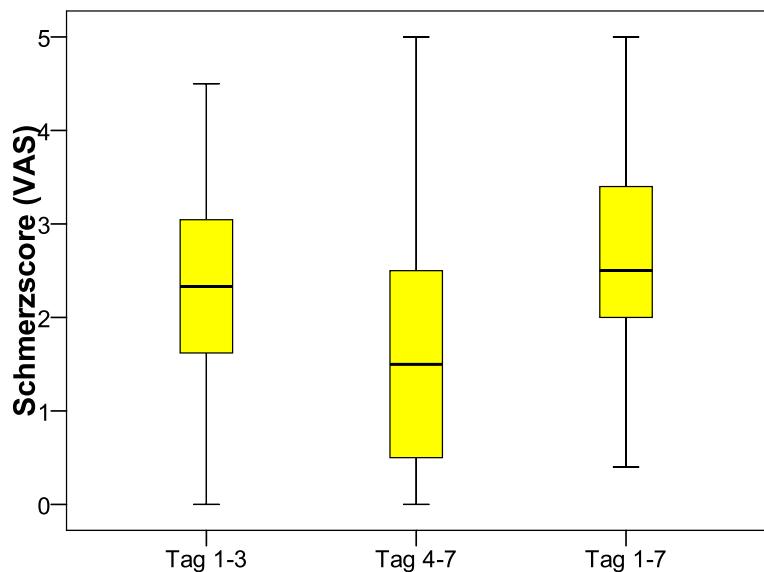


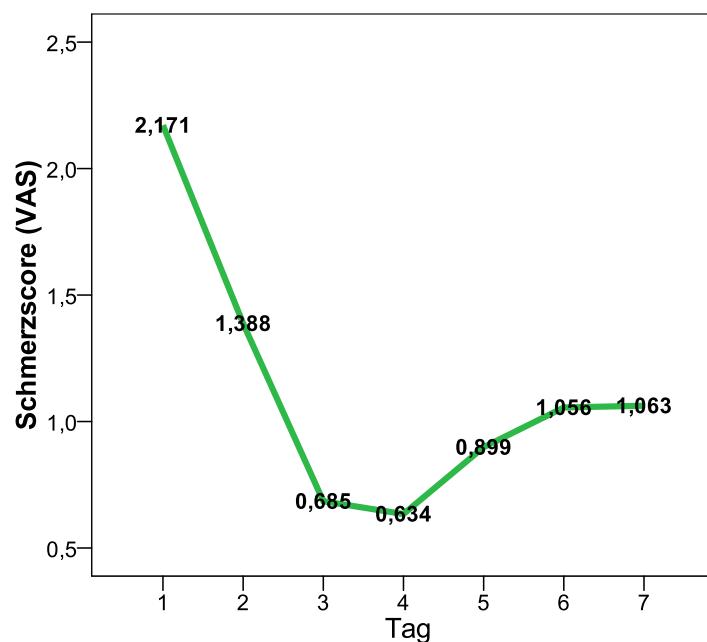
Abbildung 47:
Schmerzausprägung im Patientenkollektiv

Betrachtet man nun das Schmerzmaximum des Patientenkollektivs, so liegt dieses für Tag 1-3 im Mittel bei 2,37 (SD: $\pm 0,112$) und für Tag 4-7 durchschnittlich bei 1,67 (SD: $\pm 0,127$). Bei Zusammenfassung dieser einzelnen Intervalle ergibt sich für die maximal erreichten Schmerzwerte über die gesamte Krankenhauszeit (Tag 1-7) ein Mittel von 2,6 (SD: $\pm 0,113$).



*Abbildung 48:
Auswertung der Schmerzmaxima im Patientenkollektiv*

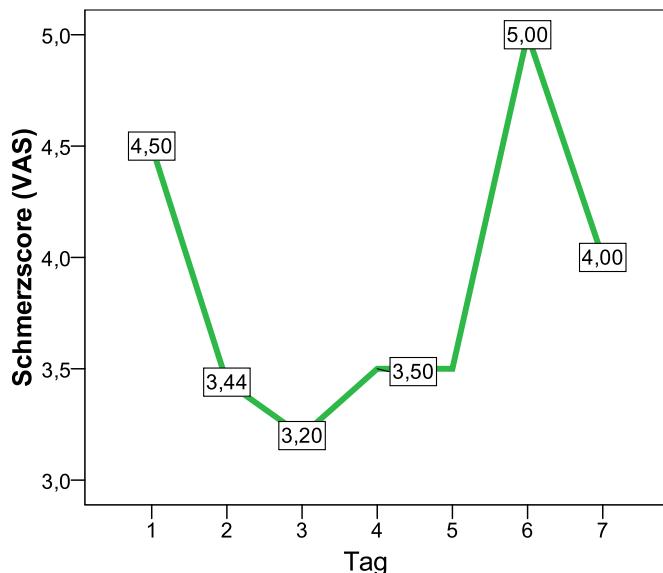
Entscheidend für die Beurteilung der postoperativen Schmerzentwicklung sind die Mittelwerte der täglichen Schmerzwerte. Diese sinken von Tag 1 bis Tag 4 von 2,17 (SD: ±0,14) über 1,39 (SD: ±0,09) und 0,69 (SD: ±0,1) bis auf 0,63 (SD: ±0,11). Ab Tag 5 steigen die Schmerzen im Mittel von 0,9 (SD: ±0,11) auf 1,06 an Tag 6 (SD: ±0,13) und Tag 7 (SD: ±0,12) an.



*Abbildung 49:
Schmerzverlauf im Patientenkollektiv von Tag 1 - Tag 7*

Die einzelnen Tage unterscheiden sich insgesamt signifikant voneinander ($p= 0,00$). Diese Signifikanz ist bedingt durch Tag 1 und Tag 2, die sich beide deutlich von allen übrigen Tagen differenzieren ($p=0,000 - 0,007$).

Die Schmerzmaxima pro Tag im Kollektiv entwickelten sich folgendermaßen: Tag 1: 4,5; Tag 2: 3,44; Tag 3: 3,2; Tag 4: 3,5; Tag 5: 3,5; Tag 6: 5; Tag 7: 4.

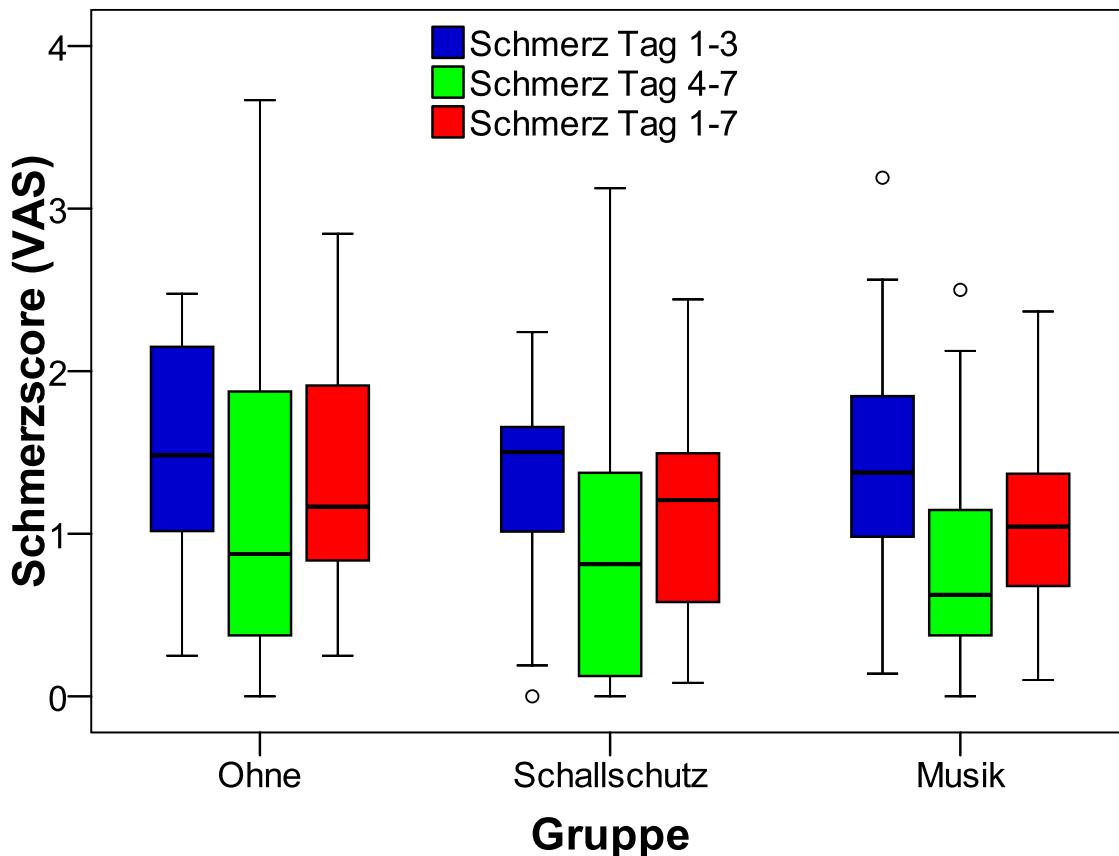


*Abbildung 50:
Tagesspezifisches Schmerzmaximum im Kollektiv*

5.5.3 Gruppenabhängige Ergebnisse

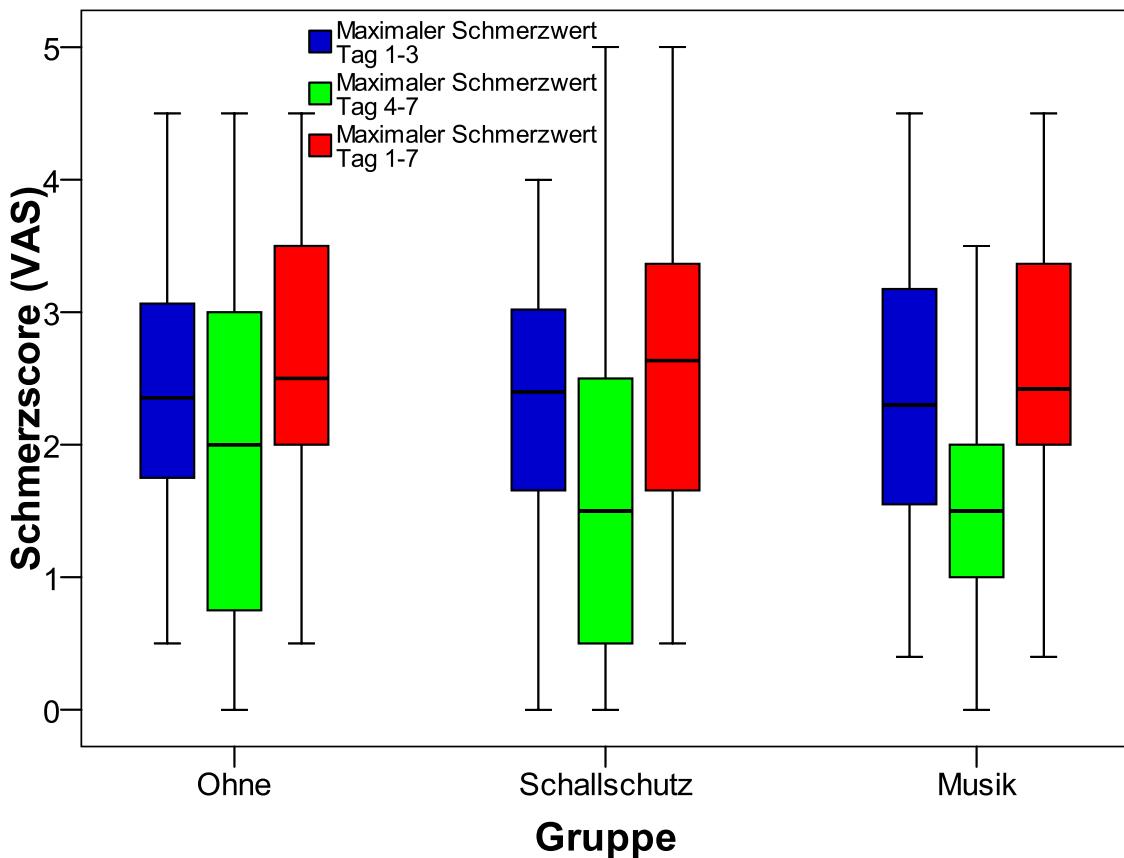
Die errechneten Schmerzwerte der drei verschiedenen Zeitintervalle wurden anschließend gruppenspezifisch betrachtet.

Im Abschnitt von Tag 1-3 ergab sich für die Kontrollgruppe ein mittlerer Schmerzwert von 1,49 (SD: $\pm 0,13$), für die Schallschutz-Gruppe von 1,33 (SD: $\pm 0,11$) und für die Musik-Gruppe von 1,44 (SD: $\pm 0,13$). Der analoge Schmerzscore erreichte an den Tagen 4-7 in der Gruppe ohne Schalldämpfung im Durchschnitt 1,23 (SD: $\pm 0,19$), in der Gruppe mit Schallschutz im Mittel 0,9 (SD: $\pm 0,15$) und in der Gruppe mit Musikkopfhörern einen Mittelwert von 0,81 (SD: $\pm 0,13$). Für die gesamte Zeit des Krankenhausaufenthaltes (Tag 1-7) resultierten folgende mittlere Schmerzwerte: Kontrollgruppe 1,34 (SD: $\pm 0,14$), Schallschutz-Gruppe 1,09 (SD: $\pm 0,12$) und Musik-Gruppe 1,08 (SD: $\pm 0,11$). Die Schmerzwerte aus keinem der drei Zeitintervalle unterscheiden sich signifikant zwischen den Gruppen [p(Tag 1-3)= 0,718; p(Tag 4-7)= 0,33; p(Tag 1-7)= 0,435].



*Abbildung 51:
Gruppenspezifische Schmerzscores in den verschiedenen Zeitintervallen*

Ebenso wie der durchschnittliche Schmerz pro Patient sollen auch die maximalen Schmerzscores der Patienten pro Gruppe in den einzelnen Zeitintervallen untersucht werden. Dabei resultiert aus den maximalen Schmerzwerten der Tage 1-3 ein Durchschnitt von 2,45 (SD: $\pm 0,2$) in der Gruppe ohne zusätzliche Intervention, eine mittlere Schmerzintensität von 2,29 (SD: $\pm 0,19$) in der Schallschutz-Gruppe und für die Musik-Gruppe ein Mittelwert von 2,38 (SD: $\pm 0,2$). Ebenso wie die Werte für das Intervall Tag 1-3 liegen die Mittelwerte der maximalen Schmerzscores für den Zeitabschnitt Tag 4-7 auf ähnlichem Niveau: 1,95 (SD: $\pm 0,24$) in der Kontrolle, 1,54 (SD: $\pm 0,23$) in der schallgedämpften Gruppe und 1,52 (SD: $\pm 0,18$) in der Gruppe mit Musikeinspielung. Analysiert man nun die maximalen Schmerzwerte in Abhängigkeit von der Gruppe für alle Krankenhaustage, so ergeben sich folgende Mittelwerte: 2,68 (SD: $\pm 0,21$) für die Gruppe ohne Schallschutz, 2,53 (SD: $\pm 0,21$) für die Kapselgehörschutz-Gruppe und 2,59 (SD: $\pm 0,18$) für die Musik-Gruppe. Auch die maximalen Schmerzwerte aus den verschiedenen Intervallen lassen keinen signifikanten Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen erkennen ($p(\text{Tag 1-3})= 0,967$; $p(\text{Tag 4-7})= 0,364$; $p(\text{Tag 1-7})= 0,921$).



*Abbildung 52:
Gruppenspezifische maximale Schmerzscores in den verschiedenen Zeitintervallen*

Besonders entscheidend für den Vergleich der Untergruppen ist die Auswertung der einzelnen Tage. Wegen der großen Anzahl der Werte wird eine Darstellung in Tabellenform vorgezogen.

	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5	Tag 6	Tag 7
Kontrolle							
Mittelwert	1,95	1,52	0,8	0,81	1,06	1,17	1,07
SD	±0,3	±0,18	±0,23	±0,28	±0,23	±0,27	±0,27
Schallschutz							
Mittelwert	2,28	1,38	0,49	0,63	0,81	1,08	1,21
SD	±0,21	±0,16	±0,13	±0,15	±0,17	±0,25	±0,22
Musik							
Mittelwert	2,25	1,3	0,77	0,51	0,85	0,94	0,93
SD	±0,23	±0,13	±0,17	±0,16	±0,18	±0,19	±0,15

Tabelle 3: Gruppenspezifische Mittelwerte der Schmerzscores pro Tag

Diese Daten sollen mit folgender Grafik im Verlauf veranschaulicht werden.

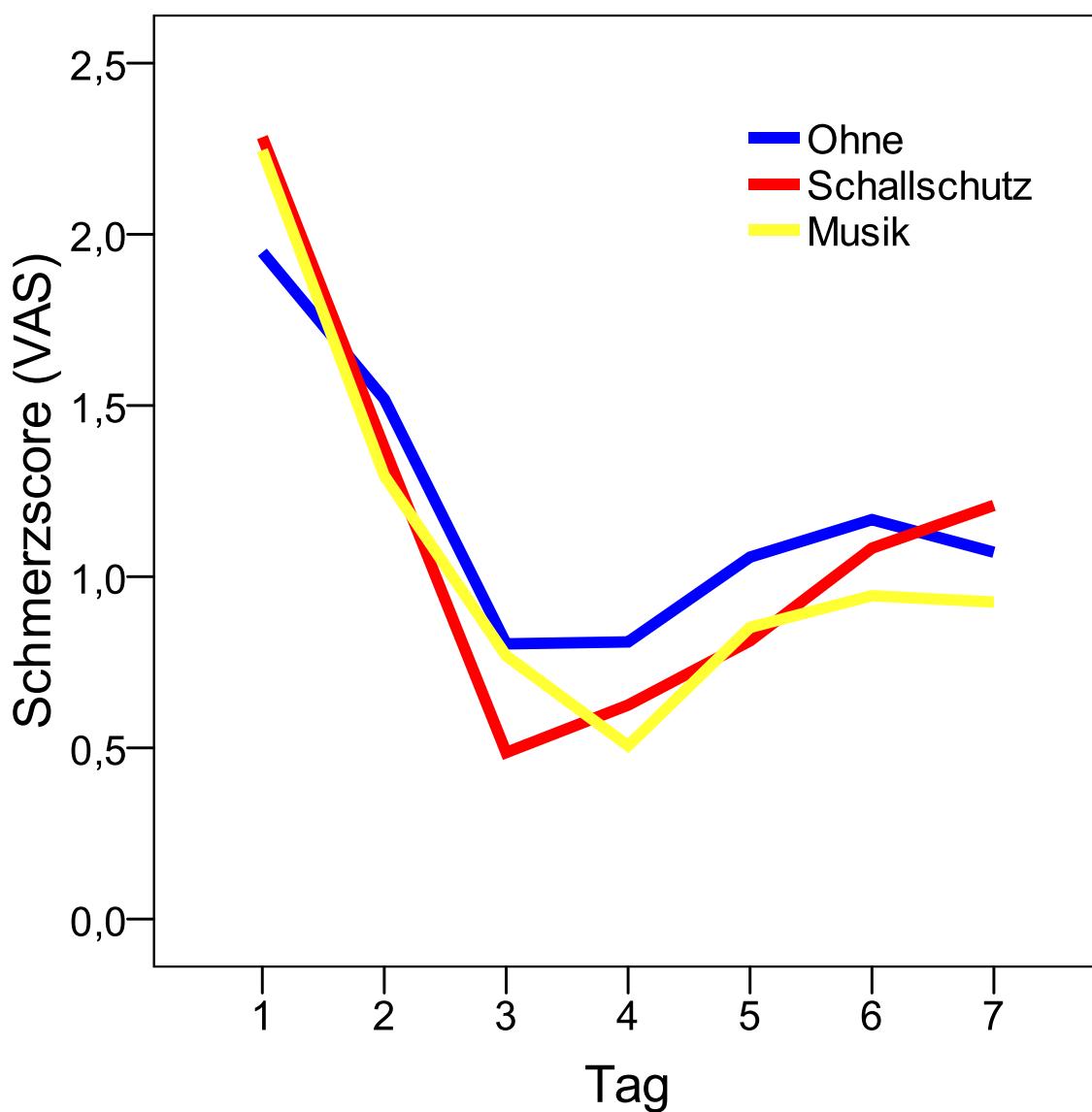


Abbildung 53:
Gruppenspezifischer Schmerzverlauf von Tag 1 - Tag 7

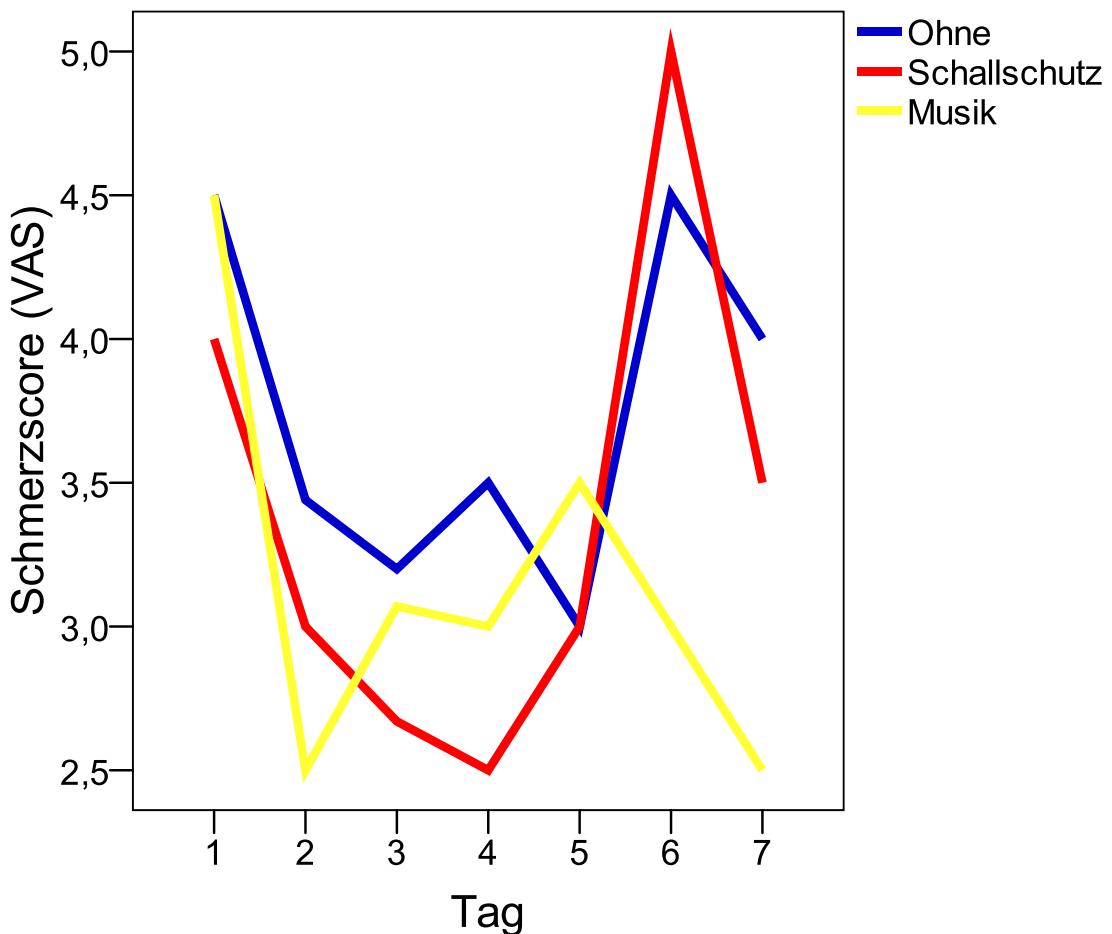
Die einzelnen Tage unterscheiden sich zwischen den Gruppen nicht signifikant voneinander ($p(\text{Tag 1})= 0,894$; $p(\text{Tag 2})= 0,361$; $p(\text{Tag 3})= 0,304$; $p(\text{Tag 4})= 0,344$; $p(\text{Tag 5})= 0,186$; $p(\text{Tag 6})= 0,504$; $p(\text{Tag 7})= 0,882$).

Genauso relevant wie die Entwicklung der Mittelwerte ist die Erhebung des täglichen Maximalwertes pro Gruppe. Diese Daten werden in folgender Tabelle aufgezeigt.

	Tag 1	Tag 2	Tag 3	Tag 4	Tag 5	Tag 6	Tag 7
Kontrolle	4,5	3,44	3,2	3,5	3	4,5	4
Schallschutz	4	4	2,67	2,5	3	5	3,5
Musik	4,5	2,5	3,07	3	3,5	3	2,5

Tabelle 4: Gruppenspezifische, maximale Schmerzscores pro Tag

Die Entwicklung der maximalen Schmerzscores über die Tage wird mit dem folgenden Liniendiagramm verdeutlicht.

Abbildung 54:
Verlauf der maximalen Schmerzscores von Tag 1 - Tag 7

5.5.4 Gruppenunabhängige Korrelationen

Zusätzlich zum Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Schmerzstärke wurden mögliche Zusammenhänge zwischen den Schmerzen und anderen erhobenen

Variablen untersucht. Dazu wurden die nötigen statistischen Tests separat für die Schmerzen von Tag 4-7 und von Tag 1-7 durchgeführt.

Zunächst wird das Geschlecht als möglicher Schmerzmodulator erörtert. Obwohl sich für den Zeitraum Tag 1-7 ($p= 0,09$) nur ein tendenziell signifikantes Ergebnis herausstellt, erreicht dieses für den Zeitraum Tag 4-7 ein signifikantes Niveau ($p= 0,016$). Die Frauen haben in den Tagen nach Katheterentfernung statistisch gesehen deutlich mehr Schmerzen als die Männer.

Betrachtet man das Alter als Einflussfaktor, so lässt sich diese Vermutung statistisch nicht bestätigen (Tag 4-7: Korrelationskoeffizient= 0,061; $p= 0,585$; Tag 1-7: Korrelationskoeffizient= -0,05; $p= 0,654$).

Ähnliche Ergebnisse erreicht man bei der Testung des BMI als schmerzmodulierende Variable (Tag 4-7: Korrelationskoeffizient= -0,107; $p= 0,334$; Tag 1-7: Korrelationskoeffizient= -0,179; $p= 0,106$).

Die Stärke der Schmerzen wird auch von der Operationsdauer nicht signifikant beeinflusst (Tag 4-7: Korrelationskoeffizient= 0,111; $p= 0,317$; Tag 1-7: Korrelationskoeffizient= -0,061; $p= 0,585$).

Um herauszufinden, ob die Liegedauer des Katheters Auswirkungen auf die Schmerzintensität hat, wurde ebenfalls ein statistischer Test für das Intervall Tag 1-7 durchgeführt. Allerdings zeigen die Ergebnisse keinen Zusammenhang zwischen der Katheterliegedauer und der Schmerzstärke auf (Test nur für Tag 1-7: Korrelationskoeffizient= -0,143; $p= 0,199$).

Die Effekte des nachträglich gelegten Femoralis-Katheters sind bezüglich der Schmerzintensität nicht signifikant für den Zeitraum Tag 4-7 ($p= 0,348$), doch verdeutlicht sich eine tendenzielle Signifikanz für die Tage 1-7 ($p= 0,072$). Aufgrund dessen wurde in diesem Fall auch der Zeitabschnitt Tag 1-3 untersucht. Dabei zeigt sich, dass Patienten ohne Femoralis-Katheter signifikant ($p= 0,037$) weniger Schmerzen haben als Personen mit diesem Schmerzkatheter.

Die Erinnerungsfähigkeit der Patienten an Ereignisse während der Operation hat keinen statistisch belegbaren Einfluss (Tag 4-7: $p= 0,220$; Tag 1-7: $p= 0,321$) auf das Schmerzempfinden der Studienteilnehmer.

5.6 Ergebnisüberblick

Insgesamt kann man feststellen, dass die Untergruppen sowohl bezüglich der Voraussetzungen als auch bezüglich der Ergebnisse vergleichbare Einheiten darstellen

und sich keine entscheidenden signifikanten Unterschiede ergeben. Die einzelnen, bereits erörterten Daten werden mit folgender Tabelle nochmal im Überblick dargestellt.

	Kontroll-Gruppe	Schallschutz-Gruppe	Musik-Gruppe	Signifikanz
<u>Anthropometrische Daten</u>				
Geschlecht m/w	10/18	11/17	10/17	ns
Alter in Jahren MW (\pm SD)	67,6 (\pm 1,84)	69,1 (\pm 1,62)	69,3 (\pm 1,56)	ns
BMI in kg/m ² MW (\pm SD)	30,63 (\pm 1,26)	30,84 (\pm 0,92)	31,51 (\pm 1,39)	ns
<u>Operationsausführung</u>				
OP-Technik navigiert/ nicht-navigiert	15/13 Pat.	6/22 Pat.	7/20 Pat.	s
Prothesenfixierung zementiert/ nicht-zementiert	28/0 Pat.	27/1 Pat.	27/0 Pat.	ns
OP-Dauer in min MW (\pm SD)	58,14 (\pm 3,45)	60,86 (\pm 3,18)	56,19 (\pm 2,49)	ns
<u>Postoperative Beobachtungen</u>				
Femoralis-Katheter ja/nein	6/22 Pat.	5/23 Pat.	9/18 Pat.	ns
Katheterliegedauer in Tagen MW (\pm SD)	3,36 (\pm 0,19)	3,43 (\pm 0,11)	3,48 (\pm 0,12)	ns
<u>Erinnerung</u>				
Erinnerung ja/nein	5/23 Pat.	3/25 Pat.	2/25 Pat.	ns
Akustische Wahrnehmung ja/nein	2/26 Pat.	2/26 Pat.	2/25 Pat.	ns
Musikwahrnehmung ja/nein	0/28 Pat.	1/27 Pat.	2/25 Pat.	ns
Geräuschwahrnehmung ja/nein	2/26 Pat.	2/26 Pat.	1/26 Pat.	ns
Gesprächswahrnehmung ja/nein	1/27 Pat.	1/27 Pat.	0/27 Pat.	ns
<u>Schmerzscores</u>				
Schmerz Tag 1-3 (VAS) MW (\pm SD)	1,49 (\pm 0,13)	1,33 (\pm 0,11)	1,44 (\pm 0,13)	ns
Schmerz Tag 4-7 (VAS) MW (\pm SD)	1,23 (\pm 0,19)	0,9 (\pm 0,15)	0,81 (\pm 0,13)	ns
Schmerz Tag 1-7 (VAS) MW (\pm SD)	1,34 (\pm 0,14)	1,09 (\pm 0,12)	1,08 (\pm 0,11)	ns
Maximaler Schmerz Tag 1-3 (VAS) MW (\pm SD)	2,45 (\pm 0,2)	2,29 (\pm 0,19)	2,38 (\pm 0,2)	ns

Maximaler Schmerz Tag 4-7 (VAS) MW (\pm SD)	1,95 (\pm 0,24)	1,54 (\pm 0,23)	1,52 (\pm 0,18)	ns
Maximaler Schmerz Tag 1-7 (VAS) MW (\pm SD)	2,68 (\pm 0,21)	2,53 (\pm 0,21)	2,59 (\pm 0,18)	ns
Schmerz Tag 1 MW (\pm SD)	1,95 (\pm 0,3)	2,28 (\pm 0,21)	2,25 (\pm 0,23)	ns
Schmerz Tag 2 MW (\pm SD)	1,52 (\pm 0,18)	1,38 (\pm 0,16)	1,3 (\pm 0,13)	ns
Schmerz Tag 3 MW (\pm SD)	0,8 (\pm 0,23)	0,49 (\pm 0,13)	0,77 (\pm 0,17)	ns
Schmerz Tag 4 MW (\pm SD)	0,81 (\pm 0,28)	0,63 (\pm 0,15)	0,51 (\pm 0,16)	ns
Schmerz Tag 5 MW (\pm SD)	1,06 (\pm 0,23)	0,81 (\pm 0,17)	0,85 (\pm 0,18)	ns
Schmerz Tag 6 MW (\pm SD)	1,17 (\pm 0,27)	1,08 (\pm 0,25)	0,94 (\pm 0,19)	ns
Schmerz Tag 7 MW (\pm SD)	1,07 (\pm 0,27)	1,21 (\pm 0,22)	0,93 (\pm 0,15)	ns
Maximum Tag 1	4,5	4	4,5	-
Maximum Tag 2	3,44	4	2,5	-
Maximum Tag 3	3,2	2,67	3,07	-
Maximum Tag 4	3,5	2,5	3	-
Maximum Tag 5	3	3	3,5	-
Maximum Tag 6	4,5	5	3	-
Maximum Tag 7	4	3,5	2,5	-

Tabelle 5: Ergebnisüberblick

6 DISKUSSION

6.1 Ergebnisdiskussion unter Einbeziehung aktueller Studien

6.1.1 Daten des Patientenkollektivs

Bei der Durchführung der Studie wird deutlich, dass sich allgemein mehr Frauen (62,7%) als Männer (37,3%) der Implantation einer Knieendoprothese unterziehen. Diese Beobachtung korreliert mit den Ergebnissen von Schräder et al. [207], die für das Jahr 2006 eine Geschlechtsverteilung von 69% weiblichen zu 31% männlichen prothesenimplantierten Patienten erhalten. Eine mögliche Ursache dafür liegt in der Annahme, dass die weiblichen Sexualhormone die Entstehung einer Gonarthrose triggern und somit mehr Frauen als Männer ein neues Kniegelenk benötigen. Obwohl dieser Zusammenhang noch nicht eindeutig wissenschaftlich nachgewiesen ist, legt die zunehmende Arthroseinzidenz bei postmenopausalen Frauen eine Korrelation nahe [24,54,267]. Auch das Durchschnittsalter unseres Patientenkollektivs von 68,7 Jahren stimmt mit den Ergebnissen einer Studie von Schräder et al. [207] überein. Sie fanden heraus, dass 75,4% der Knieendoprothesen den 60- bis 79-Jährigen implantiert wurden. Das Lebensalter im Allgemeinen gilt als wesentlicher Risikofaktor für das Auftreten einer Gonarthrose. Die Prävalenz dieser Art Gelenkerkrankung steigt mit zunehmendem Alter und erreicht in der 7. Lebensdekade eine Plateauphase [45]. Eine weitere entscheidende Einflussgröße auf die Entstehung einer Kniearthrose ist ein hoher Body-Mass-Index [267]. Dieser Risikofaktor zeigt sich auch eindeutig bei einem Vergleich unserer Studienteilnehmer mit der Bevölkerung Deutschlands. Während in der deutschen Population 46,5% normalgewichtig sind, erreichen nur 15,7% des Patientenkollektivs den entsprechenden BMI zwischen 18,5 kg/m² und 25 kg/m². Am eindrücklichsten zeigt sich der Unterschied bei einem Body-Mass-Index über 30 kg/m², bei dem man von Adipositas spricht. Unter allen teilnehmenden Personen waren 49,3% adipös, wohingegen nur 14,7% der Deutschen derartig hohe BMI-Werte aufweisen [34]. Selbst wenn die unter 35-Jährigen den Durchschnitt der Adipösen an der deutschen Bevölkerung sicherlich senken, ist dennoch ein gravierender Unterschied zum eigenen Patientenkollektiv erkennbar. Damit konnte wieder gezeigt werden, dass das Übergewicht durch seine starke mechanische Beanspruchung des Kniegelenkes einen großen Einfluss auf die Entstehung einer Gonarthrose ausübt.

6.1.2 Daten zur Operationsausführung

6.1.2.1 Operationstechnik und -dauer

Bei einem Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen von Schräder et al. [207] fällt auf, dass von unseren Studienoperationen deutlich mehr navigiert durchgeführt wurden (33,7% zu 10,9%). Dieser Unterschied verwundert aber nicht, wenn man bedenkt, dass es sich bei dem 2008 veröffentlichten Artikel um Daten aus dem Jahr 2006 handelt. Damit verdeutlicht sich ein Trend hin zur navigierten Implantation von Knieprothesen. Allerdings veranschaulicht die Auswertung der OP-Dauer, dass die Anwendung eines Navigationssystems im Mittel ca. 10 Minuten länger dauert und somit nicht der Zeiteinsparung dient.

6.1.2.2 Intraoperative Lärmbelastung

Des Weiteren wurde intraoperativ die Lärmbelastung durch die verschiedenen Operationsgeräte gemessen, wobei man sich in der vorliegenden Studie vor dem Hintergrund der Fragestellung auf eine Schalldruckpegelmessung in unmittelbarer Nähe des Ohrs vom Patienten beschränkte. Auch Ullah et al. [251] ermittelte 2004 in ähnlicher Weise die Lärmbelastung, allerdings werden dort die Dezibel-Werte in einem Abstand von 0, 1, 2 und 3 m vom Operateur wiedergegeben. Um eine geeignete Vergleichsbasis zu finden, werden die Werte im Abstand von 1-2 m herangezogen. Obwohl die Schalldruckpegel von nur zum Teil übereinstimmenden Operationsinterventionen gemessen wurden, ergaben sich über den gesamten Operationsverlauf dennoch bei beiden Messungen Werte im Bereich zwischen 72 db und 105 db [251]. Für die Hintergrundlautstärke resultieren ähnliche Werte von ca. 60 db. Auch Willett [264] und Ray [193] fanden bei ihren Schalldruckpegel-Messungen Lärmintensitäten in dem gleichen Bereich bis 110 db heraus. Allerdings ist anhand solcher Zahlenwerte eine konkrete Vorstellung von der eigentlichen Lärmintensität eventuell schwierig. Unter einem Schalldruckpegel von 60 db kann man sich ein normales Gespräch auf einen Meter Distanz vorstellen, 70 db entsprechen einem Staubsauger in 1m Entfernung und 110 db spiegeln ungefähr den Lärm einer Kettensäge in 1m-Abstand wider [193,217]. Da stellt sich nun die Frage, ob solche Lärmintensitäten nicht schädlich für Operateur, Personal und Patient sind. Mit diesem Thema beschäftigen sich zahlreiche Artikel, was Rückschlüsse auf die Wichtigkeit der Fragestellung zulässt. Vor dem Hintergrund, dass Lärmexposition eine der Hauptursachen für dauerhaften Hörverlust in der Gesellschaft ist, wird auch der gemessene Lärmpegel in orthopädischen Operationssälen als potentielle Gefahrenquelle für Personal und Patient vermutet [251]. Kamal [124] kommt

in seiner diesbezüglichen Studie zu dem Resümee, dass bei nahezu der Hälfte aller von ihm untersuchten Personen, die im orthopädischen OP arbeiten, bereits lärminduzierte Hörschädigungen aufgetreten sind. Ähnliche Vermutungen stellen auch Ray et al. [193] anhand der gemessenen Schalldruckpegel an. Allerdings wurde in ihrer Arbeit keine Audiometrie an betroffenen Personen durchgeführt. Auch Willett [264] ist der Meinung, dass Operationslärm zu Einbußen des Hörvermögens führt, wohingegen sich diese Schädigung nach seinen Äußerungen nur auf die Operateure bezieht [264]. Er hat herausgefunden, dass 8 von 12 Orthopädie-Fachärzten lärminduzierte Hörverluste aufweisen. Für das OP-Personal und den Patienten besteht nach Willetts [264] Aussagen keine Gefahr. Aufgrund ihrer Studienergebnisse empfehlen Willett [264] und Ray [193] teilweise übereinstimmend, dass während lärmintensiver Eingriffe von allen im Operationssaal Anwesenden – auch vom Patienten – ein effektiver Gehörschutz getragen werden sollte. Einen zu diesen Ergebnissen gegensätzlichen Standpunkt vertreten Ullah et al. [251]. Ihre Studie weist weder auf einen Hörverlust oder Sprachverständnisschwierigkeiten, noch auf eine gesteigerte Tinnitus-Inzidenz hin. Begründet wird dieses Resultat durch die Tatsache, dass die hohen Lärmlevel in einem orthopädischen OP-Saal nur intermittierend auftreten und somit das Gehör vor einer dauerhaften Schädigung geschützt ist [251]. Vor dem Hintergrund der Lärm- und Vibrationsarbeitsschutzverordnung des Justizministeriums ist das Resümee von Ullah et al. [251] durchaus gerechtfertigt. In dieser Verordnung wird ein mittlerer Lärmexpositionspegel von 85 db über einen 8h-Tag und ein Spitzenschalldruckpegel von 137 db als oberster Grenzwert für eine ungefährliche Lärmbelastung angesehen [33]. Diese Werte werden angesichts der im orthopädischen Operationssaal ermittelten Schalldruckpegel nicht überschritten und somit besteht keine gesetzlich verankerte Pflicht, einen Gehörschutz zu tragen. Allerdings wäre das Tragen von Oropax® im Interesse eines jeden einzelnen Anwesenden eine sinnvolle, präventive, unkomplizierte und preiswerte Schutzmaßnahme. Besonders für die Patienten, die unterschiedlich lärmsensibel sind und – im Hinblick auf die Altersverteilung – aus dem Alltag wohl keinen Lärm gewohnt sind, stellt das Tragen von Ohrstöpseln eine leicht durchzuführende Präventionsmaßnahme dar. Um dieser individuellen Sensibilität gegenüber Lärmexposition Sorge zu tragen, wurde bei der Studiendurchführung explizit darauf geachtet, dass die Musik mit Vol 14 in einer angenehmen Lautstärke eingespielt wurde. Wie wichtig diese Zusicherung den Patienten war, zeigte sich an den zahlreichen Bitten, die Musik nicht zu laut aufzudrehen. Auch aufgrund solcher Bedenken ist der intraoperative Einsatz von Oropax® bei den Patienten gerechtfertigt und sinnvoll, da der OP-Lärm doch eine gewisse Lärmbelastung mit sich bringt.

6.1.3 Daten zu den postoperativen Beobachtungen

Bei der Untersuchung der postoperativen Beobachtungen fällt auf, dass bei 20 der insgesamt 83 Patienten postoperativ ein Femoralis-Katheter angelegt wurde. Diese Maßnahme wurde notwendig, wenn mit den zur Regionalanästhesie gelegten Psoas-Kompartiment- und Nervus-Ischiadicus-Kathetern keine suffiziente postoperative Analgesie bewerkstelligt werden konnte. Vorstellbare Gründe dafür sind beispielsweise Schwierigkeiten beim Katheterlegen aufgrund von Adipositas oder das Verrutschen der Katheterspitze, was zu einer unzureichenden lokalen Analgetikaapplikation führt. Um also zu starke postoperative Schmerzen zu verhindern, wurde denjenigen Patienten nachträglich ein Femoralis-Katheter gelegt. Laut Morin [165] genügt die Blockade des N. femoralis für die postoperative Analgesie, da dieser Nerv den überwiegenden Anteil des anterioren, lateralen und medialen Kniegelenks versorgt. Um allerdings auch unter Belastung eine adäquate Analgesie zu erreichen, empfiehlt sie die Kombination aus Femoralis-Katheter und N. ischiadicus-Katheter [165]. Da bei den meisten betroffenen Studienteilnehmern nur der Psoas-Kompartiment-Katheter durch den N. femoralis-Katheter ersetzt wurde, war dies der Fall. Auch die mittlere Katheterliegedauer von 3,42 Tagen entspricht den Angaben von Morin [165], die herausfand, dass die postoperativen Schmerzen in den ersten 72 Stunden am stärksten sind.

6.1.4 Daten zur Erinnerung

Wie bereits erwähnt, unterscheidet man zwischen einer expliziten Erinnerung, über die ein Patient im Nachhinein berichten kann, und einer impliziten Erinnerung, welche möglicherweise für eine stärkere postoperative Schmerzempfindung verantwortlich ist. Mit den an unser Patientenkollektiv gerichteten Fragen konnten und wollten wir ausschließlich die explizite Erinnerung an Operationsereignisse erfassen und daraus Rückschlüsse auf die relative Einheitlichkeit der Sedierungstiefe ziehen. Ähnlich sind auch Gonano et al. [78] in ihrer Studie vorgegangen. Einerseits haben sie intraoperativ den bispectral index score (BIS) gemessen, welcher mittels Elektroenzephalographie (EEG) erhoben wird und eine Aussage über den Grad der Sedierung macht. Andererseits evaluierten sie postoperativ die Erinnerung an die Operation, um von einer gleichmäßigen Sedierung bei allen Patienten ausgehen zu können [78]. So wurden auch unsere Patienten standardisiert gefragt, ob sie während der Operation etwas gehört oder gespürt haben. Zusätzlich wurde bei vorhandener akustischer Wahrnehmung genauer in Erfahrung gebracht, ob es sich um Gespräche, Operationsgeräusche oder Musik gehandelt habe. 12% aller Teilnehmer erinnerten sich an intraoperative

Ereignisse, der Rest konnte dazu keine Aussage treffen. Dieses explizite Erinnerungsvermögen kann unter Umständen durch eine zu geringe Applikation oder Wirkung der Sedierungsmittel begründet sein, was folglich dazu führte, dass der Patient intraoperativ wach oder zumindest kognitiv aufnahmefähig war.

Zunächst gehen wir davon aus, dass sich die berichteten Erlebnisse tatsächlich während des operativen Eingriffs ereignet haben. Bei existierender kognitiver Aufnahmefähigkeit konnte es bei jeder der drei Gruppen in gleichem Maße zu einer sensiblen Wahrnehmung kommen, wohingegen die akustische am ehesten in der Kontrollgruppe möglich war. Doch auch der Schallschutz bzw. die Musik konnten laut der Befragungsergebnisse die Akustik des Operationssaals nicht vollständig auslöschen. Insgesamt berichten 6 Patienten (= 7,2%) über akustische Perzeptionen während der OP. Bezogen auf die drei Gruppen konnten sich ähnlich viele Personen an „Gehörtes“ und die Wahrnehmung von Operationsgeräuschen erinnern. Somit ist keine Verminderung der akustischen Wahrnehmung in den beiden Interventionsgruppen zu verzeichnen und es lässt sich – im Gegensatz zu den Studienergebnissen von Gonano et al. [78] – kein Effekt von Oropax® auf das explizite Erinnerungsvermögen feststellen. Da sich unter Gebrauch von Ohrstöpseln bei ihnen nur mehr 16% im Vergleich zu den 56% der Personen ohne Schallschutz an intraoperative Ereignisse erinnern konnten, empfehlen Gonano et al. [78] definitiv die Verwendung von Ohrstöpseln bei sedierten Patienten, um die Inzidenz von Erinnerungen an die OP zu vermindern [78]. Eine mögliche Erklärung für diese gegensätzlichen Ergebnisse geben Kim et al. [128]. In ihrer Studie zeigte sich nur bei niedrig sedierten Patienten eine lärminduzierte Steigerung des Bewusstseins, in der Gruppe der tief sedierten Personen wurde dies nicht beobachtet. Gefolgt wurde dies aus einer Erhöhung des bispectral index score während Lärmexposition in der Gruppe der niedrig sedierten Patienten. Ein höherer BIS zeigt wiederum eine niedrigere Sedierung an und führt wahrscheinlich eher zu einer postoperativen Erinnerung an Operationsgeschehnisse. Bei tiefer sedierten Patienten hat die Geräuschkulisse laut Kim et al. [128] keine Auswirkungen auf den BIS. Deshalb empfehlen sie die Verwendung von Oropax® vor allem bei weniger sedierten Patienten [128]. Somit kann man nur vermuten, dass sich die Wirkung der Oropax® bei Gonano et al. [78] aufgrund eines im Vergleich zu unserer Studie niedrigeren Sedierungslevels verdeutlicht hat und die eigenen Patienten zu tief sediert waren, um einen Effekt derselben darzustellen. Für die 16% der Patienten aus Gonanos [78] Studie, die sich trotz Oropax® an die Operation erinnern, muss es – ebenso wie für die eigenen Patienten mit recall – andere, unbekannte Ursachen für das Erinnerungsvermögen geben. Vermutlich ist die Zahl derer, die sich überhaupt explizit an intraoperative Ereignisse erinnern, aufgrund einer tieferen Sedierung in der vorliegenden Studie

deutlich geringer als bei Gonano [78]. Mögliche Auswirkungen des Schallschutzes können sich vielleicht auch aufgrund der geringen Fallzahl an Patienten mit recall weniger herauskristallisieren als in der Vergleichsstudie von Gonano et al. [78].

Eine weitere Erklärung für die explizite Erinnerung besteht in der Möglichkeit, dass der Patient nicht über tatsächlich stattgefundene Erlebnisse, sondern über Trauminhalte berichtet. Wenn der Studienteilnehmer beispielsweise von Musik erzählt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass möglicherweise in seinem Traum Melodien vorgekommen sind, die er nachträglich als reell ansieht. Letztere Annahme wird dadurch verstärkt, dass ein Patient aus der Schallschutz-Gruppe angegeben hat, Musik gehört zu haben, obwohl im OP-Saal keine Musik abgespielt wurde. Derartige, eindeutige Fehlerquellen können nicht verhindert werden. Außerdem ist es nicht ausgeschlossen, dass der Patient zwar über Ereignisse im Operationssaal berichtet, diese aber unter Umständen nicht intraoperativ stattgefunden haben, sondern vor Beginn bzw. nach dem Ende des Eingriffs.

Da sich in unserer Studie insgesamt nur 10 Patienten an ein Operationsgeschehen erinnern können – mögliche, fälschliche Assoziationen mit eingeschlossen –, kann man davon ausgehen, dass dem Großteil der intraoperative Lärm nicht explizit erinnerlich ist. 88% unserer Teilnehmer waren also sicher zumindest so tief sediert, dass sie während der Operation nichts bewusst von der Umwelt wahrgenommen haben. Gestützt wird diese Annahme durch die Tatsache, dass bei der intraoperativen Beobachtung jedes einzelnen Patienten – mit einer Ausnahme – keine gerichteten Reaktionen auf das Anlegen der jeweiligen Schalldämpfung oder verschiedene, besonders ruppige Operationsinterventionen registriert werden konnten. Somit ist eine wichtige Grundlage für die in unserer Studie zu untersuchende Auswirkung von implizit abgespeichertem intraoperativem Lärm auf die Schmerzentwicklung gegeben. Deshalb können entstehende Tendenzen bezüglich der Schmerzscores nicht auf gravierend unterschiedliche Sedierungstiefen und folglich verschiedene Erinnerungsqualitäten zurückgeführt werden. Eine Messung des bispectral index scores (BIS) – wie sie in ähnlichen Studien durchgeführt wurde – hielt man im Vorfeld für unnötig, da nicht der exakte Score entscheidend war für die Studie, sondern lediglich das Verhindern expliziter Gedächtnisinhalte. Diese Voraussetzung wurde durch die Patientenbefragung erfolgreich evaluiert.

6.1.5 Erhobene Schmerzscores

6.1.5.1 Ergebniserörterung

Bevor die Ergebnisse genauer diskutiert werden, soll zunächst die Erklärung für die Auswertung in drei verschiedenen Zeitintervallen angefügt werden. Ausschlaggebend dafür war die Tatsache, dass im Mittel die ersten 3,42 Tage die Analgetikaapplikation über den Schmerzkatheter durchgeführt wurde. Dank der engmaschigen Überwachung aller postoperativer Patienten durch den Schmerzdienst wird die Algesie in dieser Periode ohnehin auf niedrigem Level gehalten. Sollte also ein Patient Schmerzen im Operationsgebiet verspüren, so werden diese unmittelbar über den Schmerzkatheter durch eine entsprechende Dosissteigerung der Analgetika abgefangen. Somit können entstehende Differenzen bezüglich der Schmerzausprägung im Intervall Tag 1-3 weniger auf die verschiedene Gruppenzugehörigkeit, sondern eher auf die Zeitspanne bis zum Angeben der Schmerzen und die verschieden starke und schnelle Reaktion auf spezifische Medikamente zurückgeführt werden. Um also die Studienergebnisse nicht durch die Einflüsse des Schmerzkatheters zu verzerrn, wurden die Scores getrennt für Tag 1-3, Tag 4-7 und den gesamten Zeitraum des Krankenhausaufenthaltes ermittelt. Besonderes Interesse fokussiert sich auf das Intervall Tag 4-7.

Des Weiteren betrachteten wir bei der Auswertung nicht nur den Schmerzdurchschnitt der einzelnen Patienten, sondern auch die entstehenden Schmerzmaxima. Hintergrund hierfür war die Fragestellung, ob durch das Unterbinden einer impliziten Erinnerung an den Operationslärm nicht der Schmerzdurchschnitt vermindert, sondern vielmehr Schmerzspitzen verhindert werden können.

Um einen allgemeinen Eindruck von der Schmerzausprägung zu bekommen, wird zunächst die Schmerzentwicklung im Kollektiv kurz dargestellt. Dabei verwundert es nicht, dass sowohl die durchschnittlichen Schmerzen (Tag 1-3: 1,42 -> Tag 4-7: 0,98) als auch die Schmerzmaxima (Tag 1-3: 2,37 -> Tag 4-7: 1,67) vom ersten zum zweiten Intervall abnehmen. Viel erstaunlicher ist die Tatsache, dass die durchschnittlichen Scores pro Tag zum Ende des Krankenaufenthaltes wieder ansteigen. Während am Tag 4 mit einem VAS von 0,63 die geringsten Schmerzen evaluiert wurden, stiegen diese bis auf 1,06 am Tag 7 an. Grund dafür könnte sein, dass die Wirkung der bis Tag 3 lokal infiltrierten Schmerzmedikamente ab Tag 4 langsam abnimmt und somit die Schmerzen auf den eigentlichen Schmerzlevel ansteigen. Außerdem werden die Patienten postoperativ von Tag zu Tag mehr mobilisiert und krankengymnastisch beübt, was eine entscheidende zusätzliche Ursache für Schmerzen im operierten Gelenk ist. Diese beiden Gründe dürften auch für den sehr ähnlichen Verlauf der Schmerzmaxima pro Tag zutreffen.

Wesentlich bedeutender als die Schmerzentwicklung im Patientenkollektiv ist jedoch die Ausprägung in den einzelnen Untergruppen. Für das Intervall Tag 4-7 zeigt sich bei der Betrachtung des gruppenspezifischen Schmerzdurchschnitts, dass der Schmerzscore von der Kontrollgruppe (1,23) über die Schallschutz-Gruppe (0,9) hin zur Musik-Gruppe (0,81) kontinuierlich abnimmt. Eine ähnliche Entwicklung weist die Auswertung der Schmerzmaxima für eben dieses Zeitintervall auf (K:1,95; S:1,54; M:1,52). Im Gegensatz dazu kann man in den Perioden Tag 1-3 und Tag 1-7 weder für den Schmerzdurchschnitt noch für die Schmerzmaxima irgendeine Tendenz im Hinblick auf die Gruppenzugehörigkeit erkennen. Ebenso gruppenunabhängig stellen sich die täglichen Schmerzdurchschnitte und die täglichen Schmerzspitzen dar. Hier lassen sich ebenfalls keinerlei Unterschiede zwischen den Gruppen erfassen. Da auch die erwähnten Tendenzen für den Zeitabschnitt Tag 4-7 kein signifikantes Niveau erreichen, lassen sich summa summarum zwischen den Untergruppen keine manifesten Differenzen in der Schmerzausprägung verdeutlichen. Erfreulich zu erwähnen ist jedoch, dass das Schmerzniveau insgesamt sehr niedrig gehalten werden konnte.

6.1.5.2 Mögliche Gründe für die ausgebliebenen gruppenspezifischen Schmerz-differenzen

In dieser Studie ging man davon aus, dass die angsteinflössenden intraoperativen Geräusche im impliziten Gedächtnis gespeichert werden und sich postoperativ negativ im Sinne einer Schmerzsteigerung auf das Patientenbefinden auswirken. Der erste Teil dieser Annahme, die akustische Wahrnehmung und die implizite Gedächtnisleistung während Anästhesie und Sedierung, wurde – wie eingangs erwähnt – von zahlreichen Forschern bereits dargestellt. Allerdings führte das Wahrnehmen bzw. Nicht-Wahrnehmen der Geräusche in dieser Studie zu keiner gruppenspezifischen Veränderung der Schmerzausprägung.

Ein denkbarer Grund ist die individuell unterschiedliche Einstellung zum Operationslärm. Patienten, die zum Beispiel beruflich mit einer hohen Lärmbelastung konfrontiert sind oder waren, werden die Geräusche der Operation weniger einschneidend erleben als andere.

Der Status, ob Voroperationen stattgefunden haben, spielt dabei auch eine Rolle. Positive Erfahrungen im Zusammenhang mit Krankenhäusern, Eingriffen oder sogar Knieendoprothesen lassen die betroffene Person mit einer gelasseneren psychischen Grundeinstellung an die Situation herangehen. Somit wird der Operationslärm auch diejenigen nur geringer beeinflussen können.

Eine weitere Möglichkeit, warum sich keine gruppenspezifischen Unterschiede ergeben, könnte eine zu geringe Schalldämpfung darstellen. Trotz Oropax® und Kapselgehörschutz, trotz Musikeinspielung über Muschelkopfhörer konnte der Operationslärm in der Studiendurchführung nicht vollständig ausgeblendet werden. Somit nahm der Patient die Geräusche zwar deutlich leiser und nur im Hintergrund wahr, aber sie konnten dennoch gehört werden. Unter Umständen genügt diese geringere Wahrnehmung der unangenehmen Geräuschkulisse bei diesbezüglich empfindlichen Patienten aus, um einen etwaigen Effekt von Schallschutz und Musik zu minimieren.

Bei der Ursachensuche muss man zusätzlich daran denken, dass akustische Signale nicht nur über die Luftleitung, sondern auch über die Knochenleitung wahrgenommen werden. Das tatsächliche Ausmaß dieser Wahrnehmung ist allerdings methodisch schwierig nachzuweisen.

Dagegen bleibt unbestritten, dass das Sägen und Bohren an großen Knochen wie dem Femur Vibrationen verursacht, die über das Skelett fortgeleitet werden. Diese Art der „Wahrnehmung von Geräuschen“ kann durch den in der Studie angewandten Gehörschutz nicht im Geringsten verhindert werden. Alle Patienten – unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit – sind diesem „Lärm“ gleich ausgesetzt.

Ein anderer vorstellbarer Grund für das Outcome der Studie ist die möglicherweise inadäquate Interpretation der Geräusche. Unter Umständen wird der Lärmpegel implizit wahrgenommen, aber nicht gedeutet. Das heißt, die Patienten speichern die akustischen Wahrnehmungen zwar im Gedächtnis ab, können diese aber nicht als Operationsgeräusche erkennen. Die Theorie erscheint plausibel, wenn man bedenkt, dass die Patienten in den einleitend erwähnten Studien von Schwender et al. [211] nur einzelne Zielwörter wieder erkennen und keinen Zusammenhang reproduzieren.

Zudem hat ein Patient, der nicht im medizinisch-operativen Sektor tätig ist, keine konkrete Vorstellung von den Geräuschen, die während einer Knieprothesenimplantation entstehen. Deshalb könnten die entstehenden Geräusche auch einfach fehlinterpretiert werden. Diese Annahme wird durch die Aussage einer Patientin gestützt. Sie berichtet über einen Traum, in dem Männer mit Holz arbeiten und sich währenddessen unterhalten. Dabei lassen sich zahlreiche Parallelen zu der tatsächlichen Situation im Operationssaal ziehen. Die intraoperativen Geräusche wie Sägen, Hämmern, Bohren, Meißeln und Stimmen werden in ihrem Traum in einen anderen, nicht beängstigenden Kontext aufgenommen. Solche oder ähnliche Assoziationen, an die sich die Patienten postoperativ nicht unbedingt erinnern können, verändern den Charakter der Geräusche enorm. Demzufolge berührt der Lärm die Psyche der Personen nicht so gravierend und hat deshalb keinen Effekt auf die

Schmerzempfindung. Um Klarheit bezüglich dieses Theorems zu erlangen, müsste eine Untersuchung der interpretativen Fähigkeit unter Sedierung oder Anästhesie durchgeführt werden, was allerdings methodisch sehr schwierig sein wird. Koelsch et al. [131] beispielsweise haben sich in der Erforschung der kognitiven Verarbeitungsfähigkeit sedierter Patienten bezüglich Musik versucht. Ihre Ergebnisse deuten darauf hin, dass unter tiefer Sedierung das auditiv sensorische Gedächtnis zwar noch aktiv ist, der Prozess der musik-syntaktischen Analyse aber nicht mehr arbeitet. Eine andere Studie von Bonke et al. [22] lässt im Gegensatz dazu durchaus eine Interpretationsfähigkeit von narkotisierten Patienten vermuten. Dabei wurden einer Versuchsgruppe von Patienten unter Vollnarkose positive Suggestionen über Kopfhörer zugesprochen. Postoperativ fühlten sich zumindest die älteren betroffenen Personen deutlich besser im Vergleich zu denen ohne positive Aufmunterungen [22]. In wie weit also eine Wahrnehmung von Musik, Geräuschen oder Gesprächen unter Narkose oder Sedierung auch interpretativ verarbeitet werden kann, ist noch nicht eindeutig geklärt. Darüber hinaus ist – in der Annahme einer korrekten Geräuschinterpretation – nicht ausgeschlossen, dass der Patient den Lärm nicht als Konsequenz des operativen Eingriffs an seinem eigenen Körper ansieht. Eine solche fehlende Zuordnung würde bedeuten, dass die akustischen Wahrnehmungen die Person nur ganz gering tangieren und sich nicht auf die postoperative Schmerzintensität auswirken.

Des Weiteren besteht die Option, dass – im Falle einer richtigen Interpretation und Zuordnung – keine unmittelbaren Auswirkungen auf das Schmerzempfinden zu erwarten sind, sondern vielmehr andere Bereiche der Psyche, wie beispielsweise die Stimmungslage, dadurch beeinflusst werden.

Eine andere denkbare Ursache für die gruppenunabhängige Schmerzintensität könnte sich hinter der Anwendung des Schmerzkatheters verbergen. Nach Morin [165] sind die Schmerzen in den ersten 72 Stunden am stärksten. Deshalb wird im Mittel auch für diese Zeitspanne die lokale Analgetikaapplikation über den Schmerzkatheter beansprucht. Etwaige Unterschiede zwischen den Gruppen können sich in dieser entscheidenden Anfangsphase somit allerdings nicht herauskristallisieren. Unter Umständen würde sich aber eben in diesem Intervall der größten Schmerzausprägung der Effekt der Schallprotektion verdeutlichen. Die Suche nach Differenzen bezüglich der Schmerzempfindung ist in der Zeitspanne geringerer Schmerzen (Tag 4-7) womöglich nicht am besten und effektivsten. Allerdings ist es im Sinne des Patienten nicht möglich, die Auswirkungen von Schallschutz in den ersten Tagen ohne Schmerzkatheter zu erforschen, da ihm somit eine komfortable und effektive Maßnahme der Schmerzbehandlung vorenthalten werden würde.

Diese Gedanken zu den Gründen, weshalb sich keine Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen einstellen, zeigen zahlreiche mögliche Einflussgrößen auf. Trotz so vieler Faktoren besteht aber nur wenig Spielraum für Interventionen. Allerdings mag vielleicht die Änderung der Studienmethodik im Sinne einer Modifizierung des Schallschutzes und der Musikeinspielung bereits ausreichen, um die Wirkung derselben zu verdeutlichen.

6.1.6 Einfluss anderer Variablen

Nachdem der Schallschutz in unserer Studie keine signifikanten Unterschiede in der Schmerzintensität gebracht hat, werden im Folgenden andere erhobene Variablen als mögliche Schmerzmodulatoren genauer betrachtet. Die dazu nötigen statistischen Tests wurden – um ebenfalls eine Beeinflussung durch den Schmerzkatheter zu verhindern – weitgehend nur für die Intervalle Tag 4-7 und Tag 1-7 durchgeführt.

Immer wieder hört man im Alltag, dass Männer schmerzempfindlicher sind als Frauen. Die Ergebnisse unserer Studie bestätigen diese allgemeine Annahme nicht. In dem Zeitraum von Tag 4-7, also nach Entfernen der Schmerzkatheter, haben die Damen signifikant mehr Schmerzen als die Herren. Hinweise auf diesen Zusammenhang finden sich laut den Nachforschungen von Wiesenfeld-Hallin [259] auch in zahlreichen anderen Studien. Als Ursache dafür werden soziokulturelle, psychologische und biologische Faktoren angegeben. Ebenso postuliert Hallin [90], dass das weibliche Geschlecht schmerzsensibler ist als das männliche. Somit stimmen die eigenen Studienergebnisse mit anderen Studien überein.

Auch das Alter wurde als eventueller Einflussfaktor getestet. Man vermutete, dass die älteren Personen, die unter Umständen schon über längere Zeit unter Arthrosebeschwerden leiden, im Sinne des Schmerzgedächtnisses in eben diesem Bereich auch postoperativ sensibler sind als jüngere. Allerdings kann dies statistisch nicht nachvollzogen werden.

Als weitere mögliche Einflussgröße wurde der BMI angenommen. Zum einen ist bei einem höheren BMI das Legen der Katheter schwieriger und zum anderen ist die Last auf das neue Gelenk größer. Jedoch zeigt sich auch dafür statistisch keine Korrelation.

Die Operationsdauer als denkbare Ursache verstärkter Schmerzen wurde analysiert, weil die Eingriffsdauer die Schwierigkeit der Implantation widerspiegeln kann. Dabei kommt es möglicherweise zum wiederholten Absägen von Knochen oder einem häufigeren Einsetzen von Probeprothesen, was sich postoperativ negativ auswirken könnte. Doch auch diese Hypothese findet keinen Rückhalt in der Statistik.

Ebenso wenig korreliert die Katheterliegedauer mit der Schmerzstärke, obwohl man meinen möchte, dass der Katheter umso länger liegt, je größer die Schmerzen sind. Allerdings zeigt der statistische Test auch dabei keine Korrelation auf.

Besonders überraschend sind die Ergebnisse des postoperativ angelegten Femoralis-Katheters als Einflussfaktor auf die Schmerzintensität. Dabei hat sich ergeben, dass die Patienten mit dem N. femoralis-Katheter im zusätzlich untersuchten Intervall Tag 1-3 signifikant mehr Beschwerden haben, als diejenigen ohne den Katheter. Dieser Zusammenhang mag auf den ersten Blick abstrus erscheinen, wenn man bedenkt, dass der Katheter nur den Patienten mit stärkeren Schmerzen im Anfangsstadium gelegt wird, um diese zusätzlich zu verringern. Allerdings geben diese Personen aufgrund ihrer Algesie in den ersten postoperativen Stunden sehr hohe VAS-Scores an, die sich dann auf den Durchschnitt deutlich auswirken. Außerdem ist es vorstellbar, dass bei Patienten mit derartig intensiven postoperativen Beschwerden durch einen Femoralis-Katheter zwar eine deutliche Milderung erzielt wird, diese aber nicht den niedrigeren Schmerzlevel eines Operierten mit durchschnittlichen Schmerzen erreichen können. Grund für diesen Zusammenhang könnte eine durch die Anfangsschmerzen gesteigerte Sensibilität im Operationsgebiet sein. Dieses Ergebnis kann also, obwohl es auf den ersten Blick so erscheint, als ob der Femoralis-Katheter zu gesteigerten Beschwerden führen würde, durch die eben erwähnten Ursachen begründet sein.

Zuletzt wurde noch der Einfluss der expliziten Erinnerung auf die Schmerzintensität getestet. Dabei ergeben sich keine statistisch signifikanten Korrelationen zwischen Schmerzstärke und Erinnerungsfähigkeit. Aufgrund dessen wurden die Patienten mit expliziter Erinnerung auch nicht aus der Studie ausgeschlossen. Dieses Resultat spricht wiederum für die oben aufgestellte Hypothese, dass sich eine Erinnerung an das intraoperative Geschehen nicht direkt auf das Schmerzempfinden auswirkt. Obwohl die Patienten das Gehörte oder Gespürte nach deren eigenen Aussagen zum Teil als unangenehm empfunden haben, korreliert dies nicht mit den VAS-Scores. Dabei würde man annehmen, dass vor allem das bewusste Erinnerungsvermögen eine Schmerzsteigerung auslösen könnte.

Summa summarum konnten auch bei der Auswertung sonstiger Variablen – mit Ausnahme von Geschlecht und Femoralis-Katheter – keine weiteren Korrelationen zur Schmerzstärke dargestellt werden.

6.2 Studienkritik

6.2.1 Studiendesign

Bezüglich des Studiendesigns entspricht die vorliegende Studie weitgehend den allgemein gültigen Standards. Alle Patienten wurden vor der Aufnahme in das Projekt ausführlich über die Freiwilligkeit der Teilnahme, die Methoden der Durchführung und die Zielsetzung aufgeklärt. Dies musste im Vorfeld von jedem Einzelnen schriftlich bestätigt werden. Im Folgenden wurden zwei Gruppen für die beiden verschiedenen Formen der Schalldämpfung und eine Dritte als Kontrolle gebildet. Die Gruppengrößen stellen mit n=27 bzw. n=28 einen statistisch verwertbaren Stichprobenumfang dar. Im Vergleich zu anderen Studien wurde sogar ein größeres Patientenkollektiv rekrutiert [59,98,125,224]. Die Ein- und Ausschlusskriterien führen zu standardisierten Bedingungen für die Teilnahme an dem Projekt und minimieren damit den Einfluss möglicher Störfaktoren. Die Gruppenzuteilung wurde mittels Blockrandomisierung durchgeführt. Damit konnte sichergestellt werden, dass vorab geäußerte, spezielle Zuteilungswünsche der Patienten keinen Einfluss nahmen. Lediglich der Ausschluss einer der drei Gruppen wurde in ca. 4% der Fälle genehmigt, wenn beispielsweise das Tragen von Oropax® Angst ausgelöst hätte. Derartige Lockerungen der Randomisierung wurden allerdings als vertretbar angesehen, da der Patient trotzdem nicht wusste, in welche der beiden verbleibenden Gruppen er eingeteilt wurde. Aufgrund der zufälligen Zuteilung ohne Wissen des Patienten handelt es sich hierbei um eine einfach-blinde Studie. Eine doppelte Verblindung war aus Gründen der eindeutigen Sichtbarkeit der Gruppenzugehörigkeit intraoperativ nicht möglich. Außerdem hätte diese an der Lautstärke der Operationsgeräusche nichts verändert und deshalb keinen Einfluss auf das Studienergebnis genommen. Um den Patienten nicht in seinen Angaben zu beeinflussen, wurde diesem frühestens nach dem Interview und somit nach dem Erheben aller benötigten Daten die angewandte Schallprotektion mitgeteilt. Diese Kriterien des Studiendesigns wurden während der Durchführung konsequent eingehalten.

6.2.2 Methodik

Betrachtet man die in der Studie angewandten Methoden genauer, so fallen einige Vorteile, aber auch manche Kritikpunkte und Verbesserungsmöglichkeiten auf.

6.2.2.1 Datenerhebung

Als besonders positiv zeigt sich rückblickend die detaillierte Erfassung der Schmerzscores. Dank des Schmerzdienstes und des Pflegepersonals konnten pro Patient zahlreiche Schmerzwerte erhoben werden, die dann in einen täglichen Durchschnittswert eingerechnet wurden. So ist sichergestellt, dass die Schmerzintensität nicht nur zu bestimmten Zeiten abgefragt wurde – wie in einer ähnlichen Studie [224] –, sondern dass alle relevanten Schwankungen der Schmerzwahrnehmung in die Auswertung mit einbezogen wurden. Dadurch gewinnt das Projekt an Qualität und Präzision.

Weniger genau verhielt man sich in Bezug auf die Sedierungstiefe der einzelnen Patienten. Grundsätzlich erhofft man sich, mit der BIS-Messung die Tiefe der Sedierung bestimmen und somit Rückschlüsse auf den Grad der Wachheit ziehen zu können. Deshalb wurde diese Messung in einer vergleichbaren Arbeit siebenmal während der Operation durchgeführt, um etwaige Auswirkungen lärmintensiver Operationsinterventionen auf die Gehirnaktivität und somit auf die Sedierungstiefe erkennen zu können [125]. Allerdings wird die Verwendung von Geräten zur Messung der Gehirnaktivität als weniger effektiv angesehen, da diese nicht direkt das Bewusstseins- oder Gedächtnislevel quantifizieren können, sondern eher assoziierte neuronale Prozesse aufzeigen [178]. In einer Studie zu diesem Thema konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede in der intraoperativen Wachheit zwischen der Gruppe mit und ohne Monitoring dargestellt werden [216]. Deshalb einigte sich die American Society of Anesthesiology darauf, dass eine routinemäßige Messung von Gehirnströmen zur Reduzierung intraoperativer Wachheit oder zur Festlegung der Anästhesietiefe nicht indiziert ist [4]. Auch eine festgelegte Zielkonzentration der Anästhetika im Blut lässt keine definitive Aussage über das Anästhesielevel zu, weil jeder Patient unterschiedlich stark auf Anästhesiemedikamente und bestimmte intraoperative Stimuli reagiert [119]. Deshalb hielt man – wie bereits erwähnt – eine derart aufwendige und kostenintensive Beurteilung des Sedierungsgrades vor dem Hintergrund der eigenen Fragestellung ebenfalls für nicht relevant. Entscheidend im Hinblick auf das vorliegende Thema ist vielmehr die Differenzierung der möglichen impliziten Wahrnehmung von einem expliziten Erinnerungsvermögen. Durch die Befragung aller Patienten zur Erinnerung an das Operationsgeschehen wurden diejenigen mit expliziten Gedächtnisinhalten erfasst. Aufgrund der sehr geringen Anzahl solcher Patienten und der bereits dargestellten fehlenden Korrelation mit der Schmerzstärke kann auch auf diese einfache und unkomplizierte Weise ein Einfluss der bewussten Erinnerungsfähigkeit auf die Studienergebnisse ausgeschlossen werden. Zudem kann auch mittels der exakten BIS-Messung nicht vorhergesagt werden, ob der

Patient eine implizite Gedächtnisleistung erbringen kann oder nicht. Aus diesen Gründen entschied man sich gegen eine konkrete Beurteilung der Sedierungstiefe mit Hilfe des bispectral index scores.

Betrachtet man den Zeitpunkt des Interviews am Tag vor der Entlassung – also in den meisten Fällen am 6. postoperativen Tag – so könnte man meinen, dass dieser zu spät angesetzt wurde. Bei einem Patientenkollektiv mit einem Durchschnittsalter von 68,7 Jahren befinden sich unter den Älteren sicherlich Patienten, deren Merkfähigkeit nachgelassen hat. An besonders einschneidende Erlebnisse während der Operation würden sich auch diejenigen sicherlich erinnern. Jedoch ist das Erlebte unter Umständen für den Einen oder Anderen nicht von solcher Wichtigkeit und Schwere, als dass es der Person über diesen Zeitraum erinnerlich bleibt. Demzufolge wäre ein früherer Befragungszeitpunkt ratsam gewesen. Gleichzeitig hat man allerdings – wie bereits an anderer Stelle erwähnt – herausgefunden, dass Erinnerungen an intraoperative Wahrnehmungen erst nach mehreren Tagen zum ersten Mal auftreten können [148,201,205,257]. Folglich ist der gewählte Interviewzeitpunkt gerechtfertigt. Um also sowohl dem Problem des Vergessens, als auch den aktuellen Forschungsergebnissen Sorge zu tragen, hätte man korrekterweise eine zusätzliche Befragung zu einem früheren Zeitpunkt durchführen müssen. Allerdings ist die Beeinflussung der Studienergebnisse durch zusätzlich detektierte, explizite Erinnerungen fraglich, da diese nicht in eine statistische Korrelation mit der Schmerzintensität gebracht werden konnten. Deshalb sind wir der Meinung, dass mit einem zweiten, früheren Interview zwar die Methodik der Studie geringfügig verbessert werden könnte, sich aber trotzdem keine entscheidenden Auswirkungen auf das Studienoutcome ergeben würden.

6.2.2.2 Studiendurchführung

Besonders positiv für den Patienten war die dargebotene Möglichkeit, zwischen drei verschiedenen Musikrichtungen auswählen zu können. Mit Klassik, Volksmusik und Rock&Pop waren die Hauptkategorien abgedeckt und für jeden Musikgeschmack eine Wahlmöglichkeit vorhanden. Den Patienten war die Musikauswahl sehr wichtig. Dies zeigte sich bei der klinischen Studiendurchführung vor allem daran, dass nach dem Anbieten der Musikrichtungen zuerst diejenige genannt wurde, welche auf alle Fälle nicht eingespielt werden sollte. Der Patient möchte also Einfluss auf die Musikrichtung nehmen können und dies wurde ihm in der vorliegenden Studie auch ermöglicht. Die Wirkung der selbst ausgesuchten Musik im Vergleich zu einer vorgegebenen Entspannungsmusik wurde von Mitchell et al. [162] untersucht. Dabei zeigte sich, dass

die Versuchspersonen, deren Wünsche berücksichtigt wurden, Schmerzreize länger tolerierten und eine bessere Kontrolle über die Situation empfanden, als die restlichen Studienteilnehmer. Deshalb hält diese Forschergruppe – in Kongruenz zu den eigenen Ansichten – die persönlichen Präferenzen bezüglich der Musikrichtung für einen bedeutenden Einflussfaktor auf die Wirkung der Musik [162]. Trotz der Zusicherung einer bestimmten Musikkategorie war dem Patienten präoperativ nicht bewusst, ob er überhaupt Musik bekommen würde, da aus Gründen der Verblindung alle Patienten im Vorfeld zu ihrem Musikgeschmack befragt wurden.

Um auch während der Anästhesieeinleitung zu verhindern, dass die Patienten von ihrer Gruppenzugehörigkeit erfahren, wurde darauf geachtet, dass sich die Ohrbedeckungen nur während der Wirkphase des Sedierungsmittels am Kopf des Patienten befanden. Etwaige Funktionsausfälle vom MP3-Player und das Abrutschen der Kopfhörer oder Schalldämpfer wurden durch mehrfache Überprüfungen während der Operation verhindert. Somit besteht auch nicht die Möglichkeit, dass ein Patient aufgrund von Funktionseinbußen des Systems der normalen Lautstärke im OP ausgesetzt war.

6.2.2.3 Verwendete Materialien

Es ist nicht auszuschließen, dass die Dämpfung des Operationsschalls durch das System des Schallschutzes an sich zu gering war. Es wurde zwar ein spezieller Kapselgehörschutz eingesetzt und die Oropax® entsprechend der Verpackungshinweise verwendet, aber trotzdem konnte in eigenen Probeversuchen bei vollem Bewusstsein der Operationslärm noch wahrgenommen werden. Ähnliche Schlussfolgerungen wurden bei den Musikkopfhörern gezogen. Obwohl ein Muschelkopfhörer Anwendung fand, waren die Operationsgeräusche bei einer Lautstärke von Vol14 noch zu differenzieren. Von einer Steigerung der Lautstärke wurde im Sinne der Patienten Abstand genommen. Deshalb muss in Betracht gezogen werden, dass die Restgeräusche für eine Abspeicherung im impliziten Gedächtnis ausgereicht und sich aufgrund dessen zwischen den Gruppen keine Unterschiede in der Schmerzausprägung ergeben haben.

Ein anderer Grund für dieses Studienergebnis könnte möglicherweise die Anwendung der Visuellen Analogen Skala als Messmethode der Schmerzstärke sein. Wie bereits an anderer Stelle erörtert, ist speziell diese Skala eine in der Klinik häufig verwendete Methode, um den Patienten die Objektivierung ihrer Schmerzen zu erleichtern. In einigen Studien wird auch die hohe Reliabilität und Validität der visuellen Analogskala hervorgehoben [20,142,265]. Dennoch ist eben diese Schmerzbewertungsskala mit vielen praktischen Schwierigkeiten verbunden und hat – laut einer Studie von

Williamson et al. [265] – gerade deshalb auch die höchsten Fehlerwahrscheinlichkeiten [26,114]. Weibliche Patienten – die Mehrzahl des vorliegenden Patientenkollektivs – haben noch größere Probleme im Umgang mit der VAS als männliche [142]. Im Allgemeinen wird von den Patienten die Verwendung anderer Skalen bevorzugt [142,240,265]. Deshalb wäre es gerade für das vorliegende Patientenkollektiv mit den mehrheitlich älteren Patienten einfacher gewesen beispielsweise die Faces Pain Scale (FPS) zu verwenden. Diese Messskala wurde ursprünglich von Bieri et al. [19] entwickelt und bestand aus sieben horizontal angeordneten Liniengesichtern. Diese veranschaulichen an dem einen Ende „kein Schmerz“ und an der Gegenseite „stärkster Schmerz“. Auch diese Messmethode ist auf ihre Validität geprüft [100,101,240,242,243]. Im Jahr 2001 wurde diese FPS von Hicks et al. [104] überarbeitet und deshalb als Faces Pain Scale Revised (FPS-R) bezeichnet. Diese Skala besteht aus sechs Liniengesichtern mit unterschiedlicher Mimik, die für die Scores 0,2,4,6,8 und 10 stehen, wobei ebenfalls die höheren Scores für stärkere Schmerzen stehen [104]. Verglichen mit der Fehlerhäufigkeit bei der VAS (=12,3%) treten bei der FPS-R (=2,5%) signifikant weniger Irrtümer auf [142]. Obwohl die Faces-Pain-Scale ursprünglich für Kinder entwickelt wurde, ist sie aufgrund der leichten Handhabung und des geringeren Erklärungsbedarfs auch für Erwachsene zu empfehlen [19,268]. Besonders für ältere Patienten, die möglicherweise Probleme mit der für die VAS nötigen abstrakten Denkfähigkeit haben, bietet sich diese Form der Schmerzevaluation besonders an [26,114]. Es kann also nicht ausgeschlossen werden, dass eine einfachere Schmerzbeurteilungsmethode Einfluss auf das vorliegende Studienergebnis genommen hätte.

6.2.3 Limitationen

Zusätzlich zu den bereits dargestellten Verbesserungsmöglichkeiten treten bei der kritischen Betrachtung der Studie an manchen Punkten Optionen in Erscheinung, wie man die Qualität und Effektivität der Studie eventuell noch steigern könnte. Zum einen wäre für eine absolute Abschirmung der Patienten gegenüber dem Umgebungsschall die Anschaffung von schalldichteren Kopfhörern und Gehörschutz empfehlenswert. Eine Beeinflussung der Ergebnisse durch die in unserer Studie verbliebene, geringe Wahrnehmung von Operationsgeräuschen könnte somit sicher ausgeschlossen werden. Auch wenn der Erwerb solcher Schalldämpfer sicherlich sehr kostenintensiv ist, wäre es doch für die Durchführung einer solchen Studie eine lohnende Investition. Diese wird natürlich vor allem dann besonders rentabel, wenn damit die Wirkung der Lärmprotektion im Sinne einer Schmerzreduktion verdeutlicht werden kann. Solche

professionellen, schalldichten Kopfhörer könnten zusätzlich für Untersuchungen zum Nachweis einer impliziten Gedächtnisfähigkeit bezüglich Geräuschen Anwendung finden. Es ist zwar nahe liegend, dass analog zur Speicherung von Zielwörtern auch Zielgeräusche abgespeichert werden, aber dennoch konnte in der Literatur keine derartige Studie gefunden werden. Vielleicht wäre es sinnvoll gewesen, im Vorfeld ein derartiges Projekt in kleinerem Umfang durchzuführen. Dabei müsste den sedierten Patienten ein alltägliches Geräusch, wie beispielsweise das Läuten von Kirchenglocken, dargeboten werden. Postoperativ könnte man untersuchen, wie viele Personen einen Zusammenhang mit eben diesem Geräusch aus einer Vielzahl verschiedener herstellen. Damit hätte man eine wichtige Grundvoraussetzung für die vorliegende Studie – die implizite Speicherung von Geräuschen unter Sedierung – nachweisen können.

Außerdem wäre es unter Umständen auch zweckmäßig gewesen, im Vorfeld die kognitive Leistungsfähigkeit der Studienteilnehmer mit Hilfe eines kurzen Tests zu evaluieren. Besonders bei einem älteren Patientenkollektiv kann dies nicht als selbstverständlich vorausgesetzt werden. Allerdings kann das Fehlen einer solchen Gedächtnisleistung die Studienergebnisse doch bedeutend beeinflussen. Einerseits wird diese Kognition – wie schon an anderer Stelle angeführt – benötigt, um intraoperative, akustische Wahrnehmungen als Operationslärm zu erkennen und um diese als Folge des eigenen Eingriffes zu verstehen. Andererseits ist sie bei der Erhebung der Schmerzscores von entscheidendem Belang. Gerade weil die Gedächtnisleistung eine wichtige Voraussetzung für die korrekte Anwendung der VAS ist, kreidet Li et al. [142] bei ihrem Vergleich verschiedener Schmerzskalen die versäumte Messung eventueller kognitiver Beeinträchtigung ihrer Studie als Manko an. Die Bestimmung der kognitiven Leistungsfähigkeit vorab wäre eine sinnvolle, einfache und wenig zeitraubende Methode gewesen, um mögliche Auswirkungen auf die Studienergebnisse zu verhindern.

Eine weitere, sicherlich interessante Untersuchung in diesem Setting wäre der Einfluss der Schallprotektion auf den Propofolverbrauch gewesen. Ein ähnlicher Zusammenhang war Gegenstand einer Studie von Koch et al. [130]. Sie erforschten in zwei unabhängigen Ansätzen die Auswirkungen intraoperativer Musik auf den patientenkontrollierten Sedierungsmittel- und Analgetikaverbrauch. Dabei verdeutlichte sich eine signifikante Verminderung des Propofol- und Alfentanilbedarfs [130]. Da in dieser Studie von Koch et al. [130] die Kontrollgruppe keinerlei Schallschutz erhalten hat, können sie nicht ausschließen, dass der Effekt mehr auf der Abwesenheit der Operationsgeräusche als auf der Anwesenheit der Musik basiert. Eine derartige „Verwechslung“ ist in der eigenen Studie aufgrund der Aufteilung in drei verschiedene Gruppen nicht möglich. Auswirkungen der Musik und des Schutzes vor Operationsschall allgemein können hierbei eindeutig differenziert werden. Eine ähnliche Untersuchung wie Koch et al. [130]

führten auch Ganidagli et al. [71] durch. In ihrer Studie wurde zwar das Hauptaugenmerk auf die Effekte von Musik und Stille auf die Sedierungstiefe und den BIS gelegt, aber dennoch konnten sie als Nebenergebnis keinen Unterschied des Sedierungsmittelverbrauchs zwischen den beiden Gruppen – Musik und Stille – feststellen [71]. Ihr Ergebnis spricht also dafür, dass bei Koch et al. [130] die Abwesenheit der Operationsgeräusche und nicht die Anwesenheit von Musik für die Einsparung von Medikamenten verantwortlich ist. Da es allerdings in Ganidaglis [71] Studie keine dritte Kontrollgruppe gab, die den normalen Geräuschen im OP ausgesetzt war, konnten sie nicht feststellen, ob es überhaupt zu einer Verminderung des Sedierungsmittelverbrauchs gekommen ist. Aufgrund dieser kontrovers diskutierten Wirkungen von Musik und Stille auf den Sedierungsmittelverbrauch wären eigene Ergebnisse dazu äußerst interessant gewesen, vor allem wenn man bedenkt, dass auf diese Weise alle drei Optionen in einer Studie miteinander verglichen werden hätten können. Eine mögliche Verminderung des Sedierungsmittelverbrauchs würde einen weiteren Benefit der Schallprotektion bzw. der Musikapplikation aufzeigen und die Rentabilität einer solchen Intervention zusätzlich betonen. Vor dem Hintergrund der thematisch begrenzten Fragestellung dieser Arbeit war eine derartige Untersuchung allerdings nicht sinngemäß.

Die angeführten Limitationen der vorliegenden Studie zeigen auf, dass durch mehr und weniger aufwendige und kostenintensive zusätzliche Maßnahmen und einer erweiterten Fragestellung der Effekt der Studie unter Umständen hätte gesteigert werden können.

6.3 Aktuelle Studienlage

6.3.1 Musik – ein sinnvoller Beitrag zur komplementären Schmerztherapie

6.3.1.1 Physiologische Erklärungsansätze der Musikwirkung

Im Mittelpunkt der eigenen Studie stehen die postoperativen Schmerzen und ihre Beeinflussbarkeit. Sie stellen einerseits für die Patienten nach einer Knieprothesenimplantation eine große Belastung dar und verursachen andererseits höhere Kosten und längere Krankenhausaufenthalte. Deshalb ist es im Interesse der Patienten und Ärzte, einfache Methoden zu finden, die darauf Einfluss nehmen können. Da das Schmerzempfinden im Allgemeinen auch besonders durch psychische Faktoren wie Angst, Hilflosigkeit und Depression beeinflusst wird, gilt es, den Schmerz als psychophysiologische Einheit in einem multidisziplinären Therapiekonzept zu behandeln. Eine Möglichkeit stellt die Anwendung von Musik dar. Weil das Erleben von

Schmerz und Musik zu kognitiven Vorgängen führt, bei denen Lernprozesse und emotionale Mechanismen eine entscheidende Rolle spielen, stehen diese beiden Phänomene in engem Zusammenhang [197]. In besonderer Weise ist das limbische System als Empfindungs- und Kontrollorgan in diese kognitive Verarbeitung mit eingebunden [197]. Man hat festgestellt, dass akustische und rhythmische Impulse einen schmerzmodulierenden Effekt haben und vegetative Reaktionen beeinflussen können [102]. Dieses Phänomen führt man auf die enge anatomische Verbindung der für die Schmerzwahrnehmung nötigen Strukturen im ZNS zu den für die emotionale Verarbeitung musikalischer Reize verantwortlichen Nervengebieten im Thalamus, im limbischen System und den vegetativen Kerngebieten im Hirnstamm zurück [102]. Gardner et al. [72] und Tsuchiya et al. [248] behaupten, dass sich die Leitungsbahnen für Schmerzen und für akustische Reize gegenseitig inhibieren. Demzufolge soll eine gesteigerte Aktivität der auditorischen Leitungsbahn durch externe Musik die zentrale Übertragung nozizeptiver Reize verhindern. Des Weiteren haben neuroendokrinologische Untersuchungen ergeben, dass Musik auch auf die Sekretion der für das Schmerzerleben und -verhalten wichtigen Substanzen wie Endorphine und Stresshormone Einfluss nehmen kann [229]. Aus psychologischer Sicht ist die implizite Erinnerung an die intraoperative Musik der Hauptfaktor für eine Verminderung der Schmerzen [275]. Es gibt also mehrere Erklärungsansätze für die Wirkung von Musik auf das Schmerzempfinden. Gemeinsam ist diesen allen, dass akustische Reize allgemein und Musik im Besonderen das Schmerzerleben in vielfältiger Weise modifizieren, wobei Rhythmus, Tempo und Lautstärke die entscheidenden Elemente sind [16].

6.3.1.2 Operationsunabhängige Musikanwendung

6.3.1.2.1 Allgemeine Wirkungen von Musik

Musik gehört zu den ältesten Heilmitteln in der Medizin. Schon in den Heilungsritualen der Naturvölker spielte ihre therapeutische Wirkung eine große Rolle [16]. Der Grund dafür ist die Tatsache, dass das neurovegetative System des Menschen für musikalisch-akustische Reize besonders aufnahmefähig ist [102]. Dies zeigt sich schon allein daran, dass bereits ab der 24. bzw. 26. Schwangerschaftswoche die Wahrnehmung von akustischen Reizen nachgewiesen wurde [16]. Doch nicht nur der Anfang des Lebens ist von diesem Sinnesorgan geprägt, sondern auch das Ende. Akustische Reize sind ebenso die letzten, die beim sterbenden Menschen nachgewiesen werden können [16]. Außerdem ist der menschliche Hörsinn von allen der sensibelste und besonders mit unseren Gefühlen verbunden. Gerade deshalb können akustische und rhythmische

Impulse auch die vegetativen Reaktionen im Sinne einer Veränderung von Muskeltonus, Puls- oder Atemfrequenz beeinflussen [102].

Bernatzky et al. [16] führten eine Studie durch, die die Auswirkungen von entspannungsfördernder Musik in Verbindung mit gesprochenen Entspannungsanleitungen auf den Verlauf chronischer Schmerzen zeigt. Grund für diese Fragestellung waren zahlreiche Beobachtungen, die zeigen, dass Musik Wirkungen auf subkortikale Zentren des Gehirns ausübt und einen starken Effekt auf die psychologische und physiologische Situation des Organismus hat [93,103,181,182,228]. Auch Atmung und Entspannung sollen laut zahlreicher Forscher dadurch beeinflusst werden [67,89]. Ähnliche Ergebnisse erhielt die Forschungsgruppe um Bernatzky [16]. Die tägliche Anwendung der Musik kombiniert mit den Entspannungstexten verbesserte die Effizienz der Therapie bei chronischen Rückenschmerzen nachweisbar. Nicht nur die Funktion des Rückens, sondern auch die Schmerzen, die begleitenden negativen Emotionen und die Patientenzufriedenheit veränderten sich signifikant zum Positiven. Deshalb sehen sie diese Form der Musikanwendung als additive, schmerztherapeutisch relevante Therapiemaßnahme an [16].

Viele andere Studien kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Musiktherapie Angstzustände und Schmerzen vermindert, den Schlaf verbessert, Verwirrung, Aggression und Depression verringert und die Lebensqualität steigert [5,69,99]. So auch Müller-Busch [16,166], der die Empfehlung von Musik als „Audioanalgetikum“ und Mittel zur Schmerzlinderung als sinnvoll ansieht. Er beruft sich auf zahlreiche Untersuchungen und Einzelbeobachtungen an Schmerzpatienten, die zeigen, dass Musik eine wirksame, hilfreiche und „nebenwirkungsarme“ Behandlungsmethode darstellt [16].

Ganz allgemein – nicht nur in Bezug auf Schmerzminderung – wird der Musik eine große Wirkung auf das körperliche und seelische Befinden von Personen angerechnet. Die Ergebnisse zahlreicher anderer Studien, die einen eindeutig positiven psychologischen und physiologischen Effekt von Musik während der postoperativen Aufwachphase, schmerzhaften Prozeduren oder Wehen aufzeigten, weckten auch das Interesse einer asiatischen Studiengruppe bezüglich dieser Thematik [28,79,188]. Deshalb verglichen sie neun entsprechende Studien. Fünf der Untersuchungen, einschließlich einer unveröffentlichten Masterthese, verzeichneten einen signifikant positiven Effekt von Musik auf die Schmerzintensität, die postoperative Schmerzremission, den Blutdruck und die Pulsrate [143]. Die restlichen vier Studien kamen zu gemischten und widersprüchlichen Ergebnissen. Als Grund dafür werden Limitationen und Schwachstellen in der Studiendurchführung angegeben. Daher kommen die Herausgeber Lim et al. [143] zu dem Schluss, dass Musik als Therapieintervention sehr effektiv für die Linderung unterschiedlicher Arten von

Schmerz ist. Von einem zumindest leicht verminderten Analgetikaverbrauch durch Musik berichten auch Cepeda et al. [39], allerdings erreichte dieser keine statistische Signifikanz. Sie untersuchten die Wirkung von Musik während schmerzhafter Prozeduren und auf postoperative Beschwerden. Die Schmerzintensität konnte jedoch auch in dieser Studie nachweislich vermindert werden [39]. Dennoch ist in diesem Fall den Herausgebern die klinische Wichtigkeit dieser Methode zur Schmerzreduktion unklar, wenngleich andere Maßnahmen mit vergleichbarer Schmerzminderung in der Klinik genutzt werden [269]. Deshalb warnt die Forschergruppe um Cepeda [39] davor, von „Musik“ allzu große Effekte zu erwarten.

6.3.1.2.2 Lautstärke als wichtiges Kriterium

Der Einfluss der unterschiedlichen Qualitäten von Musik als entscheidendes Kriterium für die Wirkung auf den Schmerz wurde bereits in einer älteren Studie von Gardner et al. [72] untersucht. Die sich einer Zahnoperation unterziehenden Patienten wurden dazu aufgerufen, die Lautstärke des akustischen Stimulus entsprechend der Schmerzen zu erhöhen. Der Stimulus war eine Kombination aus Musik und Geräuschen. Die Musik sollte die Aufmerksamkeit des Patienten von der Operation abwenden und das Geräusch, ähnlich einem Wasserfall, sollte die Entspannung und das Wohlbefinden des Patienten fördern [72]. Diese Ablenkung vom eigentlichen Eingriff konnte aber laut Gardner [72] nur dann gelingen, wenn die Akustik zuerst vorhanden war. Deshalb mussten die Patienten schon vor Operationsbeginn die akustischen Reize wahrnehmen. Damit sollte verhindert werden, dass sich die Person zu sehr auf den Schmerz konzentrierte. Auf diese Weise gelang der Forschungsgruppe um Gardner [72] die Unterdrückung der Schmerzen durch das beschriebene Klangbild in 65% der 1000 Patienten. Auch Ebneshahidi et al. [59] gehen davon aus, dass ihre Patientinnen durch vertraute Klänge von der Umgebung im Aufwachraum abgelenkt waren. Damit verdeutlichte sich wiederum der positive Effekt von akustischen Reizen auf das Schmerzempfinden.

6.3.1.2.3 Führt nur die Lieblingsmusik zum Wirkeffekt?

Eine Studiengruppe beobachtete den Unterschied zwischen Entspannungsmusik und der vom Patienten bevorzugten Musikrichtung. Dabei stellte sich heraus, dass bei der eigenen Lieblingsmusik experimentelle Schmerzreize länger toleriert werden und – zumindest die Frauen – die Schmerzintensität als signifikant niedriger beurteilten als ohne die ausgewählte Melodie im Ohr. Deshalb halten Mitchell et al. [162] die

persönlichen Vorlieben bei der Musikrichtung für einen wesentlichen Einflussfaktor auf die Effektivität von Musik bezüglich der Schmerzempfindung. Der gleichen Meinung sind auch Ebneshahidi et al. [59] und verweisen darauf, dass das Alter, die Kultur, der sozioökonomische Status und die Religion Einfluss auf die Art und Weise nehmen, wie Menschen auf Schmerz und Musik reagieren [57,155]. Deshalb ist es für die Effektivität der Musik am Wichtigsten, dass die Person diese mag [59]. Einen dazu differierenden Standpunkt beziehen Cepeda et al. [38]. Sie stellten in ihrer Studie fest, dass Patienten, die den Musiktyp nicht auswählen konnten, eine größere Abnahme der Schmerzintensitäten aufwiesen als die Vergleichsgruppe.

6.3.1.3 Intra- und postoperative Musikanwendung

Die Auswirkungen von Musik zeigen sich aber nicht nur bei krankheitsbedingten Schmerzzuständen, sondern auch während und nach der Operation. Aus dem Ergebnis einer Metaanalyse von 42 Studien, die sich mit Anwendung von Musik im perioperativen Setting beschäftigten, geht hervor, dass in der Hälfte der Projekte die Angst und die Schmerzen der Patienten reduziert wurden [175]. Deshalb soll im Folgenden näher auf die Effekte intra- und postoperativer Musikanwendung eingegangen werden.

6.3.1.3.1 Wirkung von Musik während der Anästhesie

In zahlreichen Studien konnte dargestellt werden, dass der Effekt von Musik als Modulator der menschlichen Reaktion auf Operationsstress auch an bewusstlosen Patienten unter Allgemeinanästhesie signifikant in Erscheinung tritt [141,172,173]. Um dies auch für sedierte Patienten zu bestätigen, führten Zhang et al. [275] eine Studie dazu durch. Dabei stellte sich – in Kongruenz zu früheren Studien – die erwähnte Wirkung deutlich dar. Zhang et al. [275] berichten ebenso wie andere Autoren über einen geringeren Sedierungsmittelverbrauch, über kürzere Einleitungszeiten und eine erhöhte Patientenzufriedenheit [11,71,106,125,130,137,185,271]. Anderorts wird zusätzlich noch über eine Verminderung von Blutdruckschwankungen, eine Verbesserung des postoperativen Erwachens und eine Reduzierung postoperativer Schmerzen durch intraoperative Musik berichtet [1,61,106,130,137,158,172,173,185].

6.3.1.3.2 Effekt von Musik im Aufwachraum

Die Auswirkungen von Musik auf Patienten im Aufwachraum wurden besonders häufig untersucht. Easter et al. [58] sieht in der Musik eine Möglichkeit, die postoperativen Beschwerden zu vermindern und die Patientenzufriedenheit zu steigern. Der gleichen Meinung sind auch Shertzer et al. [220]. Die signifikante Schmerzreduktion in ihrer „Musik-Gruppe“ lässt sie auf eine positive Beeinflussung der Schmerzempfindung und des Patientencomforts schließen. Von einer Reduzierung der Schmerzintensität durch das Hören von Musik in der PACU (postanesthesia care unit) sind Taylor [244] und andere Forscher ebenfalls überzeugt [79,106]. Eine andere Studie untersuchte lediglich die Vorlieben der Patienten in der PACU bezüglich eines derartigen Angebots. Dabei sprach sich die Mehrzahl im Nachhinein für das Musikhören aus. Deshalb sehen Fredriksson et al. [66] diese zusätzliche Intervention als sinnvollen Beitrag zu einer erholsamen Umgebung im Aufwachraum an. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch die Forschungsgruppe um Heitz [98]. Obwohl die Musik nach deren Resultaten keine Auswirkungen auf das Schmerzlevel, den Morphinverbrauch, die Hämodynamik, die Atemfrequenz und die Aufenthaltsdauer hat, empfanden die Patienten mit Musik dennoch die Zeit im Aufwachraum als signifikant angenehmer als jene ohne Musik [98]. Ebneshahidi et al. [59] nehmen einen dazu teils differierenden Standpunkt ein. Sie konnten bei ihrer Studie an Patientinnen nach Kaiserschnitt zwar ebenfalls eine signifikant verminderte Schmerzintensität und demzufolge einen nachweislich geringeren Analgetikaverbrauch feststellen, allerdings ergaben sich keine Unterschiede bei den Angstgefühlen, dem Blutdruck und dem Puls. Ein anderes Projekt beschäftigte sich ausschließlich mit Schulkindern nach ambulanten Eingriffen. Diese Kinder empfanden die Musik im Anschluss an die Operation als beruhigend und entspannend. Außerdem zeigte sich auch dabei ein verminderter Morphinverbrauch [170].

Zum Vergleich der Effektivität zwischen intra- und postoperativer Musik auf das Schmerzempfinden, führten Nilsson et al. [173] eine Studie durch. Dabei ergaben sich zwischen den beiden verschiedenen Patientengruppen keine Unterschiede in der postoperativen Schmerzausprägung. Die Schmerzintensitäten waren in beiden Gruppen signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe ohne intra- oder postoperative Musik, wenn gleich der Effekt nur bis zwei Stunden nach dem Eingriff angehalten hat [173].

6.3.1.3.3 Resümee aus den dargestellten Studien zur intra- und postoperativen Musikanwendung

Diese große Anzahl an verschiedenen Studien zum Thema „Musik und ihre Auswirkungen auf Wohlbefinden und Schmerz des Patienten“ zeigt eindrucksvoll das bereits erwähnte Zusammenspiel von Affekt und Kognition. Mit der Physiologie alleine lassen sich die Auswirkungen eines Schmerzreizes auf einen bestimmten Patienten in einem bestimmten Moment nicht vollständig erklären. Wie die angeführten Beispiele darstellen, hat Musik eindeutige Auswirkungen auf das Befinden. Bei dem Einen ist der Effekt größer, bei dem Anderen kleiner, aber dennoch ist der Einfluss von Musik stets positiv. Die Anwendung von Tönen und Melodien ist nur eine von vielen verschiedenen Methoden. Die Möglichkeiten der nichtmedikamentösen Schmerzbeeinflussung sind so vielfältig wie die Facetten einer einzelnen Schmerzempfindung. Jede Person wird auf unterschiedliche Maßnahmen ganz individuell reagieren, auch wenn der Reiz am Nozizeptor der Gleiche ist.

Dennoch muss vor allem die Musiktherapie aufgrund der hohen Wirkeffektivität mit der geringen Wahrscheinlichkeit an Nebenwirkungen, der Steigerung der Patientencompliance und der Verbesserung der psychischen Situation als wichtiger Beitrag in der allgemeinen Schmerzbehandlung angesehen werden. Bernatzky et al. [16] stimmen dem ebenso wie viele andere Forscher zu, die von der Musik als ergänzende Methode zur Schmerztherapie überzeugt sind. Sie sehen die Vorteile besonders darin, dass die Musik eine nicht-invasive, nebenwirkungsfreie, kostengünstige und leicht anwendbare Behandlung darstellt [39,79,80,81,143,171,172,224]. Diese Vorzüge und die zunehmende Popularität komplementärer Therapien in der Medizin sind die Gründe für das in den letzten zwei Jahrzehnten wachsende Interesse an der Musik als Behandlungsstrategie für Schmerzpatienten [143]. Auch Nilsson et al. [173] und viele andere Forscher sind der Ansicht, dass Musiktherapie eine Komponente der multimodalen Schmerztherapie ist [87,122]. Aufgrund der niedrigen Kosten für die Umsetzung und die mögliche Fähigkeit von Musik den perioperativen Stress der Patienten zu reduzieren, hält Nilsson [175] eine weitere Forschung in der Musiktherapie für durchaus gerechtfertigt. Auch in vielen anderen Studien wurden die verschiedenen Effekte entsprechend des Anwendungszeitpunkts dargestellt. Diese kamen zu dem Ergebnis, dass Musik präoperativ die Reaktion des Patienten auf Stress moduliert, intraoperativ den Sedierungsmittelverbrauch verringert und die Häufigkeit intraoperativer Wachheit reduziert und postoperativ die Erschöpfung vermindert und die Geräuschkulisse in der PACU unterbindet [30,71,106,123,125,137,172,220,224,258,273,275]. Der perioperativ erhöhte Stress durch die ungewohnte Umgebung, die Angst vor der Operation und

Ähnliches wird durch die ablenkende und entspannende Wirkung der Musik vermindert [71,130,174,224,247] und die Reaktion der Patienten darauf verändert [252]. Des Weiteren wurde schon mehrfach das positive Zusammenspiel verschiedener Sedierungsmittel mit Musik demonstriert [11,71,106,125,130,137,275].

Aufgrund dieser zahlreichen erwähnten Vorteile und nicht zuletzt durch die positive Einstellung der Patienten bezüglich dieser Therapieoption steuert die Musik nicht nur einen wichtigen komplementären Beitrag zur Schmerztherapie bei, sondern ist auch auf vielfältige andere Weise eine einfache, sinnvolle und lukrative Methode zur Verbesserung der Patientensituation. Man darf nämlich nicht vergessen, dass sowohl die Operation selbst, als auch die perioperative Periode nicht nur ein physisches Trauma verursacht, sondern auch eine bedeutende Quelle psychischen Stresses für Patienten darstellt [137].

6.3.2 Die eigene Studie im Vergleich

6.3.2.1 Darstellung thematisch ähnlicher Studien

Um die eigenen Resultate in den Kontext bisher veröffentlichter Forschungsergebnisse einzugliedern und um sowohl bestehende Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zu diskutieren, ist es nötig, die vorliegende Arbeit wissenschaftlichen Untersuchungen gleicher oder ähnlicher Thematik gegenüberzustellen.

6.3.2.1.1 Studie von Heitz et al.

Die Forschungsgruppe um Heitz [98] untersuchte den Effekt von Musiktherapie als Behandlungsintervention im Aufwachraum. Bei diesem Setting ist – im Gegensatz zum eigenen – eine Verblindung nicht möglich, denn die Teilnehmer wissen ab einem bestimmten Wachheitsgrad von ihrer Gruppenzuteilung. Im Besonderen betrachteten sie die Auswirkungen von Musik auf die Schmerzen, auf hämodynamische Größen und auf die Atemfrequenz während des PACU-Aufenthaltes. Zusätzlich interessierte sie auch noch die rückblickende Meinung der Patienten selbst zu der Zeit im Aufwachraum. Mit dieser Fülle an evaluierten Größen ist eine detaillierte Erfassung der Auswirkungen von Musik möglich. Sie teilten sechzig Patienten, die sich einer Schilddrüsen-, Nebenschilddrüsen- oder Brustoperation unter Allgemeinanästhesie unterzogen hatten, randomisiert in drei Gruppen ein. In Kongruenz zur eigenen Studie gab es eine Kontrollgruppe ohne Kopfhörer, eine Gruppe mit Kopfhörer ohne Musik und eine dritte Gruppe mit Kopfhörer und Musikeinspielung. Außerdem benutzten Heitz et al. [98]

ebenfalls die Visuelle Analoge Skala zur Beurteilung der postoperativen Schmerzen. Ihre Ergebnisse sind ähnlich den eigenen. Es ergaben sich keine Unterschiede zwischen den drei Gruppen in Bezug auf das Schmerzlevel, den Morphinverbrauch, die Hämodynamik, die Atmung und die Aufenthaltsdauer. Dennoch verlangten die Patienten der Musik-Gruppe erst signifikant später nach Schmerzmitteln und nahmen die Ereignisse im Aufwachraum als deutlich angenehmer wahr als die Teilnehmer der anderen zwei Gruppen [98].

6.3.2.1.2 Studie von Bonke et al.

Das postoperative Wohlbefinden war auch in der Studie von Bonke et al. [22] ausschlaggebend, um die Effekte verschiedener Geräuschkulissen während Allgemeinanästhesie zu erforschen. Dazu wurden 91 Patienten, die für Gallenblasen- bzw. Gallengangoperationen vorgesehen waren, randomisiert in drei Gruppen eingeteilt. Eine Gruppe erhielt über Kopfhörer positive Suggestionen bezüglich des Operations- und Genesungsverlaufs, eine weitere bekam ein monotoner Geräusch ähnlich einem Staubsauger zu hören und für die dritte wurden die aktuellen Operationsgeräusche eingespielt [22]. Somit war die Gruppenzuordnung – anders als in der eigenen Studie – äußerlich nicht erkennbar und eine doppelte Verblindung möglich. Diese hielt man in der vorliegenden Studie für unnötig, da die Operationsgeräusche nicht entscheidend veränderbar sind und dem Personal der postoperativen Behandlung die Gruppenzuordnung aufgrund fehlender Dokumentation in den Patientenunterlagen ohnehin nicht ersichtlich war. In Kongruenz zur eigenen Studiendurchführung wurden auch bei Bonke et al. [22] alle Geräusche nur für die Dauer der Operation eingespielt. Die Kriterien für die Beurteilung des postoperativen Wohlbefindens waren das subjektive Empfinden, der Schmerz, Übelkeit und Erbrechen, die Aufenthaltsdauer und die Befragung durch das Pflegepersonal. Für die Beurteilung wurden im Gegensatz zu unserer Studie keine gängigen Skalen verwendet, sondern eigene, der jeweiligen Fragestellung entsprechende Skalen mit Wortäußerungen angefertigt [22]. Betrachtet man die Ergebnisse von Bonke et al. [22], so konnte bei keinem Patienten eine intraoperative Wachheit evaluiert werden. In der Gruppe mit den positiven Suggestionen konnte eine Verbesserung des postoperativen Wohlbefindens lediglich für ältere Patienten über 55 Jahren bestätigt werden, nicht aber für jüngere. Auch Bonke et al. [22] halten die unbewusste Wahrnehmung von intraoperativen akustischen Reizen für diese positive Auswirkung verantwortlich. Für den unterschiedlichen Effekt der positiven Suggestionen zwischen älteren und jüngeren Patienten gibt die Forschungsgruppe eine Vermutung ab. Zunächst nehmen sie an, dass sich das Wohlbefinden des Patienten

direkt in der Länge seines Krankenhausaufenthaltes widerspiegelt und eine Verbesserung der subjektiven Situation verlängerte Aufenthalte verhindert. Genau deshalb – so begründen sie – zeigt sich keine Wirkung bei jungen Patienten, da diese im Allgemeinen nicht länger als normal im Krankenhaus verweilen und ein Schutz gegen prolongierte Aufenthalte somit unnötig ist. Diese Erklärung erscheint nicht besonders realistisch, da auch die „normalen“ Aufenthaltszeiten der jüngeren Patienten durch positive Suggestionen verkürzt werden könnten. Zwischen den Gruppen mit dem monotonen Geräusch bzw. dem Operationslärm konnten keine Differenzen festgestellt werden. Deshalb sehen sie die Operationsgeräusche letztendlich nicht – wie von uns angenommen – als besonders negativ beeinflussend an [22]. Zu den Ergebnissen der Schmerzausprägung wurden keine Angaben gemacht.

6.3.2.1.3 Studie von Ayoub et al.

Auch in der Studie von Ayoub et al. [11] steht – im Kontrast zur eigenen Studie – nicht die postoperative Schmerzintensität im Vordergrund. Viel wichtiger ist diesem Forschungsteam, ob die vielfach postulierte Verminderung des intraoperativen Sedierungsmittelverbrauchs durch die eingespielte Musik zustande kommt oder ob die Abwesenheit des OP-Lärms dafür verantwortlich ist [11]. Dazu haben sie 90 Patienten, die sich einem urologischen Eingriff unter Spinalanästhesie mit Sedierung unterziehen mussten, ebenfalls in drei Gruppen eingeteilt. Die eine Gruppe hörte – im Gegensatz zur eigenen Musik-Gruppe – selbst ausgewählte Musik, die andere ein Rauschgeräusch und die dritte die normalen Operationsgeräusche. Alle drei Gruppen erhielten dazu schalldichte Kopfhörer, über die das jeweilige Geräusch eingespielt wurde. Diese Schalldichte muss – wie bereits erwähnt – als Pluspunkt gegenüber der eigenen Studie gewertet werden. Während der Operation wurden bei der Studie von Ayoub et al. [11] im 5-Minuten-Takt die Vitalparameter, der Propofolverbrauch und der OAA/S-Score (Observer's Assessment of Alertness/Sedation Scale) dokumentiert. Der OAA/S-Score dient der klinischen Einschätzung der Sedierungstiefe und beinhaltet die Beurteilung der Ansprechbarkeit, der Sprache, der Mimik und der Pupillenweite. Zum Testen der verbalen Reaktion musste der Kopfhörer abgenommen werden. Für diesen kurzen Zeitraum wurde über einen externen Schalter der Strom abgeschaltet, um die Verblindung beizubehalten zu können [11]. Dieses Vorgehen könnte man der Studie als Manko ankreiden, da somit alle Patienten unabhängig von der Gruppenzuteilung für diese zahlreichen Zeitabschnitte dem Operationslärm ausgesetzt waren. Dennoch zeigte sich bei der Auswertung der Studienergebnisse, dass die Musik-Gruppe signifikant weniger Propofol benötigte als die restlichen zwei Gruppen [11]. Außerdem

befand sich die Mehrzahl der Patienten, die intraoperativ überhaupt kein weiteres Propofol brauchten, in eben dieser Gruppe [11]. Die Aufenthaltsdauer im Aufwachraum wies keine gruppenspezifischen Unterschiede auf. Ayoub et al. [11] stellten fest, dass somit ihre Ergebnisse mit denen früherer Studien zur Einsparung von Sedierungsmitteln durch Musikeinspielung übereinstimmten [130,137].

6.3.2.1.4 Studie von Kang et al.

Verglichen mit Ayoub's [11] Studie stellte die Forschergruppe um Kang [125] eine sehr ähnliche Hypothese auf. Sie wollten herausfinden, ob die Musik oder das Abblocken des Operationslärms den intraoperativen bispectral index score reduziert. Aus diesem Grund nahmen sie insgesamt 63 Patienten, die sich einer Knieprothesenimplantation unter Spinal-Epiduralanästhesie mit zusätzlicher Sedierung unterziehen mussten, in die Studie auf. Die Teilnehmer wurden randomisiert in drei Gruppen aufgeteilt; eine Musik-Gruppe, eine Lärmgruppe und eine Ruhegruppe. In Kongruenz zur eigenen Studie wurde den Patienten aus der Musik- und Ruhegruppe kurz nach Beginn der Propofolinfusion ein Headset aufgesetzt. Allerdings wurden bei Kang et al. [125] die Ohren der Patienten, die keinerlei Geräusche hören sollten, zuvor fest in Baumwolle verpackt und erst dann mit dem Kopfhörer bedeckt. Die in der eigenen Studie verwendeten Oropax® erscheinen uns als besserer Zusatz zum Kapselgehörschutz. Den Teilnehmern der Musik-Gruppe wurde über eben dieses Headset die selbst ausgewählte Musikrichtung eingespielt. Die Musiktitel wurden in einer Vorabstudie von anderen Patienten zusammengestellt. Außerdem wurde in einer vorbereitenden Studie der Raumgeräuschpegel im Operationssaal gemessen. Diesen Mehraufwand halten wir bezüglich des Endergebnisses für unrelevant. Der Lärmgruppe wurde wie in der eigenen Studie keinerlei Ohrenbedeckung aufgesetzt. Unmittelbar vor der Anästhesie-Einleitung suchten alle Patienten ihre jeweilige Lieblings-Musikrichtung aus und stellten die für sie angenehme Lautstärke ein. Dieses Vorgehen erscheint als sehr sinnvoll, wenn man bedenkt, dass somit der unterschiedlichen Hörsensitivität der verschiedenen Patienten Sorge getragen wird. Während des Eingriffs wurde siebenmal bei festgelegten Operationsinterventionen der BIS und der hämodynamische Status dokumentiert. Im Gegensatz zum Vorgehen von Ayoub [11] wurde in dieser Studie nur zu Beginn und am Ende des Eingriffs der OAA/S-Score erhoben. Dies führt zu einer ununterbrochenen Verwendung des gruppenspezifischen Equipments. Nachdem die Patienten in den Aufwachraum verlegt wurden, beurteilte man ihr Erinnerungsvermögen, ihre Stimmung und die Schmerzausprägung [125]. Diese Maßnahme erfolgte somit deutlich früher als in unserer Studie. Möglicherweise ist dieser Zeitpunkt verfrüht, da der Patient von den

Sedierungsmitteln noch beeinträchtigt sein dürfte. Allerdings spielen die zu diesem Zeitpunkt erhobenen Daten für die Untersuchung ihrer Studienhypothese eine untergeordnete Rolle. Die Endergebnisse von Kang et al. [125] fallen zum Teil eher unerwartet aus. Sie haben herausgefunden, dass in der Ruhegruppe aufgrund der während lautstarken OP-Interventionen signifikant niedrigeren BIS-Scores die Sedierung tiefer war als in der Lärmgruppe. Die bispectral index scores der Musik- und der Lärmgruppe hingegen bewegten sich auf ähnlichem Niveau. Keinerlei Unterschiede zwischen allen drei Gruppen ergaben sich – in Übereinstimmung mit den eigenen Ergebnissen – bei der Auswertung der VAS-Scores und der postoperativen Erinnerung. Somit halten Kang et al. [125] als Resümee ihrer Studie fest, dass das Blockieren des OP-Lärms und nicht die Musikeinspielung die BIS-Scores bei älteren Patienten positiv beeinflussen kann. Als denkbare Ursache für eben dieses Ergebnis geben die Autoren eine mögliche Insuffizienz der Musikkopfhörer aufgrund der großen Lautstärke im OP an. Damit wäre die Musik mit den normalen Operationsgeräuschen vermischt und die Auswirkungen vermindert worden. Ein Unterschied zwischen Musik- und Lärmgruppe könnte somit verborgen bleiben. Des Weiteren können sie sich vorstellen, dass die Musik als akustischer Reiz ebenso wie der OP-Lärm zu einer gewissen Aufweckreaktion geführt hat und deshalb die BIS-Scores angestiegen sind. Im Gegensatz zur ersten Begründung halten wir letztere für relativ unwahrscheinlich, wenn man bedenkt, wie viele Studien bereits den positiven Effekt von Musik auf die Sedierung im Allgemeinen dargestellt haben [11,71,106,125,130,137,275].

6.3.2.1.5 Studie von Simcock et al.

Sehr ähnlich in der Methodik, aber doch unterschiedlich in der Zielsetzung ist die Studie von Simcock et al. [224]. Sie nehmen an, dass Patienten, die während der Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese ihre selbst ausgewählte Musik hören können, postoperativ weniger Schmerzen haben und zufriedener sind als die Personen ohne Musik. Dazu wurden 30 Patienten, die sich der Implantation eines Kniegelenkersatzes unter Spinal-Epiduralanästhesie mit zusätzlicher Sedierung unterziehen mussten, randomisiert in die Musik- oder die Placebo-Gruppe eingeteilt [224]. Der Musik-Gruppe wurde die selbst mitgebrachte Musik vorgespielt, während die Placebogruppe einen MP3-Player ohne Musik-Datei erhielt. In ihrer Studie wurden – im Gegensatz zur eigenen – geräuschunterdrückende Kopfhörer angewandt, damit beide Untersuchungsgruppen den OP-Lärm nicht wahrnehmen konnten. Damit war definitiv nicht ausschließlich die Lärmunterdrückung für eine mögliche Schmerzminderung in der Musik-Gruppe verantwortlich, da auch die Placebogruppe diesen nicht hören konnte.

Entstehende Unterschiede bezogen sich – entsprechend ihrer Studienhypothese – also nur auf die Wirkung der Musik. Auch bei Simcock et al. [224] wurde die Applikation der Kopfhörer erst nach eingesetzter Sedierungsmittelwirkung durchgeführt, um die Verblindung beibehalten zu können. Die postoperativen Schmerzen und die Patientenzufriedenheit wurden 0, 3, 6 und 24 Stunden nach Operationsende mit Hilfe der VAS bzw. einer 5-Punkte-Skala mit Wortäußerungen gemessen. Nach 24 Stunden wurde zusätzlich noch die Einschätzung der Patienten bezüglich der Gruppenzuteilung abgefragt. Dabei konnten 60% der Patienten richtig angeben, welcher Gruppe sie angehörten. Dieses Ergebnis sehen Simcock et al. [224] als Limitation ihrer Studie an. Sie gehen davon aus, dass es trotz kontinuierlicher Sedierungsmittelapplikation zum intermittierenden Bewusstsein der Personen gekommen sein muss und diese deshalb in mehr als der Hälfte über ihre Zuteilung Bescheid wussten. Bezuglich der Schmerzauswertung ergab sich zum Zeitpunkt 0 kein Unterschied in der mittleren Schmerzintensität zwischen den beiden Gruppen. Allerdings beklagten die Patienten der Musik-Gruppe 3 Stunden ($1,47 \pm 1,39$ versus $3,87 \pm 3,44$ $p=0,01$) und 24 Stunden ($2,41 \pm 1,67$ versus $4,03 \pm 2,89$ $p=0,04$) nach Ende des Eingriffs signifikant weniger Schmerzen als die Teilnehmer der Placebogruppe. Das Ergebnis nach 6 Stunden erreichte jedoch die statistische Signifikanz nicht ($p= 0,075$). Ursache dafür ist laut Autor die in eben diesem Zeitraum gesteigerte Schmerzempfindung aufgrund der nachlassenden Wirkung der Spinalanästhesie und des Übergangs zur oralen Medikamentenverabreichung. Dennoch konnten Simcock et al. [224] damit eine deutlich längere Wirkung der Musik nachweisen als Nilsson et al. [173] in ihrer Studie. Letztere stellten nämlich nur bis zwei Stunden post-OP einen positiven Effekt von Musik fest [173]. Die tendenziell größere Patientenzufriedenheit in der Musik-Gruppe von Simcock et al. [224] erreichte ebenfalls nicht das Signifikanzniveau. Letztere wurde in der eigenen Studie nicht separat evaluiert, was als weitere Verbesserungsmöglichkeit der Methodik angesehen werden könnte.

6.3.2.1.6 Studie von Reza et al.

Auch bei der Studie von Reza et al. [195] wurde die Patientenzufriedenheit postoperativ nicht gesondert erfragt. Sie richteten ihr Hauptaugenmerk – in Übereinstimmung mit der eigenen Studienhypothese – auf die Wirkung intraoperativer Musik auf die Schmerzentwicklung. Zusätzlich wollten Reza et al. [195] einen möglichen Einfluss auf die postoperative Angst darlegen. Ihr Patientenkollektiv umfasste 100 Patientinnen, die für einen Kaiserschnitt unter Allgemeinanästhesie vorgesehen waren. Diese wurden randomisiert in zwei Gruppen zu je 50 Personen aufgeteilt, eine Musik-Gruppe und eine

Kontrollgruppe mit Rauschgeräuschen [195]. Präoperativ wurde den Frauen der Umgang mit der VAS beigebracht, um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch falschen Gebrauch zu verhindern. Diese einfache und nur gering zeitaufwendige Maßnahme erscheint uns sehr sinnvoll und wäre vor allem bei dem älteren Patientengut der eigenen Studie sicherlich vorteilhaft gewesen. Die 50 Patientinnen der Musik-Gruppe hörten über einen verschlossenen Kopfhörer spanische Gitarrenmusik, während die restlichen Frauen über dasselbe Headset das Rauschgeräusch einer leeren CD hörten. Beide konnten – laut Aussage der Autoren – die OP-Geräusche nicht wahrnehmen [195]. Außerdem war somit die doppelte Verblindung möglich. Die Einspielung der Geräusche fand ebenfalls nur für die Dauer der Operation statt. Nach dem Eingriff wurde von Dritten die Schmerzintensität zuerst im Aufwachraum und dann $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4 und 6 Stunden nach Verlassen der PACU mittels der Visuellen Analogen Skala erhoben. Grund für die Beschränkung auf die unmittelbar postoperative Phase waren die Ergebnisse von Nilsson et al. [172,173], die nur für zwei Stunden postoperativ einen Effekt der Musik nachweisen konnten. Für die Evaluation der postoperativen Angst wurde die gleiche Messskala verwendet. Reza et al. [195] erhielten als Ergebnis ihrer Studie keine Unterschiede zwischen den Untergruppen bezüglich der Schmerzausprägung, des Analgetikaverbrauchs, der Häufigkeit des Erbrechens und der postoperativen Angst. Als mögliche Ursache sehen sie die vorgenommene Musikauswahl an. Die in ihrer Studie verwendete spanische Gitarrenmusik ist eine für iranische Patientinnen ungewohnte Musikrichtung und könnte vielleicht deshalb keinen Einfluss auf die evaluierten Größen genommen haben [195]. Außerdem erklären sie sich die Ineffektivität der Musik bezüglich der postoperativen Angst mit dem ohnehin niedrigen präoperativen Angstlevel bei einem Kaiserschnitt. Dieser Zusammenhang ist durchaus nachvollziehbar.

6.3.2.1.7 Studie von Ebneshahidi et al.

Die gleiche Hypothese wie Reza et al. [195] stellten Ebneshahidi et al. [59] für ihre Studie auf, mit dem Unterschied, dass in ihrem Fall die Musikeinspielung erst postoperativ stattfinden sollte. Es war ihr Ziel, zu erforschen, ob postoperative Musik einen Effekt auf die Schmerzen, die Angst, den Analgetikaverbrauch und die Hämodynamik ausübt [59]. Durchgeführt wurde diese Studie mit 80 schwangeren Frauen, die für einen geplanten Kaiserschnitt unter Allgemeinanästhesie vorgesehen waren. Im Vorfeld sollten alle ihre eigene Lieblingsmusik mitbringen und sich – wie schon bei Reza et al. [195] – mit der Anwendung der Visuellen Analogen Skala vertraut machen. Die Zuteilung zur Musik- und Ruhegruppe erfolgte randomisiert. Fünfzehn

Minuten nach dem Eintreffen im Aufwachraum wurde den Patientinnen der Versuchsgruppe für die Dauer einer halben Stunde die Musik appliziert [59]. Die gewünschte Lautstärke sollte sich jede Person individuell einstellen. Die Frauen der Kontrollgruppe trugen Kopfhörer ohne Musik, welche allerdings – wie auch die der Musik-Gruppe – Umgebungsgeräusche nicht unterbinden sollten [59]. Derartig schallundichte Headsets erscheinen uns im Hinblick auf die Studienhypothese als nicht sinngemäß. Zum einen wird die Musik durch die Umgebungsgeräusche möglicherweise gestört und nicht als gleichermaßen entspannend und beruhigend angesehen und zum anderen trifft somit der von den Autoren des Öfteren verwendete Begriff „silence group“ für die Kontrollgruppe nicht zu und gibt dem Leser eine falsche Vorstellung von der Vergleichsgruppe. Dennoch war nur durch die Kopfhöreranwendung in beiden Gruppen die von den Forschern beabsichtigte Verblindung des Personals möglich, wenngleich die Patientinnen ab einem gewissen Wachheitsgrad über ihre Zuteilung Bescheid wussten. Die Schmerzintensität wurde – wie bereits erwähnt – auch mit der VAS gemessen. Für die Beurteilung der Angst verwendete man eine ähnliche Skala. Gleichzeitig mit dem Abnehmen der Headsets nach den 30 Minuten mussten die Patientinnen ihre Schmerzen und ihre Angst quantifizieren. Zusätzlich gingen noch der Analgetikaverbrauch und die aus zwei unabhängigen Messungen erhobenen gemittelten hämodynamischen Größen Puls und Blutdruck in die Auswertung mit ein. Im Gegensatz zu Reza et al. [195] zeigten sich bei Ebneshahidi [59] signifikant geringere Schmerzen und ein verminderter Analgetikaverbrauch bei den Patientinnen der Musik-Gruppe. Bei der Auswertung der postoperativen Angst, des Blutdrucks und des Pulses konnten keine gruppenspezifischen Unterschiede dargestellt werden. Diese Ergebnisse weisen laut Ebneshahidi et al. [59] auf die wichtige Rolle der Musik in der perianästhetischen Patientenversorgung hin. Ebenso wie Reza et al. [195] sieht auch diese Forschergruppe die nur geringe präoperative Angst als Grund für den fehlenden Unterschied in der postoperativen Angstausprägung an. Eine mögliche Ungenauigkeit der Patientenangaben durch eine von der Anästhesie noch bestehende Benommenheit schließen die Autoren aus und halten die Daten deshalb für ausreichend valide [59]. Durch solche pauschalen Annahmen kann nach eigener Meinung ein möglicher Einfluss der postoperativen Verwirrtheit auf die Angaben nicht ausgeschlossen werden. Deshalb sollte dies als eventuelle Fehlerquelle der Studie von Ebneshahidi [59] angesehen werden. Als Limitation der Arbeit sehen die Forscher selbst die nur auf die unmittelbar postoperative Periode beschränkte Datenerhebung und die einmalige VAS-Evaluierung an. Da sie bei längerer Beobachtung einen größeren Effekt der Musik erwarten würden, hätten sie nach eigener Aussage die Daten über das Wirkende der Anästhesiomedikation hinaus erheben sollen.

6.3.2.2 Folgerungen aus dem Studienvergleich

6.3.2.2.1 Folgerungen bezüglich des Anwendungszeitpunktes der Musik

Betrachtet man die beiden letzten Studien von Reza et al. [195] und Ebneshahidi et al. [59], so fallen zahlreiche Gemeinsamkeiten auf. Beide untersuchen die Wirkung von Musik auf die Schmerzintensität und die Angst. Dazu rekrutierten sowohl Reza et al. [195] als auch Ebneshahidi et al. [59] ein ähnlich großes Kollektiv von Patientinnen, die für einen Kaiserschnitt unter Allgemeinanästhesie vorgesehen waren. Dieses unterteilten beide in eine Musik-Gruppe und eine Kontrollgruppe. Außerdem wurde in beiden Fällen die Visuelle Analoge Skala zur Schmerzbeurteilung verwendet und deren Gebrauch vorab erklärt. Der Unterschied bezieht sich ausschließlich auf den Anwendungszeitpunkt und die Art der eingesetzten Musik. Reza et al. [195] applizieren die Musik – wie auch in der eigenen Studie – intraoperativ und verwenden für beide Gruppen möglichst schalldichte Kopfhörer. Im Gegensatz dazu erhielten die Patientinnen bei Ebneshahidi et al. [59] die Musik erst postoperativ im Aufwachraum und konnten trotz Kopfhörer die Umgebungsgeräusche noch wahrnehmen. Des Weiteren wurde den Personen in Rezas [195] Studie eine vorgegebene Gitarrenmusik vorgespielt, während die Patienten bei Ebneshahidi et al. [59] ihre eigene Lieblingsmusik mitbringen sollten. Aufgrund des gemeinsamen Grundgerüstes und der ganz speziellen Unterschiede eignen sich diese beiden Studien besonders zum Vergleich der Auswirkungen von Musik bei unterschiedlichen Anwendungszeitpunkten. Reza et al. [195] können in ihrer Studie keinerlei Vorteile der Verwendung intraoperativer Musik darstellen; sie führt zu keinen Veränderungen bezüglich der Schmerzausprägung, der Übelkeit, der Angst und des Analgetikaverbrauches. Dagegen sprechen die Ergebnisse von Ebneshahidi [59] eindeutig für einen positiven Effekt der postoperativen Intervention. In ihrer Studie war der mittlere Schmerzlevel in der Musik-Gruppe um durchschnittlich 19 Punkte (VAS-Skala von 0-100) niedriger als in der Kontrollgruppe [59]. Auch der Morphinverbrauch ist in der Interventionsgruppe im Schnitt um 0,9 mg signifikant gesunken [59].

Dennoch sollte man damit weder die eigenen Ergebnisse zur Applikation während der OP bestätigt sehen, noch zu dem Schluss kommen, dass nur die postoperative und nicht die intraoperative Anwendung von Musik positive Effekte erzielen kann. Zum einen ist nicht ganz ausgeschlossen, dass – wie Reza et al. [195] selbst vermuteten – die Art der intraoperativ verwendeten Musik unpassend für das iranische Patientenkollektiv war. Laut Siedliecki [222] ist es am wichtigsten, dass dem Patienten die Musik gefällt und das kann in dieser Studie nicht sicher vorausgesagt werden. Zum anderen wurde die Operation bei Reza et al. [195] unter Allgemeinanästhesie durchgeführt und nicht – wie im eigenen Setting – unter Sedierung. Deshalb können deren Ergebnisse zwar als

richtungsweisend angesehen, aber nur unter Einschränkungen mit den eigenen Resultaten in Zusammenhang gebracht werden.

6.3.2.2.2 Folgerungen aus dem direkten Vergleich mit Simcocks Studie

Zum Vergleich mit unserer Studie eignet sich die bereits dargestellte Arbeit von Simcock et al. [224] am besten. Diese Forscher untersuchten ebenfalls die Auswirkung intraoperativer Musik auf die postoperative Schmerzentwicklung. Auch ihre Patienten erhielten einen Kniegelenkersatz in Regionalanästhesie mit zusätzlicher Propofolsedierung. Zur postoperativen Schmerzbestimmung wurde ebenso die VAS verwendet. Unterschiedlich sind nur die Größe des Patientenkollektivs, die Anzahl der Gruppen und die Dauer der Schmerzscoreserhebung. Simcock et al. [224] haben mit 30 Patienten deutlich weniger ins Studienkollektiv aufgenommen und sie anschließend nur in zwei Gruppen aufgeteilt – eine Musik-Gruppe und eine Schallschutz-Gruppe. Deshalb konnten keine Vergleiche zu einer Gruppe, die dem OP-Lärm ausgesetzt war, angestellt werden. Des Weiteren beschränkte sich die Messung der Schmerzscores auf die ersten 24 Stunden nach der Operation und nicht – wie in der eigenen Studie – auf den gesamten postoperativen Krankenhausaufenthalt. Trotz dieser Unterschiede ist die Basis beider Arbeiten identisch und ein Ergebnisvergleich deshalb möglich. Bei Simcock et al. [224] zeigten sich die positiven Auswirkungen der intraoperativen Musikanwendung deutlich. 3 und 24 Stunden nach dem Eingriff beklagten die Patienten der Musik-Gruppe signifikant weniger Schmerzen als die der Schallschutz-Gruppe. Im Gegensatz dazu konnte in der eigenen Arbeit keine Verbesserung der postoperativen Schmerzsituation durch Musik oder Schallschutz belegt werden. Deshalb stellt sich nun die Frage, weshalb die Musikanwendung in Simcocks [224] Studie positive Effekte erzielte und in der eigenen nicht, wo doch die Grundzüge beider Arbeiten identisch sind. Ein möglicher Grund dafür ist die Art der Musik. Die Patienten der Vergleichsstudie sollten ihre eigene Lieblingsmusik mitbringen, wohingegen in unserer Studie „nur“ die Auswahl zwischen drei Musikrichtungen ermöglicht wurde. Die Meinungen anderer Forscher diesbezüglich differieren gravierend. Während einige die eigene Musikzusammenstellung und die persönlichen Vorlieben für sehr entscheidend ansehen [57,59,155,162], ist für andere eine vorgegebene Musikrichtung effektiver [38]. Auch wenn die Patienten unserer Studie die Musik nicht selbst mitbringen konnten, wurde dennoch den persönlichen Vorlieben Sorge getragen. Ein weiterer Grund für eben diesen Wirkeffekt könnten die von Simcock et al. [224] verwendeten Kopfhörer sein. Sie benutzten in beiden Gruppen vollständig schalldämpfende Headphones, die eine Wahrnehmung des Umgebungsschalls verhinderten. Somit konnte nur die Musik und

nicht der Operationslärm zum Gehör des Patienten vordringen. Derartige Kopfhörer fanden in unserer Studie keine Anwendung. Eine andere Ursache für die widersprüchlichen Ergebnisse könnte die Sedierungstiefe darstellen. Es wurde zwar in keiner der beiden Studien der BIS oder der OAA/S-Score erhoben, doch konnten die Patienten in Simcocks [224] Studie zu 60% richtig angeben, welcher Gruppe sie angehörten. Dieses Ergebnis lässt eine niedrigere Sedierung und folglich eine häufigere intraoperative Wachheit vermuten. Das eigene Patientenkollektiv wurde zwar nicht ausdrücklich zur Einschätzung der eigenen Gruppenzugehörigkeit befragt, aber die nur bei 12% vorkommende explizite Erinnerung an das Operationsgeschehen lässt zumindest eine tiefere Sedierung annehmen. Möglicherweise konnten aus diesen dargelegten Gründen die positiven Auswirkungen der Musik auf das Schmerzempfinden bei Simcock et al. [224] dargelegt werden, wohingegen dies in der eigenen Studie nicht möglich war.

6.3.2.2.3 Weitere, in den Vergleichsstudien dargestellte Effekte von Musik

Auch die von der Schmerzempfindung unabhängigen Vorteile der intra- oder perioperativen, akustischen Wahrnehmung sollten nicht unbeachtet bleiben. Bei fast allen dargestellten Studien – mit Ausnahme der Arbeiten von Kang [125] und Reza [195] – konnte die Musik oder Suggestion als positiver Einflussfaktor auf unterschiedliche Variablen dargestellt werden. Bei Heitz [98] und Bonke [22] verbesserten diese das postoperative Wohlbefinden deutlich, Ayoub [11] stellt die Musik als Methode zur Sedierungsmittelleinsparung dar und Simcock [224] und Ebneshahidi [59] sehen diese als Audioanalgetikum an [11,22,59,98,224]. Akustische Wahrnehmungen können – wie dargestellt – nicht nur die Schmerzen beeinflussen, sondern auf vielfältige Weise das Erleben der perioperativen Phase positiv modulieren.

6.3.2.2.4 Folgerungen bezüglich der eigenen Studienmethodik

Abschließend zu diesem Studienvergleich sollte noch festgehalten werden, dass die eigene Methodik der der dargestellten Studien ähnlich ist. Sowohl die Größe unseres Patientenkollektivs als auch die Anzahl der eigenen Untersuchungsgruppen spiegeln die Verhältnisse der beschriebenen Arbeiten vergleichbarer Thematik wider. Die VAS als Bewertungsskala für Schmerzintensitäten ist ebenfalls eine in diesen Vergleichsstudien häufig vertretene Evaluierungsmethode. Als Verbesserung der eigenen Studie könnte die von Simcock et al. [224] durchgeführte Befragung der Patienten zu ihrer Zufriedenheit und der vermuteten Gruppenzuteilung dienen. Außerdem wäre es

möglicherweise für das Ergebnis von Vorteil, wenn die Patienten – wie bei Kang et al. [125] – selbst vorab die Lautstärke der Musik bestimmen. Dadurch würden sicherlich viele Teilnehmer die Musik lauter als die standardisierten Vol14 einstellen und das Durchdringen der Operationsgeräusche wäre in einigen Fällen geringer. Als besonders sinnvolles Fazit aus dem Studienvergleich sehen wir die präoperative Erklärung der Visuellen Analogen Skala an. Somit könnte eine mögliche Fehlerquelle der eigenen Studie verhindert werden.

6.4 Resümierender Überblick über eingangs dargestellte Studienergebnisse und wichtige Erkenntnisse aus der Diskussion

6.4.1 Erkenntnisse bezüglich der Sedierung als Gedächtnisblockade

Abschließend sollte noch einmal überdacht werden, ob die Sedierung – entsprechend ihrer eigentlichen Intention – jede Art der Erinnerung an intraoperative Ereignisse verhindern kann. Das würde bedeuten, dass sowohl die explizite, erinnerliche, als auch die implizite, unbewusste Wahrnehmung des Operationsgeschehens unterbunden wird. Allerdings entspricht dies – wie dargestellt – nicht der Wirklichkeit. 12% der eigenen Patienten konnten sich nach deren Aussage postoperativ an Vorkommnisse während der Operation erinnern. Auch wenn sich wahrscheinlich nicht alles, worüber die Patienten berichten, auch tatsächlich intraoperativ ereignet hat, muss man dennoch davon ausgehen, dass sich zumindest ein Teil derer wirklich an den Eingriff erinnert. Also konnte trotz korrekter Abwicklung der Sedierung durch das Anästhesistenteam die explizite Erinnerung an die Operation nicht in 100% der Fälle verhindert werden. Noch eindrücklicher zeigte sich dies bei der Studie von Simcock et al. [224]. Obwohl ihre Patienten durchgehend sediert wurden, konnten 60% derer postoperativ ihre Gruppenzuteilung korrekt wiedergeben. Laut Simcock et al. [224] ist es nicht ungewöhnlich, dass die sedierten Patienten zwischen Bewusstsein und Bewusstlosigkeit hin und her driften. Die von Dritten angenommene Bewusstlosigkeit ist allerdings auch kein Garant für eine fehlende Gedächtnisleistung. Koelsch et al. [131] haben in ihrer Studie herausgefunden, dass das auditiv-sensorische Gedächtnis auch unter tiefer Propofolsedierung in gewissem Maße aktiv ist. Sogar unter Allgemeinanästhesie konnte die implizite Gedächtnisleistung bereits nachgewiesen werden [119,211,212]. Deshalb muss man davon ausgehen, dass die Operationsgeräusche während Knieprothesenimplantationen unter Sedierung auch im

impliziten Gedächtnis der Patienten gespeichert werden und jene postoperativ unbewusst beeinflussen.

6.4.2 Erkenntnisse bezüglich der eigenen Studienfragestellung

Entsprechend unserer Studienhypothese gehen wir davon aus, dass sich derartige implizite Erinnerungen in der Schmerzintensität widerspiegeln. Um dies herauszufinden wurde für ein Drittel der Patienten der Lärm vermindert und für ein weiteres Drittel Musik eingespielt. Letztere sollte dabei – zusätzlich zur Unterdrückung des Operationslärms – als komplementärer Beitrag zum interdisziplinären, multimodalen Schmerztherapiekonzept fungieren. Die positive Wirkung von Musik auf die Schmerzintensität im Allgemeinen wurde – wie bereits erörtert – schon zahlreich dargestellt [16,39,58,59,72,143,173,175,220,224,244]. Die Theorie und die klinische Praxis der Musiktherapie haben sich zunehmend zu einem neurowissenschaftlich begründeten Modell gewandelt, welches auf der Gehirnfunktion und der Musikwahrnehmung basiert [245]. Dadurch wird sich laut Thaut [245] und Ebneshahidi [59] diese Therapieform vom Status einer Zusatzoption befreien und eine zentrale Behandlungsoption auf präventivem, klinischem und rehabilitativem Gebiet darstellen [59,245]. Dennoch ist es nicht immer möglich, diese positiven Effekte nachweislich zu belegen. Nach Ghoneim et al. [75] ist meistens die zum Großteil dürftige Forschungsmethodik der Studien dafür verantwortlich, dass sich die vorteilhaften Wirkungen der Musik nicht dokumentieren lassen. Allerdings sehen wir unsere eigene Methodik als sinngemäß und mit anderen Studien vergleichbar an und können nur wenige Kritikpunkte und Verbesserungsmöglichkeiten feststellen. Dennoch ließen sich in der vorliegenden Arbeit keine positiven Effekte der Musik oder der Schalldämpfung auf die Schmerzwahrnehmung darstellen.

Deshalb ist es – um die eingangs dargelegte Studienfragestellung zu beantworten – nach unseren Ergebnissen nicht sinnvoll, allen Patienten, die sich einer lärmintensiven Operation in Regionalanästhesie mit zusätzlicher Sedierung unterziehen, eine Form der Schallprotektion zur Herabsetzung der postoperativen Schmerzintensität zukommen zu lassen. Auch zwischen den beiden verschiedenen Arten der Schalldämpfung zeigten sich keine Unterschiede.

6.4.3 Eigene Studienergebnisse im klinischen Kontext

Dieses eigene Resümee bezieht sich aber nur auf die Wirkung von intraoperativer Schalldämpfung und Musikeinspielung auf die postoperative Schmerzentwicklung. Allerdings bringt die intraoperativ angewandte Musik viele andere Vorteile mit sich, die vor dem Hintergrund der eigenen Studienfragestellung nicht untersucht wurden.

In vielen Studien wurde herausgefunden, dass positive akustische Reize während der Operation den Sedierungs- und Schmerzmittelverbrauch reduzieren [11,130,275] und die Zufriedenheit der Patienten steigern [22,275]. Außerdem sollten auch die Ergebnisse von Nilsson [173] und Simcock [224] bezüglich der Musik auf die Schmerzentwicklung nicht unbeachtet bleiben. Für eine kurze postoperative Phase konnten diese beiden Forscher eine Schmerzverminderung dank der eingespielten Akustik feststellen. Des Weiteren muss man bedenken, dass der Patient für den Fall, dass er während der Sedierung sein Bewusstsein erlangt – was nicht zu 100% verhindert werden kann – nur die Musik wahrnehmen kann. Weder die Geräusche der OP-Geräte noch der Alarm der Anästhesie wird ihn also beunruhigen. Bei der eigenen Studiendurchführung haben wir außerdem die Erfahrung gemacht, dass manche Patienten die Musik nicht zu laut haben wollten. Denjenigen dürfte demzufolge das Lautstärkelevel der OP-Geräusche um einiges zu hoch sein und ein Schallschutz durch Musikeinspielung wäre wiederum von Vorteil. Trotz der Bedenken bezüglich der Lautstärke der Musik waren alle Teilnehmer der eigenen Studie von dieser Intervention sehr angetan. Dies zeigte sich daran, dass jeder Patient im Zeitraum der Studiendurchführung, der den Einschlusskriterien entsprochen hat, mit großem Interesse an der Studie teilgenommen hat. Sie rechneten der Musik eine große Wirkung zu und waren froh über die Möglichkeit, diese intraoperativ eingespielt zu bekommen. Ähnliche Beobachtungen machten auch Simcock et al. [224]. Für sie erschien es, als ob die Patienten nie zuvor eifriger gewesen wären, eine alternative Maßnahme in deren Patientenversorgung zu integrieren. Ihre Teilnehmer waren richtig enthusiastisch über die Möglichkeit, während der Operation Musik zu hören [224]. Die Patienten sind also sehr dankbar über diese Option und wären womöglich präoperativ beruhigter, wenn ihnen diese Intervention vorab zugesichert werden würde.

6.4.4 Erkenntnisse bezüglich der prä- und postoperativen Musikanwendung

Nicht nur die intraoperative Musikapplikation zeigt ihre Wirkung, viele weitere Vorteile bringt auch die prä- und postoperative Anwendung mit sich. Während der Prämedikation bewirkt Musik eine Steigerung der Sedierung, die sich in einer Verringerung des BIS

darstellt [71]. Außerdem können mit dieser Intervention die Einleitungszeiten der Anästhesie verkürzt werden (Beispiel: 12 min Musik-Gruppe vs. 18 min Kontrollgruppe) [275]. Postoperativ verwendet führt die Musik zu einer Verminderung der Angst [16,175] und vor allem zu einer Reduzierung der Schmerzen [16,39,59,143,173,175,220]. Deshalb dauert es auch deutlich länger bis die Patienten Schmerzmittel anfordern [98] und die Menge der benötigten Analgetika ist signifikant geringer [39,59,170,173]. Bei Ebneshahidi et al. [59] konnte beispielsweise der Morphinverbrauch in der ersten Stunde post-OP von 2,5 mg in der Kontrollgruppe auf 1,6 mg in der Musik-Gruppe gesenkt werden. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei Nilsson et al. [173]; dort verminderte sich der Morphinverbrauch nach einer Stunde PACU-Aufenthalt von 2,5 mg in der Vergleichsgruppe auf 1,2 mg in der Musik-Gruppe. Auf besonders eindrückliche Weise äußert sich der Einsatz postoperativer Musik in einer Steigerung der Zufriedenheit und des Wohlbefindens der Patienten [58,66,98,162,170,220]. Dazu trägt sicherlich der ablenkende und entspannende Effekt der Musik bei [72,130]. Außerdem kann die Musik auch die Reaktion des Patienten auf den erhöhten Stress modulieren [252].

6.4.5 Vorteile einer prä-, intra- und postoperativen Musikanwendung

Mit diesen Wirkeffekten konnte dargestellt werden, dass nicht nur die intraoperative, sondern auch die prä- und postoperative Anwendung der Musik viele zahlreiche Vorteile mit sich bringt – Vorteile mit weitreichenden Wirkungen. Bei der Fülle an Patienten, die von dieser Intervention profitieren könnten, ergibt sich womöglich auch ein wirtschaftlicher Benefit. Zum einen können durch den verminderten Verbrauch an Prämedikationsmitteln, Sedierungsmedikamenten und Analgetika Kosten eingespart werden und zum anderen werden der logistische Aufwand und der Durchsatz im OP durch die verkürzten Einleitungszeiten optimiert. Noch wichtiger als die wirtschaftliche Rentabilität sind die Vorteile für den Patienten selbst. Auch dieser zieht für sich aus dem verminderten Medikamentenverbrauch einen großen Nutzen, da die Häufigkeit von auftretenden Nebenwirkungen wesentlich geringer ist. Außerdem tragen die verminderten Schmerzen und die größere Zufriedenheit zum Genesungsprozess bei. Möglicherweise könnten sich dadurch die Aufenthaltsdauer im Krankenhaus und der Rehabilitationseinrichtung verkürzen. Dies würde im Folgeschluss wiederum zu einer erheblichen Kosteneinsparung führen. Ähnlicher Meinung sind auch Simcock et al. [224]. Sie stellten fest, dass die Bestrebungen zur maximalen Schmerzreduktion in einer größeren Patientenzufriedenheit, einer gesteigerten Mobilität, einer kürzeren Phase im Aufwachraum und einer geringeren Aufenthaltsdauer resultieren. Deshalb sollten ihrer

Meinung nach alternative, nichtmedikamentöse Maßnahmen zur Schmerzreduktion intensiv erforscht werden. Ebneshahidi et al. [59] sind ebenfalls davon überzeugt, dass die Patientenzufriedenheit und die allgemeine Einstellung zur Musik am Krankenbett wichtige Schlüsselemente für eine Erleichterung des Genesungsprozesses darstellen. Damit könnte auch nach deren Einschätzung der Durchsatz im Operationssaal gesteigert und die Kosten für die postoperative Behandlung minimiert werden.

Aufgrund dieser mannigfaltigen Vorteile der Musik erscheint es uns als sehr sinnvoll und rentabel, diese im gesamten perioperativen Setting einzusetzen – prä-, intra- und postoperativ. Vorab soll sie hauptsächlich den Patienten beruhigen und entspannen, während der Operation die Sedierung unterstützen und im Nachhinein die Schmerzen vermindern und das Wohlbefinden des Patienten steigern. Auf diese Weise kann mit einer leicht anwendbaren, nebenwirkungsfreien und kostengünstigen Maßnahme der gesamte Ablauf eines Eingriffs erleichtert werden – natürlich bei dem Einen mehr und bei dem Anderen weniger. Jeder Patient wird individuell auf diese Maßnahme reagieren, aber sie wird sicherlich niemandem zum Nachteil gereichen. Auch für Ebneshahidi et al. [59] erscheint die perioperative Verwendung von Musik als vorteilhaft.

6.4.6 Empfehlungen zur Durchführung einer perioperativen Musikanwendung

Für die Verwendung von Musik im gesamten perioperativen Setting sollten nach unserer Meinung die Patienten ihre eigene Lieblingsmusik mitbringen und als Ersatz – wie durchgeführt – die Auswahlmöglichkeit zwischen verschiedenen Musikrichtungen zur Verfügung gestellt bekommen. Auch andere Autoren sind der Überzeugung, dass dem Patienten die Musik gefallen muss und dies ist doch am ehesten der Fall, wenn er selbst die Lieder aussucht [162,222]. Des Weiteren sehen wir es für die Praxis als sehr wichtig an, dass für die Durchführung umgebungsschallunterdrückende Kopfhörer verwendet werden. Zum einen verhindert eine Musikeinspielung über ein Headset, dass das OP-Personal von seiner Arbeit abgelenkt wird. In einer Studie wurde gezeigt, dass sich 51% der Anästhesisten von Musik im Operationssaal gestört fühlen, wenn ein Problem auftritt. 11,5% der teilnehmenden Anästhesisten sehen dadurch die Wahrnehmung der verschiedenen Alarme beeinträchtigt [96]. Deshalb sollte von einer Einspielung über Lautsprecher Abstand genommen werden. Zum anderen kann somit die Wirkung der Musik nicht durch irgendwelche OP- oder Anästhesiegeräusche vermindert werden und der ablenkende Effekt wird gesteigert. Allerdings sollte durch diese Maßnahme der Kontakt zwischen Anästhesie und Patient nicht gestört werden. Demzufolge muss für die Ankündigung jeglicher Intervention – sei es Nadel legen oder Umlagern etc. – der Kopfhörer zur Ermöglichung der Kommunikation abgenommen werden. Dieser nötige

Mehraufwand erscheint uns jedoch im Hinblick auf die Vorteile der Musikanwendung als akzeptabel.

7 SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Trotz des in unserer Studie ausgebliebenen Effekts intraoperativer Musik auf das postoperative Schmerzempfinden sehen wir aufgrund der dargestellten Erkenntnisse die Musikanwendung im kompletten perioperativen Setting mit seinen mannigfaltigen Vorteilen als sehr sinnvolle, zukünftige Verbesserungsmöglichkeit des gesamten Operations- und Rehabilitationsprozesses an. Sowohl die persönliche Situation des Patienten, als auch die institutionellen Interessen profitieren von dieser unkomplizierten, nebenwirkungsfreien und kostengünstigen Maßnahme. Deshalb sollte die vorgeschlagene Intervention unter Evaluierung anderer Zielgrößen Gegenstand weiterer Studien sein. Abgesehen von den akustischen Einflüssen könnte die zusätzliche Anwendung einer Videobrille im Operationsbereich die erwähnten negativen visuellen Eindrücke auf den Patienten verhindern und in Kombination mit der Schallabschirmung den Effekt der Musikanwendung steigern. Auch diese mögliche Option sollte in zukünftigen wissenschaftlichen Arbeiten genauer untersucht werden.

8 ZUSAMMENFASSUNG

Diese Studie stellte sich zur Aufgabe, die Auswirkungen der intraoperativen Schallprotektion auf das postoperative Schmerzempfinden zu evaluieren. Außerdem sollte herausgefunden werden, welche der beiden Interventionen – Schallschutz oder Musikeinspielung – im Bezug auf die postoperative Schmerzverminderung effektiver ist. Hintergrund dieser Fragestellung ist die Annahme, dass trotz Sedierung die während einer Operation auftretenden, beängstigenden Geräusche wahrgenommen und im impliziten – teils auch im expliziten – Gedächtnis abgespeichert werden können. Des Weiteren gehen wir davon aus, dass eine derartige bewusste oder unbewusste Erinnerung an das Operationsgeschehen die postoperativen Schmerzen negativ beeinflussen und diese somit verstärken könnte.

Aus diesem Grund wurden insgesamt 83 Patienten in die prospektive, einfach-blinde Studie aufgenommen. Bei allen Personen wurde die Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese unter Regionalanästhesie (Psoas-Kompartiment- und N. ischiadicus-Katheter) mit zusätzlicher Propofolsedierung und postoperativer Regionalanalgesie durchgeführt. Die Teilnehmer wurden nach schriftlicher Zustimmung randomisiert in eine Schallschutz-Gruppe ($n=28$), eine Musik-Gruppe ($n=27$) und eine Kontrollgruppe ($n=28$) eingeteilt. Der Schallschutz wurde mit Hilfe von Oropax® und Kapselgehörschutz verwirklicht, die Musikeinspielung über Ganzohrkopfhörer mit Musik in der Lautstärke Vol14. Die Teilnehmer der Kontrollgruppe erhielten keinerlei Schallschutz. Alle Patienten gaben für den Fall, dass sie zur Musik-Gruppe gehören würden, vorab ihre Lieblingsmusikrichtung (Klassik, Volksmusik oder Rock&Pop) an. Jede Art der Schallprotektion wurde nur für die Wirkzeit des Sedierungsmittels verwendet, um die Verblindung beibehalten zu können. Postoperativ wurde die Schmerzentwicklung des Patienten durch das Team im Aufwachraum, durch den Schmerzdienst des Institutes für Anästhesiologie & Schmerztherapie und das Pflegepersonal auf Station genau beobachtet und in Form von Schmerzscores dokumentiert. Für die Erhebung der Schmerzscores wurde die Visuelle Analoge Skala (VAS) verwendet. Am Tag vor der Entlassung in die Rehabilitationsklinik wurden alle Patienten standardisiert zu ihrer Erinnerung an die Operation befragt.

Für die Auswertung wurden die pro Tag gemittelten Schmerzscores der Patienten verwendet. Damit ergeben sich im Idealfall für den gesamten Krankenhausaufenthalt sieben Werte pro Patient. Auf der Grundlage dieser Datenmenge wurden der mittlere und der maximale Score der Intervalle Tag 1-3, Tag 4-7 und Tag 1-7 deskriptiv analysiert. Für weitere Vergleiche wurden der mittlere und der maximale Score der einzelnen Tage untersucht. Alle Analysen wurden getrennt für das Kollektiv und die

einzelnen Gruppen durchgeführt. Außerdem fanden Daten aus der Patientenakte und die Angaben zur Erinnerung in der Ergebnisausarbeitung Anwendung.

Die Patienten der drei Untergruppen waren hinsichtlich der anthropometrischen Daten (Geschlecht, Alter, BMI), der Daten zur Operationsausführung (Prothesenfixierung, OP-Dauer), der postoperativen Beobachtungen (Verwendung des Femoraliskatheters, Katheterliegedauer) und der Angaben zur Erinnerung vergleichbar. Lediglich die OP-Technik (navigiert/ nicht navigiert) variierte signifikant zwischen den Versuchsgruppen. Dennoch kann das Patientenkollektiv der drei verschiedenen Gruppen als vergleichbar angesehen werden. Die Auswertung der pro Intervall gemittelten Schmerzwerte ergab in den drei verschiedenen Zeitabschnitten keinen Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen. Auch die Maximalwerte der verschiedenen Phasen wiesen beim gruppenspezifischen Vergleich ähnliche Ergebnisse auf. Ebenfalls zeigten sich bei der Erhebung der tagesspezifischen Mittel- und Maximalwerte keine Differenzen zwischen den drei verschiedenen Patientenuntergruppen. Es konnten also summa summarum keine Effekte der unterschiedlichen intraoperativen Schallprotektion auf die postoperative Schmerzausprägung dargestellt werden.

Mögliche Gründe für das Fehlen von Gruppenunterschieden sind die individuell unterschiedliche Einstellung zu Lärm an sich, die verschiedenen Erfahrungen mit Voroperationen, eine fehlende Interpretation der Geräusche als Operationslärm oder eine mangelnde Zuordnung der akustischen Reize zum Operationsgeschehen am eigenen Körper. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass sich die implizite Erinnerung nicht im Schmerzempfinden widerspiegelt, sondern in anderen Bereichen der Psyche, wie beispielsweise der Stimmungslage.

Außerdem muss – als Limitation der eigenen Studie – festgehalten werden, dass der angewandte Schallschutz eine Restwahrnehmung der Umgebungsgeräusche nicht vollständig unterbinden konnte. Somit konnten die Patienten die Operationsgeräusche trotzdem hören, wenn auch deutlich leiser. Des Weiteren sieht man die Verwendung der Faces-Pain-Scale mit der im Vergleich zur VAS geringeren Fehlerwahrscheinlichkeit bei dem vornehmlich älteren Patientengut als empfehlenswerter an.

Obwohl mit dieser Studie kein direkter Effekt der intraoperativen Schalldämpfung auf das postoperative Schmerzempfinden dargestellt werden konnte, sehen wir die Verwendung von Musik im gesamten perioperativen Setting als sehr sinnvollen, komplementären Beitrag zur Verbesserung des allgemeinen Patientenbefindens während der Operation und auch postoperativ an. Die prä-, intra- und postoperative Musikeinspielung zeigte in anderen Studien positive Auswirkungen auf die Schmerzausprägung [16,39,59,143,173,175,220,224], die Angst [16,175] und den Sedierungs- und Schmerzmittelverbrauch [11,39,59,130,170,173,275]. Vor allem die

Zufriedenheit und das Wohlbefinden der Patienten können mit dieser unkomplizierten, nebenwirkungsfreien und kostengünstigen Intervention verbessert werden [22,58,66,98,162,170,220,275]. Deshalb erscheint uns eine Kombination aller Vorteile durch das Einspielen der Musik vor, während und nach der Operation mittels umgebungsschalldämpfender Kopfhörer als empfehlenswert.

9 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] **Allen K, Golden LH, Izzo JL Jr, Ching MI, Forrest A, Niles CR, Niswander PR, Barlow JC.** Normalization of hypertensive responses during ambulatory surgical stress by perioperative music. *Psychosom Med.* 2001 May-Jun;63(3):487-492.
- [2] **American Psychiatric Association.** Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 3 Aufl, American Psychiatric Association, Washington DC 1987:247-251.
- [3] **American Psychiatric Association.** Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 4 Aufl, American Psychiatric Association, Washington DC 1994.
- [4] **American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness.** Practice advisory for intraoperative awareness and brain function monitoring: a report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Intraoperative Awareness. *Anesthesiology.* 2006;104:847-864.
- [5] **Amodei M, Kaempf G.** The effect of music on anxiety. A research study. *AORN J.* 1989 Jul;50(1):112-118.
- [6] **Anetzberger H, Müller-Gerbl M, Scherer MA, Blümel G, Putz R.** Veränderungen der subchondralen Mineralisierung nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes beim Schaf. In: Kummer B, Koebke J, Bade H. Osteologie aktuell IX. VISUS- Verlag, Herzogenaurach 1995:56-57.
- [7] **Anonymous.** On being aware. *Br J Anaesth.* 1979;51:711.
- [8] **AOK Bundesverband:** Übersicht über die für 2010 gültigen Landesbasisfallwerte in den einzelnen Bundesländern. URL: http://www.aok-gesundheitspartner.de/imperia/md/gpp/bund/krankenhaus/budgetverhandlung/landesbasisfallwert/uebersicht_lbfw_2010.pdf (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [9] **Asehnoune K, Albaladejo P, Smail N, Heriche C, Sitbon P, Gueneron JP, Chailloleau C, Benhamou D.** Information and anesthesia: what does the patient desire? *Ann Fr Anesth Reanim.* 2000 Oct;19(8):577-581.
- [10] **Auroy Y, Narchi P, Messiah A.** Serious complications related to regional anesthesia. *Anesthesiology.* 1997;87:479-486.
- [11] **Ayoub CM, Rizk LB, Yaacoub CI, Gaal D, Kain ZN.** Music and ambient operating room noise in patients undergoing spinal anesthesia. *Anesth Analg.* 2005 May;100(5):1316-1319.
- [12] **Bader R, Gallacchi G.** Schmerzkompendium, Schmerzen verstehen und behandeln. Georg Thieme, Stuttgart, New York 2001.
- [13] **Bahl CP, Wadwa S.** Consciousness during apparent surgical anaesthesia: a case report. *Br J Anaesth.* 1968;40:289.

- [14] **Bellamy** N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt I. Validation study of WOMAC: A health status instrument for measuring clinically-important patient-relevant outcomes following total hip or knee arthroplasty in osteoarthritis. *J Orthop Rheumatol.* 1988;1:95-108.
- [15] **Benninghoff** A, Drenckhahn D. Taschenbuch Anatomie. 1 Aufl, Elsevier, Urban&Fischer, München 2008.
- [16] **Bernatzky** G, Likar R, Wendtner F, Wenzel G, Ausserwinkler M, Sittl R. Nichtmedikamentöse Schmerztherapie, komplementäre Methoden in der Praxis. Springer, Wien, New York 2007.
- [17] **Besson** JM, Chaouch A. Peripheral and spinal mechanisms of nociception. *Physiol Rev.* 1987;67:67-186.
- [18] **Biedler** A, Juckenhöfel S, Feisel C, Wilhelm W, Larsen R. Cognitive impairment in the early postoperative period after remifentanil-propofol and sevoflurane-fentanyl anesthesia. *Anaesthesia.* 2000;49(4):286-290.
- [19] **Bieri** D, Reeve RA, Champion GD, Addicoat L, Ziegler JB. The Faces Pain Scale for the self-assessment of the severity of pain experienced by children: development, initial validation, and preliminary investigation for ratio scale properties. *Pain.* 1990 May;41(2):139-150.
- [20] **Bijur** PE, Silver W, Gallagher EJ. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Acad Emerg Med.* 2001 Dec;8(12):1153-1157.
- [21] **Blacher** RS. On awakening paralyzed during surgery: a syndrome of traumatic neurosis. *JAMA.* 1975;234:67.
- [22] **Bonke** B, Schmitz PI, Verhage F, Zwaveling A. Clinical study of so-called unconscious perception during general anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1986 Sep;58(9):957-964.
- [23] **Borgeat** A, Ekatodramis G, Schenker CA. Postoperative nausea and vomiting in regional anesthesia: a review. *Anesthesiology.* 2003 Feb;98(2):530-547.
- [24] **Borgers** H.: Wechseljahre. URL: <http://www.frauenarzt-infos.de/Sprechstunde/wechseljahre.htm> (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [25] **Brice** DD, Hetterington RR, Utting JE. A simple study of awareness and dreaming during anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1970;42:535-542.
- [26] **Briggs** M, Closs JS. A descriptive study of the use of visual analogue scales and verbal rating scales for the assessment of postoperative pain in orthopedic patients. *J Pain Symptom Manage.* 1999 Dec;18(6):438-446.
- [27] **Brodner** G, Mertes N, Buerkle H, Marcus MA, Van Aken H. Acute pain management: analysis, implications and consequences after prospective experience with 6349 surgical patients. *Eur J Anaesthesiol.* 2000;17:566-575.
- [28] **Broscious** SK. Music: an intervention for pain during chest tube removal after open heart surgery. *Am J Crit Care.* 1999 Nov;8(6):410-415.
- [29] **Bruch** HP, Schwandner O. Die Angst des Menschen vor der Operation. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 1997;32:315-317.

- [30] **Buerkle** H, Wuesten R. Awareness during anaesthesia. *Lancet*. 2000 May;355(9216):1721-1722.
- [31] **Bühler** KE, Bieber L. Präoperative Angst, Therapieaufklärung und Zufriedenheit mit der ärztlichen Behandlung. *Deutsches Ärzteblatt*. 1985;82:309-316.
- [32] **Bühlmann** J, Käppeli S. Pflegeschwerpunkte im Operationssaal. *Pflege*. 1999;12:238-243.
- [33] **Bundesrepublik Deutschland, Bundesministerium der Justiz**: Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen. URL: http://bundesrecht.juris.de/l_rmvibrationsarbschv/index.html (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [34] **Bundesrepublik Deutschland, Bundesministerium für Gesundheit**: Daten des Gesundheitswesens 2010. URL: https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/redaktion/pdf_publikationen/Daten_des_Gesundheitswesens.pdf (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [35] **Capdevila** X, Barthelet Y, Biboulet P. Effects of perioperative analgesic technique on the surgical outcome and duration of rehabilitation after major knee surgery. *Anesthesiology*. 1999;91:8-15.
- [36] **Capdevila** X, Biboulet P, Moreau D, Bernard N, Deschondt J, Lopez S, d'Athis F. Continuous three-in-one block for postoperative pain after lower limb orthopedic surgery: where do the catheters go? *Anest Analg*. 2002;94:1001-1006.
- [37] **Carlsson** AM. Assessment of chronic pain. I. Aspects of the reliability and validity of the visual analogue scale. *Pain*. 1983 May;16(1):87-101.
- [38] **Cepeda** MS, Africano JM, Polo R, Alcala R, Carr DB. What is the change in the pain intensity levels that is meaningful to the patients? *Pain*. 2003;105(1-2):151-157.
- [39] **Cepeda** MS, Carr DB, Lau J, Alvarez H. Music for pain relief. *Cochrane Database Syst Rev*. 2006 Apr;19(2).
- [40] **Chayen** D, Nathan H, Chayen M. The psoas compartment block. *Anesthesiology*. 1976 Jul;45(1):95-99.
- [41] **Chelly** JE, Ben-David B, Williams BA, Kentor ML. Anesthesia and postoperative analgesia: outcomes following orthopedic surgery. *Orthopedics*. 2003 Aug;26(8):865-871.
- [42] **Cheney** FW, Domino KB, Caplan RA. Nerve injury associated with anesthesia. *Anesthesiology*. 1999;90:1062-1069.
- [43] **Clark** FM, Szokol J, Kyu Koh E, Vender J. Pain control and postoperative outcome. *Anesthesiology*. 2002 Oct;97(4):1026.
- [44] **Conlan** T, Garth WP, Lemons JE. Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 1993 May;75(5):682-693.

- [45] **Creamer** P, Hochberg MC. Osteoarthritis. *Lancet*. 1997 Aug;350(9076):503-508.
- [46] **Dahanukar** SA, Thatte UM, Deshmukh DU, Kulkarni MK, Bapat RD. The influence of surgical stress on the psychoneuro-endocrine-immune axis. *Journal of Postgrad Medicine*. 1996;42(1):12-14.
- [47] **Dahlgren** N, Törnebrandt K. Neurological complications after anesthesia. A follow up of 18000 spinal and epidural anesthetics performed over three years. *Acta Anesthesiol Scand*. 1995;39:872-880.
- [48] **Dalton** JA, McNaull F. A call for standardizing the clinical rating of pain intensity using a 0 to 10 rating scale. *Cancer Nurs*. 1998 Feb;21(1):46-49.
- [49] **Davies** AF, Segar EP, Murdoch J, Wright DE, Wilson IH. Epidural infusion or combined femoral and sciatic nerve blocks as perioperative analgesia for knee arthroplasty. *Br J Anaesth*. 2004 Sep;93(3):368-374.
- [50] **Davies-Osterkamp** S. Angst und Angstbewältigung bei chirurgischen Patienten. *Medizinische Psychologie*. 1977;3:169-184.
- [51] **De Andrés** J, Valía JC, Gil A, Bolinches R. Predictors of patient satisfaction with regional anesthesia. *Reg Anesth*. 1995 Nov-Dec;20(6):498-505.
- [52] **Depenbusch** G. Pflegemaßnahmen bei perioperativer Hypothermie. *Die Schwester/ Der Pfleger*. 2001;40:122-127.
- [53] **Desio** SM, Burks RT, Bachus KN. Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee. *Am J Sports Med*. 1998 Jan-Feb;26(1):59-65.
- [54] **Dieckmann** M.: Arthrose – Erhöhte Gefahr in den Wechseljahren. URL: http://www.morphiumpflaster.de/blog/allgemein/arthrose-erhoehte-gefahr-in-den-wechseljahren_48.html (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [55] **Domino** KB, Posner KL, Caplan RA. Awareness during anesthesia: a closed claims analysis. *Anesthesiology*. 1999;90:1053-1061.
- [56] **Dudel** J. Informationsvermittlung durch elektrische Erregung. In: Schmidt RF, Thews G. *Physiologie des Menschen*. 28 Aufl, Springer, Berlin 2000:20-42.
- [57] **Dunn** K. Music and the reduction of post-operative pain. *Nurs Stand*. 2004 May;18(36):33-39.
- [58] **Easter** B, DeBoer L, Settlemyre G, Starnes C, Marlowe V, Tart RC. The impact of music on the PACU patient's perception of discomfort. *J Perianesth Nurs*. 2010 Apr;25(2):79-87.
- [59] **Ebneshahidi** A, Mohseni M. The effect of patient-selected music on early postoperative pain, anxiety, and hemodynamic profile in cesarean section surgery. *J Altern Complement Med*. 2008 Sep;14(7):827-831.
- [60] **Edsell** RD. Anxiety as a function of environmental noise and social interaction. *J Psychol*. 1976 Mar;92:219-226.
- [61] **Eisenman** A, Cohen B. Music therapy for patients undergoing regional anesthesia. *AORN J*. 1995 Dec;62(6):947-950.

- [62] **Fahy** A, Marshall M. Postanaesthetic morbidity in out-patients. *Br J Anaesth.* 1969;41:433.
- [63] **Fanelli** G, Casati A, Garancini P. Nerve Stimulator and multiple injection technique for upper and lower limb blockade: failure rate, patient acceptance and neurologic complications. *Anesth Analg.* 1999;88:847-852.
- [64] **Ficat** P, Hungerford DS. Disorders of the patello-femoral joint. Masson et Cie, Paris 1977.
- [65] **Fowler** SJ, Symons J, Sabato S, Myles PS. Epidural analgesia compared with peripheral nerve blockade after major knee surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Br J Anaesth.* 2008 Feb;100(2):154-164.
- [66] **Fredriksson** AC, Hellström L, Nilsson U. Patients' perception of music versus ordinary sound in a postanaesthesia care unit: a randomised crossover trial. *Intensive Crit Care Nurs.* 2009 Aug;25(4):208-213.
- [67] **Fried** R. Integrating music in breathing training and relaxation: I. Background, rationale, and relevant elements. *Biofeedback and Self-Regulation.* 1990;15(2):161-169.
- [68] **Fukubayashi** T, Kurosawa H. The contact area and pressure distribution pattern of the knee. A study of normal and osteoarthrotic knee joints. *Acta Orthop Scand.* 1980 Dec;51(6):871-879.
- [69] **Gagner-Tjellesen** D, Yurkovich EE, Gragert M. Use of music therapy and other ITNIs in acute care. *J Psychosoc Nurs Ment Health Serv.* 2001 Oct;39(10):26-37.
- [70] **Gajraj** NM, Sharma SK, Souter AJ, Pole Y, Sidawi JE. A survey of obstetric patients who refuse regional anaesthesia. *Anaesthesia.* 1995 Aug;50(8):740-741.
- [71] **Ganidagli** S, Cengiz M, Yanik M, Becerik C, Unal B. The effect of music on preoperative sedation and the bispectral index. *Anesth Analg.* 2005 Jul;101(1):103-106.
- [72] **Gardner** W, Licklinder J, Weisz A. Suppression of pain by sound. *Science.* 1960;132:32-33.
- [73] **Gekle** M. Taschenlehrbuch Physiologie. Georg Thieme, Stuttgart, New York 2010.
- [74] **Ghoneim** MM, Block RI. Learning and consciousness during general anesthesia. *Anesthesiology.* 1992;76:279-305.
- [75] **Ghoneim** MM, Block RI. Learning and memory during general anesthesia: an update. *Anesthesiology.* 1997 Aug;87(2):387-410.
- [76] **Ghoneim** MM. Awareness during anesthesia. *Anesthesiology.* 2000;92:597-602.
- [77] **Goldberg** M. Wachheit während der Anästhesie. In: Gravenstein N, Kirby RR. Komplikationen in der Anästhesie. Gustav Fischer, Lübeck, Stuttgart, Jena, Ulm 1999.

- [78] **Gonano** C, Meitner E, Kettner SC, Chiari A, Marhofer P. Effect of earplugs on propofol requirement and awareness with recall during spinal anesthesia. *Minerva Anestesiol.* 2010 Jul;76(7):504-508.
- [79] **Good** M, Anderson GC, Stanton-Hicks M, Grass JA, Makii M. Relaxation and music reduce pain after gynecologic surgery. *Pain Manag Nurs.* 2002 Jun;3(2):61-70.
- [80] **Good** M, Stanton-Hicks M, Grass JA, Anderson GC, Lai HL, Roykulcharoen V, Adler PA. Relaxation and music to reduce postsurgical pain. *J Adv Nurs.* 2001 Jan;33(2):208-215.
- [81] **Good** M, Stanton-Hicks M, Grass JA, Cranston Anderson G, Choi C, Schoolmeesters LJ, Salman A. Relief of postoperative pain with jaw relaxation, music and their combination. *Pain.* 1999 May;81(1-2):163-172.
- [82] **Google Inc.:** Lebenserwartung. Die durchschnittliche Lebenserwartung eines Neugeborenen bei gleichbleibender aktueller Sterblichkeitsstruktur. URL: http://www.google.de/publicdata/explore?ds=d5bnccpjof8f9_&met_y=sp_dyn_le00_in&idim=country:DEU&dl=de&hl=de&q=durchschnittliche+lebenserwartung (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [83] **Gottschalk** E. Bewältigung präoperativer Angst (Teil1). *Intensiv.* 2004;12(1):14-19.
- [84] **Gottschalk** E. Bewältigung präoperativer Angst (Teil2). *Intensiv.* 2004;12(2):75-80.
- [85] **Grabow** L. Zur Kooperation von Psychologie und Anästhesiologie in der Intensivmedizin. *Anästhesiologie, Intensivtherapie, Notfallmedizin.* 1982;17:297-300.
- [86] **Groot** KI de, Boeke S, Berge HJ van den, Duivenvoorden HJ, Bonke B, Passchier J. The influence of psychological variables on postoperative anxiety and physical complaints in patients undergoing lumbar surgery. *Pain.* 1997;69:19-25.
- [87] **Gulledge** SL, Kline OR Jr. Use of stereo headphones for patient relaxation during cataract surgery under local anesthesia. *Ophthalmic Surg.* 1981 Apr;12(4):289-290.
- [88] **Günther** KP, Puhl W, Brenner H, Stürmer T. Klinische Epidemiologie von Hüft- und Kniegelenkarthrosen. *Z Rheumatol.* 2002;61:244-249.
- [89] **Guzzetta** C. Effects of relaxation and music therapy on patients in a coronary care unit with presumptive acute myocardial infarction. *Heart Lung.* 1989 Nov;18(6):609-616.
- [90] **Hallin** RG. Pain more painful in women. Gender perspective neglected in research on the biological mechanisms of pain. *Lakartidningen.* 2003 Nov;100(46):3738-3741.
- [91] **Handwerker** HO. Einführung in die Pathophysiologie des Schmerzes. Springer, Berlin 1999.

- [92] **Hannan** MT, Felson DT, Pincus T. Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol.* 2000 Jun;27(6):1513-1517.
- [93] **Harrer** G, Harrer H. Music, emotion and autonomic arousal. In: Critchley M, Henson RA. *Music and the brain*. Charles C Thomas, Springfield 1977:202-216.
- [94] **Hautamaa** PV, Fithian DC, Kaufman KR, Daniel DM, Pohlmeyer AM. Medial soft tissue restraints in lateral patellar instability and repair. *Clin Orthop Relat Res.* 1998 Apr;349:174-182.
- [95] **Hawksley** H. Pain assessment using a visual analogue scale. *Prof Nurse.* 2000 Jun;15(9):593-597.
- [96] **Hawsworth** C, Asbury AJ, Millar K. Music in theatre: not so harmonious. A survey of attitudes to music played in the operating theatre. *Anaesthesia.* 1997 Jan;52(1):79-83.
- [97] **Heinke** W, Kenntner R, Gunter TC, Sammler D, Olthoff D, Koelsch S. Differential effects of increasing propofol sedation on frontal and temporal cortices: an ERP study. *Anesthesiology.* 2004;100:617-625.
- [98] **Heitz** L, Symreng T, Scamman FL. Effect of music therapy in the postanesthesia care unit: a nursing intervention. *J Post Anesth Nurs.* 1992 Feb;7(1):22-31.
- [99] **Henry** LL. Music therapy: a nursing intervention for the control of pain and anxiety in the ICU: a review of the research literature. *Dimens Crit Care Nurs.* 1995 Nov-Dec;14(6):295-304.
- [100] **Herr** KA, Mobily PR, Kohout FJ, Wagenaar D. Evaluation of the Faces Pain Scale for use with the elderly. *Clin J Pain.* 1998 Mar;14(1):29-38.
- [101] **Herr** KA, Spratt K, Mobily PR, Richardson G. Pain intensity assessment in older adults: use of experimental pain to compare psychometric properties and usability of selected pain scales with younger adults. *Clin J Pain.* 2004 Jul-Aug;20(4):207-219.
- [102] **Hesse** HP. *Musik und Emotion – Biologische Grundlagen des Musik-Erlebens*. Springer, Wien, New York 2003.
- [103] **Hesse** HP. *Musik und Emotion – Wissenschaftliche Grundlagen des Musik-Erlebens*. Springer, Wien, New York 2003.
- [104] **Hicks** CL, von Baeyer CL, Spafford PA, van Korlaar I, Goodenough B. The Faces Pain Scale-Revised: toward a common metric in pediatric pain measurement. *Pain.* 2001 Aug;93(2):173-183.
- [105] **Hogan** MV, Grant RE, Lee L Jr. Analgesia for total hip and knee arthroplasty: a review of lumbar plexus, femoral, and sciatic nerve blocks. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2009 Aug;38(8):129-133.
- [106] **Höhener** D, Blumenthal S, Borgeat A. Sedation and regional anaesthesia in the adult patient. *Br J Anaesth.* 2008 Jan;100(1):8-16.

- [107] **Hunziker** EB, Stäubli HU, Jakob RP. Chirurgische Anatomie des Kniegelenks. In: Jakob RP, Stäubli HU: Kniegelenk und Kreuzbänder. Springer, Berlin 1990:31-48.
- [108] **Huppelsberg** J, Walter K. Kurzlehrbuch Physiologie. 2 Aufl, Georg Thieme, Stuttgart, New York 2005.
- [109] **Huskisson** EC. Measurement of pain. *Lancet*. 1974 Nov ;2(7889):1127-1131.
- [110] **Ibrahim** AE, Taraday JK, Kharasch ED. Bispectral index monitoring during sedation with sevoflurane, midazolam and propofol. *Anesthesiology*. 2001 Nov;95(5):1151-1159.
- [111] **InEK GmbH**: Fallpauschalen-Katalog 2010. URL: http://www.g-drg.de/cms/G-DRG-System_2010/Fallpauschalen-Katalog/Fallpauschalen-Katalog_2010 (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [112] **Jamison** RN, Ross MJ, Hoopman P, Griffin F, Levy J, Daly M, Schaffer JL. Assessment of postoperative pain management: patient satisfaction and perceived helpfulness. *Clin J Pain*. 1997 Sep;13(3):229-236.
- [113] **Janis** IL. Psychological stress: Psychoanalytic and behavioral studies of surgical patients. John Wiley & Sons, New York 1958.
- [114] **Jensen** MP, Karoly P, Braver S. The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain*. 1986 Oct;27(1):117-126.
- [115] **Jensen** MP, Turner JA, Romano JM. What is the maximum number of levels needed in pain intensity measurement? *Pain*. 1994 Sep;58(3):387-392.
- [116] **Johnston** M. Anxiety in surgical patients. *Psychological Medicine*. 1980;10:145-152.
- [117] **Johnston** M. Pre-operative emotional states and post-operative recovery. *Adv Psychosom Med*. 1986;15:1-22.
- [118] **Jöhr** M. Späte Komplikation der kontinuierlichen Blockade des N. femoralis. *Regionalanaesthesia*. 1987;10:37-38.
- [119] **Jones** J. Perception and memory during general anaesthesia. *Br J Anaesth*. 1994;73:31-37.
- [120] **Jones** JG. Depth of anaesthesia and awareness. In: Nunn JF. General Anaesthesia. 5 Aufl, Butterworths, London 1989:419-427.
- [121] **Joyce** CR, Zutshi DW, Hrubes V, Mason RM. Comparison of fixed interval and visual analogue scales for rating chronic pain. *Eur J Clin Pharmacol*. 1975 Aug;8(6):415-420.
- [122] **Kaempf** G, Amodei ME. The effect of music on anxiety. A research study. *AORN J*. 1989 Jul;50(1):112-118.
- [123] **Kain** ZN, Wang SM, Mayes LC, Krivutza DM, Teague BA. Sensory stimuli and anxiety in children undergoing surgery: a randomized, controlled trial. *Anesth Analg*. 2001 Apr;92(4):897-903.

- [124] **Kamal** SA. Orthopaedic theatres: A possible noise hazard? *J Laryngol Otol.* 1982 Nov;96(11):985-990.
- [125] **Kang** JG, Lee JJ, Kim da M, Kim JA, Kim CS, Hahm TS, Lee BD. Blocking noise but not music lowers bispectral index scores during sedation in noisy operating rooms. *J Clin Anesth.* 2008 Feb;20(1):12-16.
- [126] **Keefe** FJ, Jacobs M, Underwood-Gordon L. Biobehavioral pain research: a multi-institute assessment of cross-cutting issues and research needs. *Clin J Pain.* 1997 Jun;13(2):91-103.
- [127] **Kent** CD, Domino KB. Awareness: practice, standards and the law. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2007;21(3):369-383.
- [128] **Kim** DW, Kil HY, White PF. The Effect of Noise on the Bispectral Index During Propofol Sedation. *Anesth Analg.* 2001 Nov;93:1170-1173.
- [129] **Klöss** T. Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie. Urban & Fischer, München, Jena 2004.
- [130] **Koch** ME, Kain ZN, Ayoub C, Rosenbaum SH. The sedative and analgesic sparing effect of music. *Anesthesiology.* 1998 Aug;89(2):300-306.
- [131] **Koelsch** S, Heinke W, Sammler D, Olthoff D. Auditory processing during deep propofol sedation and recovery from unconsciousness. *Clin Neurophysiol.* 2006 Aug;117(8):1746-1759.
- [132] **Kremer** E, Atkinson JH, Ignelzi RJ. Measurement of pain: patient preference does not confound pain measurement. *Pain.* 1981 Apr;10(2):241-248.
- [133] **LeDoux** JE. Emotional memory. *Scholarpedia.* 2007;2(7):1806.
- [134] **Lekprasert** V, Frost EA, Pausawasdi S. Intraoperative awareness: major factor or non-existent? *Middle East J Anesthesiol.* 2008 Oct;19(6):1201-1218.
- [135] **Lennmarken** C, Bildfors K, Enlund G, Samuelsson P, Sandin R. Victims of awareness. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2002 Mar;46(3):229-231.
- [136] **Lennmarken** C, Sydsjø G. Psychological consequences of awareness and their treatment. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 2007 Sep;21(3):357-367.
- [137] **Lepage** C, Drolet P, Girard M, Grenier Y, DeGagné R. Music decreases sedative requirements during spinal anesthesia. *Anesth Analg.* 2001 Oct;93(4):912-916.
- [138] **Leslie** K, Davidson AJ. Awareness during anesthesia: a problem without solutions? *Minerva Anestesiol.* 2010 Aug;76(8):624-628.
- [139] **Leslie** K, Myles PS. Awareness during general anaesthesia: is it worth worrying about? *Med J Aust.* 2001;174:212-213.
- [140] **Levinson** BW. States of awareness during general anaesthesia. Preliminary communication. *Br J Anaesth.* 1965;37:544.
- [141] **Lewis** AK, Osborn IP, Roth R. The effect of hemispheric synchronization on intraoperative analgesia. *Anesth Analg.* 2004 Feb;98(2):533-536.

- [142] **Li L, Liu X, Herr K.** Postoperative pain intensity assessment: a comparison of four scales in Chinese adults. *Pain Med.* 2007 Apr;8(3):223-234.
- [143] **Lim PH, Locsin R.** Music as nursing intervention for pain in five Asian countries. *Int Nurs Rev.* 2006 Sep;53(3):189-196.
- [144] **Lopez U, Habre W, Van der Linden M, Iselin-Chaves IA.** Intra-operative awareness in children and post-traumatic stress disorder. *Anaesthesia.* 2008 May;63(5):474-481.
- [145] **Lyons G, MacDonald R.** Awareness during Caesarean section. *Anaesthesia.* 1991;46:62-64.
- [146] **Macario A, Weinger M, Carney S, Kim A.** Which clinical anesthesia outcomes are important to avoid? The perspective of patients. *Anesth Analg.* 1999 Sep;89(3):652-658.
- [147] **Macfarlane AJ, Prasad GA, Chan VW, Brull R.** Does regional anesthesia improve outcome after total knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res.* 2009 Sep;467(9):2379-2402.
- [148] **Macleod A, Maycock E.** Awareness during anaesthesia and post-traumatic stress disorder. *Anaesth Intensive Care.* 1992;20:378-382.
- [149] **Mansour NY, Benetts FE.** An observational study of combined continuous lumbar plexus and single-shot sciatic nerve blocks for post-knee surgery analgesia. *Reg Anesth.* 1996;21:287-291.
- [150] **Martinelli AM.** Pain and ethnicity. How people of different cultures experience pain. *AORN J.* 1987 Aug;46(2):273-274.
- [151] **Martínez-Tellería A, Cano ME, Carlos R.** Paradoxical reaction to midazolam after its use as a sedative in regional anesthesia. *Rev Esp Anestesiol Reanim.* 1992 Nov-Dec;39(6):379-380.
- [152] **Marx GF.** Pain and awareness during surgical anesthesia. *New York State Journal of Medicine.* 1967;67:2623.
- [153] **McCaffery M, Pasero C.** Pain clinical manual. 2 Aufl, Mosby, St. Louis 1999.
- [154] **McCaffrey M, Beebe A.** Giving narcotics for pain. *Nursing.* 1989;19:161-165.
- [155] **McCaffrey R, Locsin RC.** Music listening as a nursing intervention: a symphony of practice. *Holist Nurs Pract.* 2002 Apr;16(3):70-77.
- [156] **McClure JI.** Ropivacaine. *Brit J Anaesth.* 1996;76:300-307.
- [157] **McGuire DB.** Comprehensive and multidimensional assessment and measurement of pain. *J Pain Symptom Manage.* 1992 Jul;7(5):312-319.
- [158] **Menegazzi JJ, Paris PM, Kersteen CH, Flynn B, Trautman DE.** A randomized, controlled trial of the use of music during laceration repair. *Ann Emerg Med.* 1991 Apr;20(4):348-350.
- [159] **Menschik A.** Mechanik des Kniegelenkes. *Z Orthop* 1974;112:481-495.

- [160] **Meyer-Falcke** A, Rack R, Eichwede F, Jansing PJ. How noisy are anaesthesia and intensive care medicine? Quantification of the patients' stress. *Eur J Anaesthesiol.* 1994 Sep;11(5):407-411.
- [161] **Mingus** ML, Monk TG, Gold MI, Jenkins W, Roland C. Remifentanil versus propofol as adjuncts to regional anesthesia. *J Clin Anesth.* 1998 Feb;10(1):46-53.
- [162] **Mitchell** LA, MacDonald RA. An experimental investigation of the effects of preferred and relaxing music listening on pain perception. *J Music Ther.* 2006;43(4):295-316.
- [163] **Mockenhaupt** J, Koebke J: Knochendichtebestimmung unter der meniskusbedeckten und meniskusfreien Fläche des Tibiaplateaus. *Anat Anz.* 1990;83:249-250.
- [164] **Moerman** N, Bonke B, Oosting J. Awareness and recall during general anesthesia. Facts and feelings. *Anesthesiology.* 1993;79:454-464.
- [165] **Morin** A. Regionalanästhesie – Regionalanästhesie und Analgesie für die Kniegelenksendoprothetik. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2006 Jul-Aug;41(7-8):498-505.
- [166] **Müller-Busch** HC. Warum brauchen Schmerzpatienten Musiktherapie? *Musiktherapeutische Umschau.* 2004;25(4):348-353.
- [167] **Murphy** DF, McDonald A, Power C, Unwin A, MacSullivan R. Measurement of pain: a comparison of the visual analogue with a non-visual analogue scale. *Clin J Pain.* 1988;3:197-199.
- [168] **Myles** PS. Patient satisfaction after anaesthesia and surgery: results of a prospective survey of 10811 patients. *Br J Anaesth.* 2000;84:6-10.
- [169] **Niesel** HC, Van Aken H. Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. 2 Aufl, Georg Thieme, Stuttgart, New York 2003.
- [170] **Nilsson** S, Kokinsky E, Nilsson U, Sidenvall B, Enskär K. School-aged children's experiences of postoperative music medicine on pain, distress and anxiety. *Paediatr Anaesth.* 2009 Dec;19(12):1184-1190.
- [171] **Nilsson** U, Rawal N, Enqvist B, Unosson M. Analgesia following music and therapeutic suggestions in the PACU in ambulatory surgery; a randomized controlled trial. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2003 Mar;47(3):278-283.
- [172] **Nilsson** U, Rawal N, Uneståhl LE, Zetterberg C, Unosson M. Improved recovery after music and therapeutic suggestions during general anaesthesia: a double-blind randomised controlled trial. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2001 Aug;45(7):812-817.
- [173] **Nilsson** U, Rawal N, Unosson M. A comparison of intra-operative or postoperative exposure to music--a controlled trial of the effects on postoperative pain. *Anaesthesia.* 2003 Jul;58(7):699-703.
- [174] **Nilsson** U, Unosson M, Rawal N. Stress reduction and analgesia in patients exposed to calming music postoperatively: a randomized controlled trial. *Eur J Anaesthesiol.* 2005 Feb;22(2):96-102.

- [175] **Nilsson** U. The anxiety- and pain-reducing effects of music interventions: a systematic review. *AORN J.* 2008 Apr;87(4):780-807.
- [176] **O'Connor** BL, McConaughey JS. The structure and innervation of cat knee menisci, and their relation to a "sensory hypothesis" of meniscal function. *Am J Anat.* 1978 Nov;153(3):431-442.
- [177] **Ogon** M, Krismer M, Söllner W, Kantner-Rumplmair W, Lampe A. Chronic low back pain measurement with visual analogue scales in different settings. *Pain.* 1996 Mar;64(3):425-428.
- [178] **Orser** BA, Mazer CD, Baker AJ. Awareness during anesthesia. *CMAJ.* 2008 Jan;178(2):185-188.
- [179] **Osterman** JE, Hopper J, Heran WJ. Awareness under anesthesia and the development of posttraumatic stress disorder. *Gen Hosp Psychiatry.* 2001;23:198-204.
- [180] **Osterman** JE, van der Kolk BA. Awareness during anesthesia and posttraumatic stress disorder. *Gen Hosp Psychiatry.* 1998 Sep;20(5):274-281.
- [181] **Panksepp** J, Bekkedal MYV. The affective cerebral consequence of music: happy versus sad effects on the EEG and clinical implications. *Int J Arts Med.* 1997;5:18-27.
- [182] **Panksepp** J, Bernatzky G. Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behav Proc On Emotion.* 2002;60(2):133-155.
- [183] **Parkinson** SK, Mueller JB, Little WL, Bailey SL. Extent of blockade with various approaches to the lumbar plexus. *Anesth Analg.* 1989 Mar;68(3):243-248.
- [184] **Pedersen** T, Johansen SH. Serious morbidity attributable to anaesthesia. *Anaesthesia.* 1989;44:504-508.
- [185] **Pellino** TA, Gordon DB, Engelke ZK. Use of nonpharmacologic interventions for pain and anxiety after total hip and total knee arthroplasty. *Orthopaedic Nurs.* 2005;24(3):182-190.
- [186] **Petersen** W, Tillmann B. Blood and lymph supply of the posterior cruciate ligament: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1999;7(1):42-50.
- [187] **Petersen** W, Tillmann B. Structure and vascularization of the cruciate ligaments of the human knee joint. *Anat Embryol (Berl).* 1999 Sep;200(3):325-334.
- [188] **Phumdoung** S, Good M. Music reduces sensation and distress of labor pain. *Pain Manag Nurs.* 2003 Jun;4(2):54-61.
- [189] **Plumpton** FS, Besser GM. The adrenocortical response to surgery and insulin-induced hypoglycemia in corticosteroid treated and normal subjects. *British Journal of Surgery.* 1969;56:216-219.
- [190] **Polino** F, Castro A, Bello R, Sanchez Pena J, Ojeda R, Fornes C. Postoperative analgesia by continuous 3-in-1-blockade in total hip arthroplasty. *Int Monitor Reg Anesth.* 2000;12:245.

- [191] **Pössel** HJ, Salzmann G, Hertel P. Das künstliche Kniegelenk, Patienteninformation. DePuy Orthopädie GmbH, Kirkel-Limbach 2007.
- [192] **Rauber** A, Kopsch F. Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen in 4 Bänden. Band I: Bewegungsapparat. 3. Aufl, Georg Thieme, Stuttgart, New York 2003.
- [193] **Ray** CD, Levinson R. Noise pollution in the operating room: a hazard to surgeons, personnel, and patients. *J Spinal Disord.* 1992 Dec;5(4):485-488.
- [194] **Reiz** S, Häggemark S, Johansson G, Nath S. Cardiotoxicity of ropivacaine – a new amide local anaesthetic agent. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1989;33:93-98.
- [195] **Reza** N, Ali SM, Saeed K, Abul-Qasim A, Reza TH. The impact of music on postoperative pain and anxiety following cesarean section. *Middle East J Anesthesiol.* 2007 Oct;19(3):573-586.
- [196] **Robson** JG. Measurement of depth of anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1969;41:785.
- [197] **Roederer** JG. Neuropsychologische Prozesse musikalischen Empfindens. Eine Einführung. In: Spintge R, Droh R. Musik in der Medizin. Roche, Grenzach 1985:61.
- [198] **Rongstad** K, Mann RA, Prieskorn D. Popliteal sciatic nerve block for postoperative analgesia. *Foot Ankle Int.* 1996;17:378-382.
- [199] **Rosenberg** H, Goldberg M. Postoperative emotionale Reaktionen. In: Gravenstein N, Kirby RR. Komplikationen in der Anästhesie. Gustav Fischer, Lübeck, Stuttgart, Jena, Ulm 1999.
- [200] **Rote Liste ® Service GmbH.** Rote Liste ® 2009. Arzneimittelverzeichnis für Deutschland (einschließlich EU-Zulassungen und bestimmter Medizinprodukte). Verlag Rote Liste ® Service GmbH, Frankfurt/Main 2009.
- [201] **Russell** I, Wang M. Absence of memory for intraoperative information during surgery under general anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1997;78:3-9.
- [202] **Salmon** P. Psychological factors in surgical stress: Implications for management. *Clinical Psychology Review.* 1992;12:681-704.
- [203] **Samuelsson** P, Brudin L, Sandin RH. Late psychological symptoms after awareness among consecutively included surgical patients. *Anesthesiology.* 2007;106:26-32.
- [204] **Sandin** R. Outcome after awareness with explicit recall. *Acta Anaesthesiol Belg.* 2006;57(4):429-432.
- [205] **Sandin** RH, Enlund G, Samuelsson P. Awareness during anaesthesia: a prospective case study. *Lancet.* 2000;355:707-711.
- [206] **Saucier** N, Walts LF, Moreland JR. Patient awareness during nitrous oxide, oxygen and halothane anesthesia. *Anesth Analg.* 1983;62:239.

- [207] **Schräder** P, Boy O, Schleiz W, Dienst R, Reinert C, Sänger V, Schauwecker HH, Siebert W, Scharf HP. Indikationsstellung in der primären Hüft- und Kniegelenkendoprothetik. Ergebnisse der externen Qualitätssicherung von über 270.000 primären Hüft- und Kniegelenkendoprothesen. *Der Orthopäde*. 2008 Okt;37(10):1016-1026.
- [208] **Schünke** M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus – LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 2 Aufl, Georg Thieme, Stuttgart, New York 2007.
- [209] **Schünke** M, Tillmann B, Schleicher A, Pointner H. Biomechanische und histochemische Untersuchungen am Tibiaplateau des Menschen. *Anat Anz*. 1987;81:451-453.
- [210] **Schwartze** G. Beziehungen und Gefühle in der Pflege. Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore 1998.
- [211] **Schwender** D, Kaiser A, Klasing S, Faber-Züllig E, Golling W, Pöppel E, Peter K. Anaesthesia with flunitrazepam/fentanyl and isoflurane/fentanyl. Unconscious perception and mid-latency auditory evoked potentials. *Anaesthetist*. 1994 Mai;43(5):289-297.
- [212] **Schwender** D, Klasing S, Daunderer M, Madler C, Pöppel E, Peter K. Wachzustände während Allgemeinanästhesie. Definition, Häufigkeit, klinische Relevanz, Ursachen, Vermeidung und medikolegale Aspekte. *Anaesthetist*. 1995;44:743-754.
- [213] **Schwender** D, Klasing S, Faber-Züllig E, Pöppel E, Peter K. Conscious and unconscious acoustic perception during general anesthesia. *Anaesthetist*. 1991 Nov;40(11):583-593.
- [214] **Schwender** D, Kunze-Kronawitter H, Dietrich P. Conscious awareness during general anaesthesia: patients' perception, emotions, cognition and reactions. *Br J Anaesth*. 1998;80:133-139.
- [215] **Scott** DB, Lee A, Fagan D, Bowler GMR, Blomfield P, Lundh R. Acute toxicity of ropivacaine compared with that of bupivacaine. *Anesth Analg*. 1989;69:563-569.
- [216] **Sebel** PS, Bowdle TA, Ghoneim MM. The incidence of awareness during anesthesia: a multicenter United States study. *Anest Analg*. 2004;99:833-839.
- [217] **Sengpiel** E: Tabelle der Schallpegel L (Lautheit) mit entsprechendem Schalldruck und der Schallintensität. URL: http://www.sengpielaudio.com/Tabelle_DerSchallpegel.htm (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [218] **Servin** F, Desmonts JM, Watkins WD. Remifentanil as an analgesic adjunct in local/regional anesthesia and in monitored anesthesia care. *Anesth Analg*. 1999 Oct;89:28-32.
- [219] **Shapiro** RA, Berland T. Noise in the operating room. *N Engl J Med*. 1972 Dec;287(24):1236-1238.
- [220] **Shertzer** KE, Keck JF. Music and the PACU environment. *J Perianesth Nurs*. 2001 Apr;16(2):90-102.
- [221] **Si** RL. Consciousness during general anesthesia. *Anesth Analg*. 1969;48:363.

- [222] **Siedlecki** SL, Good M. Effect of music on power, pain, depression and disability. *J Adv Nurs.* 2006;54:553-562.
- [223] **Silbernagl** S, Despopoulos Agamemnon. Taschenatlas Physiologie. 7 Aufl, Georg Thieme, Stuttgart, New York 2007.
- [224] **Simcock** XC, Yoon RS, Chalmers P, Geller JA, Kiernan HA, Macaulay W. Intraoperative music reduces perceived pain after total knee arthroplasty: a blinded, prospective, randomized, placebo-controlled clinical trial. *J Knee Surg.* 2008 Oct;21(4):275-278.
- [225] **Singelyn** FJ, Gouverneur JM. Postoperative analgesia after total hip arthroplasty: i.v. PCA with morphine, patient-controlled epidural analgesia, or continuous "3-in-1" block?: a prospective evaluation by our acute pain service in more than 1,300 patients. *J Clin Anesth.* 1999 Nov;11(7):550-554.
- [226] **Smith** BE, Siggins D. Low volume, high concentration block of the sciatic nerve. *Anaesthesia.* 1988;43:8-11.
- [227] **Southard** DR, Coates TJ, Kolodner K, Parker FC, Padgett NE, Kennedy HL. Relationship between mood and blood pressure in the natural environment: an adolescent population. *Health Psychol.* 1986;5(5):469-480.
- [228] **Spintge** R, Droh R. Musik-Medizin, Physiologische Grundlagen und praktische Anwendungen. Fischer, Stuttgart 1992.
- [229] **Spintge** R. The neurophysiology of emotion and its therapeutic application to music therapy and music medicine. In: Maranto CD. Applications of music in medicine. Nat Ass Music Therapy, Washington DC 1991:59-72.
- [230] **Spitellie** PH, Holmes MA, Domino KB. Awareness during anesthesia. *Anesthesiology Clin N Am.* 2002;20:555-570.
- [231] **Stan** TC, Krantz MA, Solomon DL. The incidence of neurovascular complications following axillary brachial plexus block using a transarterial approach. *Reg Anesth.* 1995;20:486-492.
- [232] **Statistisches Bundesamt Bonn:** Operation und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern 2006. URL: https://www.gbe-bund.de/gbe10/owards.prc_show_pdf?p_id=13556&p_sprache=d&p_uid=gast&p_aid=57449336&p_lfd_nr=3 (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [233] **Statistisches Bundesamt Wiesbaden:** 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. URL: <http://www.destatis.de/laenderpyramiden/> (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [234] **Statistisches Bundesamt Wiesbaden:** Grunddaten der Krankenhäuser - Fachserie 12 Reihe 6.1.1 – 2008. URL: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Gesundheit/Krankenhaeuser/GrunddatenKrankenhaeuser2120611087004.property=file.pdf> (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).

- [235] **Statistisches Bundesamt Wiesbaden:** Krankenhauspatienten. Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik). URL: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/Content75/DRGOperationenIns gesamt.psml> (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [236] **Statistisches Bundesamt Wiesbaden:** Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern 2009. URL: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveröffentlichungen/Gesundheit/Krankenhaeuser/OperationenProzeduren5231401097014,property=file.pdf> (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [237] **Stöhr** M. Iatrogene Nervenläsionen. 2 Aufl, Georg Thieme, Stuttgart, New York 1996.
- [238] **Striebel** HW. Die Anästhesie. Grundlagen und Praxis. 2 Aufl, Schattauer GmbH, Stuttgart 2003.
- [239] **Striebel** HW. Die Anästhesie. Grundlagen, Formen der Allgemeinanästhesie, Lokal- und Regionalanästhesie, Besonderheiten, Narkoseprobleme, Nebenerkrankungen. Band I, 2 Aufl, Schattauer GmbH, Stuttgart 2010.
- [240] **Stuppy** DJ. The Faces Pain Scale: reliability and validity with mature adults. *Appl Nurs Res.* 1998 May;11(2):84-89.
- [241] **Tantisira** B, McKenzie R. Awareness during laparoscopy under general anesthesia: a case report. *Anesth Analg.* 1973;53:373.
- [242] **Taylor** LJ, Harris J, Epps CD, Herr K. Psychometric evaluation of selected pain intensity scales for use with cognitively impaired and cognitively intact older adults. *Rehabil Nurs.* 2005 Mar-Apr;30(2):55-61.
- [243] **Taylor** LJ, Herr K. Pain intensity assessment: a comparison of selected pain intensity scales for use in cognitively intact and cognitively impaired African American older adults. *Pain Manag Nurs.* 2003 Jun;4(2):87-95.
- [244] **Taylor** LK, Kuttler KL, Parks TA, Milton D. The effect of music in the postanesthesia care unit on pain levels in women who have had abdominal hysterectomies. *J Perianesth Nurs.* 1998 Apr;13(2):88-94.
- [245] **Thaut** MH. The future of music in therapy and medicine. *Ann N Y Acad Sci.* 2005 Dec;1060:303-308.
- [246] **Tolksdorf** W. Der präoperative Stress. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 1997;32:318-324.
- [247] **Tse** MM, Chan MF, Benzie IF. The effect of music therapy on postoperative pain, heart rate, systolic blood pressures and analgesic use following nasal surgery. *J Pain Palliat Care Pharmacother.* 2005;19(3):21-29.
- [248] **Tsuchiya** M, Asada A, Ryo K. Relaxing intraoperative natural sound blunts haemodynamic change at the emergence from propofol general anaesthesia and increases the acceptability of anaesthesia to the patient. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica.* 2003;47:939–943.

- [249] **Tunstall** ME. On being aware by request: a mother's unplanned request during the course of a Caesarean section under general anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1980;52:1049.
- [250] **Türker** G, Uçkunkaya N, Yavaşçaoğlu B, Yilmazlar A, Ozçelik S. Comparison of the catheter-technique psoas compartment block and the epidural block for analgesia in partial hip replacement surgery. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2003 Jan;47(1):30-36.
- [251] **Ullah** R, Bailie N, Crowther S, Cullen J. Noise exposure in orthopaedic practice: potential health risk. *J Laryngol Otol.* 2004 Jun;18(6):413-416.
- [252] **Updike** PA, Charles DM. Music Rx: physiological and emotional responses to taped music programs of preoperative patients awaiting plastic surgery. *Ann Plast Surg.* 1987 Jul;19(1):29-33.
- [253] **van Saase** JL, van Romunde LK, Cats A, Vandenbroucke JP, Valkenburg HA. Epidemiology of osteoarthritis: Zoetermeer survey. Comparison of radiological osteoarthritis in a Dutch population with that in 10 other populations. *Ann Rheum Dis.* 1989 Apr;48(4):271-280.
- [254] **Volicer** BJ, Isenberg MA, Burns MW. Medical-surgical differences in hospital stress factors. *Journal of Human Stress.* 1977;3:3-13.
- [255] **Wagner** F. Beinnervenblockaden In: Niesel HC. Regionalanästhesie, Lokalanästhesie, Regionale Schmerztherapie. Georg Thieme, Stuttgart, New York 1994:417-521.
- [256] **Waldeyer** A, Fanghänel J. Anatomie des Menschen. 17 Aufl, de Gruyter, Berlin 2003.
- [257] **Wallenborn** J. Awareness – Wachheit während Anästhesie. In: Hokema F, Kaisers UX. Anästhesie konkret; Fragen und Antworten. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 2010.
- [258] **Wang** SM, Kulkarni L, Dolev J, Kain ZN. Music and preoperative anxiety: a randomized, controlled study. *Anesth Analg.* 2002 Jun;94(6):1489-1494.
- [259] **Wiesenfeld-Hallin** Z. Sex differences in pain perception. *Gender Medicine.* 2005 Sep;2(3):137-145.
- [260] **Wikimedia Foundation Inc.**: Implizites Gedächtnis. URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Implizites_Ged%C3%A4chtnis (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [261] **Wikimedia Foundation Inc.**: Kaudalanästhesie. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kaudalan%C3%A4sthesie> (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [262] **Wikimedia Foundation Inc.**: Lebenserwartung. URL: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lebenserwartung&printable=yes> (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [263] **Wilker** FW, Bischoff P, Novak C. Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie. 2 Aufl, Urban & Schwarzenberg, München 1994.

- [264] **Willett KM.** Noise-induced hearing loss in orthopaedic staff. *J Bone Joint Surg Br.* 1991 Jan;73-B:113-115.
- [265] **Williamson A**, Hoggart B. Pain: a review of three commonly used pain rating scales. *Clin Nurs.* 2005 Aug;14(7):798-804.
- [266] **Willis WD.** The pain system. Karger, Basel 1985.
- [267] **Wirth CJ**, Zichner L, Kohn D. Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Knie. Georg Thieme, Stuttgart, New York 2005.
- [268] **Wong DL**, Baker CM. Pain in children: comparison of assessment scales. *Pediatr Nurs.* 1988 Jan-Feb;14(1):9-17.
- [269] **Wong GY**, Schroeder DR, Carns PE, Wilson JL, Martin DP, Kinney MO, Mantilla CB, Warner DO. Effect of neurolytic celiac plexus block on pain relief, quality of life, and survival in patients with unresectable pancreatic cancer: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2004 Mar;291(9):1092-1099.
- [270] **World Health Organization:** BMI classification. URL: http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html (zuletzt abgerufen am 06.03.2012).
- [271] **Yilmaz E**, Ozcan S, Basar M, Basar H, Batislam E, Ferhat M. Music decreases anxiety and provides sedation in extracorporeal shock wave lithotripsy. *Urology.* 2003 Feb;61(2):282-286.
- [272] **Yppärilla H**, Karhu J, Westerén-Punnonen S, Musialowicz T, Partanen J. Evidence of auditory processing during postoperative propofol sedation. *Clin Neurophysiol.* 2002;113:1357-1364.
- [273] **Yung PM**, Chui-Kam S, French P, Chan TM. A controlled trial of music and pre-operative anxiety in Chinese men undergoing transurethral resection of the prostate. *J Adv Nurs.* 2002 Aug;39(4):352-359.
- [274] **Zaric D**, Boysen K, Christiansen C, Christiansen J, Stephensen S, Christensen B. A comparison of epidural analgesia with combined continuous femoral-sciatic nerve blocks after total knee replacement. *Anesth Analg.* 2006 Apr;102(4):1240-1246.
- [275] **Zhang XW**, Fan Y, Manyande A, Tian YK, Yin P. Effects of music on target-controlled infusion of propofol requirements during combined spinal-epidural anaesthesia. *Anaesthesia.* 2005;60:990-994.
- [276] **Zimmermann M.** Physiologie von Nozizeption und Schmerz. In: Basler HD, Franz C, Kröner-Herwig B, Rehfisch HP, Seemann H. Psychologische Schmerztherapie. 5 Aufl, Springer, Berlin 2003.

10 ANHANG

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Operationssaal	5
	aus: http://www.n-tv.de/img/56/564616/O_1000_680_680_14850898.jpg	
Abbildung 2:	Visuelle Analoge Skala (dargestellt: Schmerzstärke 10)	16
	aus: http://www.schmerzhilfe.de/c/filedb/db/vas_gr.jpg	
Abbildung 3:	Schema zur Allgemeinanästhesie	18
	vom Autor erstellt	
Abbildung 4:	Schema zur Lokal-/ Regionalanästhesie.....	19
	vom Autor erstellt	
Abbildung 5:	Übersicht über die Anästhesieformen	22
	aus: [239], vom Autor modifiziert	
Abbildung 6:	Schematische Darstellung des Plexus lumbalis (gelb) und des Plexus sacralis (grün).....	24
	aus: [165], vom Autor modifiziert	
Abbildung 7:	Landmarken bei der Psoaskompartiment-Blockade	25
	aus:[165], vom Autor modifiziert	
Abbildung 8:	Landmarken bei der Nervus-ischiadicus-Blockade	27
	aus: [169], vom Autor modifiziert	
Abbildung 9:	Schematische Darstellung eines Kniegelenks.....	34
	aus: http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/nwt/unterrichtseinheiten/einheiten/medizin/35bild2.jpg	
Abbildung 10:	Röntgenbild eines gesunden Kniegelenks (links)	40
	aus: http://www.biberburg.de/img/photo/Roentgen-Knie-1.jpg	
Abbildung 11:	Röntgenbild eines arthrotisch veränderten Kniegelenks (links)	40
	aus: http://www.dr-eggl.at/images/endoprothetik_05.jpg	
Abbildung 12:	Hautschnittführung (rechtes Knie)	41
	aus: DePuy Orthopädie GmbH. Operationstechnik. P.F.C.® SIGMA. Kreuzband erhaltendes und substituierendes Kniestystem. Katalog- Nummer GB 0203 K PFC OP-KEKS 2003:9.	
Abbildung 13:	Schnittführung bei der Kapseleröffnung (rechtes Knie)	41
	aus: DePuy Orthopädie GmbH. Operationstechnik. P.F.C.® SIGMA. Kreuzband erhaltendes und substituierendes Kniestystem. Katalog- Nummer GB 0203 K PFC OP-KEKS 2003:9.	
Abbildung 14:	Musikkopfhörer und MP3-Player	46
	Foto vom Autor erstellt	
Abbildung 15:	Kapselgehörschutz und Oropax®	47
	Foto vom Autor erstellt	
Abbildung 16:	Patient der Musik-Gruppe im OP mit entsprechender Ausstattung (Musikkopfhörer und MP3-Player).....	47
	Foto vom Autor erstellt	

Abbildung 17: Patient der Schallschutz-Gruppe im OP mit entsprechender Ausstattung (zu sehen: Kapselgehörschutz)	48
Foto vom Autor erstellt	
Abbildung 18: Patient der Schallschutz-Gruppe im OP mit entsprechender Ausstattung (zu sehen: Oropax®)	48
Foto vom Autor erstellt	
Abbildung 19: Patient der Kontrollgruppe im OP ohne Schallschutz	49
Foto vom Autor erstellt	
Abbildung 20: Schallpegelmessgerät.....	50
Foto vom Autor erstellt	
Abbildung 21: Gruppenaufteilung	54
Abbildung 22: Geschlechtsverteilung im Patientenkollektiv.....	55
Abbildung 23: Gruppenspezifische Geschlechtsverteilung.....	55
Abbildung 24: Altersverteilung im Patientenkollektiv	55
Abbildung 25: Gruppenspezifische Altersverteilung	55
Abbildung 26: Gruppenspezifische Altersverteilung nach Lebensdekaden	56
Abbildung 27: BMI-Verteilung im Patientenkollektiv	57
Abbildung 28: Gruppenspezifische BMI-Verteilung	57
Abbildung 29: Gruppenspezifische BMI-Verteilung nach der WHO-Klassifikation [275]	57
Abbildung 30: Operationstechnik im Patientenkollektiv	58
Abbildung 31: Gruppenspezifische Operationstechnik.....	58
Abbildung 32: Operationsdauer im Patientenkollektiv	59
Abbildung 33: Gruppenspezifische Operationsdauer	59
Abbildung 34: Mittlere Lautstärke verschiedener Operationsgeräusche.....	60
Abbildung 35: Häufigkeit eines Femoralis-Katheters im Patientenkollektiv.....	61
Abbildung 36: Gruppenspezifische Häufigkeit eines Femoralis-Katheters	61
Abbildung 37: Katheterliegedauer im Patientenkollektiv.....	62
Abbildung 38: Gruppenspezifische Katheterliegedauer.....	62
Abbildung 39: Schema zur Erinnerungsabfrage.....	63
vom Autor erstellt	
Abbildung 40: Erinnerungsvermögen im Patientenkollektiv.....	63
Abbildung 41: Gruppenspezifisches Erinnerungsvermögen	63
Abbildung 42: Erinnerungsfähigkeit und -qualität bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv	64
Abbildung 43: Qualität der Erinnerung im Patientenkollektiv	64
Abbildung 44: Gruppenspezifische Qualität der Erinnerung	65
Abbildung 45: Differenzierung der akustischen Wahrnehmung im Patientenkollektiv....	65
Abbildung 46: Gruppenspezifische Differenzierung der akustischen Wahrnehmung....	66
Abbildung 47: Schmerzausprägung im Patientenkollektiv.....	68
Abbildung 48: Auswertung der Schmerzmaxima im Patientenkollektiv	69

Abbildung 49: Schmerzverlauf im Patientenkollektiv von Tag 1- Tag 7	69
Abbildung 50: Tagesspezifisches Schmerzmaximum im Kollektiv	70
Abbildung 51: Gruppenspezifische Schmerzscores in den verschiedenen Zeitintervallen	71
Abbildung 52: Gruppenspezifische maximale Schmerzscores in den verschiedenen Zeitintervallen	72
Abbildung 53: Gruppenspezifischer Schmerzverlauf von Tag 1 - Tag 7	73
Abbildung 54: Verlauf der maximalen Schmerzscores von Tag 1 - Tag 7	74

10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Beispiel zur Werteberechnung – Schritt 1
Tabelle 2:	Beispiel zur Werteberechnung – Schritt 2
Tabelle 3:	Gruppenspezifische Mittelwerte der Schmerzscores pro Tag
Tabelle 4:	Gruppenspezifische maximale Schmerzscores pro Tag
Tabelle 5:	Ergebnisüberblick

10.3 Anlagen

10.3.1 Anlage 1: Einverständniserklärung



Klinikum Bad Abbach

Orthopädische Klinik für die Universität Regensburg
AsklepiosKlinikum Bad Abbach
Postfach 1134•93074 Bad Abbach

Patienteneinwilligung Studie „Schallprotektion“

Hiermit willige ich,

Vorname, Name, Adresse, Geburtsdatum des/der Teilnehmers/in, Code-Nr....,



Kooperationskliniken für die
Universität Regensburg
Klinik und Poliklinik für Orthopädie
Klinik für Rheumatologie
Kaiser-Karl V.-Allee 3
93077 Bad Abbach
Tel.: (0 94 05) 180
www.asklepios.com/badabbach

Klinik und Poliklinik für Orthopädie
Lehrstuhlinhaber für Orthopädie
der Universität Regensburg
und Klinikdirektor:
Prof. Dr. med. Dr. h.c. J. Griffka
www.uni-regensburg.de/orthopaedie

in die Teilnahme an der Studie
„Auswirkungen der intraoperativen Schallprotektion auf das postoperative Schmerzempfinden“
ein,
bei welcher ich
im Rahmen einer Knieprothesenimplantation nach dem Zufallsprinzip während der Operation als
Schallprotektion Oropax mit Kapselgehörschutz oder Kopfhörer mit Musik, beziehungsweise
keinerlei Schallprotektion erhalte.
Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie mich betreffende
personenbezogene Daten/ Angaben durch den Studienarzt erhoben verschlüsselt (pseudonymisiert)
auf elektronischen Datenträgern aufgezeichnet und verarbeitet werden dürfen. Ich bin auch damit
einverstanden, dass die Studienergebnisse in nicht rück-entschlüsselbarer (anonymer) Form, die
keinen Rückschluss auf meine Person zulassen, veröffentlicht werden.

Ich erkläre hiermit außerdem, zum Zeit der Studiendurchführung an keiner anderen Studie
teilzunehmen.

Mir ist bekannt, dass ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne
nachteilige Folgen für mich zurückziehen und einer Weiterverarbeitung meiner Daten und Proben
jederzeit widersprechen und ihre Löschung bzw. Vernichtung verlangen kann.

Ort, Datum _____

Unterschrift des/der Teilnehmers/in

Gemeinsam für Gesundheit www.asklepios.com

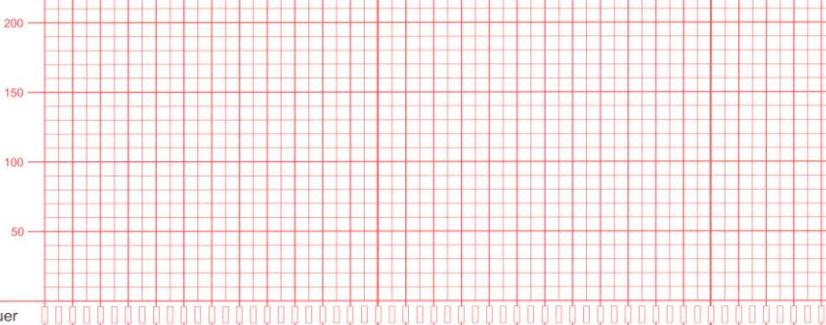
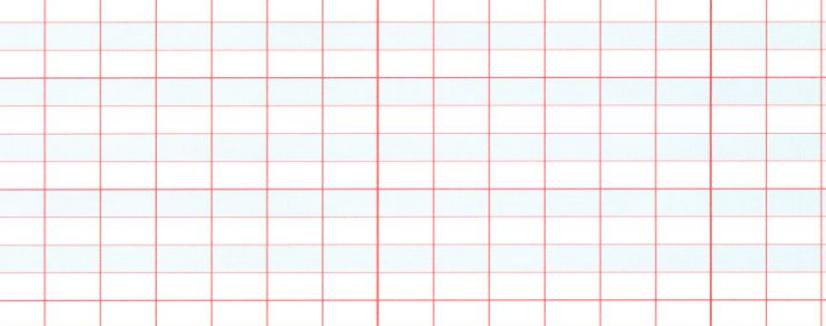
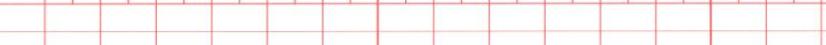
Asklepios KlinikumBad Abbach GmbH

Sitz der Gesellschaft: Königstein i. Ts. • Registergericht: Amtsgericht Königstein i. Ts. HRB 6387
Geschäftsführer: Dr. h.c. Peter Coy; Dipl.-Kfm. Dr. med. Boris Rapp, Andrej Synnatzschke
Bankverbindung: Dresdner Bank Frankfurt, BLZ 500 800 00, Kto.-Nr. 00916845 00•USt.-IdNr.: DE 239 549597



10.3.2 Anlage 2: Kurve des Aufwachraums

Linke Hälfte

		Folgeblatt — 2 — 3 — 4 — 5												0008936 AUFWACHRAUM		
		09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
 Asklepios Klinikum Bad Abbach Institut für Anästhesiologie und Schmerztherapie																
																
																
																
																
																
 Verweildauer																
 VAS																
 Sensibilität																
 Motorik																
 Aldrete																
 Temp.																
 ZVD																
 SaO ₂																
 O ₂ l/min																
 Pirtramid																
 Medikamente																
 Perfusionen																
 Inf./Transf.																
 per os																
 Ausfuhr																
 MEDLINQ (040) 41 62 66-0 2008009/1146/2 904.139																

Rechte Hälfte

 <p style="text-align: right;">Blatt folgt</p> <p>24 01 02 03 04 05 06 07 08 09</p> 	<p>0008936 AUFWACHRAUM </p> <p>Patienten-Etikett bitte sorgfältig aufkleben!</p>  <p>Datum</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Personal 1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Eingriff</p> <p>Anästhesieverfahren</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> ITN</td> <td><input type="checkbox"/> Hemi SPA</td> <td><input type="checkbox"/> ant. Ischiadicus Block / Kath.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> LAMA</td> <td><input type="checkbox"/> VIB</td> <td><input type="checkbox"/> post. Ischiadicus Block / Kath.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> stand by</td> <td><input type="checkbox"/> ax. Plexus Block / Kath.</td> <td><input type="checkbox"/> dist. Ischiadicus Block / Kath.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> CSE</td> <td><input type="checkbox"/> lat. Ischiadicus Block / Kath.</td> <td><input type="checkbox"/> inguin. Femoralis Block / Kath.</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> PDK</td> <td><input type="checkbox"/> intersc. Block / Kath.</td> <td><input type="checkbox"/> Sonstige</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> SPA</td> <td><input type="checkbox"/> PC Block / Kath.</td> <td></td> </tr> </table> <p>Infusionen im OP</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">links</td> <td style="width: 60%; text-align: center;">peripherer Zugang</td> <td style="width: 20%;">rechts</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Urin v. OP</td> <td><input type="checkbox"/> ml G</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> ml G</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <p>Antibiose im OP</p> <p>Cell Saver bis</p> <p>aufbereitet</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> ja</td> <td><input type="checkbox"/> nein</td> <td></td> </tr> </table> <p>verworfen</p> <p>Von Station übernommen</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Brille</td> <td><input type="checkbox"/> Zahnprothese</td> <td><input type="checkbox"/> Tubus</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Hörgerät</td> <td><input type="checkbox"/> OK</td> <td><input type="checkbox"/> mmID</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Insulin Pen</td> <td><input type="checkbox"/> Sonstige</td> <td></td> </tr> </table> <p>BDK</p> <p>Magensonde</p> <p>Ch</p> <p>Ch</p> <p>Maßnahmen</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> EKG</td> <td><input type="checkbox"/> Wärme</td> <td><input type="checkbox"/> EKG Abl.</td> <td><input type="checkbox"/> MS</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">Anzahl Pflegekräfte</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> RR n. inv.</td> <td><input type="checkbox"/> Kälte</td> <td><input type="checkbox"/> RR inv.</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Temp</td> <td><input type="checkbox"/> Röntg.kontr.</td> <td><input type="checkbox"/> EKG ST</td> <td><input type="checkbox"/> SM</td> <td><input type="checkbox"/> Pflegekategorie</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Cuff</td> <td><input type="checkbox"/> Bettglitter</td> <td><input type="checkbox"/> ZVD</td> <td><input type="checkbox"/> Defib.</td> <td><input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> SaO2</td> <td><input type="checkbox"/> Fixation</td> <td><input type="checkbox"/> PAK</td> <td><input type="checkbox"/> Reanim.</td> <td><input type="checkbox"/> Nachbeatmung (h)</td> </tr> </table> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: right;">AVB 1</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">AVB 2</td> </tr> <tr> <td>Grad</td> <td>Zeitpunkt AVB</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> I</td> <td><input type="checkbox"/> IV</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> II</td> <td><input type="checkbox"/> V</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> III</td> <td><input type="checkbox"/> </td> </tr> </table> <p>Besonderheiten</p> <p>Datum / Zeit / Unterschrift</p> <p>Pflege: </p> <p>Arzt: </p>	Personal 1	2	3	4					<input type="checkbox"/> ITN	<input type="checkbox"/> Hemi SPA	<input type="checkbox"/> ant. Ischiadicus Block / Kath.	<input type="checkbox"/> LAMA	<input type="checkbox"/> VIB	<input type="checkbox"/> post. Ischiadicus Block / Kath.	<input type="checkbox"/> stand by	<input type="checkbox"/> ax. Plexus Block / Kath.	<input type="checkbox"/> dist. Ischiadicus Block / Kath.	<input type="checkbox"/> CSE	<input type="checkbox"/> lat. Ischiadicus Block / Kath.	<input type="checkbox"/> inguin. Femoralis Block / Kath.	<input type="checkbox"/> PDK	<input type="checkbox"/> intersc. Block / Kath.	<input type="checkbox"/> Sonstige	<input type="checkbox"/> SPA	<input type="checkbox"/> PC Block / Kath.		links	peripherer Zugang	rechts	<input type="checkbox"/> Urin v. OP	<input type="checkbox"/> ml G	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> ml G	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		<input type="checkbox"/> Brille	<input type="checkbox"/> Zahnprothese	<input type="checkbox"/> Tubus	<input type="checkbox"/> Hörgerät	<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> mmID	<input type="checkbox"/> Insulin Pen	<input type="checkbox"/> Sonstige		<input type="checkbox"/> EKG	<input type="checkbox"/> Wärme	<input type="checkbox"/> EKG Abl.	<input type="checkbox"/> MS	Anzahl Pflegekräfte	<input type="checkbox"/> RR n. inv.	<input type="checkbox"/> Kälte	<input type="checkbox"/> RR inv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> Temp	<input type="checkbox"/> Röntg.kontr.	<input type="checkbox"/> EKG ST	<input type="checkbox"/> SM	<input type="checkbox"/> Pflegekategorie	<input type="checkbox"/> Cuff	<input type="checkbox"/> Bettglitter	<input type="checkbox"/> ZVD	<input type="checkbox"/> Defib.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> SaO2	<input type="checkbox"/> Fixation	<input type="checkbox"/> PAK	<input type="checkbox"/> Reanim.	<input type="checkbox"/> Nachbeatmung (h)	AVB 1	AVB 2	Grad	Zeitpunkt AVB	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> IV	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> V	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/>
Personal 1	2	3	4																																																																																
																																																																																			
<input type="checkbox"/> ITN	<input type="checkbox"/> Hemi SPA	<input type="checkbox"/> ant. Ischiadicus Block / Kath.																																																																																	
<input type="checkbox"/> LAMA	<input type="checkbox"/> VIB	<input type="checkbox"/> post. Ischiadicus Block / Kath.																																																																																	
<input type="checkbox"/> stand by	<input type="checkbox"/> ax. Plexus Block / Kath.	<input type="checkbox"/> dist. Ischiadicus Block / Kath.																																																																																	
<input type="checkbox"/> CSE	<input type="checkbox"/> lat. Ischiadicus Block / Kath.	<input type="checkbox"/> inguin. Femoralis Block / Kath.																																																																																	
<input type="checkbox"/> PDK	<input type="checkbox"/> intersc. Block / Kath.	<input type="checkbox"/> Sonstige																																																																																	
<input type="checkbox"/> SPA	<input type="checkbox"/> PC Block / Kath.																																																																																		
links	peripherer Zugang	rechts																																																																																	
<input type="checkbox"/> Urin v. OP	<input type="checkbox"/> ml G	<input type="checkbox"/>																																																																																	
	<input type="checkbox"/> ml G	<input type="checkbox"/>																																																																																	
<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein																																																																																		
<input type="checkbox"/> Brille	<input type="checkbox"/> Zahnprothese	<input type="checkbox"/> Tubus																																																																																	
<input type="checkbox"/> Hörgerät	<input type="checkbox"/> OK	<input type="checkbox"/> mmID																																																																																	
<input type="checkbox"/> Insulin Pen	<input type="checkbox"/> Sonstige																																																																																		
<input type="checkbox"/> EKG	<input type="checkbox"/> Wärme	<input type="checkbox"/> EKG Abl.	<input type="checkbox"/> MS	Anzahl Pflegekräfte																																																																															
<input type="checkbox"/> RR n. inv.	<input type="checkbox"/> Kälte	<input type="checkbox"/> RR inv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4																																																																															
<input type="checkbox"/> Temp	<input type="checkbox"/> Röntg.kontr.	<input type="checkbox"/> EKG ST	<input type="checkbox"/> SM	<input type="checkbox"/> Pflegekategorie																																																																															
<input type="checkbox"/> Cuff	<input type="checkbox"/> Bettglitter	<input type="checkbox"/> ZVD	<input type="checkbox"/> Defib.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4																																																																															
<input type="checkbox"/> SaO2	<input type="checkbox"/> Fixation	<input type="checkbox"/> PAK	<input type="checkbox"/> Reanim.	<input type="checkbox"/> Nachbeatmung (h)																																																																															
AVB 1	AVB 2																																																																																		
Grad	Zeitpunkt AVB																																																																																		
<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> IV																																																																																		
<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> V																																																																																		
<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/>																																																																																		

10.3.3 Anlage 3: Überwachungsbogen für Schmerzkatheter

ASKLEPIOS Klinikum Bad Abbach
Institut für Anästhesiologie
und Schmerztherapie



Anordnungsbogen für Schmerzkatheter

Muster Mustermann

FallNr.:
ORTHO

Datum:

Anästhesist:

Unterschrift: _____

Periphere Schmerzkatheter:

Nervenstimulationstiefe / Katheter Hautniveau

Katheterart: 1. (/ cm) 2. (/ cm)

Seite:

Bemerkungen/Komplikationen bei Anlage:

gezogen am:

Füllung der Pumpe

Katheter 1 PCA-Infusomat Standard 1

PCA-Infusomat Standard 2

Katheter 2 Infusomat Standard 2

bei Bedarf

Naropin 2mg/ml (0,2%)

Naropin mg/ml (%)

Anwendungsparameter

	kont. Rate (ml/h)	Bolus (ml)	Sperrintervall (min)	Bemerkung (zusätzliche Analgetika,...)
Katheter 1 ()				
Katheter 2 ()				

Maximaldosis 44 mg Naropin/h entspricht 22 ml Naropin 0,2 % oder 12 ml Naropin 0,375%

Bolus: Xylonest 0,5% bzw. 1% Naropin 0,375% Bolus: 20 ml

Bolusgaben von Xylonest nur 1x innerhalb von 12 Stunden.
Falls erforderlich Bolusgaben mit Naropin 0,375%

Überwachungsbogen für
Schmerzkatheter

Muster Mustermann
FallNr.:
ORTHO

Katheterstartdatum 1 Gerät Nr. Katheterendedatum 1

Katheterstartdatum 2 Gerät Nr. Katheterendedatum 2

 Verfahrenswechsel

Katheterart: 1

Katheterart: 2

Datum	Uhrzeit	Basalrate	Bolusgaben	VAS	Sensibili- tät	Motorik	Einstichstelle	Nebenwirkungen Ü/E/M/S/J/K	Bemerkungen	Zeit- aufwand	Name
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				
	1.	1.		1.	1.	1.	1.				
	2.	2.		2.	2.	2.	2.				

11 DANKSAGUNG

Ich möchte mich bei allen bedanken, die direkt oder indirekt in Form von Diskussionen und Fragen zum Gelingen meiner Dissertationsarbeit beigetragen haben.

Meinem Doktorvater Prof. Dr. Dr. Joachim Grifka danke ich für die freundliche Überlassung dieses interessanten Themas und die für ihn damit verbundene Arbeit.

Bei meinem Betreuer Dr. Oliver Wiech bedanke ich mich sehr für seine äußerst große Begeisterung bezüglich der Thematik, für die zahlreichen Treffen, die interessanten Anregungen und Ideen und für seinen Optimismus über die gesamte Dauer der Erstellung.

Großer Dank gebührt den Mitarbeitern des Schmerzdienstes und der Pflege, deren erhobene Schmerzscores eine entscheidende Rolle in meiner Arbeit spielen.

Ein aufrichtiges Dankeschön geht an die Mitarbeiter der Patientenaufnahme und an das Pflegepersonal der Klinik, die mir die Suche nach den Patienten erleichtert und so an der lückenlosen Datenerhebung mitgewirkt haben.

Sehr zu danken habe ich auch PD Dr. Jörg Marienhagen, der mit offenen Ohren statistische Unklarheiten aufgenommen, in zeitraubenden Besprechungen gelöst und somit erheblich zur korrekten Datenverarbeitung beigetragen hat.

Danksagen möchte ich vor allem unseren Patienten, ohne die eine solche Studie nicht möglich wäre. Ausnahmslos haben sie mir ihr Vertrauen für eine entscheidende Situation ihres Lebens geschenkt und großes Interesse an meiner Arbeit gezeigt.

Ganz besonders herzlich bedanke ich mich bei meinem Freund Christoph, der mir immer mit Rat und Tat zur Seite steht und mich durch sein Interesse, die kontinuierliche Motivation und seine Nachsicht ganz wesentlich beim Erstellen dieser Arbeit unterstützt hat.

Mein größter Dank geht an meine Mama, die mir ein unbeschwertes Studentenleben ermöglichte und mich mit Zuspruch, Verständnis, Geduld und Rückhalt durch die Jahre meiner Ausbildung und durch meine Promotionsarbeit begleitet hat.

12 LEBENSLAUF

Persönliche Daten

Name	Teresa Wolf
Geburtsdatum	25. Juli 1987
Geburtsort	Straubing
Familienstand	ledig
Konfession	römisch-katholisch

Schulausbildung

1993 - 1997	Grundschule Ittling
1997 - 2006	Johannes-Turmair-Gymnasium Straubing
Juni 2006	Erlangen der Allgemeinen Hochschulreife

Hochschulausbildung

Oktober 2006 - November 2012	Studium der Humanmedizin an der Universität Regensburg
September 2008	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
November 2012	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Weiterbildung

seit Januar 2013	Assistenzärztin in der Radiologie im Medizinischen Versorgungszentrum Dr. Neumaier und Kollegen, Regensburg
------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------