



Fakultät für Medizin

Krankenhaus der Barmherzigen Brüder München Abteilung Orthopädie und Unfallchirurgie

**Vergleich des postoperativen Ergebnisses nach Implantation von Knieprothesen in
Abhängigkeit von Injektion mit Adrenalin und Schmerzmitteln am Operationsende –
Eine Patientenbeobachtung zur Veränderung von Behandlungspfaden**

Christiane Charlotte Zimmermann

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

Vorsitzender:

Prof. Dr. Ernst J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Prof. Dr. Werner R. Plötz
2. Prof. Dr. Rüdiger von Eisenhart-Rothe

Die Dissertation wurde am 05.02.2015 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 03.02.2016
angenommen.

1 Inhaltsverzeichnis

2	Einleitung	5
3	Zielsetzung	8
4	Hypothesen	10
4.1	Hypothese 1.....	10
4.2	Hypothese 2.....	10
4.3	Hypothese 3.....	10
4.4	Hypothese 4.....	10
5	Material und Methode	11
5.1	Studie.....	11
5.1.1	Studienaufbau	11
5.1.2	Datenerfassung	11
5.1.3	Gruppen.....	11
5.2	Prothesen.....	12
5.2.1	Unikondyläre Prothesen	12
5.2.2	Bikondyläre Prothesen	12
5.2.3	Knochenzement	13
5.2.4	Indikation	14
5.3	Blutverlust.....	15
5.3.1	Redondrainage	15
5.3.2	Hämoglobinwert	16
5.3.3	Erythrozytenkonzentrate	17
5.4	Beweglichkeit.....	17
5.5	Schmerzkatheter	18
5.5.1	3-in-1-Blockade nach Winnie.....	18
5.5.2	Periduralkatheter	18
5.5.3	Kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie	19

5.5.4	Kein Schmerzkatheter	19
5.6	Schmerzmittel	19
5.6.1	Therapiestandard Schmerzmedikation	19
5.6.2	Schmerzmittelverbrauch.....	21
5.7	Schmerzerfassung.....	21
5.8	Lokale Infiltrationsanästhesie (LIA).....	22
5.8.1	Inhalt	22
5.8.2	Inhalt bei Schmerzkatheterpatienten	22
5.9	Operationstechnik.....	23
5.9.1	Präoperative Planung	23
5.9.2	Lagerung	24
5.9.3	Operationsfeldvorbereitung.....	24
5.9.4	Operationsbeginn bikondyläre Prothese.....	25
5.9.5	Implantation bikondylärer Kniegelenksendoprothesen.....	26
5.9.6	Operationsbeginn unikondyläre Schlittenprothese	26
5.9.7	Implantation unikondylärer Schlittenprothesen.....	27
5.9.8	Einbringen der Injektionslösung.....	27
5.10	Ausschlusskriterien.....	28
5.11	Ausfallquoten	29
5.12	Statistische Auswertung.....	29
5.12.1	SPSS.....	29
5.12.2	Statistische Tests.....	30
6	Ergebnisse.....	31
6.1	Vergleichbarkeit der erhobenen Daten	31
6.2	Blutverlust.....	36
6.2.1	Redonmenge	36
6.2.2	Hämoglobin-Abfall.....	39
6.2.3	Erythrozytenkonzentrate	43
6.3	Beweglichkeit.....	45

6.4	Schmerz	48
6.4.1	Ruhschmerz	48
6.4.2	Bewegungsschmerz.....	50
6.4.3	Schmerzmittelverbrauch.....	55
6.5	Verweildauer	60
6.6	Komplikationen.....	61
7	Diskussion	63
7.1	Blutverlust.....	63
7.2	Beweglichkeit.....	68
7.3	Schmerz	72
8	Zusammenfassung.....	79
9	Literaturverzeichnis.....	80
10	Abkürzungsverzeichnis	94
11	Anhang	95
11.1	Tabellen:	95
12	Danksagung	102

2 Einleitung

Seit den Anfängen der Endoprothetik Ende des 19. Jahrhunderts, als 1890 Themistocles Gluck erstmals eine Kniegelenksendoprothese aus Elfenbein mit Hilfe von Kolophonium und Gips implantierte (Wessinghage 1998), nimmt die Bedeutung der Kniegelenksendoprothetik stetig zu.

Bei der Implantation von Kniegelenksendoprothesen stiegen die jährlichen Fallzahlen laut statistischem Bundesamt beispielsweise zwischen 2006 und 2011 von 135.393 auf 158.207 (Statistisches Bundesamt - DRG 2009; Statistisches Bundesamt - DRG 2012)

Es ist ein Zusammenhang von der Entstehung einer Arthrose mit Übergewicht bekannt (Groß et al 2005). Arthrose ist die weltweit häufigste Gelenkserkrankung (Woolf et al 2003). Auch steigerte sich in der BRD die Gesamthäufigkeit der Hauptdiagnose Gonarthrose (ICD-10 M17) für vollstationären Aufenthalt in deutschen Krankenhäusern seit dem Jahr 2000 von 142.104 auf 202.310 Fälle im Jahr 2010 (Statistisches Jahrbuch 2012, Diagnosen). Bei Frauen stand im Jahr 2011 die Gonarthrose mit 126.917 Fällen an 6. Stelle der häufigsten Hauptdiagnosen nach ICD-10 von vollstationär behandelten Patienten. Bei Männern lag die Anzahl bei 74.791 und stand somit an 23. Stelle der häufigsten Hauptdiagnosen stationär behandelter Patienten (Internetquellen: Statistisches Bundesamt-Diagnosen).

Der Zusammenhang Adipositas und Entstehung von Arthrose wurde lange vermutet (Felson et al 1988, Felson et al 1997, Groß et al 2005, Blagojovic et al 2010) und bereits in Laboruntersuchungen nachgewiesen (Buchholz et al 2009). Die WHO prognostiziert für das Jahr 2015 eine Anzahl von 2,3 Milliarden übergewichtige und 700 Millionen adipöse Menschen weltweit (Köhnke, Internetquellen). Zwischen 1999 und 2009 steigerte sich der Anteil an adipösen Menschen ($\text{BMI} > 30 \text{ kg/m}^2$) an der Gesamtbevölkerung in Deutschland von 10,7 % auf 13,4 % (Statistisches Jahrbuch 2012 - Gesundheit) Durch zunehmenden

Anteil der Bevölkerung mit Übergewicht/Adipositas, ist eine weitere Steigerung der Anzahl von Endoprothesen anzunehmen.

Um endoprothetische Operationen und deren Ergebnisse zu verbessern, wurden über die Jahre nicht nur die Prothesen, verwendete Materialien, sowie Operationstechniken zunehmend optimiert, sondern auch verschiedene Schmerztherapien in Studien getestet. Immer häufiger wurden verschiedene regionalanästhetische Verfahren eingesetzt, da diese die postoperativen Schmerzen reduzieren können (Allen et al 1998, Capdevilla et al 2008, Hebl et al 2008, Macfarlane et al 2009). Studien zeigten, dass Patienten mit Schmerzkathetern, wie z.B. einem 3in1-Block nach Winnie (Singelyn et al 1998, Ganapathy et al 1999, Chelly et al 2001, Kaloul et al 2004, Özen et al 2006) oder N.femoralis-Block (Szcukowski et al 2004, Niskanen et al 2005, Kadic et al 2009) weniger postoperative Schmerzen und niedrigeren Schmerzmittelverbrauch haben als Patienten ohne periphere Nervenblockaden. Ebenso treten nach der Operation geringere Schmerzen und weniger Morphinverbrauch bei Psoasblockade auf (Kaloul et al 2004, Touray et al 2008). Die Verwendung von Periduralkathetern wirkt sich ebenfalls positiv auf die postoperativen Schmerzen aus (Mahoney et al 2008, Weller et al 1991, Turner et al 1996, Choi et al 2003, Block et al 2003, Singelyn et al 1998). Auch eine kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie mindert die Schmerzen nach Kniegelenksimplantation (Chu et al 2006). Kontinuierliche intraartikuläre Infiltration von Morphin und Lokalanästhetikum reduziert Schmerzen, Liegezeit und verbessert die postoperative Beweglichkeit (Rasmussen et al 2004). Eine intraoperative Infiltration von Morphin, Lokalanästhetikum oder deren Kombination führt gleichfalls zur postoperativen Schmerzreduktion (Mauerhan 1997, Han et al 2007). Auch führt intraartikuläre Instillation von Morphin oder Morphin mit Lokalanästhetika am Operationsende zu geringerem Schmerzmittelbedarf (Garcia et al 2010). In weiteren Studien wird bei perioperativer Lokalanästhetikainfiltration weniger postoperativer Schmerzmittelverbrauch (Venditelli et al 2006) und auch geringere Schmerzen (Browne et al 2004) bei Knieendoprothesen

nachgewiesen. Auch eine Metaanalyse bestätigten den milden analgetischen Effekt von lokalen Schmerzmittelinjektionen (Gupta et al 2001), bzw. Reduktion von Schmerz und Schmerzmittelverbrauch durch Morphininjektionen (Kalso et al 1997), welche intraoperativ intraartikulär verabreicht werden. Auch führt lokale Infiltrationsanästhesie zu früherer Mobilisation und höherer Patientenzufriedenheit (Thorsell et al 2010). Injektion von Lokalanästhetikum mit Epinephrin perioperativ in Kombination mit Spinalanästhesie und Mobilisation am Operationstag können zudem die Verweildauer reduzieren (Isaac et al 2005). Bei Studien mit perioperativen Injektionen bestehend aus Lokalanästhetikum, Morphin und Adrenalin zeigten sich weniger postoperative Schmerzen, weniger Schmerzmittelverbrauch bei gleicher postoperativer Beweglichkeit (Busch et al 2006, Parvataneni et al 2007), aber keine Verbesserung hinsichtlich Blutverlust bzw. sogar negative Auswirkung auf die postoperative Blutung (Venditoli et al 2006). Andere Studien konnten im Gegensatz dazu einen geringeren Blutverlust nachweisen (Levy et al 1993, Anderson et al 2009). Dies zeigt doch relativ widersprüchliche Ergebnisse in der Literatur bezüglich perioperativer Injektionen ins Kniegelenk im Rahmen von endoprothetischen Operationen.

3 Zielsetzung

Behandlungspfade und Therapiestandards gewinnen heutzutage, insbesondere im stationären Bereich, immer mehr an Bedeutung. Im Rahmen der Umstellung der postoperativen Schmerztherapie im Krankenhaus der barmherzigen Brüder in München bei Implantation von Knieendoprothesen soll gezeigt werden, ob die erhobenen Daten zur Validierung neuer Therapiestrategien aussagekräftig genug sind, um eine Änderung von postoperativen Behandlungspfaden zu beurteilen. Können aus den Studienergebnissen Behandlungspfade zur Therapieverbesserung abgeleitet werden? Um dies genauer zu untersuchen, werden im Rahmen einer Patientenbeobachtung zunächst die Daten bezüglich des postoperativen Verlaufs von 50 Patienten, welche sich einer Operation zur Implantation einer Kniegelenkendoprothese unterziehen, unter herkömmlichem Therapiestandard erhoben. Anschließend werden die postoperativen Ergebnisse von weiteren 50 Patienten nach Umstellung des Behandlungspfades erfasst. Hierbei erhalten diese zur herkömmlichen Schmerztherapie am Operationsende eine intraartikuläre Injektion aus Lokalanästhetikum, Morphin und Adrenalin. Zahlreiche Studien haben eine Verbesserung der Schmerztherapie nach Implantation von Knieprothesen durch intraartikuläre Injektion von Schmerzmitteln gezeigt (Busch et al 2006, Kalso et al 1997, Malone et al 2009, Tanaka et al 2001, Browne et al 2004, Lombardi et al 2004, Rasmussen et al 2004, Venditoli et al 2006, Parvataneni et al 2007, Ranawat et al 2007, Toftdahl et al 2007), was auch durch Metaanalysen bestätigt wurde (Kalso et al 1997, Gupta et al 2001). Auch zeigte eine Studie (Peters et al 2006) Erfolge durch Umstellung postoperativer Behandlungspfade auf ein multimodales Schmerzregime. Es soll nun untersucht werden, ob man aus den erhobenen Daten (Beweglichkeit des Kniegelenks, Blutverlust, Hämoglobinabfall, Verbrauch von Blutkonserven, Schmerzen und Schmerzmittelverbrauch an den einzelnen postoperativen

Tagen) ableiten kann, in wie weit Änderungen innerhalb von Behandlungspfaden eine Verbesserung der Therapie bewirken. Ist durch Vergleich der verschiedenen Parameter der Erfolg von Therapiestrategien messbar und sind daraus neue oder veränderte Behandlungspfade ableitbar? Können anhand von Daten einer Patientenbeobachtung im Klinikalltag Behandlungspfade und deren Erfolg untersucht werden und daraus bessere Therapiestandards für jeden Patienten gültig erstellt werden?

4 Hypothesen

Verglichen wird das bisherige therapeutische Vorgehen bei 50 Patienten, die als Gruppe 1 bezeichnet werden, mit dem Vorgehen mit der zusätzlichen lokalen Infiltrationsanästhesie (LIA) bei ebenfalls 50 Patienten, die als Gruppe 2 bezeichnet werden. Für diesen Vergleich werden folgende Hypothesen aufgestellt:

4.1 Hypothese 1

Bei Gruppe 2 ist der Blutverlust geringer als bei Gruppe 1.

4.2 Hypothese 2

Bei Gruppe 2 sind die postoperativen Schmerzen geringer als bei Gruppe 1.

4.3 Hypothese 3

Die Beweglichkeit am 7. postoperativen Tag ist bei Gruppe 2 größer als bei Gruppe 1.

4.4 Hypothese 4

Der Blutverlust in die Redondrainagen, die Anzahl der notwendigen Erythrozyten-Konzentrate sowie der Hämoglobin-Abfall zwischen prä-und postoperativ ist in Gruppe 2 geringer als in Gruppe 1.

5 Material und Methode

5.1 Studie

5.1.1 Studienaufbau

Es handelt sich bei der Studie um eine Patientenbeobachtung, wobei Daten von 100 Patienten erfasst werden, die sich einer primären Knieendoprothesenimplantation stationär unterziehen. Es erfolgt keine Auswahl, jedoch auch keine Randomisierung der Probanden, d.h. die Patienten werden ab einem bestimmten Zeitpunkt in der Reihenfolge des Operationstermins erfasst und noch weitere sieben Tage nach dem Eingriff beobachtet. Nach Datenerhebung der ersten 50 Patienten erfolgt eine Umstellung des Therapiestandards, wobei die folgenden 50 Patienten zusätzlich zur vorherigen Behandlung intraoperativ am Operationsende eine lokale Infiltrationsanästhesie (LIA) am betroffenen Kniegelenk aus Schmerzmitteln und Adrenalin erhalten. Ansonsten erfolgt der gesamte Ablauf des Krankenhausaufenthaltes nach vorbestehendem Therapiestandard. Auch die Datenerfassung ist bei allen 100 Patienten identisch.

5.1.2 Datenerfassung

Die Erhebung der Daten erfolgt aus den Patientenakten. Hierbei werden Aufnahmeprotokolle, Laborberichte, Patientenkurven mit aktueller Dokumentation von ärztlichem und pflegerischem Personal, Anästhesieprotokolle, Operationsberichte, Schmerzkatheterprotokolle und Dokumentationskurven der Intensivstation herangezogen. Des Weiteren erfolgt prästationär bei Anmeldung und am 7. postoperativen Tag eine Untersuchung der Beweglichkeit des betroffenen Kniegelenks.

5.1.3 Gruppen

Die 100 Patienten werden nach Datenerhebung zunächst hinsichtlich des Therapiestandards in Gruppe ohne Injektion und in Gruppe mit Injektion unterteilt.

Um verschiedene andere Einflussfaktoren auf das postoperative Ergebnis zu untersuchen erfolgen weitere Unterscheidungen zwischen verschiedenen Prothesengruppen, dem Geschlecht, Schmerzkatheterarten. Körpergewicht (BMI) und Alter werden ebenso berücksichtigt, um mögliche, das Ergebnis beeinflussende Faktoren, sogenannte Confounder zu identifizieren.

5.2 Prothesen

5.2.1 Unikondyläre Prothesen

Hierbei werden ausschließlich unikondyläre Schlittenprothesen OXFORD der Firma Biomet Merck verwendet. Diese unikompartimentelle Oberflächenersatzplastik eignet sich zur Therapie bei Schmerzen durch anteromediale Osteoarthrose (Murray et al 1998). Die Prothese besteht aus Femur-, Tibia- und Meniskusimplantat. Die Komponenten für Tibia und Femur bestehen aus einer gegossenen Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung, welche an den Gelenkoberflächen poliert ist. Das Meniskusimplantat besteht aus hochdruckgepresstem und anschließend argonedelgassterilisiertem Polyethylen ultrahoher Dichte und durchschnittlichem jährlicher Verschleißrate von 0,023/0,046 mm (Argenson et al 1992) bzw. 0,01 mm (Psychoyios et al 1998).

5.2.2 Bikondyläre Prothesen

Für die bikondylären Oberflächenersatzplastiken werden mit mobilem Meniskusanteil die Prothesentypen INNEX UCOR, INNEX CR der Firma Zimmer, sowie das System LCS der Firma DePuy (Johnson&Johnson Company) verwendet. Als Prothesen mit fixiertem Meniskusanteil werden die Typen INNEX FIX, INNEX SC der Firma ZIMMER eingesetzt.

Bei Prothesen mit mobilem Meniskusanteil werden verwendet INNEX Typ CR (Cruciate Retaining) bei erhaltenem hinteren Kreuzband und gutem Bandapparat, milder Achsenfehlstellung und INNEX Typ UCOR (Ultra-Congruent Only Rotating) bei Resektion des hinteren Kreuzbandes, stärkerer Achsenfehlstellung oder Genu Flexum von 10-20°. Bei

dem verwendeten LCS Complete-Kniesystem handelt es sich ebenfalls um einen bikondylären Prothesentyp mit mobilem Meniskusanteil, welcher axiale Rotation und femorale Gleitbewegung bei der Flexion ermöglicht

Die Prothesen bestehen aus jeweils bikondylärer Femur- und Tibiakomponente aus gegossener Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung (Co₂₈Cr₆Mo) mit polierter Gelenkfläche. Die bikondyläre Meniskuskomponente besteht bei Produkten der Firma ZIMMER aus Sulene™-PE, welches aus kalziumstearat-freiem, gepresstem Halbzeug spanabhebend hergestellt und unter Stickstoffatmosphäre gammasterilisiert wird. Die Prothesen werden als zementiert, Hybrid oder zementfrei implantiert. Komponenten, welche ohne Zement implantiert werden sind an der mit der Knochenfläche kommunizierenden Prothesenoberfläche mit einer porösen Beschichtung aus CSTi™ (cancellous structured titanium) bei INNEX und POROCOAT-Beschichtung bei LPS zur Fixation durch Osteointegration versehen. CSTi und POROCOAT sind gesinterte Beschichtungen, welche der spongiösen Knochenstruktur ähneln und können durch Vakuummetallurgie auf die Metallkomponenten aufgetragen werden.

5.2.3 Knochenzement

Für die Fixierung der Prothesenkomponenten wird sogenannter Knochenzement PALACOS® der Firma Haereus Medical verwendet. Dieser besteht aus Polymethylmethacrylat (PMMA), einem kaltpolymerisierendem Kunststoff (Breusch/Kühn 2003), welcher vor Implantation unter sterilen Bedingungen aus den Monomerflüssigkeit und Polymerpulver mit Hilfe eines Vakuum-Mischsystem zu einer homogenen Masse zubereitet wird. Durch die chemische exotherme Reaktion, wobei sich der Zement im Körper auf 42–46 °C erwärmt, erfolgt eine Aushärtung des Materials innerhalb von ca. 10 Minuten. Um Röntgendichte zu erreichen enthält der Knochenzement Zirkoniumdioxid. Zur Vorbeugung intraartikulärer Infektionen enthält der Knochenzement das Aminoglykosidantibiotikum Gentamicin (0,13 g bei 10 g Zement, 0,25 g bei 20 g Zement, 0,5 g bei 40 g Zement) als Gentamicinsulfat in der

Pulverkomponente. Des Weiteren enthält der Knochenzement den Farbstoff Chlorophyll (E141) ebenfalls als Bestandteil der festen Komponente (Gebrauchsanleitung PALACOS R+G Haereus Medical, S. 3-7)

Für eine bikondyläre Endoprothese werden 20g Zement bei Hybrid, 40g bei Vollzementierung verwendet. Bei Oxford-Schlittenprothesen werden jeweils 20 g Zement verwendet.

5.2.4 Indikation

Die Indikation für eine Kniegelenksendoprothese stellt sich vor allem durch die konservativ nicht therapierbaren Schmerzen und dadurch entstehenden Leidensdruck der betroffenen Patienten mit Gonarthrose. Laut AWMF-Leitlinien (Stand 06/2009) stehen hierbei neben dem hohen Leidensdruck Verlust an Lebensqualität (Jerosch et al 2000), starker Schmerz oder Dauerschmerz, zunehmender Knochenverlust bei zunehmender Deformierung des Kniegelenks, deutliche Bewegungseinschränkung, erhebliche Einschränkung der Gehstrecke, Komplikation nach medikamentöser Behandlung und Versagen der konservativen Therapie im Vordergrund. Konservative Therapieverfahren sind vor allem medikamentöse Schmerztherapie, Physiotherapie, Gewichtsreduktion, Schuhzurichtung, Arbeitsplatzanpassung, Anpassung der Lebensführung, Anpassung der Sportart (Schwimmen, Fahrradfahren, Nordic Walking). Hohes und niedriges Lebensalter sind nicht zwangsläufig eine Kontraindikation; Der Operationszeitpunkt ist abhängig von Beschwerdebild, Allgemeinzustand, lokaler Situation, regionaler Situation (AWMF-Leitlinien, Stand 06/2009).

Die Operationsindikation wurde jeweils von einem erfahrenen Facharzt der Abteilung für Orthopädie im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in München gestellt.

5.2.4.1 Indikation bikondyläre Kniegelenksendoprothese

Bei Entscheidung zur Therapie der Gonarthrose mittels einer bikondylären Endoprothese wurde eine Vollzementierung im durchschnittlichen Patientenalter von 77,75 Jahren, eine Teilzementierung (Hybrid) bei einem durchschnittlichen Alter von 74 Jahren gewählt. Die Indikation wurde von einem erfahrenen Facharzt der Abteilung für Orthopädie gestellt.

5.2.4.2 Indikation unikondyläre Schlittenprothese

Die Oxford Schlittenprothese eignet sich vor allem bei anteromedialer Osteoarthrose (Murray et al 1991). Die Entscheidung, welche Endoprothese implantiert wurde, erfolgte nach folgenden Kriterien: Die Kreuzbänder und der laterale Gelenkknorpelbereich müssen intakt sein. Des Weiteren sollten keine starken Deformitäten oder Varusfehlstellung über 15° vorhanden sein. Das Kniegelenk muss unter Anästhesie mindestens auf 110° Flexion gebracht werden können. Des Weiteren stellt eine Flexionsdeformität von >15°, also eine deutliche Streckhemmung eine Kontraindikation dar. Die Indikationsstellung erfolgte durch einen erfahrenen Facharzt der Abteilung für Orthopädie.

5.3 Blutverlust

5.3.1 Redondrainage

Der postoperative Blutverlust wurde durch Erfassen der Flüssigkeitsmenge in der Redondrainage ermittelt. Hierzu werden Redondrainagen der Firma Braun verwendet. Es handelt sich dabei um ein geschlossenes Saugdrainagesystem benannt nach dem französischen Kieferchirurgen Henry Redon. Dieses besteht aus festem Kunststoffschlauch, welcher wundseitig mehrfach perforiert ist und am anderen Ende eine austauschbare Vakuumflasche angeschlossen hat. Am Operationsende wurden zwei intraartikuläre Redondrainagen der Stärke 12 und eine Redondrainage der Stärke 10 subcutan eingelegt und jeweils mittels eines Trokars durch die Haut nach außen geführt. Die Austrittsstellen werden ebenso wie die Wundnaht desinfiziert und mit sterilen Wundgazekompressen abgedeckt.

Anschließend wird noch ein leichter Kompressionsverband mit Kurzzugbinden und steriler Wattepolsterung darunter angelegt. Die Redonschläuche werden außen am Verband fixiert und danach die Ventile zur Vakuumflasche geöffnet, wodurch im geschlossenen Redondrainagesystem ein leichter Sog entsteht und die intraartikuläre und subcutane Flüssigkeit ablaufen kann. Die verwendeten Vakuumflaschen fassen maximal 400 ml, werden mit 1,2,3 nummeriert und nach Füllung ausgewechselt. Hierbei bleibt der Unterdruck durch Schließen der Ventile beim Wechseln erhalten, was der Infektionsgefahr entgegenwirkt. Die Flüssigkeitsmenge aus Blut und Wundsekret in ml wird beim Wechseln der Vakuumflaschen und auch bei der Visite des Pflegepersonals im Patientenakadex dokumentiert. So kann der postoperative Blutverlust insgesamt und an den einzelnen Tagen ermittelt werden. Die Redondrainagen werden regulär meist am 2. postoperativen Tag entfernt. Ist jedoch am 2. postoperativen Tag die Blutung noch anhaltend, wird die Redondrainage erst am folgenden, 3. postoperativen Tag entfernt. Die Gesamtflüssigkeitsmenge in den Redondrainagen wurde gemessen.

5.3.2 Hämoglobinwert

Ein weiterer Parameter für den Blutverlust ist der Hämoglobinwert. Dieser zeigt den Gehalt an rotem Blutfarbstoff Hämoglobin im Blut an, wird durch Entnahme von venösem Blut ermittelt und in g/dl angegeben. Die Normwerte liegen bei Frauen zwischen 12,3g/dl und 15,3 g/dl, bei Männern zwischen 14,0 g/dl und 17,5 g/dl. Der Ausgangswert wird bei den Patienten präoperativ, meist am Tag vor Operation gemessen. Des Weiteren werden die Hämoglobinwerte am 2. und 7. postoperativen Tag erfasst. Durch den operativen und postoperativen Blutverlust sinkt der Hämoglobinwert meist ab. Dies wird veranschaulicht durch Berechnen der Differenz präoperativer Hämoglobinwert - Hämoglobinwert am 2. postoperativen Tag, bzw. Hämoglobinwert am 2. postoperativen Tag - Hämoglobinwert am 7. postoperativen Tag.

5.3.3 Erythrozytenkonzentrate

Erythrozytenkonzentrate werden durch Sedimentierung und Zentrifugation aus Vollblut hergestellt. Sie enthalten einen hohen Anteil an roten Blutkörperchen mit Hämatokrit von ca. 70 bis 80 %, sind jedoch nicht vollständig frei von Plasmabestandteilen. Die Blutkonserven haben ein Volumen von 500 ml und können bei Temperaturen von +2° bis +6° zwischen 21 und 35 Tagen gelagert werden. Falls keine Kontraindikationen vorliegen, spenden die Patienten etwa 3 Wochen vor dem operativen Eingriff Eigenblut für eine Konserve von 500 ml. Kontraindikationen sind z.B. Hb < 12,5 g/dl bei Frauen oder < 13,5 bei Männern, Alter > 70 Jahre, Hämoglobinopathien, Infektionen, instabile Angina pectoris, frischer Myokardinfarkt (< 3 Monate), Koronararterienstenose (Hauptstamm), Aortenstenose (klinisch wirksam), Synkopen unklarer Genese oder dekompensierte Herzinsuffizienz.

Erythrozytenkonzentrate aus Eigen- oder Fremdblut werden bei Blutverlust mit deutlichem Hämoglobinabfall unter Berücksichtigung des Allgemeinzustands des Patienten entweder intra- oder postoperativ über die Vene transfundiert.

5.4 Beweglichkeit

Der Bewegungsumfang, d.h. range of movement (ROM) des Kniegelenks wird in ° angegeben. Hierbei werden passive Flexion und Extension in der Sagittalebene mit einem Winkelmesser ermittelt und durch die Neutral-Null-Methode dokumentiert. Als 0°-Stellung wird die Gelenkstellung eines aufrecht stehenden Menschen angegeben. Dokumentiert wird dann wie folgt: Extension/0/Flexion, bzw. 0/Streckdefizit/Flexion. Der normale Bewegungsumfang eines Kniegelenks beträgt 150° Flexion und 5-10° Extension, ausgehend von 0°. Erfasst werden der bei Aufnahme dokumentierte Bewegungsumfang des zu operierenden Kniegelenks, sowie der postoperative Bewegungsumfang am 7. postoperativen Tag. Berechnet wird die Differenz zwischen prä- und postoperativ jeweils bei Flexion und Extension.

5.5 Schmerzkatheter

5.5.1 3-in-1-Blockade nach Winnie

Dieses regionalanästhetische Verfahren wird auch als inguinale paravaskuläre Blockade bezeichnet. Hierbei werden N. femoralis, N. cutaneus femoris lateralis und N. obturatorius durch Lokalanästhetikum blockiert, was den Namen „3-in-1-Block“ erklärt. Hierfür wird die Punktionskanüle etwa 3 cm kaudal des Leistenbandes und 1-2 cm lateral der palperten A. femoralis im 40°-Winkel parallel zur Arterie vorgeschoben. Die korrekte Lage der Nadel wird durch Kontraktionen der Quadricepsmuskulatur bei 0,4 mA Stimulationsstrom durch einen Nervenstimulator angezeigt (Winnie et al 1973). Verwendet werden zur Blockade 40 ml des Lokalanästhetikums Ropivacain 0,5 %. Postoperativ verbleibt der Schmerzkatheter noch bis zu 4 Tagen, wobei über einen Perfusor kontinuierlich subcutan Ropivacain 0,5 % verabreicht wird und somit eine weitere Nervenblockade bewirkt. Die verwendete Menge an Lokalanästhetikum, sowie die Einstellung des Perfusorgerätes in ml/h und dessen Laufzeit werden im Schmerzkatheterprotokoll dokumentiert. Daraus wird die tägliche Menge an Lokalanästhetikum und auch die Gesamtmenge errechnet. Insgesamt wurden 34 der 100 beobachteten Patienten mit einem solchen Schmerzkatheterverfahren versorgt.

5.5.2 Periduralkatheter

Bei 27 der 100 Patienten wurde eine Periduralanästhesie (PDA), auch als Epiduralanästhesie bezeichnet, zur postoperativen Schmerztherapie verwendet. Hierbei wird präoperativ direkt vor dem operativen Eingriff ein Lokalanästhetikum in den Epi- bzw. Periduralraum eingebracht und eine bilaterale Blockade von Spinalnerven erzeugt. Die Punktion erfolgt in Höhe LWK 3/4 am sitzenden Patienten. Nach Aspirationskontrolle zum Ausschluss intravasaler Lage erfolgt die Gabe einer Testdosis von 3 ml Lokalanästhetikum Carbostesin 0,5 %, was 15 mg Bupivacain entspricht. Dies dient dem Ausschluss einer subarachnoidalen Lage. Anschließend werden bei korrekter epiduraler Lage 10 ml Ropivacain 0,5 % zusammen

mit 2 ml Sufenta epidural (entsprechend 10 µg Sufentanil) über den Katheter injiziert. Der verwendete Verweilkatheter verbleibt dann noch bis zu fünf Tage postoperativ. Mittels eines angeschlossenen Perfusors wird hierbei kontinuierlich Ropivacain 0,5 % in den Periduralraum appliziert. Durch Dokumentation der Perfusorlaufzeit und der jeweiligen Abgabemenge pro Stunde im Schmerzkatheterprotokoll wird die gesamte und tägliche Ropivacainmenge ermittelt.

5.5.3 Kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie

Dieses regionalanästhetische Verfahren wird bei 5 der 100 beobachteten Patienten verwendet. Es wird auch als CSE (combined spinal-epidural anesthesia) bezeichnet. Dies besteht somit aus Spinalanästhesie und nachfolgender Epiduralanästhesie über einen Verweilkatheter im Periduralraum. Zunächst wird in Höhe LWK 3 /4 die Spinalkanüle eingeführt und 3 ml Bupivacain 0,5 % in den Subarachnoidalraum injiziert. Anschließend wird die Spinalkanüle entfernt, die Periduralkanüle bleibt im Epiduralraum und es wird weiter verfahren wie mit dem Periduralkatheter (s.o.).

5.5.4 Kein Schmerzkatheter

Bei 9 der 100 beobachteten Patienten wird kein Schmerzkatheter verwendet. Hierbei wurde von einem Patienten Regionalanästhesie abgelehnt. Bei den weiteren 8 Patienten war die Anlage eines Periduralkatheters aus anatomischen Gründen erfolglos und es wurde deshalb darauf verzichtet.

5.6 Schmerzmittel

5.6.1 Therapiestandard Schmerzmedikation

Die Schmerzmedikation ist als Therapiestandard für Knieendoprothesenimplantation festgelegt und gilt für alle Patienten, welche sich einer solchen Operation unterziehen, gleich

welches regionalanästhetische Verfahren verwendet wird. In diesem Teil des Behandlungspfades erfolgte auch keine Änderung.

Der Therapiestandard sieht am Operationstag folgende Medikation vor:

- Targin 20/10 1-0-1 p.o.
- Novaminsulfon 1g 1-1-1-1 i.v.
- Perfalgan 1g 1-1-1-1 i.v.

Ab dem 1. postoperativen Tag gilt als Therapiestandard pro Tag:

- Targin 20/10 1-0-1 p.o.
- Novaminsulfon 500mg 1-1-1-1 p.o.
- Voltaren resinat 1-0-1 p.o. oder Perfalgan 500 mg 1-0-1 p.o.

- Targin® 20/10 Retardtabletten enthalten 20 mg Oxycodon-HCl (entsprechend 18 mg Oxycodon) zur Schmerztherapie und 10 mg Naloxon-HCl (entsprechend 9 mg Naloxon) zur Prophylaxe opioidinduzierter Obstipation.
- Novaminsulfon® 500mg enthält 500 mg Metamizol-Natrium 1H₂O.
- Novaminsulfon® 1g/2ml Injektionslösung enthält 1000 mg Metamizol-Natrium.
- Perfalgan® 500 mg enthält Paracetamol 500 mg.
- Perfalgan® 10 mg/ml Infusionslösung_ 100 ml enthält Paracetamol 1000 mg.
- Voltaren Resinat® enthält pro Kapsel 140 mg Diclofenac-Colestyramin (entsprechend 75 mg Diclofenac-Natrium) und wird als NSAR zur Schmerzreduktion und Entzündungshemmung eingesetzt.

Als Bedarfsmedikation wird Palladon 1,3 mg p.o. verabreicht:

- Palladon® 1,3 mg Hartkapseln enthalten Hydromorphon-HCl 1,3 mg (entsprechend 1,16 mg Hydromorphon).

Im Einzelfall werden als Bedarfsmedikation zusätzlich verabreicht:

- Novaminsulfon-Sandoz Tropfen 1 ml (20 Tropfen) enthalten Metamizol-Natrium 1H₂O 500 mg.
- Valoron® N retard 100/8 mg eingesetzt werden. Retardtabletten enthalten Tilidinphosphat 119,86 mg (entsprechend 100 mg Tilidin-HCl) und Naloxon-HCl 8 mg.

Direkt postoperativ werden im Aufwachraum bei starken Schmerzen zusätzlich zum Therapiestandard verabreicht:

- Digidolor® Injektionslösung 1 ml enthält Piritramid 7,5 mg.
- Dolantin® 50 mg/-/100 mg-Injektionslösung 1 ml enthält: Pethidin-HCl 50 mg.

5.6.2 Schmerzmittelverbrauch

Um den Schmerzmittelverbrauch bei den unterschiedlichen Medikamenten mit oraler und intravenöser Verabreichungsform statistisch einfach zu erfassen, wird die Schmerzmedikation des Therapiestandards (s.o.) mit 1 bezeichnet. Abweichungen des Schmerzmittelbedarfs werden mit 2, bei höherem Bedarf und 0, bei niedrigerem Bedarf bezeichnet.

5.7 Schmerzerfassung

Die Beurteilung der postoperativen Schmerzen erfolgt unter Verwendung der Visuellen-Analog-Skala (VAS). Hierbei geben die Patienten den aktuellen Schmerz auf einer Skala von 0 bis 10 an. 0 bedeutet keine Schmerzen, 10 maximal vorstellbare Schmerzen. Die angegebenen Werte werden vom Pflegepersonal zweimal täglich in der Patientenakte dokumentiert. Des Weiteren erfolgt die Dokumentation der VAS-Werte mindestens einmal täglich im Schmerzkatheterprotokoll bei Kontrolle des Schmerzkatheters und Perfusors durch den Anästhesisten. Die Beurteilung der Schmerzen erfolgt jeweils in Ruhe/im Liegen und bei Bewegung/beim Aufstehen. Aus allen angegebenen VAS-Werten wird der tägliche Mittelwert jeweils für Ruheschmerz und Bewegungsschmerz errechnet.

5.8 Lokale Infiltrationsanästhesie (LIA)

5.8.1 Inhalt

Die zu injizierende Lösung enthält 150 mg Ropivacain, 5 mg Morphin und 0,6 ml Epinephrin. Hierzu verwendet werden 30 ml Naropin (5 mg/ml), 0,5 ml Morphin (10 mg/ml) und 0,6 ml Epinephrin (Suprarenin 1:1000). Diese Lösung wird mit NaCl 0,9% (28,9 ml) auf 60 ml Gesamtvolumen aufgefüllt. Dieses wird unter sterilen Bedingungen auf 3 Injektionsspritzen zu je 20 ml aufgeteilt.

Ropivacain (Handelsname Naropin) ist ein Lokalanästhetikum vom Amidtyp und wirkt über Blockade von Natriumkanälen an peripheren Nerven vorübergehend analgetisch (The Merck Index 2006)

Morphin ist ein Opioidanalgetikum mit Wirkung vor allem über supraspinale μ -Rezeptoren, jedoch haben Untersuchungen gezeigt, dass auch an peripheren Nozizeptoren Opioidrezeptoren sitzen, welche nach Aktivierung durch exogene Opioide wiederum die endogene Schmerz-inhibition aktivieren (Stein et al 1995).

Suprarenin als synthetisch hergestelltes Adrenalin (Epinephrin) wirkt wie Adrenalin an α - und β -Rezeptoren im Körper. Vor allem über G-Proteine vermittelte Wirkung an α_1 Rezeptoren werden glatte Muskelzellen aktiviert und es kommt zur Vasokonstriktion peripherer Gefäße, womit die Blutung durch Gefäßverletzungen im Operationsgebiet reguliert werden soll.

NaCl in isotonischer Konzentration von 0,9% wird hierbei als Trägersubstanz der Injektionslösung verwendet.

5.8.2 Inhalt bei Schmerzkatheterpatienten

Da bei regionalanästhetischen Katheterverfahren bereits Ropivacain verwendet wird und eine Überdosierung an Lokalanästhetikum vermieden werden soll, wird der lokalen Infiltrationslösung bei Schmerzkatheterpatienten kein Naropin zugesetzt. Die Lösung besteht

hierbei aus 0,5 ml, entsprechend 5 mg Morphin (10 mg/ml) und 0,6ml Epinephrin (Suprarenin 1:1000). Diese Injektionslösung wird mit NaCl 0,9 % (58,9 ml) auf 60 ml Gesamtvolumen aufgefüllt und ebenfalls auf 3 Injektionsspritzen zu jeweils 20 ml aufgeteilt. Die Zusammensetzung wird innerhalb der Injektionsgruppe bei 21 Patienten mit 3-in-1-Katheter und 18 Patienten mit PDK verwendet.

5.9 Operationstechnik

5.9.1 Präoperative Planung

Beginnend mit der medizinischen Voruntersuchung erfolgt die Indikationsstellung, Beurteilung von Operationsrisiko, Wahl des Anästhesieverfahrens und medizinische Aufklärung des Patienten. Hierbei sind neben orthopädischer Untersuchung, Blutwerten (Blutbild, Gerinnung, Elektrolyte, CRP), Erfragen weiterer Erkrankungen und Überprüfung der Medikation noch Unverträglichkeiten, Allergien abzuklären. Auch ist bei fehlenden Kontraindikationen und Aufklärung des Patienten eine Eigenblutspende in Betracht zu ziehen. Für die weitere Planung sind präoperative Röntgenaufnahmen der zu operierenden Extremität unentbehrlich.

Hierbei werden für bikondyläre Prothesen in a/p Richtung eine Ganzbeinaufnahme unter Belastung beider Beine, eine Einbeinstandaufnahme, eine seitliche Aufnahme des Kniegelenks in 90° Flexion, sowie eine axiale Patella-Aufnahme in 40° Flexionsstellung angefertigt. Auf der Ganzbeinaufnahme können Deformitäten, Knochendefekte und Fehlstellungen erkannt und durch genaues Einzeichnen der Femurlängsachse (anatomische Achse) , sowie Verbindungslinie zwischen Hüftgelenkszentrum zu Kniegelenkszentrum (mechanische Achse) der Winkel alpha (α) ermittelt werden, welcher für die spätere Resektionseinstellung nötig ist. Somit beträgt dieser normalerweise 6°, kann aber auch auf 4° oder 8° variieren. Durch Einzeichnen der Tibiaachse wird die tibiale Resektionsebene bestimmt. In der seitlichen Aufnahme in 90° Flexion kann die Neigung des Tibiaplateaus

(Inklination) - meist 3-10° beurteilt werden. Des Weiteren werden durch Verwendung von Röntgenschablonen bei a/p und seitlicher Aufnahme Komponentengrößen, sowie Resektionstiefen ermittelt und eingezeichnet. Durch die axiale Patellaaufnahme kann Aufschluss über retropatelläre Arthrose und Zentrierung im Gleitlager geben.

Für die unikompartimentelle Oxford Schlittenprothese wird je eine Aufnahme a/p und seitlich erstellt um präoperativ mit Hilfe einer Röntgenschablone die Größe des Femurimplantates zu bestimmen und einzuzeichnen.

5.9.2 Lagerung

Bei allen verwendeten bikondylären Prothesen wird der Patient in Rückenlage operiert, wobei durch am Operationstisch befestigte Beinhalter das Kniegelenk in einer stabilen rechtwinkligen Position halten sollen. Eine seitliche Trochanterstütze stabilisiert die zu operierende Extremität zusätzlich.

Bei den unikondylären Schlittenprothesen erfolgt die Lagerung des Patienten ebenfalls in Rückenlage, jedoch wird der Oberschenkel bei gebeugter Hüfte des zu operierenden Beines in einer U-Schale fixiert und der Unterschenkel frei hängend belassen. Es muss ein intraoperatives Bewegungsausmaß von 120° Flexion im Knie ermöglicht werden

Darüber hinaus wird bei allen Prothesentypen eine Blutsperre am Oberschenkel angelegt, welche erst direkt vor Operationsbeginn nach Anheben des gestreckten Beines mit 350 mmHg verschlossen und nach Zementierung wieder geöffnet wird.

5.9.3 Operationsfeldvorbereitung

Die zu operierende Extremität wird am Operationstag mit wasserfestem Stift markiert und noch auf Station rasiert. Nach Einleitung der Narkose und Lagerung des Patienten erfolgt im sterilen Operationssaal bei bereits vorbereitetem Instrumentarium die mehrfache Desinfektion des Beines, sowie sterile Abdeckung des Patienten nach standardisiertem Verfahren, wobei

das Kniegelenk als Operationsfeld noch zugänglich bleibt, jedoch die Haut zusätzlich zur Desinfektion mit steriler und aseptischer Folie aus Polyurethan beklebt wird.

5.9.4 Operationsbeginn bikondyläre Prothese

Unabhängig vom Prothesentyp und Injektion erfolgt der Beginn der jeweiligen Operation zunächst nach Schließen der Blutsperre mit Weichteilpräparation durch medianen, präpatellaren Hautschnitt von suprapatellar bis zur Tuberositas tibiae. Es schließt sich die Eröffnung des Kniegelenkes durch Längsschnitt in die Quadricepssehne von suprapatellar bis wenig unterhalb des Tibiaplateaus mit medialer Umschneidung der Patella an. Es erfolgt weitere Weichteilpräparation, Teilentfernung des Hoffa-Fettkörpers, Resektion von Menisken, Kreuzbändern und Osteophyten. Es folgen Knochenschnitte nach Resektionsplan, wobei das Tibia-first-Vorgehen angewandt wird. Hierbei ist die Reihenfolge:

- 1.) Tibiaschnitt nach Tibiaausrichtung, Rotationsbestimmung und Bestimmung der Resektionshöhe
- 2.) anterior/posterior Femurschnitt nach Öffnung des Markkanals, Größenbestimmung der Femurkomponente und Ermittlung der Resektionsebene; anschließende Prüfung der Rotation und Bandspannung mit evtl. Nachresektion des Tibiaplateaus oder Ausgleich durch Tibiaaufsatzplatte
- 3.) distaler Femurschnitt und Kontrolle von Achse, Beugespalt, Streckspalt und mediolateraler Stabilität
- 4.) Facettenschnitte und Vertiefung für Patellagleitlager
- 5.) optional: Patellaschnitt bei Retropatellarersatz
- 6.) Bearbeitung der Tibiaverankerung je nach Meniskusteil (fix/mobil)

Anschließend folgt das Einsetzen der Probekomponenten zur Probepositionierung und Bewegungskontrolle.

5.9.5 Implantation bikondylärer Kniegelenksendoprothesen

Vor definitiver Implantation der Komponenten in den bestimmten Größen erfolgt die Spülung und Säuberung des Kniegelenkes und vor allem der mit der Prothese kommunizierenden Knochenresektionsflächen. Hierfür wird sterile 0,9%ige NaCl-Lösung und ein Hochdruckspülsystem (JET-Lavage, Stryker Interpulse lavage system - Stryker, Newbury, UK) an den Resektionssflächen, die für eine zementierte Fixation vorgesehen sind, verwendet.

Für die Implantation der Prothesenkomponenten wird das gleiche Vorgehen wie bei den Probekomponenten angewendet. Nach Implantation der Tibiabasisplatte und Meniskusteil folgt das Einschlagen der Femurkomponente. Die bikondylären Prothesentypen sind je nach Meniskusanteil mobil oder fixiert, die Tibiaeinsätze mit oder ohne Verankerungsschaft („stem“).

Bei der Implantation könne die Prothesenkomponenten entweder ohne oder mit Knochenzement (zementfrei/zementiert) an den resezierten Knochenflächen fixiert werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, nur den tibialen Prothesenteil mit Knochenzement, die femurale Komponente zementfrei am Knochen zu fixieren. Hierbei wird von „Hybrid“ gesprochen. Optional kann bei retropatellärer Arthrose eine prothetische Retropatellarersatzkomponente implantiert werden.

5.9.6 Operationsbeginn unikondyläre Schlittenprothese

Die Inzision erfolgt bei 90° flektiertem Kniegelenk vom medialen Patellarrand bis wenige cm distal des Tibiaplateaus in Paramedianlinie. Anschließend erfolgt eine Teilresektion des Hoffa-Fettkörpers, Entfernung von Osteophyten und medialem Meniskus, sowie Kontrolle der Kreuzbänder.

Nach Bestimmung der Resektionsebene wird die mediale Hälfte des Tibiaplateaus reseziert, Größe des Tibiaimplantats bestimmt und durch einen Platzhalter getestet, ob genügend

Knochenmasse entfernt wurde. Der Femurschnitt der posterioren Facette der Femurkondyle erfolgt nach Markraumbohrung, Justierung der Bohrführung und Einsetzen der Femurschnittlehre. Weiter folgt Fräsen der medialen Femurkondyle und Einsetzen der Probeimplantate zur Prüfung der Gleichheit von Beugungs- und Streckungsabständen mittels Platzhaltern in Flexion und Extension. Gegebenenfalls muss nachreseziert werden. Nach abschließender Präparation des Tibiaplateaus und des Femurs, sowie Probereposition der Probeimplantate und nachfolgendem Einsetzen des Meniskusprobeimplantates unter Bewegung und Stabilitätsprüfung des Kniegelenkes.

5.9.7 Implantation unikondylärer Schlittenprothesen

Vor Implantation der definitiven Prothesenkomponenten werden die bearbeiteten tibialen und femoralen Gelenkflächen durch kleine Bohrlöcher aufgeraut und mittels JET-Lavage (s.o.) gereinigt. Durch 20 ml Zementmischung werden die Prothesenbestandteile zuerst tibial, dann femoral im Knochen befestigt und mittels eines Platzhalters in 45° Flexion bis zur Aushärtung des Knochenzements in Position gedrückt. Nach letzter Testung mit Meniskusprobeimplantat wird das definitive Meniskusimplantat eingesetzt.

5.9.8 Einbringen der Injektionslösung

Die unter sterilen Bedingungen bereitete Injektionslösung ist bereits in drei gleich große Injektionsspritzen mit je 20 ml Inhalt aufgeteilt und steril bereitgelegt. Die Infiltration erfolgt durch den Operateur jeweils mittels mehrerer Einstiche durch Infiltration des Gewebes unter vorheriger Aspiration um akzidentielle venöse oder arterielle Injektion zu vermeiden.

Direkt vor Implantation der Prothesenkomponenten erfolgt die Injektion der ersten 20 ml Injektionslösung bei allen Prothesentypen in gleicher Art und Weise in die hinteren Kapselanteile, sowie in den Bereich des medialen und lateralen Seitenbandes.

Die zweite Injektion von 20 ml der vorbereiteten sterilen Injektionsflüssigkeit erfolgt nach Implantation, während der Knochenzement aushärtet. Hierbei wird ins Quadriceps- und Retinaculumgewebe infiltriert.

Die dritte Injektion erfolgt abschließend nach der Sehnen- und Fasziennaht, unmittelbar vor der Subcutannaht. Es werden die verbleibenden 20 ml der Injektionslösung ins Subcutan- und Fettgewebe im Bereich der noch offenen Wundfläche infiltriert.

5.10 Ausschlusskriterien

Die Ausschlusskriterien ergeben sich hauptsächlich aus den Kontraindikationen der zu verabreichenden Injektionsinhaltsstoffe. Dies sind bekannte Unverträglichkeiten gegen Amidtyp-Lokalanästhetika, Morphin oder Epinephrin und bekannte Erkrankungen, die gegen eine Injektion der genannten Inhaltsstoffe sprechen. Dies sind:

- Gleichzeitige Gabe von Antiarrhythmika der Klasse 3
- AV-Block
- Hypovolämie
- schwere Leber-/Nierenfunktionstörungen
- Koronar-/Herzmuskelerkrankungen/Sklerotische Gefäßveränderungen
- Paroxysmale Tachykardie/hochfrequente absolute Arrhythmie/Cor pulmonale
- Hypertonie mit hypertensiven Krisen/Phäochromozytom
- Thyreotoxikose
- Engwinkelglaukom
- Blasenentleerungsstörungen mit Restharnbildung
- Schwere Atemdepression/Asthma bronchiale/schwere COPD
- Bewusstseinsstörungen/Opioidabhängigkeit

Weitere Ausschlusskriterien sind Re-Operationen während des stationären Aufenthaltes und Prothesenwechsel.

5.11 Ausfallquoten

Insgesamt konnten 38 Patienten nicht in die statistische Auswertung mit einbezogen werden. Hiervon 22 in der Injektionsgruppe und 16 in der Vergleichsgruppe ohne Injektion. Von den 22 Patienten der Injektionsgruppe waren 15 Patienten mit PCA-Pumpe, wobei aus den Protokollen kein exakter Schmerzmittelverbrauch errechnet werden konnte. Bei 2 weiteren Patienten konnte die Naropinmenge aufgrund fehlender Dokumentation des Zeitpunktes der Katheterentfernung nicht berechnet werden. Fehlende präoperative ROM-Werte und Hb-Werte am 2. postoperativen Tag führten bei jeweils 2 Patienten zum Ausschluss aus der Studie. Bei 2 weiteren Patienten fehlte die vollständige Schmerzniveau-Dokumentation.

In der Vergleichsgruppe ohne Injektion waren 3 Patienten mit unvollständiger Dokumentation der PCA-Pumpe, 3 Patienten mit unvollständigen PDK-Protokollen, 4 Patienten mit fehlenden Hb-Werten am 2. oder 7. postoperativen Tag, sowie 2 Fälle von fehlender Dokumentation der präoperativen ROM-Werte. Des Weiteren fehlten bei 2 Patienten die Schmerzmittelverbrauchsdocumentation direkt postoperativ. Bei einem Patienten kam es am 3. postoperativen Tag zum Sturz, wobei eine periprothetische Fraktur erneut operativ versorgt werden musste. Bei einer Patientin wurden einzeitig beide Kniegelenke mit einer Endoprothese versorgt, was ebenfalls zum Ausschluss aus der Studie führte. Da es sich um eine Beobachtungsstudie handelte wurden die Ersatzpatienten fortlaufend nach Operationstermin rekrutiert.

5.12 Statistische Auswertung

5.12.1 SPSS

Für die statistische Datenanalyse und Graphiken wird die Software SPSS 16.0 student version von SPSS Inc. verwendet.

5.12.2 Statistische Tests

Zum Vergleich der Werte von Beweglichkeit (Flexion, Extension), Blutverlust (Hämoglobinwert, Redonmenge) und Schmerz (Ruhe, Bewegung) in den unterschiedlichen Gruppen (Injektion, Prothesen, Geschlecht) wird als nonparametrischer Test für zwei unabhängige Stichproben der Mann-Whitney-U-Test verwendet, da eine Normalverteilung nur annähernd gewährleistet ist und damit der T-Test für zwei unverbundene Stichproben nicht verwendet werden kann. Beim Vergleich von Gruppen mit mehr als zwei unabhängigen Stichproben (Schmerzkatheter, BMI), wird der Kruskal-Wallis-H-Test für k unabhängige Stichproben verwendet. Bei Parametern mit geringer Anzahl der Ausprägungen, wie Erythrozytenkonzentratverbrauch, Schmerzmittelverbrauch, wird der Chi-Quadrat-Test angewandt. Für die Verteilungen in den Gruppen werden Mittelwerte (Alter, BMI, Beweglichkeit/Hb präoperativ) und Häufigkeiten (Prothesen, Schmerzkatheter) verglichen und graphisch dargestellt.

6 Ergebnisse

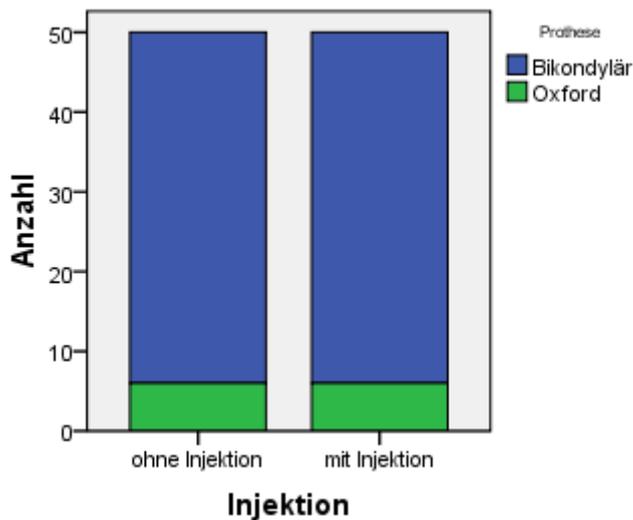
6.1 Vergleichbarkeit der erhobenen Daten

Um sicherzustellen, dass die einzelnen Gruppen untereinander statistisch vergleichbar sind, ist es sinnvoll, vorab die Verteilungen von bestimmten Merkmalen in den Gruppen zu untersuchen. Hiervon kann man dann ableiten, ob sich die Gruppen von ihren Verteilungen ähnlich, und somit gut vergleichbar sind.

Die 100 Patienten werden zunächst unterteilt in zwei Gruppen- eine Probandengruppe mit Injektion (LIA) am Operationsende und eine Kontrollgruppe ohne Injektion (ohne LIA). Diese beiden Gruppen sind gleich groß und bestehen jeweils aus 50 Patienten.

	gesamt	mit Injektion	ohne Injektion
Patienten	100	50	50
bikondyläre Prothesen	88	44	44
- vollzementiert	33	19	14
- teilzementiert	55	25	30
Oxford	12	6	6
Frauen	71	36	35
Männer	29	14	15

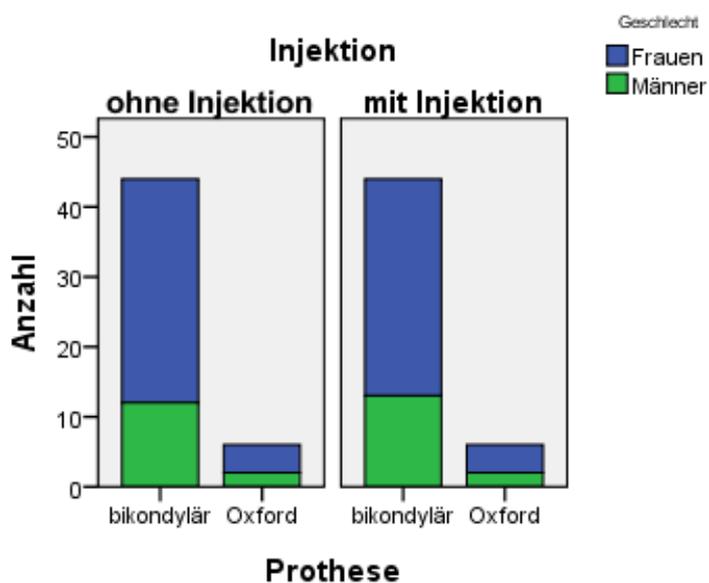
Auch die anteilige Verteilung der Prothesentypen ist innerhalb dieser beiden Gruppen gleich, mit jeweils 44 bikondylären Doppelschlittenprothesen und 6 unikondylären Oxfordschlittenprothesen.



Insgesamt werden somit 88 bikondyläre und 12 unikondyläre Prothesen untersucht. Von den bikondylären Prothesen sind insgesamt 33 vollzementiert (19 mit Injektion/14 ohne Injektion), 55 teilzementiert (25 mit Injektion/30 ohne Injektion).

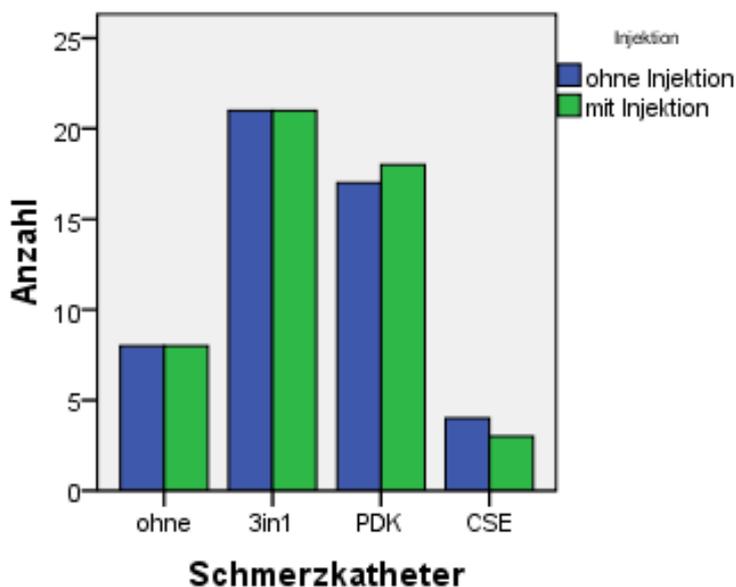
Insgesamt besteht die gesamte Beobachtungsgruppe aus mehr Frauen (71) als Männern (29), wobei das Verhältnis in der Injektions-, bzw. Vergleichsgruppe annähernd gleich ist: Jeweils Frauen/Männer 36/14 in der Injektionsgruppe, 35/15 in der Kontrollgruppe.

Bei den verschiedenen Prothesen findet sich ein Verhältnis Frauen/Männer von 8/4 bei Oxfordschlitten und 63/25 bei bikondylären Prothesen:



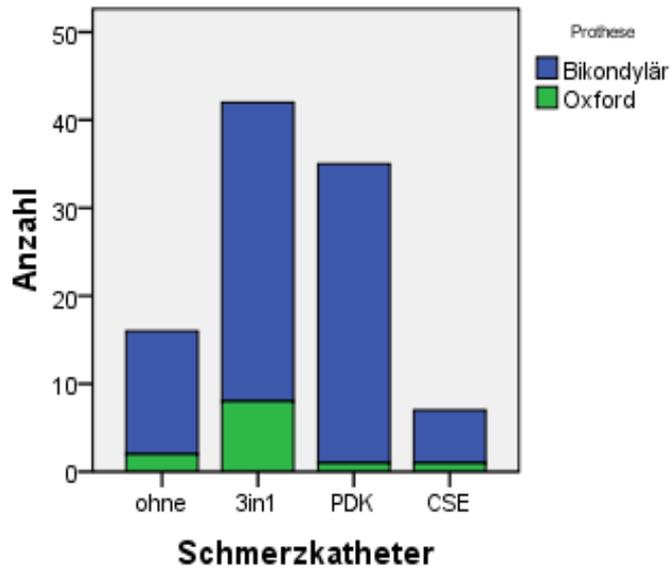
An regionalen Anästhesieverfahren werden insgesamt 42 x ein 3in1-Block (21 mit Injektion/21 ohne Injektion), 35 x ein Periduralkatheter (18 mit Injektion/17 ohne Injektion), 7 x eine CSE (4 mit Injektion/3 ohne Injektion) verwendet. 16 Patienten (8 mit Injektion/8 ohne Injektion) erhalten keinen Schmerzkatheter.

	gesamt	mit Injektion	ohne Injektion
ohne Schmerzkatheter	16	8	8
3 in 1	42	21	21
PDK	35	18	17
CSE	7	4	3



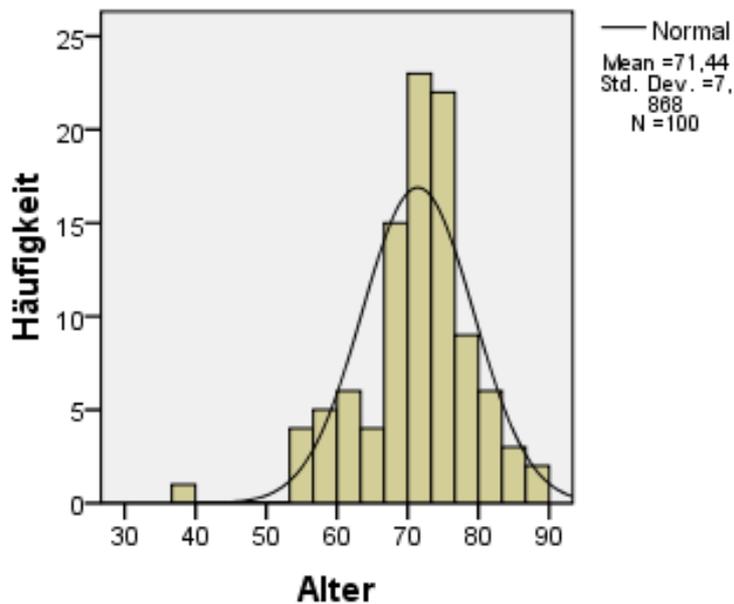
Bei den bikondylären Prothesen erhalten jeweils 34 Patienten einen 3in1-Block, 34 einen PDK, 6 Patienten eine CSE und 14 keinen Schmerzkatheter. Bei den Oxfordschlitten werden 8 3in1-Katheter und jeweils 1 PDK und 1 CSE verwendet. Bei 2 Oxfordschlitten wird keines der genannten Regionalanästhesieverfahren genutzt:

	gesamt	Bikondylär (+/- Injektion)	Oxford (+/- Injektion)
ohne Schmerzkatheter	16	14 (7/7)	2 (1/1)
3 in 1	42	34 (16/18)	8 (5/3)
PDK	35	34 (18/16)	1 (0/1)
CSE	7	6 (1/1)	1 (0/1)



Bezüglich des Alters liegt der Durchschnitt insgesamt bei 71,4 (Standardabweichung +/- 7,86)

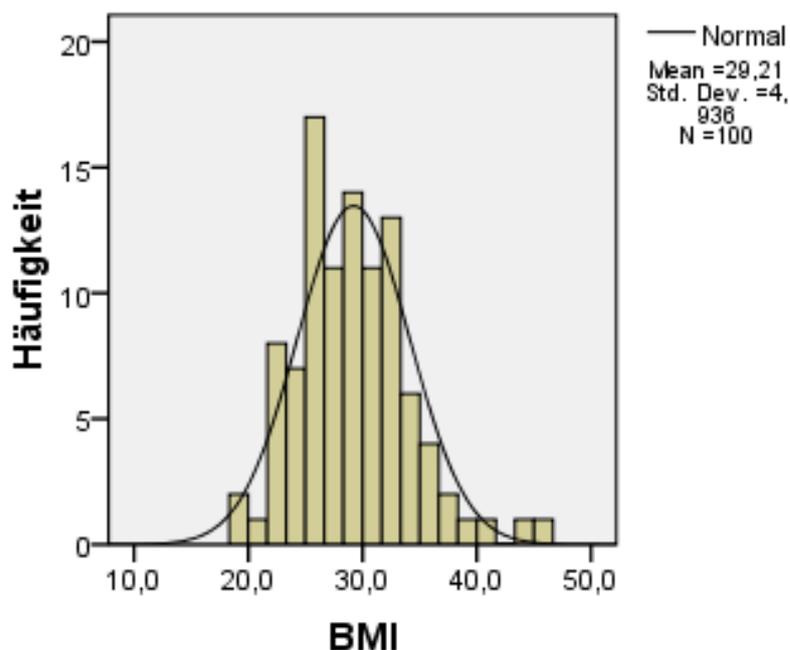
Lebensjahren mit Minimum bei 37 und Maximum bei 87 Jahren.



In der Injektionsgruppe sind die Patienten durchschnittlich 70,4, in der Vergleichsgruppe 72,5 Jahre alt, wobei die Mediane bei 72 (mit Injektion) und 73 (ohne Injektion) liegen. Bei allen Studienteilnehmern sind Männer mit 70,6 Lebensjahren nur geringfügig jünger im Durchschnitt als Frauen mit 71,8. Anders verhält sich die Altersverteilung in den Prothesengruppen. Hierbei sind die Patienten mit Oxfordschlitten (67,4 Lebensjahre) durchschnittlich jünger als die Patienten mit bikondylären Prothesen (72,0 Lebensjahre). Auch ist das Durchschnittsalter in der Gruppe der bikondylären Prothesen bei den zementierten 75,5 Jahre, bei den teilzementierten nur 69,9 Jahre.

Zur Berechnung wurden 5 Altersgruppen gebildet (<50 Jahre, >50-<60 Jahre, >60-<70 Jahre, 70-<80 Jahre und <80 Jahre)

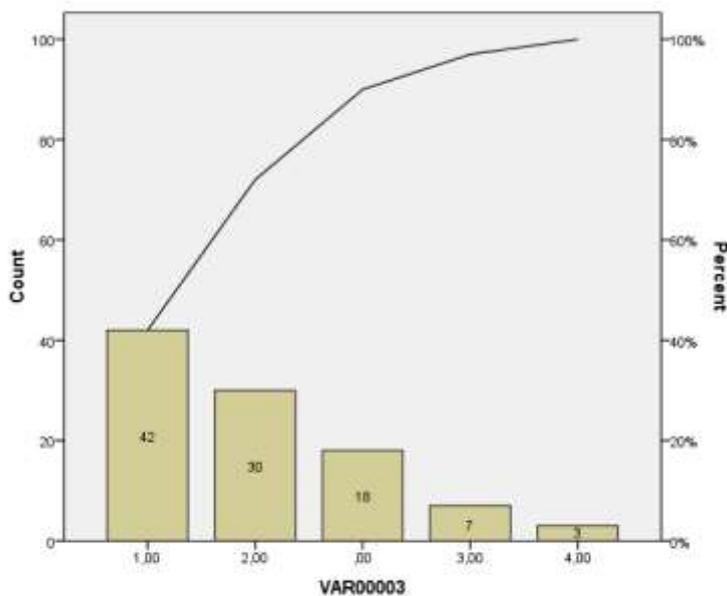
Bezogen auf das Körpergewicht zeigte sich, dass der Bodymassindex bei allen untersuchten Patienten im Durchschnitt im übergewichtigen Bereich bei 29,2 kg/m² lag (Standardabweichung +/- 4,9) mit Werten zwischen 18,7 kg/m² und 45,2 kg/m².



Die 100 untersuchten Patienten wurden nach ihrem Bodymassindex (gemessen in jeweils in kg/m²) unterteilt in 4 Gruppen: BMI im Normbereich = 18,5-25, Präadipositas = BMI > 25-

30, Adipositas I° = BMI > 30-35, Adipositas II° = BMI > 35-40 und Adipositas III° = BMI > 40.

Hierbei zeigte sich eine Verteilung von 42 Patienten im Normbereich, 30 im präadipösen Bereich, 18 bei Adipositas I°, 7 bei Adipositas II°, 3 bei Adipositas III°. Dies entspricht 42% im Normbereich und 68% im übergewichtigen bis schwer adipösen Gewichtsbereich.



Die Verteilung des BMI ist in den untersuchten Gruppen durchaus vergleichbar, mit durchschnittlichen 29,0 kg/m² in der Injektionsgruppe und 29,4 kg/m² in der Kontrollgruppe.

Bei Männern und Frauen ist der BMI im Mittel gleich und beträgt 29,2 kg/m².

Bei den verschiedenen Prothesen liegen die Oxfordschlitten im Mittel bei 28,7 kg/m², die bikondylären Prothesen bei 29,3 kg/m² (zementiert 28,0 kg/m², teilzementiert 30,0 kg/m²).

6.2 Blutverlust

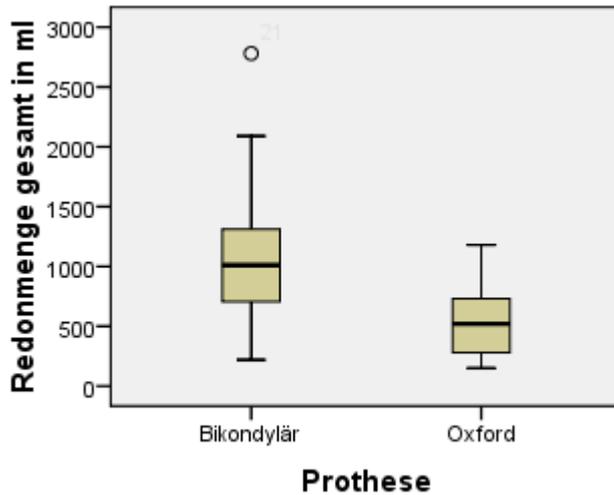
6.2.1 Redonmenge

Die Gesamtmenge des postoperativen Blutverlustes, gemessen an der Blutmenge in der Redondrainage, schwankt bei den 100 beobachteten Patienten zwischen 150 ml und 2780 ml,

wobei der Mittelwert bei 992 ml liegt. Es besteht jedoch zwischen den beiden Gruppen (mit vs. ohne Injektion) bezüglich Gesamtedonmenge kein statistisch signifikanter Unterschied ($p=0,314$). Wie Tabelle 1 (Anhang) zu entnehmen ist, ist der Gesamtblutverlust über die Redondrainage bei der Injektionsgruppe tendenziell im Mittel mit 945 ml etwas geringer als bei der Vergleichsgruppe mit 1039 ml, die Werte von Minimum und Maximum an Blutverlust in der Injektionsgruppe niedriger. Auch am Operationstag, sowie am ersten und zweiten postoperativen Tag ist der Unterschied zwischen den Gruppen (mit vs. ohne Injektion) bezüglich Blutverlust nicht signifikant ($p=0,377$, $p=0,290$, $p=0,636$), wobei man wieder beobachtet, dass tendenziell der Gesamtblutverlust immer etwas niedriger in der Injektionsgruppe liegt. Der Blutverlust am dritten postoperativen Tag liegt im Mittel bei 2 ml (ohne Unterschied in den beiden Gruppen; $p=0,325$), wobei anzumerken ist, dass nur noch bei 3 Patienten in der Injektionsgruppe, bzw. einem Patient in der Vergleichsgruppe am dritten postoperativen Tag ein Blutverlust über die Redondrainage zu beobachten ist, da oftmals die Drainage wegen sistiertem Blutfluss bereits am 2. postoperativen Tag entfernt wurde.

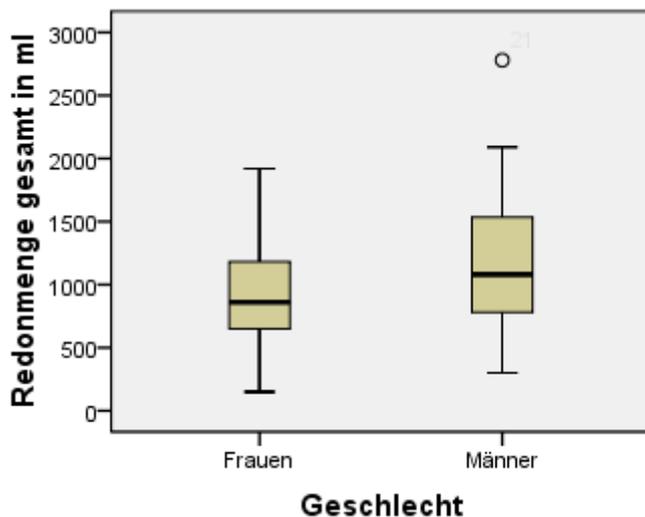
Vergleicht man den Blutverlust bei den unterschiedlichen Prothesen untereinander (bikondylär/unikondylär), ist ein signifikanter Unterschied am Operationstag ($p=0,001$), zweiten postoperativen Tag ($p=0,023$) und bei der Gesamtedonmenge ($p=0,000$) erkennbar, wobei die beobachtete Redonmenge bei der unikondylären Schlittenprothese (Oxford) bis auf den 3. postoperativen Tag geringer ist als bei der bikondylären Doppelschlittenprothese (siehe Tabelle 2, Anhang). Am ersten und dritten postoperativen Tag ist der Unterschied beim Blutverlust zwischen den verschiedenen Prothesengruppen nicht mehr signifikant ($p=0,173$, $p=0,426$). Trotz der beschriebenen Schwankungen im postoperativen Verlauf wird also ein Vorteil der Oxfordschlittenprothese am Operationstag und hinsichtlich des gesamten Blutverlustes deutlich. Die Gesamtmenge in der Redondrainage ist bei den unikondylären

Oxfordschlitten mit durchschnittlich 546 ml deutlich geringer als in der Gruppe der bikondylären Knieendoprothesen mit 1053 ml ($p=0,001$).



Innerhalb der Gruppe der bikondylären Prothesen zeigt sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich Redonmenge insgesamt ($p=0,819$), am Operationstag ($p=0,666$) sowie am 1. ($p=0,433$), 2. ($p=0,907$) und 3. ($p=0,880$) postoperativen Tag zwischen den zementierten und teilyementierten Prothesen.

Hinsichtlich des Geschlechts ergeben sich signifikante Unterschiede beim Gesamtblutverlust. Die Gesamtreonmenge postoperativ ist mit durchschnittlich 908 ml bei allen untersuchten Frauen geringer, verglichen mit 1196 ml bei den männlichen Probanden ($p=0,019$).



Auch am 1. postoperativen Tag ist die Blutung bei Frauen mit einer Redonmenge von 165 ml geringer als bei Männern mit 256 im Mittel ($p=0,005$). Am Operationstag, 2. und 3. postoperativen Tag sind die Unterschiede bezüglich Blutverlust nicht signifikant ($p=0,132$; $p=0,090$; $p=0,371$), wobei tendenziell weiterhin der Blutverlust bei den Frauen (692 ml, 164 ml, 50 ml) gegenüber den Männern (855 ml, 256 ml, 84 ml) geringer ist.

Es lässt sich keine Korrelation zwischen Blutverlust gesamt über die Redondrainage und BMI ($p=0,763$) feststellen.

Ebenso besteht kein signifikanter Unterschied bzgl. Blutverlust gesamt zwischen den verschiedenen Altersgruppen ($p=0,821$).

6.2.2 Hämoglobin-Abfall

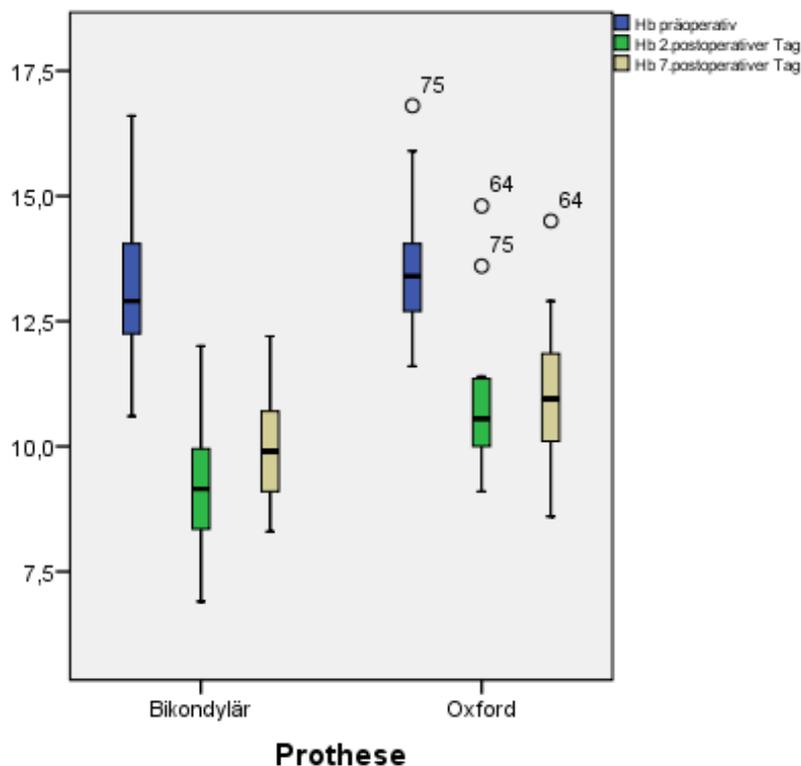
Die Ausgangswerte für Hämoglobin sind in Injektionsgruppe und Kontrollgruppe mit 13,2 g/dl im Mittel nicht signifikant unterschiedlich ($p=0,799$) und somit als Ausgangslage durchaus vergleichbar. Hinsichtlich des Hb-Wertes am 2. und 7. postoperativen Tages ergibt sich aber ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen der Injektionsgruppe und der Vergleichsgruppe ohne Injektion ($p=0,893$; $p=0,109$).

Am 2. postoperativen Tag liegt der Hb-Wert im Mittel bei 9,5 g/dl in der Injektionsgruppe, bzw. bei 9,4 g/dl in der Vergleichsgruppe. Gegensätzliches beobachtet man am 7.

postoperativen Tag, wobei das Hämoglobin mit einem Mittelwert von 9,9 g/dl in der Injektionsgruppe niedriger ist als in der Vergleichsgruppe (10,2 g/dl).

Ebenso zeigt sich kein statistisch signifikanter Unterschied beim Hb-Abfall zwischen präoperativ und dem 2. postoperativen Tag ($p=0,641$). Hierbei fällt der Hb-Wert im Mittel um 3,6 g/dl (Injektionsgruppe), bzw. 3,8 g/dl (Vergleichsgruppe) ab. Die Differenz zwischen 2. postoperativen Tag und 7. postoperativen Tag ist in den Gruppen ebenfalls nicht statistisch signifikant ($p=0,096$) (vgl. Tabelle 3, Anhang).

Obwohl sich die unikondylären und bikondylären Prothesen hinsichtlich des Ausgangs-Hämoglobinwertes präoperativ nicht unterscheiden ($p=0,291$), liegt der durchschnittliche Hb-Wert bei den Oxford Schlitten nach der Operation tendenziell höher, mit Signifikanz am 2. postoperativen Tag ($p=0,000$) und am 7. postoperativen Tag ($p=0,006$), verglichen mit den durchschnittlichen Werten in der Gruppe der bikondylären Prothesen (vgl. Tabelle 4, Anhang).

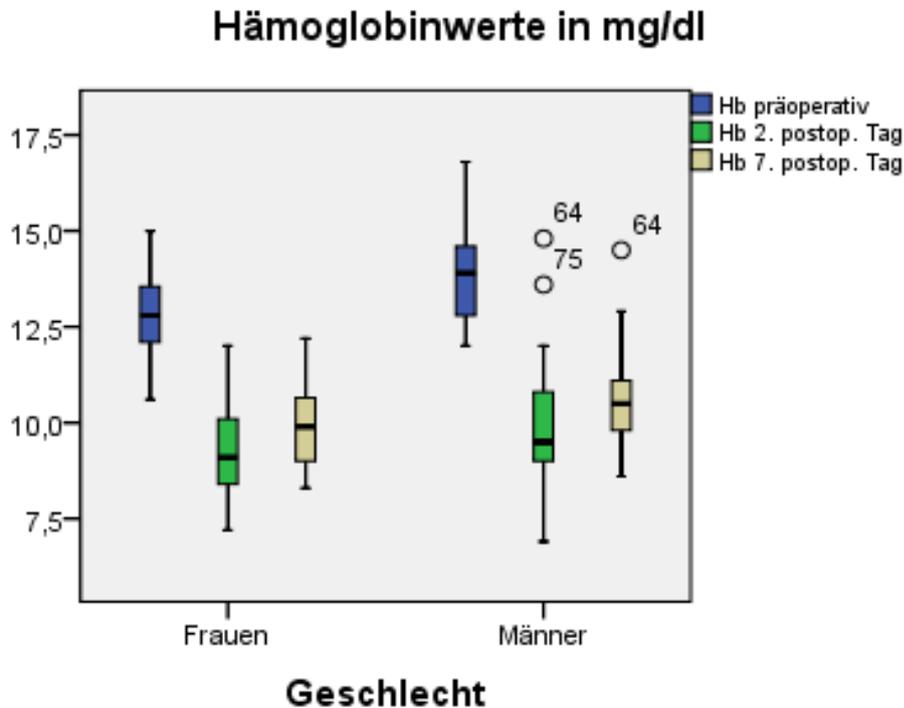


Auch der Hämoglobinabfall zwischen präoperativ und 2. postoperativem Tag ist geringer ($p=0,002$) und beträgt im Mittel 2,7 g/dl bei den unikondylären, 3,9 g/dl bei den bikondylären Prothesen. Die Oxfordschlittenprothese zeigt also nicht nur hinsichtlich Blutverlusts, sondern auch beim Hb-Wert postoperativ deutliche Vorteile gegenüber der bikondylären Prothese.

Im weiteren stationären Verlauf steigt der Hb durchschnittlich langsam wieder an, wobei der Hb bei den bikondylären Prothesen mit 0,7 g/dl tendenziell stärker steigt als bei den unikondylären Prothesen (0,2 g/dl). Hinsichtlich der Hb-Differenz 2. - 7. postoperativer Tag ist der Unterschied zwischen den beiden Prothesengruppen jedoch nicht signifikant ($p=0,159$). Vergleicht man innerhalb der bikondylären Prothesen die zementierten mit den teilzementierten (Hybrid), ergibt sich kein signifikanter Unterschied bezüglich präoperativem Hb-Wert, Hb-Wert am 2. und 7. Tag, sowie den Differenzen zwischen den Hb-Werten im stationären Verlauf.

Deutlich signifikant ($p=0,000$) ist jedoch der geschlechtsspezifische Unterschied bei präoperativen Hämoglobinwerten. Hierbei kann man unten stehender Tabelle (Tabelle 5, Anhang) entnehmen, dass Frauen einen deutlich niedrigeren mittleren Ausgangs-Hb (12,9 g/dl) haben als Männer (14,0 g/dl). Die Hb-Werte unterscheiden sich dennoch nach dem Eingriff am 2. postoperativen Tag nicht signifikant ($p=0,174$) bei Männern und Frauen, obwohl Frauen tendenziell auch weiterhin niedrigere Hb-Werte haben. Trotzdem fällt der bei Männern mit durchschnittlich 4,1 g/dl größere Hämoglobinabfall zwischen präoperativ und 2. postoperativem Tag auf, welcher bei Frauen nur 3,6 g/dl im Mittel beträgt ($p=0,034$). Dies deckt sich mit dem oben erwähnten stärkeren Blutverlust postoperativ beim männlichen Geschlecht. Trotz allem ist am 7. postoperativen Tag der durchschnittliche Hb-Wert bei Männern immer noch signifikant höher als bei Frauen ($p=0,016$). Der ab dem 2. postoperativen Tag gemessene Anstieg der Hb-Werte ist bei Frauen mit 0,6 g/dl nur geringfügig weniger als bei Männern (0,7 g/dl), die Differenz 2.-7. postoperativer Tag deshalb nicht signifikant ist ($p=0,382$). Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Männer mit höherem

Ausgangs-Hb starten, postoperativ mehr Blut verlieren und dadurch einen stärkeren Hb-Abfall haben, aber dennoch höhere Hb-Werte beibehalten (vgl. Tabelle 5, Anhang).

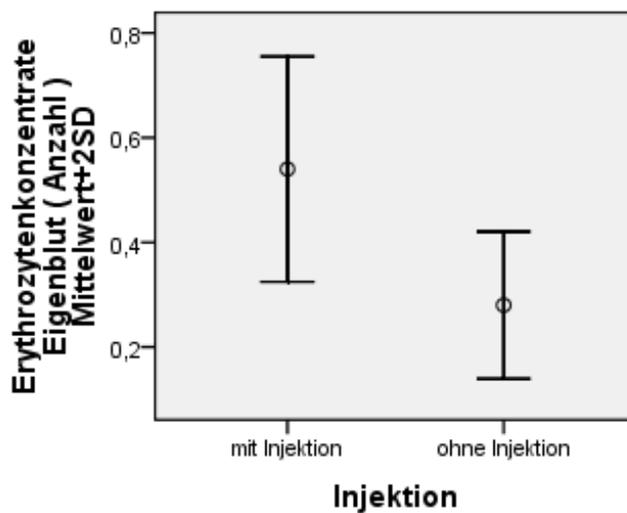


Ein genereller Zusammenhang zwischen Hb-Werten und BMI (Hb präoperativ, Hb 2.postoperativer Tag, Hb 7. postoperativer Tag, Hb-Differenz präoperativ-2. postoperativer Tag, Differenz 2. postoperativer Tag-7. postoperativer Tag: $p=0,109$, $p=0,322$, $p=0,544$, $p=0,139$, $p=0,111$) lässt sich nicht ableiten.

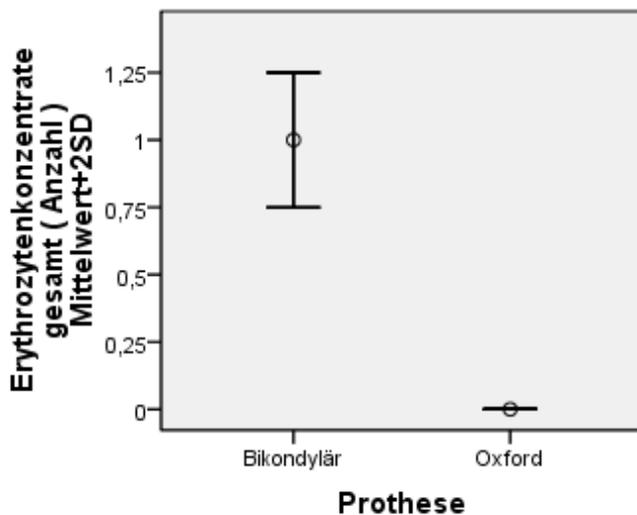
Auch besteht kein signifikanter Unterschied bzgl. Hb-Werten in den einzelnen Altersgruppen (Hb präoperativ, Hb 2.postoperativer Tag, Hb 7. postoperativer Tag, Hb-Differenz präoperativ-2. postoperativer Tag,: $p=0,103$, $p=0,53$, $p=0,140$, $p=0,629$). Nur zwischen 2.postop. und 7.postop Tag zeigte sich ein Unterschied in den Altersgruppen ($p=0,48$). Hierbei kann es zum Hb-Anstieg bei Probanden <50 Jahre (Mittelwert 0,7) und >80 Jahre (Mittelwert 0,15) und im Durchschnitt zum Hb-Abfall bei den Altersgruppen dazwischen (0,36, -0,71,-0,77).

6.2.3 Erythrozytenkonzentrate

Beim Verbrauch von Erythrozytenkonzentraten insgesamt unterscheiden sich die Gruppe mit und ohne Injektion nicht signifikant voneinander ($p=0,296$), ebenso wie beim Verbrauch von Fremdblutkonserven ($p=0,925$). Jedoch benötigen Patienten der Injektionsgruppe durchschnittlich weniger ($p=0,046$) Eigenblut (0,28 Blutkonserven), als diejenigen der Vergleichsgruppe ohne Injektion (0,54 Blutkonserven) (vgl. Tabelle 6, Anhang).



Deutlich signifikant ($p=0,005$) ist der Unterschied im Gesamtverbrauch von Erythrozytenkonzentraten zwischen den Prothesentypen. Hierbei benötigen alle Patienten mit Oxfordschlitten keine Bluttransfusion, wohingegen Patienten mit bikondylärer Prothese durchschnittlich 1,0 Blutkonserven (0,47 Eigenblutkonserven; 0,56 Fremdblutkonserven) verbrauchen.



Innerhalb der Gruppe der bikondylären Prothesen verbrauchen Patienten mit zementierten Prothesen signifikant ($p=0,038$) weniger Eigenblut (0,27 EK) als mit Hybridprothesen (0,58 EK), wobei sie aber tendenziell mehr Fremdblut benötigen und sich daher im Gesamtverbrauch (zementiert 0,96 EK, Hybrid 1,06 EK; $p=0,708$) nicht merklich voneinander unterscheiden.

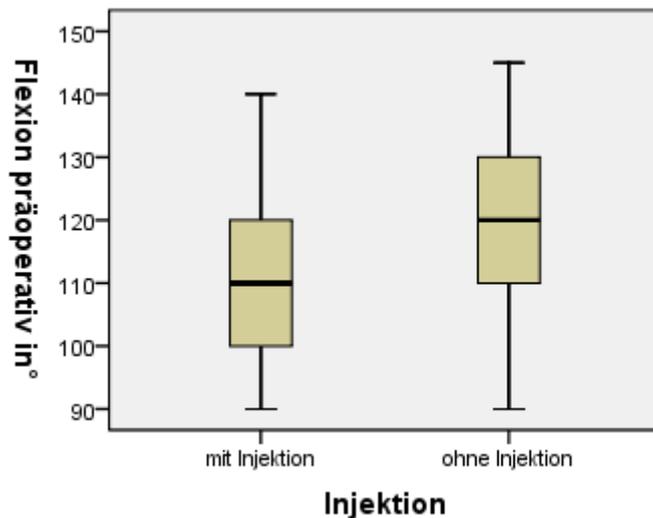
Geschlechtsbezogene Unterschiede bezüglich Gesamtverbrauch von Blutkonserven, Eigen- und Fremdblutbedarf sind nicht signifikant nachweisbar ($p=0,499$; $p=0,329$; $p=0,869$), wobei die männlichen Patienten tendenziell im Durchschnitt weniger Blutkonserven brauchen. Hierbei verbrauchen sie etwas mehr Fremdblut, jedoch weniger Eigenblut (vgl. Tabelle 7, Anhang).

Bezogen auf die unterschiedlichen Altersgruppen ergibt sich gleichermaßen kein signifikanter Unterschied hinsichtlich Gesamt-, Eigen- und Fremdblutverbrauch ($p=0,316$; $p=0,440$; 0,865).

Ebenso ergibt sich kein signifikanter Unterschied beim BMI hinsichtlich Gesamt-, Eigen- und Fremdblutverbrauch ($p=0,751$; $p=0,373$; 0,821)

6.3 Beweglichkeit

Die präoperative Flexion unterscheidet sich bei Injektions- und Vergleichsgruppe signifikant ($p=0,011$), mit mittleren Ausgangswerten von 116° mit Injektion und deutlich geringerem Bewegungsumfang von 109° ohne Injektion.



Im Gegensatz dazu unterscheiden sich die präoperativen Extensionswerte in den beiden Gruppen nicht signifikant ($p=0,813$) voneinander, wobei im Durchschnitt ein Streckdefizit vorliegt (vgl. Tabelle 8, Anhang).

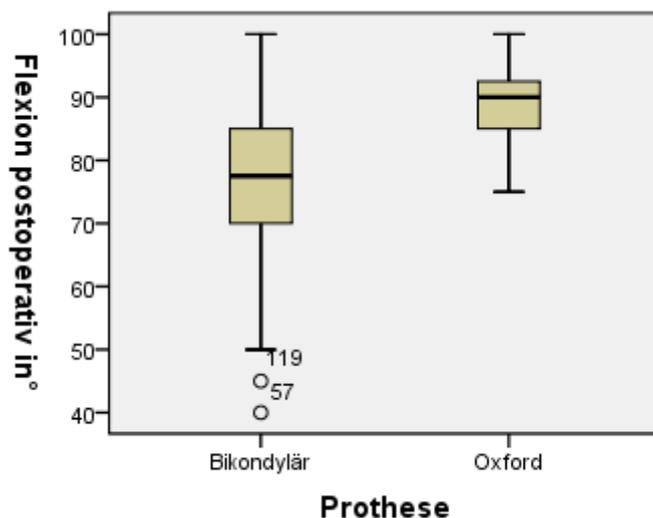
Die postoperativen Ergebnisse, gemessen an den Bewegungsumfängen am 7. Tag nach Operation, zeigen jedoch weder bei Flexion ($p=0,416$), noch bei Extension ($p=0,215$) signifikante Unterschiede zwischen Injektionsgruppe und Vergleichsgruppe ohne Injektion.

Hierbei ist der postoperative Bewegungsumfang in Injektions- und Kontrollgruppe relativ ähnlich. Die durchschnittliche Flexion liegt bei 79° (mit Injektion) und 77° (ohne Injektion), die mittlere Extension bei 2° (mit Injektion) und 3° (ohne Injektion) Streckdefizit.

Ebenso zeigt die Differenzen zwischen prä- und postoperativer Flexion keinen signifikanten Unterschied ($p=0,064$). Da die Flexion vor Operation bei der Injektionsgruppe größer ist, aber das postoperative Ergebnis relativ ähnlich, fällt der Bewegungsumfang zwischen

präoperativ und 7. postoperativem Tag mehr ab als in der Vergleichsgruppe ohne Injektion. Die Differenz der Extension unterscheidet sich nicht signifikant ($p=0,237$).

Beim Vergleich von unikondylären und bikondylären Prothesen zeigt sich bei den präoperativ erhobenen Bewegungsumfängen kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p=0,214$ bei Flexion; $p=0,123$ bei Extension). Tendenziell ist dennoch die mittlere Flexion bei den bikondylären Prothesen vor Operation mit 112° etwas geringer als bei den Oxfordschlitten mit 118° . Dies bleibt auch bei den postoperativen Ergebnissen weiterhin so bestehend, wobei am 7. postoperativen Tag durchschnittlich 76° Flexion bei bikondylären Prothesen und im Mittel deutlich bessere Flexion von 88° bei Oxfordschlittenprothesen erreicht werden (signifikant mit $p=0,001$) (vgl. Tabelle 9, Anhang).



Tendenziell ($p=0,123$) zeigt sich auch bei Extension postoperativ ein besseres Ergebnis bei den Oxford-Schlittenprothesen mit 0° gegenüber 2° Streckdefizit bei den Doppelschlittenprothesen, wobei diese wie bei der Flexion bereits mit tendenziell besseren Ausgangswerten vor dem Eingriff starteten. Ebenso tendenziell bessere Werte bei Oxfordschlitten sind hinsichtlich Differenz zwischen prä- und postoperativer Flexion ($p=0,506$), bzw. Extension ($p=0,909$) ersichtlich.

Vergleicht man innerhalb der bikondylären Prothesen zementierte mit teilzementierten, so zeigt sich kein signifikanter Unterschied bei präoperativer Flexion ($p=0,163$) und Extension ($p=0,761$), sowie postoperativer Flexion ($p=0,695$) und Extension ($p=0,060$) in den beiden Gruppen (vgl. Tabelle 10, Anhang).

Die präoperative Flexion ist bei beiden Geschlechtern im Durchschnitt fast gleich mit annähernd 112° ; Die präoperative Extension unterscheidet sich ebenso nicht signifikant ($p=0,206$) zwischen Männern und Frauen. Einzig bei der postoperativen Flexion zeigt sich ein geschlechtsbezogener signifikanter Unterschied ($p=0,020$), wobei Frauen mit 76° durchschnittlich schlechtere postoperative Ergebnisse haben als Männer mit 82° . Die mittlere postoperative Extension ist mit einem Streckdefizit von 2° jeweils identisch bei Männern und Frauen. Ebenfalls ergibt sich kein signifikanter Unterschied bei den Differenzen vor und nach Operation von Flexion ($p=0,158$) und Extension ($p=0,133$). Trotz vergleichbarer Ausgangslage haben Männer früh postoperativ am 7. Tag also ein besseres Ergebnis bei der Flexion aber gleiche Extension, verglichen mit Frauen, wobei die Differenzen präop.-postop. nicht signifikant sind.

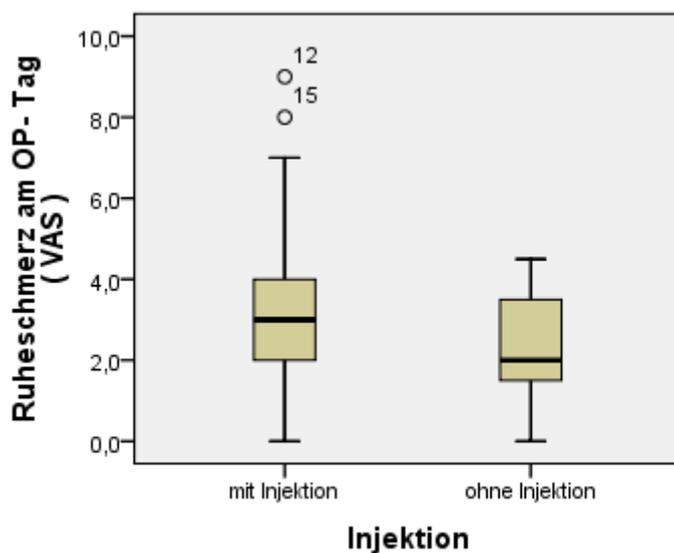
Ein Zusammenhang zwischen Beweglichkeit/Bewegungseinschränkung und BMI bei den unterschiedlichen Gewichtsklassen konnte nicht nachgewiesen werden. (Flexion prä-/postoperativ, Extension prä-/postoperativ: $p=0,065$, $p=0,206$, $p=0,66$, $p=0,421$). Der BMI ist demnach kein Confounder bei Bewegungsausmaß.

In den verschiedenen Altersgruppen konnte kein signifikanter Unterschied bezogen auf Flexion prä-/postoperativ, sowie die Differenz davon ($p=0,831$; $p=0,762$; $p=0,594$) und Extension prä-/postoperativ und Differenz davon nachgewiesen werden ($p=0,781$; $p=0,599$; $p=0,793$).

6.4 Schmerz

6.4.1 Ruheschmerz

Die durchschnittlichen Schmerzen in Ruhe bemessen an der visuellen Analogskala sind am Operationstag ($p=0,013$) in der Injektionsgruppe signifikant geringer als in der Vergleichsgruppe. Hierbei beträgt der Tagesmittelwert am Operationstag bei Injektion 2,2 und in der Gruppe ohne Injektion 3,3 Punkte (vgl. Tabelle 11, Anhang).



Der niedrigste Schmerzskalenwert liegt in beiden Gruppen bei 0, das Maximum in der Injektionsgruppe nur bei 4,5, im Gegensatz zu 9,0 in der Vergleichsgruppe. Am Operationstag zeigt sich also durch die durchgeführte Injektion nicht nur ein niedrigerer Durchschnittswert bei Schmerzen in Ruhe, sondern auch geringere Schmerzspitzen.

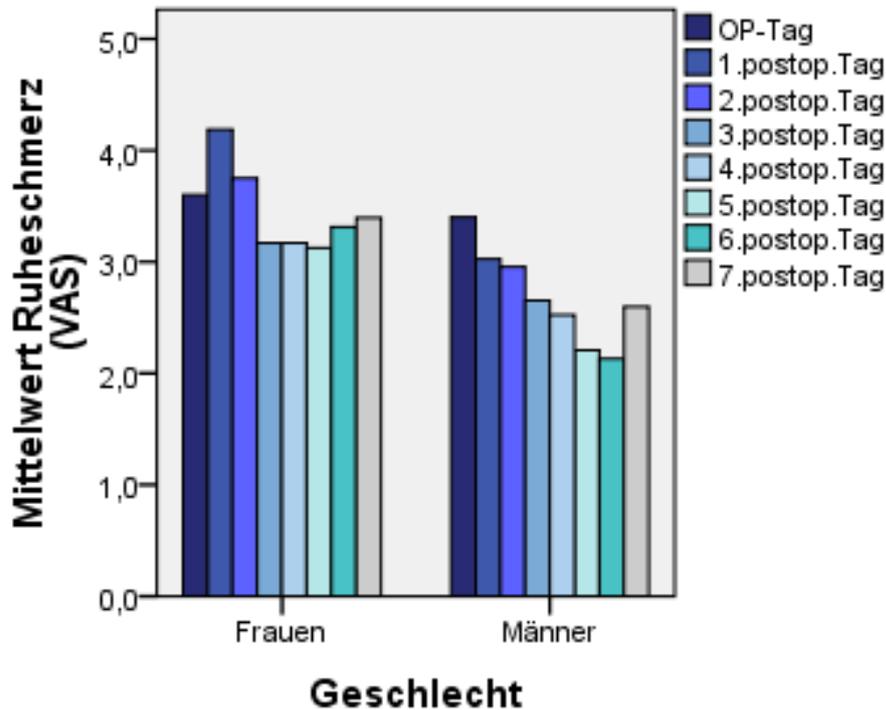
Auch am folgenden 1. postoperativen Tag liegen die mittleren Schmerzwerte tendenziell, jedoch nicht signifikant etwas niedriger in der Injektionsgruppe ($p=0,435$). Am 2. postoperativen Tag zeigt sich ein signifikanter Unterschied ($p=0,046$), wobei jetzt das Ergebnis gegensätzlich ist und die Vergleichsgruppe ohne Injektion geringere Ruheschmerzen (1,6) als die Injektionsgruppe (2,3) aufweist. Tendenzial sind die Schmerzwerte am 3. postoperativen Tag gleich ($p=0,415$), am 4., 5., 7. Tag weniger ($p=0,110$; $p=0,359$; $p=0,426$),

sowie am 6.Tag mehr in der Injektionsgruppe ($p=0,886$), verglichen mit der Vergleichsgruppe ohne Injektion. Insgesamt sind die Ruheschmerzen am Operationstag am höchsten, sinken kontinuierlich und steigen ab 4. postoperativem Tag wieder langsam etwas an.

Vergleicht man die verschiedenen Prothesentypen, so ergibt sich im Verlauf von Operationstag bis 7. postoperativer Tag kein signifikanter Unterschied bezüglich Schmerzen in Ruhe ($p=0,577$; $p=0,854$; $p=0,504$; $p=0,252$; $p=0,398$; $p=0,146$; $p=0,946$; $p=0,387$), zudem Schwankungen direkt postoperativ und tendenziell ab dem 4. Tag weniger Ruheschmerzen bei Oxfordschlitten (vgl. Tabelle 12, Anhang).

Unter den bikondylären Prothesen ist der Schmerz in Ruhe nur am Operationstag signifikant ($p=0,042$) geringer bei zementierten, mit Durchschnittswerten von 2,3, als bei bikondylären Hybridprothesen mit mittleren Werten von 3,1. An den Folgetagen meist annähernd gleiche Mittelwerte hinsichtlich Ruheschmerzen.

Verglichen mit der Gruppe der männlichen Patienten zeigen sich über den gesamten Verlauf zwischen Operationstag bis 7. postoperativen Tag tendenziell höhere Schmerzmittelwerte in Ruhe bei den weiblichen Probanden. Dies ist aber nur am 2. postoperativen Tag signifikant ($p=0,051$) mit mittleren Werten von 2,1 bei Frauen und 1,4 bei Männern.



Bezogen auf die unterschiedlichen Schmerzkatheter liegt hinsichtlich der mittleren Ruheschmerzen an jedem Tag zwischen Operation und 7. postoperativem Tag kein signifikanter Unterschied vor ($p=0,075$; $p=0,907$; $p=0,602$; $p=0,089$; $p=0,165$; $p=0,293$; $p=0,742$; $p=0,92$), wobei am Operationstag die Gruppe ohne Schmerzkatheter tendenziell im Mittel am wenigsten Ruheschmerzen (VAS 1,8) vor Periduralkatheter (VAS 2,8), 3in1-Block (VAS 3,0) und Spinalanästhesie (VAS 3,4) aufweist. (vgl. Tabelle 13, Anhang).

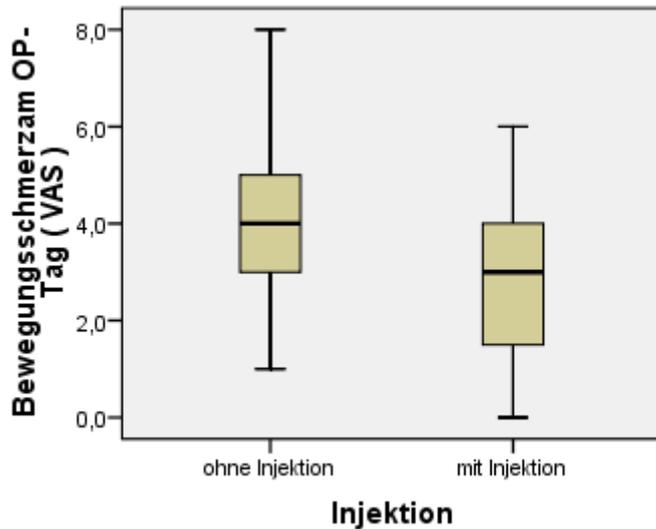
Hinsichtlich Schmerzen in Ruhe am Operationstag bis Tag 7 postoperativ ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den BMI-Gruppen ($p=0,288$; $p=0,358$; $p=0,747$; $p=0,657$; $p=0,671$; $p=0,351$; $p=0,613$; $p=0,785$).

Auch konnte Alter als Einflussfaktor auf die Ruheschmerzen nicht nachgewiesen werden (Operationstag bis Tag 7. postoperativ: $p=0,994$; $p=0,629$; $p=0,322$; $p=0,497$; $0,358$; $p=0,196$; $p=0,203$; $p=0,434$).

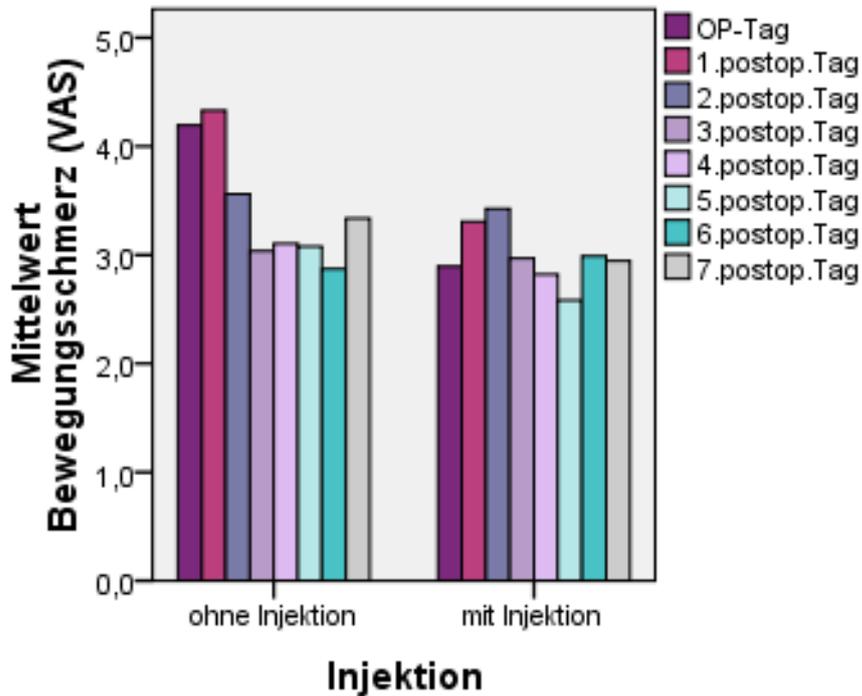
6.4.2 Bewegungsschmerz

Ebenso wie bei den Schmerzen in Ruhe zeigen sich bei den Schmerzen in Bewegung am Operationstag signifikant ($p=0,001$) geringere Schmerzwerte bei der Injektionsgruppe mit

durchschnittlich 2,7 im Gegensatz zur Vergleichsgruppe mit mittleren VAS-Werten von 4,2 und somit größeren Schmerzen.

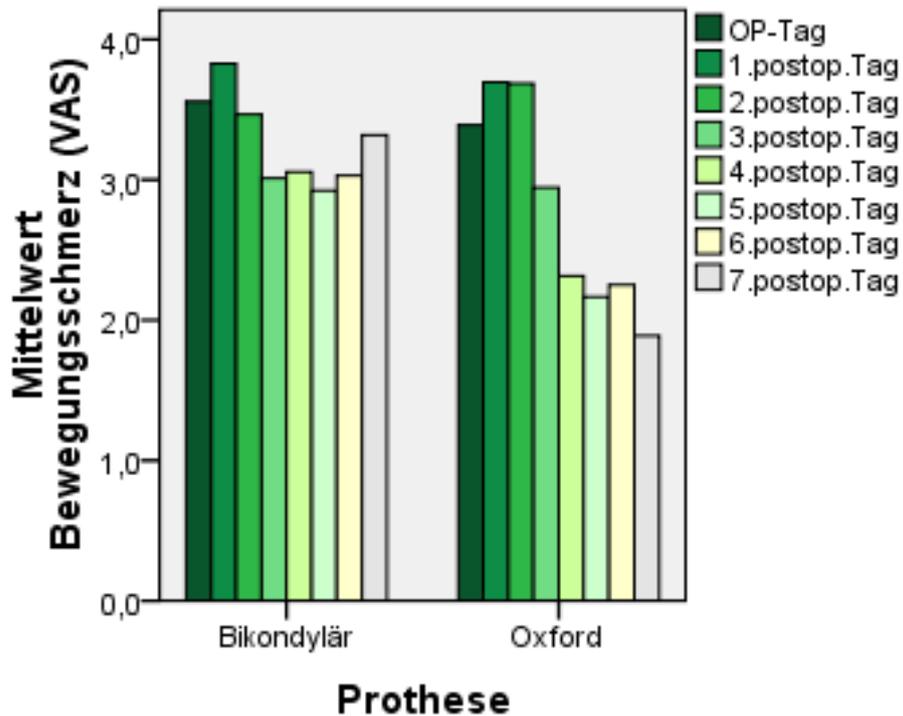


Die Werte liegen zwischen 0 und 6 in der Injektionsgruppe, bzw. zwischen 1 und 8 in der Vergleichsgruppe ohne Injektion. Vor allem in der Gruppe der Patienten ohne Schmerzkatheter ist der Bewegungsschmerz am Operationstag durch die Injektion signifikant ($p=0,016$) geringer als in der Vergleichsgruppe ohne Injektion. Hierbei liegt der durchschnittliche VAS-Wert bei 1,3 in der Injektionsgruppe und bei 5,9 in der Vergleichsgruppe. Ebenso am 1. postoperativen Tag ($p=0,001$), mit VAS 3,3 mit Injektion und VAS 4,6 ohne Injektion. Im weiteren Verlauf der folgenden postoperativen Woche zeigt sich an jedem Tag weiterhin die Tendenz von geringeren Mittelwerten bezüglich Bewegungsschmerz in der Injektionsgruppe, jedoch ohne Signifikanz ($p=0,755$; $p=0,403$; $p=0,331$; $p=0,275$; $p=0,391$; $p=0,447$).



Zusammenfassend lässt sich durch die durchgeführte Knieinjektion ein nachgewiesener Vorteil frühpostoperativ am Operationstag und 1. postoperativen Tag bezüglich Ruhe- und Bewegungsschmerz beschreiben.

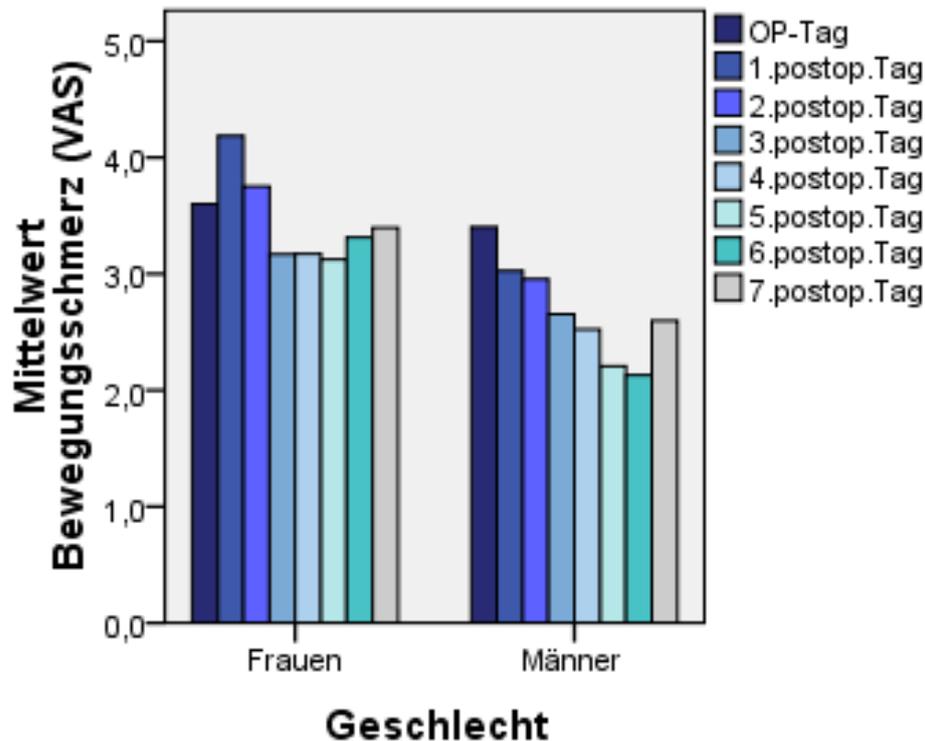
Bei den unterschiedlichen Prothesentypen sind die durchschnittlichen Bewegungsschmerzen tendenziell an jedem der 8 untersuchten Tage bei den Oxfordschlitten geringer als bei den Doppelschlittenprothesen, was aber nur am 7. postoperativen Tag signifikant ($p=0,050$) ist, mit VAS 1,9 (Oxford) gegenüber VAS 3,2 (bikondylär).



Wie bei den oben beschriebenen Schmerzen in Ruhe ist auch der Bewegungsschmerz bei Oxfordschlitten im postoperativen Verlauf tendenziell früher reduziert.

Innerhalb der bikondylären Prothesen haben am Operationstag Patienten mit zementierten Prothesen signifikant ($p=0,033$) weniger Schmerzen (VAS 2,9) als Patienten mit teilzementierten Prothesen (VAS 3,9), was sich tendenziell die folgenden 3 Tage weiterhin so verhält.

Bei Männern und Frauen zeigt sich die Tendenz, dass zunächst am Operationstag die Bewegungsschmerzen fast gleich sind, dann die Frauen ebenso wie bei den Ruheschmerzen (s.o.) im Mittel jeden Tag mehr Schmerzen bei Bewegung haben als Männer. Dies ist nur am 1., 2., 4., und 5. postoperativen Tag signifikant ($p=0,032$, $p=0,046$, $p=0,053$, $p=0,039$). Frauen haben hier VAS-Werte von 4,2/ 3,7/ 3,3/ 3,0, Männer von 3,2/ 3,0/ 2,4/ 2,2.



Zusammenfassend fällt trotz Schwankungen auf, dass Frauen postoperativ im Verlauf tendenziell zu mehr Schmerzen in Ruhe und Bewegung neigen als Männer, was jedoch nicht durchwegs eindeutig statistisch signifikant belegt werden kann.

Untersucht man die verschiedenen Schmerzkathetergruppen bezüglich ihrer Bewegungsschmerzen, ist kein signifikanter Unterschied an den einzelnen Tagen zwischen OP und 7. postoperativem Tag ersichtlich ($p=0,359$; $p=0,862$; $p=0,617$; $p=0,531$; $p=0,340$; $p=0,135$; $p=0,789$; $p=0,214$). Es ist keine durchgehende Tendenz erkennbar, wobei direkt am Operationstag die PDK-Gruppe mit mittleren VAS-Werten von 3,0 am wenigsten Schmerzen bei Bewegung zeigt, gefolgt von der Gruppe ohne Schmerzkatheter (VAS 3,3), 3in1-Block (VAS 3,7) und Spinalanästhesie (VAS 4,1) (vgl. Tabelle 14, Anhang).

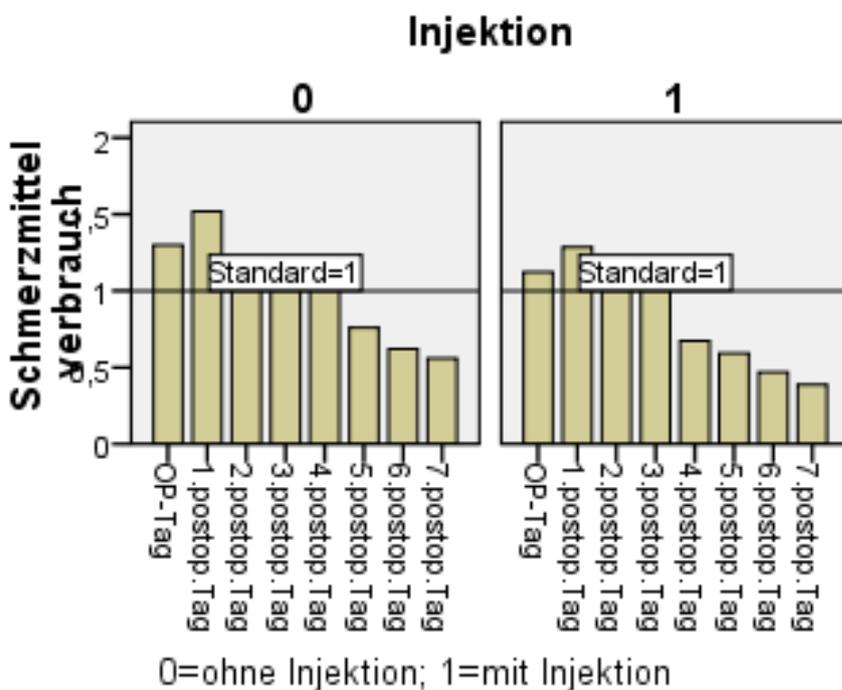
Ebenso wie bei den Ruheschmerzen lässt sich auch kein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Bewegungsschmerzen ableiten am Operationstag, Tag1, Tag 2, Tag 3, Tag 4, Tag 5, Tag 7. postoperativ: $p=0,994$; $p=0,297$; $p=0,181$; $p=0,48$; $p=0,512$; $0,511$;

p=0,374). Am Tag 6 haben Probanden im Alter 60-70 weniger Bewegungsschmerzen im Durchschnitt (1,9 vs. 3,3; 3,5; 3,2; 3,1 in den anderen Vergleichsgruppen).

Des Weiteren waren die Bewegungsschmerzen postoperativ am von OP-Tag bis 7. postoperativer Tag in den verschiedenen Altersgruppen vergleichbar (p=0,313; p=0,871; p=0,666; p=0,843; p=0,684; p=0,831; p=0,886; p=0,573).

6.4.3 Schmerzmittelverbrauch

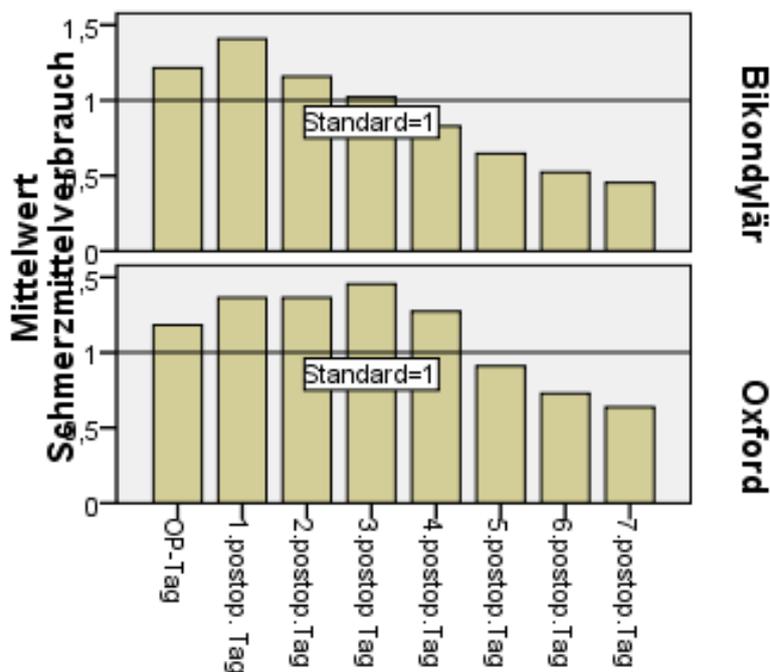
In der Injektionsgruppe ist der Schmerzmittelbedarf tendenziell die ganze Zeit zwischen Operationstag bis 7. postoperativem Tag geringer als in der Vergleichsgruppe (p=0,388; p=0,137; p=0,780; p=0,680; p=0,011, p=0,275; p=0,340; p=0,251), was aber nur am 4. postoperativen Tag signifikant ist (p=0,011).



Ab dem 4. postoperativen Tag liegt der Schmerzmittelverbrauch bei der Injektionsgruppe durchschnittlich bereits mit 0,7 unterhalb des Schmerzmittelstandards (=1) gegenüber der Vergleichsgruppe mit 1,1, welche damit noch leicht mehr verbraucht, als der übliche Therapiestandard vorschreibt. Ab dem 5. postoperativen Tag verbrauchen alle Patienten im

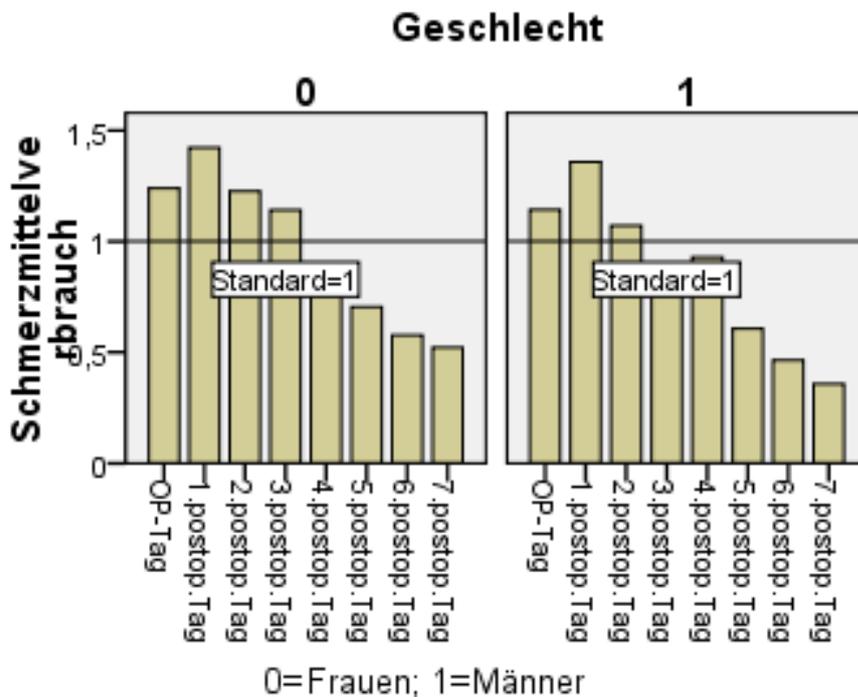
Durchschnitt Schmerzmitteldosen unterhalb des Standards, wobei die Vergleichsgruppe weiterhin über der Injektionsgruppe liegt.

Bei den verschiedenen Prothesentypen liegt der Schmerzmittelkonsum bei den Oxfordschlitten tendenziell durchwegs etwas höher als bei den bikondylären Prothesen, jedoch ohne nachweisbare Signifikanz (Operationstag bis 7. postoperativer Tag: $p=0,905$; $p=0,973$; $p=0,429$; $p=0,79$; $p=0,184$; $p=0,287$; $p=0,416$; $p=0,447$). Zudem liegt bei den Oxfordschlitten der Schmerzmittelverbrauch noch einen Tag länger über dem Therapiestandard als bei den bikondylären Prothesen.



Auch wenn man unter den bikondylären Prothesen die zementierten mit den teilzementierten vergleicht, zeigt sich kein signifikanter Unterschied bezüglich des Verbrauchs von Schmerzmedikamenten vom Operationstag bis zum 7. postoperativen Tag. Es lässt sich keine eindeutige Tendenz ablesen, da die beiden Gruppen mit dem höheren Verbrauch immer von Tag zu Tag abwechseln.

Betrachtet man den Schmerzmittelverbrauch beider Geschlechter, so verbrauchen Frauen tendenziell meist mehr Schmerzmedikamente als Männer im beobachteten postoperativen Zeitraum, was jedoch nicht signifikant ist.



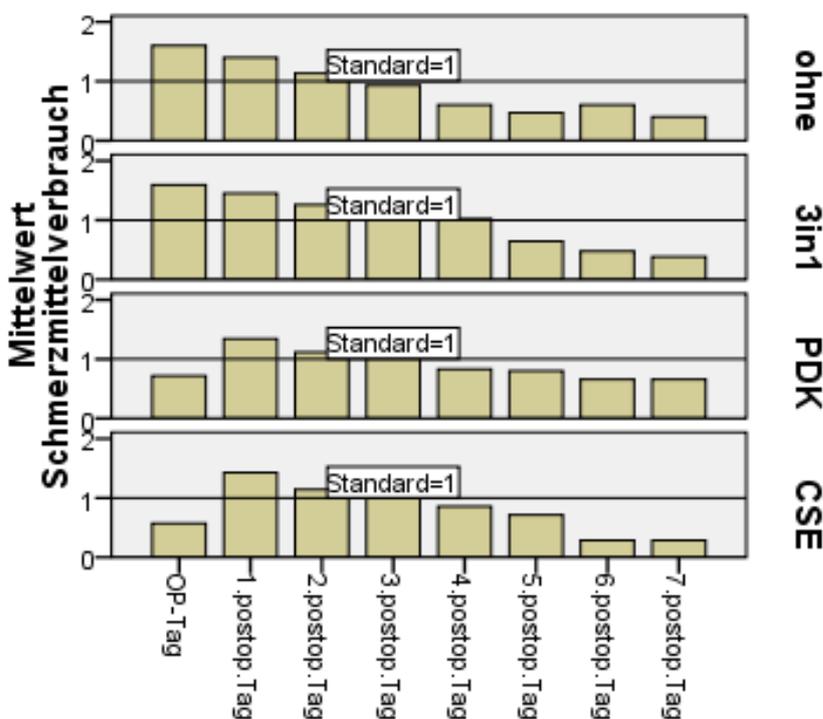
Die männlichen Patienten liegen bereits ab dem 4. postoperativen Tag unter Standard bei Schmerzmittelbedarf. Bei Frauen ist dies durchschnittlich erst einen Tag später der Fall.

Es deutet sich also bei Frauen die Tendenz von höherem Schmerzmittelverbrauch (Operationstag bis 7. postoperativer Tag: $p=0,743$; $p=0,791$; $p=0,322$; $p=0,128$; $p=0,837$; $p=0,0571$; $p=0,519$; $p=0,325$), bei größeren postoperativen Schmerzen (s.o.) an, was hier aber nicht eindeutig statistisch signifikant nachgewiesen werden kann.

Zwischen BMI und Schmerzmittelverbrauch kann kein signifikanter Zusammenhang abgeleitet werden (Operationstag bis 7.postoperativer Tag: $p=0,823$, $p=0,032$, $p=0,483$, $p=0,464$, $p=0,535$, $p=0,402$, $p=0,631$, $p=0,1775$).

Auch ist Alter kein Confounder bezüglich Schmerzmittelverbrauch (OP-Tag bis 7.postoperativer Tag: $p=0,193$, $p=0,798$, $p=0,887$, $p=0,285$, $p=0,829$, $p=0,221$, $p=0,559$, $p=0,516$).

In den verschiedenen Schmerzkathetergruppen ist, außer am Operationstag ($p=0,000$) kein signifikanter Unterschied im Schmerzmittelverbrauch zu erkennen (Tag 1-7 postoperativ: $p=0,242$; $p=0,912$; $p=0,095$; $p=0,601$; $p=0,281$; $p=0,414$; $p=0,564$).

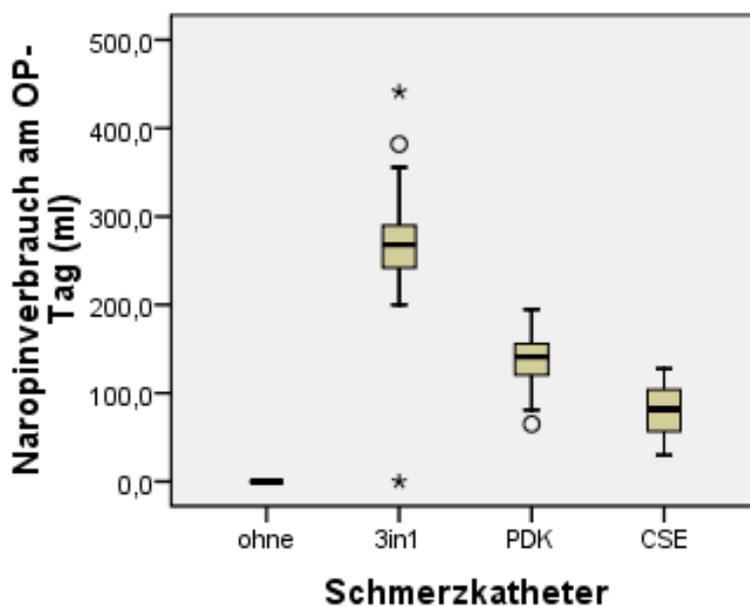


Hierbei wird am Operationstag am wenigsten Schmerzmedikation mit Spinalanästhesie (0,57), gefolgt von PDK (0,71) verbraucht, was unterhalb des Standards liegt. Mehr als Standard wird beim 3in1-Block (1,60) und am meisten von Patienten ohne Schmerzkatheter benötigt. Dies ist unabhängig von der Injektion am Operationsende (Kathetergruppen mit Injektion: $p=0,005$; Kathetergruppen ohne Injektion: $p=0,001$)

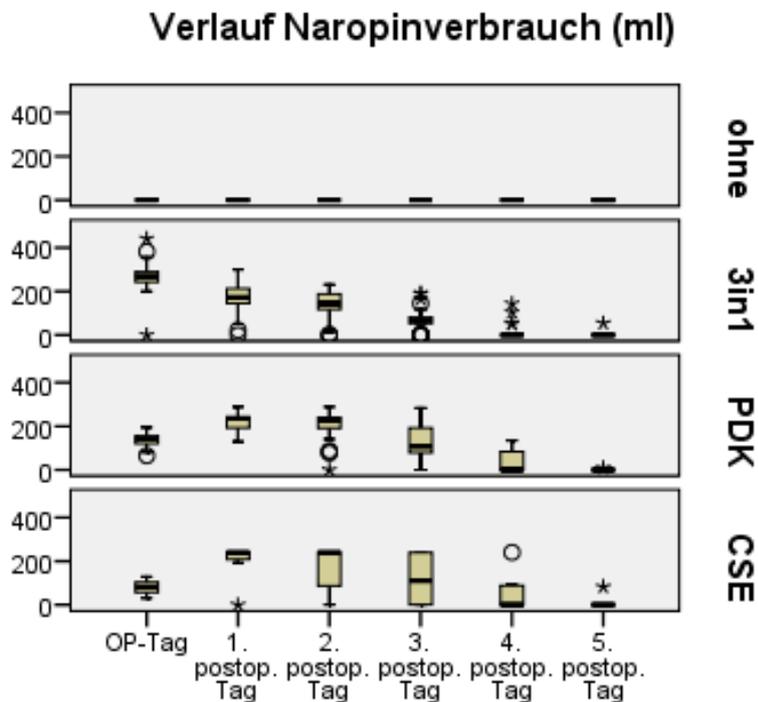
Am 1. und 2. postoperativen Tag ist der Schmerzmittelverbrauch tendenziell bei der PDK-Gruppe am geringsten, bei der 3in1-Gruppe am größten.

Der Gesamtverbrauch an Lokalanästhetikum Naropin über den Schmerzkatheter ist in den verschiedenen Schmerzkathetergruppen nicht signifikant unterschiedlich ($p=0,107$), wobei aber tendenziell bei den Periduralkathetern im Durchschnitt mit 731 ml am meisten verbraucht wird, gefolgt von 3in1-Kathetern mit 652 ml und CSE mit 628 ml.

Dahingegen unterscheidet sich der Naropinverbrauch am Operationstag signifikant ($p=0,000$) in den einzelnen Schmerzkathetergruppen.



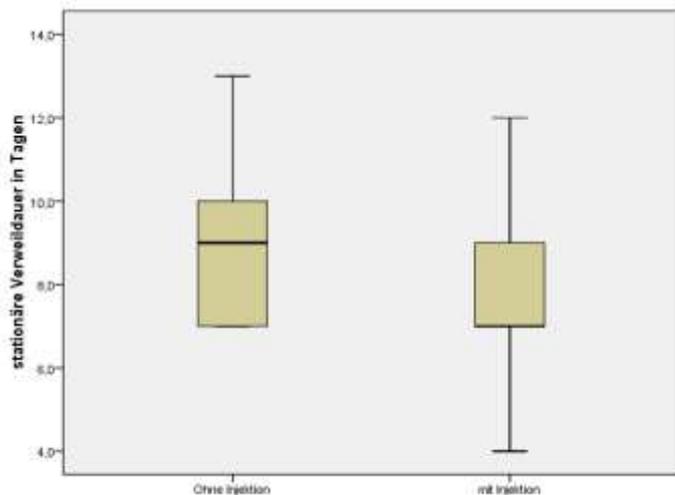
So wird bei der CSE-Gruppe nur 80 ml, bei der PDK-Gruppe bereits 139 ml und am meisten bei der 3in1-Gruppe (264 ml) Naropin verbraucht.



Da die CSE-Katheter ab dem 1. postoperativen Tag als PDK weiterlaufen, werden in den Folgetagen nur noch PDK mit 3in1 verglichen. Hierbei wird in der PDK-Gruppe am 1. ($p=0,001$), 2. ($p=0,000$), 3. ($p=0,000$), und 4. ($p=0,001$) postoperativen Tag signifikant mehr Naropin verbraucht als in der 3in1-Gruppe. Vom 1. bis 4. postoperativen Tag verbrauchen die Periduralkatheter täglich mehr Naropin mit 216/ 197/ 139 / 42 ml im Vergleich zur 3in1-Gruppe mit 173/ 127/ 66/ 8 ml Naropin. Am 5. Postoperativen Tag ist der Unterschied nicht mehr signifikant ($p=0,261$), aber dennoch mehr Verbrauch in der PDK-Gruppe.

6.5 Verweildauer

Die Anzahl der postoperativen stationären Tage ist in der Gruppe der Patienten mit Injektion signifikant geringer ($p=0,014$) bei durchschnittlich 7,96 Tagen im Gegensatz zu 8,74 Tagen in der Gruppe ohne Injektion. Auch ist bei der Injektionsgruppe der Bereich der Verweildauer 4-12 Tage, bei der Gruppe ohne Injektion 7-13 Tage.



Bei den unterschiedlichen Prothesen ist zwar tendenziell die Oxfordprothese gegenüber der bikondylären Prothese im Vorteil mit 7,4 (4-9) gegenüber 8,5 (6-13) Tagen Verweildauer, was aber statistisch nicht signifikant ist ($p=0,083$).

Gleiches gilt für die postoperative stationäre Liegedauer bei Männern und Frauen ($p=0,18$) bei tendenziell kürzerem Aufenthalt der Männer (7,9 zu 8,5 Tage).

Hinsichtlich postoperativer Verweildauer ergab sich in den BMI-Gruppen ($p=0,580$) und Altersgruppen ($p=0,107$) ebenfalls kein signifikanter Unterschied

6.6 Komplikationen

Als Komplikation werden alle Abweichungen vom normalen Heilungsprozess gewertet, wie Wundheilungsstörungen, Infektion, Fieber, Schwindel, Kreislaufbeschwerden, Stürze, weitere zusätzliche Symptome und Beschwerden der Patienten.

In der Injektionsgruppe sind außer einem folgenlosen Sturz einer Patientin am 5. postoperativen Tag keine Komplikationen zu beobachten. Dahingegen zeigen sich in der Vergleichsgruppe ohne Injektion 7 Fälle von Komplikationen. Hiervon sind 4 Fälle postoperative Blutdruckentgleisung mit postoperativer Intensivüberwachung, ein Fall Fieber

mit Blutdruckabfall am 4. postoperativen Tag, ein Fall Wundheilungsstörung mit starker Rötung und ein Fall Herzrhythmusstörungen am 7. postoperativen Tag.

Studien zufolge gibt es keinen Anhalt für kardiovaskuläres Risiko oder anderer Nebenwirkungen bei autologer Bluttransfusion bei intraartikulärer Injektion von Ropivacain (Gill et al 2010).

7 Diskussion

7.1 Blutverlust

Bezüglich der durch die Operation verursachten Blutung zeigt sich, dass neben hoher Schwankungsbreite der Blutung innerhalb der Patienten, die durchgeführte Injektion mit Suprareninzusatz keine signifikante Minderung des Blutverlustes bewirkt. Weder bei der Messung der gesammelten Blutmenge in der Redondrainage als direkter Indikator für den Blutverlust, noch bei Hb-Abfall und EK-Verbrauch als indirekter Indikator für Blutverlust, zeigt die intraartikuläre Injektion signifikante Vorteile. Ein Vorteil durch den Zusatz von Epinephrin konnte nicht statistisch signifikant nachgewiesen werden, lediglich Tendenzen von geringerem Blutverlust am Operationstag und im weiteren postoperativen Verlauf. Dies zeigt gegensätzliche Ergebnisse als vorangehende Studien, welche eine verringerten postoperativen Blutverlust (Lombardi et al 2004; Anderson et al 2009) oder geringeren Hb-Abfall (Loo et al 2009) durch lokale Injektion von Lokalanästhetika zusammen mit Epinephrin nachweisen konnten. In der Literatur sind die Resultate nach solchen lokalen Infiltrationen sehr widersprüchlich. So ergaben andere Untersuchung mit Lokalanästhetika/Epinephrin als Injektion ebenso keine signifikanten Unterschiede bezüglich postoperativem Blutverlust, aber tendenziell sogar mehr Blutung in der Injektionsgruppe (Venditoli et al 2006). Auch konnte bei einer Studie mit intraartikulärer Anwendung von Epinephrin alleine weder der postoperative Blutverlust verringert, noch die Transfusionsrate beeinflusst werden (Mesa-Ramos et al 2008). Der einzige Prädiktor für die Transfusionsrate scheint der präoperative niedrige Hb-Wert zu sein (Keating et al 1998, Bierbaum et al 1999, Faris et al 1999, Salido et al 2002, Garcia-Erce et al 2002, Biarnés Suné et al 2006, Guerin et al 2007, Mesa-Ramos et al 2008, Fotland et al 2009). Auch sind in Vorgängerstudien mit ähnlichen Injektionen zwar Schmerz, Schmerzmittelverbrauch, Beweglichkeit (Busch et al

2006, Han et al 2007, Essving et al 2010) und zusätzlich stationäre Verweildauer (Toftdahl et al 2007, Parvataneni et al 2007) beschrieben, wobei trotz Epinephrin in der Injektion der Blutverlust nicht explizit untersucht wurde. Auch konnte durch Epinephrinspülungen in anderen Studien keine Reduktion des Blutverlustes erzeugt werden (Malone et al 2009). Hierbei könnte die kurze Plasmahalbwertszeit des Adrenalins von wenigen Minuten, die Schwere des Eingriffs mit großer Wundfläche und vor allem Blutung aus dem Knochen eine Rolle spielen, da die Injektion nur im Bereich der Weichteile injiziert wird und somit auf die Blutung aus dem Knochen keinen Einfluss hat. Eine weitere Ursache könnte neben der gefäßverengenden Wirkung über alpha-Rezeptoren auch die gleichzeitige Wirkung an vasodilatatorischen beta-Rezeptoren sein. Bei nicht nachweisbarem Nutzen bleibt aber für jeden Patienten bei der Injektion mit Adrenalin das Risiko von Nebenwirkungen des Adrenalins, vor allem bei akzidentieller intravasaler Injektion. Trotzdem könnte bei oben beschriebener Tendenz von geringerer Blutung eine erneute Untersuchung mit deutlich höheren Probandenzahlen weiteren Aufschluss geben.

Hingegen zeigen sich hinsichtlich Blutverlust deutliche Unterschiede zwischen bikondylären und Schlittenprothesen. Die unikompartimentelle Oxford-Schlittenprothese hat einen signifikant geringeren Blutverlust als die bikondyläre Prothese. Die Hb-Werte sind postoperativ höher, möglicherweise auch dadurch in der durchgeführten Patientenbeobachtung keine Bluttransfusionen nötig gewesen. Dies könnte aber ebenso an der geringeren Knochenfläche (unikondylär) liegen, welche endoprothetisch versorgt wird und somit weniger Blutung aus dem Knochen verursacht. Zudem ist der operative Eingriff kleiner, die Streckmuskulatur wird nicht durchtrennt, was ebenso zu weniger Blutverlust aus der Muskulatur führt. Ein weiterer Grund könnte bei Schlittenprothesen die nur mediale Gonarthrose, früheres Stadium der Arthrose, somit geringere Entzündungsreaktion mit vasoaktiven Substanzen und Vaskularisation im Kniegelenk sein, was bei der Operation des betroffenen Gelenks und postoperativ zu geringerer Blutung führen könnte. Der dadurch

ebenfalls signifikant geringere Verbrauch an Blutkonserven mindert nicht nur Kosten während des stationären Aufenthaltes, sondern senkt auch das, wenn auch geringfügige Risiko von Infektionen und Transfusionszwischenfällen durch Fremdblut.

Die Verwendung von Knochenzement scheint keinen Einfluss auf die Blutung zu nehmen, da keine signifikanten Unterschiede zwischen zementfrei, Hybrid und vollzementiert nachweisbar sind. Also bewirkt der verwendete Knochenzement wohl keine zusätzliche Abdichtung der abgetragenen Knochenflächen und dadurch auch keinen geringeren Blutverlust. Dies stimmt mit Ergebnissen neuer Studien überein, wobei kein Unterschied hinsichtlich Blutverlust intraoperativ/gesamt, Transfusionsrate, Hämoglobinwert und Hämatokrit zwischen Hybrid und vollzementierten Knieendoprothesen nachweisbar ist (Demey et al 2010). Dennoch gibt es in der Literatur hierzu eine widersprüchliche Studienlage. Manche Studien zeigen bei unzementierten Knieendoprothesen einen höheren Blutverlust und höhere Transfusionsraten als bei zementierten (Mylod et al 1990).

Bei allen Patienten wurde eine pneumatische Manschette zur Blutsperre verwendet. Der Gebrauch einer Blutsperre, bzw. Zeitpunkt der Öffnung hat laut Literatur keinen Einfluss auf gesamten Blutverlust (Li et al 2008, Yavarikia et al 2010, Smith et al 2010), Transfusionsrate (Yavarikia et al 2010; Smith et al 2010), verringert jedoch die Operationszeit (Yavarikia et al 2010) und mindert durchaus den intraoperativen Blutverlust (Li et al 2008; Smith et al 2010). Zudem ist eine Zunahme von Ekchymosen/Schwellung postoperativ, sowie gesteigerter Morphinbedarf (Li et al 2008) beschrieben. Auch gibt es Studienergebnisse, welche bei früherer Manschettenöffnung höheren gesamten Blutverlust und bei späterer Öffnung höhere Komplikationsraten bestätigen (Rama et al 2007). Möglicherweise ist dies doch ein Einflussfaktor, zumindest auf den Hb-Wert, da der intraoperative Blutverlust nicht explizit erfasst wurde.

Auch könnte zudem noch untersucht werden, ob die Lagerung des Patienten oder der Zeitanteil von horizontaler/vertikaler Lagerung der operierten Extremität maßgeblich

günstigen Einfluss auf die Blutung und den Hb-Abfall nehmen aufgrund des hydrostatischen Drucks. Geringere Blutung und weniger Transfusionsbedarf konnte bereits in Zusammenhang mit einer postoperativen 90°-Flexion über die ersten 24 Stunden nachgewiesen werden (Jain et al 2009). Postoperatives Hochlagern der Extremität kann laut Literatur auch den Hb-Abfall reduzieren (Ong et al 2003). Im Gegensatz dazu zeigten andere Studien, dass die Lagerung der operierten Extremität in Extension oder Flexion direkt postoperativ hat keinen Einfluss auf Blutverlust, Transfusionsrate, Hb hat (Ma et al 2008). Die Lagerung war bei der durchgeführten Patientenbeobachtungsstudie bei allen Probanden gleich durch offene Schienung in einer leicht hochgelagerten Flexion.

Eventuell haben auch Faktoren wie postoperative Kühlung des Kniegelenks (Levy et al 1993, Adie et al 2009) oder die Höhe des Blutdrucks Einfluss auf die Blutung, was ebenfalls noch nachzuprüfen wäre in geeignetem erneuten Versuchsaufbau. Die postoperativ verwendeten Kältepackungen wurden nicht genau untersucht/dokumentiert nach Häufigkeit des Wechsels oder Verwendung.

Redondrainagen können die Transfusionsrate und den Hb-Abfall erhöhen (Reilly et al 1986), jedoch wurde in unserem Versuchsaufbau bei allen Patienten ein Redondrainagesystem mit Unterdruck verwendet. Unterdruck oder einfache Drainage unterscheiden sich jedoch in anderen Studien nicht signifikant hinsichtlich Blutverlust, Hb und Transfusionsrate (Seyfert et al 2002). Dennoch hat eine verspätete Drainageöffnung 1 Stunde postoperativ geringere Blutung und Transfusionsrate/Hb-Abfall zur Folge (Roy et al 2006). Dies wurde jedoch im verwendeten Studienaufbau ebenfalls bei allen Patienten direkt nach Wundschluss und Bandage geöffnet.

Hinsichtlich des Geschlechts zeigen sich teilweise unterschiedliche Ergebnisse. Somit fällt bei Frauen die ersten beiden Tage ein geringerer Blutverlust in der Redondrainage, sowie geringerer Hb-Abfall als bei Männern auf. Der stärkere postoperative Blutverlust (Loo et al 2009), perioperative Blutverlust (Prasad et al 2007) und größere Hb-Abfall (Bell et al 2009)

bei Männern ist auch im Rahmen anderer Studien nachgewiesen worden. Eventuell ist bei Frauen die Anpassung an akuten Blutverlust, wie bei Menstruation und Geburt besser gesteuert, auch wenn sich die Patientinnen alle bereits in der Postmenopause befinden.. Dies ist eine mögliche Erklärung für den geringeren Hb-Abfall, jedoch kann der geringere Blutverlust damit schwerlich erklärt werden.

Männer haben grundsätzlich einen höher liegenden Normbereich bezüglich des Hämoglobinwertes, was sich auch in der durchgeführten Patientenbeobachtung durch höhere durchschnittliche Hb-Werte bei den männlichen Patienten zeigte. Trotz höherem Blutverlust postoperativ sind die Hb-Werte auch weiterhin durchschnittlich höher bei den Männern. Hierbei haben in unserer Studie Männer einen größeren Blutverlust bei höherem Anfangsniveau des Hb, Frauen niedrigeren Ausgangs-Hb bei tendenziell weniger Blutverlust (signifikant nur bei Gesamtmenge und am 1. postoperativen Tag), was zu gleichem Blutbedarf, bzw. keinem signifikantem Unterschied bei EK-Verbrauch führt.

Nicht untersucht wurde in der Studie, ob dennoch ein Einfluss auf die Blutung besteht, wenn Patienten vor der Operation dauerhaft blutverdünnende Medikamente einnehmen, welche aber bereits zuvor abgesetzt und durch Vollheparinisierung ersetzt wurden.

Innerhalb der verschiedenen Schmerzkathetervverfahren zur Regionalanästhesie zeigten sich keine Unterschiede hinsichtlich Blutverlust. Dies ist widersprüchlich zu einer Metaanalyse (Hu et al 2009), wodurch Regionalanästhesie den Vorteil geringerer Transfusionsraten/Operationszeit/Thrombosen gegenüber allgemeiner Anästhesie hat.

Insgesamt scheint der einzig verlässliche Prädiktor für postoperative Bluttransfusion der präoperativ niedrige Hb-Wert < 13 g/dl, bzw. eine vorbestehende Anämie zu sein (Keating et al 1998; Bierbaum et al 1999; Faris et al 1999; Garcia–Erce et al 2002; Salido et al 2002; Biarnés Suñé et al 2006; Rashid et al 2006; Guerin et al 2007; Prasad et al 2007; Mesa-Ramos et al 2008; Fotland et al 2009). Auch können sich präoperative autologe Transfusionen und Epo-Gaben (Cushner et al 2006; Gonzales-Porras et al 2009). sowie Eisensubstitution

(Cuenca et al 2007; Gonzales-Porras et al 2009) positiv auf die postoperative Transfusionsrate auswirken. Auch scheint postoperativer Schmerz den Blutverlust innerhalb der ersten 18 Stunden zu erhöhen (Guay et al 2006), oder haben Patienten mit größeren Operationen mehr Schmerzen und mehr Blutverlust? Möglicherweise hat dahingehend die Injektion, welche am Operationstag signifikant Schmerzen verringert dennoch indirekt einen Einfluss auf den Blutverlust.

Auch scheinen höheres Alter, höherer BMI, Komorbiditäten, längere Operationszeit, weil. Geschlecht höhere Transfusionsraten zu begünstigen, nicht jedoch der Einsatz einer Spinalanästhesie (Rashiq et al 2004 und 2006). Hierzu widersprechen sich die Studien jedoch, da auch kein Einfluss durch Alter, BMI, Blutdruck, Komorbiditäten nachgewiesen werden konnte (Mesa-Ramos et al 2008). In der hier durchgeführten Patientenbeobachtungsstudie konnte kein Zusammenhang zwischen Blutung/ Hb-Wert/ Transfusionsrate und Körpergewicht oder Alter nachgewiesen werden. Es ergaben sich nur tendenziell höhere Transfusionsraten bei Frauen, was aber nicht statistisch signifikant war.

7.2 Beweglichkeit

Bei Betrachtung der Beweglichkeit des betroffenen Kniegelenks fällt auf, dass die postoperative Flexion und Extension bei Patienten mit und ohne Injektion vergleichbar ist. Auch trotz besserer präoperativer Flexion in der Injektionsgruppe ist die Flexion postoperativ nicht höher. Dies führt zu dem Schluss, dass die Injektion keinen positiven Einfluss auf das Bewegungsausmaß hat, sondern bei besseren präoperativen Werten eher zu einem Bewegungsverlust führt. Dies deckt sich aber mit dem Ergebnis anderer Untersuchungen (Shi et al 2006), die bei besserer präoperativer Flexion leichten Verlust bezüglich Flexion postoperativ zeigten und bei geringerer präoperativer Flexion eher einen Zugewinn an Flexion postoperativ sehen ließen. D.h. je schlechter die Beweglichkeit präoperativ im Gelenk ist,

desto mehr Verbesserungsmöglichkeit besteht hinsichtlich der Bewegungseinschränkung direkt durch die durchgeführte Operation.

Somit scheint die lokale Anästhesie nicht zwingend einen positiven Einfluss auf das Ergebnis hinsichtlich Bewegungsumfang im Kniegelenk zu nehmen. Auch der Zusatz von Morphin zu Lokalanästhetikum+ Epinephrin (Badner et al 1997; Lombardi et al 2004; Han et al 2007) , Lokalanästhetikum+Epinephrin+Ketorolac (Vendittoli et al 2006) hat laut Literatur keinen Einfluss auf die postoperative Beweglichkeit, oder jedoch nur kurzfristig am 1. postoperativen Tag (Parvataneni et al 2007). Die Injektion von Ropivacain in die hinter Kapsel zeigte bei einer anderen Studie keinen Unterschied hinsichtlich postoperativer Beweglichkeit und Schmerzen gesamt (Krenzel et al 2009). Hierbei ist die Literatur jedoch ziemlich widersprüchlich. Bupivacain+Epinephrin führen auch zu besserem ROM bei Entlassung (Badner et al 1996). Injektion von Morphin +Lokalanästhetikum führte zu schnellerer postoperativer Mobilisation, besserer Flexion bei Entlassung, sowie kürzerer Verweildauer (Rasmussen et al 2004) und besserem ROM (Tanaka et al 2001). Durch Injektion von Ropivacain konnte frühere Extension und 90°-Flexion bei geringerem Morphinverbrauch über 48 Stunden (Chen et al 2009), durch Bupivacain/Fentanyl/Methylprednisolon weniger Schmerzen und bessere Funktion hinsichtlich aktiver Flexion 4 Wochen postoperativ (Mullaji et al 2009) nachgewiesen werden. Möglich wäre ein Vorteil von Corticoidzusatz in der Injektion, jedoch konnte in einer anderen Studie kein Unterschied bezüglich ROM, Schmerz, Schmerzmittelverbrauch und Behandlungsergebnis durch Cortisonzusatz in der Injektion bestätigt werden, lediglich eine geringere Verweildauer (Christensen et al 2009). Cortisoninjektionen periartikulär alleine scheinen sich positiv auf das Bewegungsausmaß auszuwirken (Pang et al 2009). Im Gegensatz dazu wird durch ähnliche intraartikuläre Injektionen mit Morphin, Lokalanästhetikum und Cortison eine frühere Beweglichkeit und besseres ROM am 15. postoperativen Tag beschrieben (Fu et al 2009).

Es müssten andere Faktoren, wie Schwellung, Hämatombildung, Lagerung, Kühlung, usw. untersucht und verglichen werden. Immerhin zeigten Untersuchungen (Levy et al 1993, Adie et al 2009) bei der Verwendung von Kältepackungen bessere postoperative ROM-Ergebnisse. Da bei der hier durchgeführten Studie Kühlung postoperativ auch angewandt wurde, jedoch keine Dokumentation über Anzahl, Wechsel, Dauer und Bedarf von Kältekompressen gemacht wurde, ist hierbei ein maßgeblicher Einfluss auf das Operationsergebnis nicht nachweisbar. Auch hat eine vorangehende Studie gezeigt, dass alleine die 90°-Lagerung des operierten Kniegelenkes Blutung und Transfusionsrate postoperativ reduzieren kann (Jain et al 2009).

Bei den Prothesentypen ist trotz präoperativ gleicher Beweglichkeit eine postoperativ größere Flexion bei Oxford-Schlittenprothesen nachweisbar, d.h. bereits bei Entlassung besteht eine Verbesserung der Flexion und tendenziell auch der Extension durch den operativen Eingriff. Dies könnte durch den bei Schlittenprothesen kleineren Eingriff, geringere Blutung (s.o.) und geringere postoperative Schmerzen am 7. postoperativen Tag (s.u.), welcher Zeitpunkt der Nachuntersuchung ist, begründet sein. Die unikondyläre Prothese zeigt also auch hinsichtlich postoperativer Beweglichkeit Vorteile gegenüber der bikondylären Prothese, wobei die Diagnose bei unikondylären Prothesen nur mediale Gonarthrose mit meist besserem präoperativem Bewegungsumfang ist, verglichen mit weiter fortgeschrittener Gonarthrose und stärkerer Bewegungseinschränkung bei Indikation zur bikondylären Prothese. Eventuell ist auch eine mechanische Komponente ursächlich dafür, da auch der implantierte Körper kleiner ist. Zudem ist der Operative Eingriff bei unikondylären Prothesen sehr viel kleiner und die Streckmuskulatur des Kniegelenks wird beim Zugang nicht durchtrennt.

Trotz präoperativ gleicher Beweglichkeit (Flexion/Extension) bei beiden Geschlechtern, zeigte sich dennoch bei den männlichen Patienten eine bessere Flexion im Kniegelenk postoperativ. Neben dem Einfluss von Geschlecht auf das postoperative Bewegungsausmaß,

könnten auch die postoperativ tendenziell geringeren Schmerzen bei Männern Einfluss auf das Ergebnis haben. Weiterhin sind Schwellung, etc. als Confounder zu untersuchen.

Anders als in anderen Studien (Ritter et al 1987; Harvey et al 1993; Lizaur et al 1996; Ritter et al 2003; Gatha et al 2004; Kotani et al 2005; Shi et al 2006) beschrieben zeigt sich keine bessere postoperative Beweglichkeit bei Patienten mit präoperativ besserem ROM /besserer präoperativer Flexion des Kniegelenks.

Auch hat der BMI keinen Einfluss auf das Operationsergebnis, gemessen an der Beweglichkeit des operierten Kniegelenks postoperativ. Die ist analog zu Studien (Stern et al 1990; Steven-Lapsley et al 2009), welche zeigten, dass der BMI keinen Einfluss auf das Operationsergebnis und vor allem das postoperative ROM haben. Eine weitere Studie (Batsis et al 2010) zeigte zudem gleiche Verweildauer und Kosten bei hohem BMI auf. Hinsichtlich Verweildauer hatte der BMI in hier durchgeführten Patientenbeobachtungsstudie ebenfalls keinen Einfluss. Gegensätzliche Ergebnisse ergaben andere Studien (Lizaur et al 1996; Järvenpää et al 2010; Yeung et al 2010), welche bei adipösen Patienten (BMI>30) ein schlechteres postoperatives ROM bestätigten. Eine größere Flexion postoperativ führt zwar zu verbesserter Funktion, korreliert aber nicht mit höherer Patientenzufriedenheit (Devers et al 2011), was zwar für das postoperative ROM als Ergebnismessung spricht, aber nicht schlechtes ROM mit schlechtem Ergebnis für den Patienten gleichsetzten lässt.

Weiter zu untersuchen wäre auch die Physiotherapie hinsichtlich Häufigkeit, Dauer, und Patientencompliance. Auch denkbar ist ein erheblicher Einfluss auf die Beweglichkeit durch selbständiges Trainieren und Anwenden der physiotherapeutischen Übungen durch den Patienten. Hierzu wäre die Dokumentation oder Patientenbefragung zu zusätzlich aufgewandter Zeit für solche selbständigen Übungen oder Mobilität sinnvoll. Möglicherweise hat auch der präoperative Trainingszustand (Muskelaufbauübungen präoperativ) Einfluss auf das postoperative Ergebnis zum Entlassungszeitpunkt, was noch zu untersuchen wäre.

7.3 Schmerz

Gemessen an Werten der visuellen Analogskala zeigt sich bei Ruhe- als auch bei Bewegungsschmerz am Operationstag (bei Bewegungsschmerz ebenfalls am 1. postoperativen Tag) ein deutlicher Vorteil in der Gruppe der Patienten mit Injektion. Dies bestätigt Ergebnisse früherer Untersuchungen (Busch et al 2006 , Andersen et al 2010), welche durch lokale, subkutane Analgetikainjektionen geringere Schmerzen (in Ruhe und Bewegung) postoperativ nachweisen konnten. Bei kontinuierlichen Lokalanästhetikainjektionen intraartikulär konnte hingegen kein Vorteil bezüglich Schmerz und Schmerzmittelverbrauch beschrieben werden (Nechleba et al 2005; Reeves et al 2009). In höherer Dosierung wirkte sich die Injektion sogar nachteilig bei Schmerz und Opioidkonsum postoperativ aus (Reeves et al 2009). Injektion von Ropivacain in die hinter Kapsel führte zwar zu weniger Schmerzspitzen im hohen VAS-Bereich, jedoch insgesamt nicht zu weniger Schmerzen postoperativ (Krenzel et al 2009). Injektion von Lokalanästhetikum+Epinephrin führen zu geringerem Morphinverbrauch 24 Stunden postoperativ bei gleichen Schmerzwerten (Badner et al 1996). Intraartikuläre Injektionen von Lokalanästhetikum (Browne et al 2004) , Morphin (Kalso et al 1997; Gupta et al 2001; Garcia et al 2010) oder Morphin+Lokalanästhetikum (Tanaka et al 2001; Borgwardt et al 2009), sowie Gewebeeinfiltration+intraartikuläre Infiltration von Lokalanästhetikum+Morphin+Epinephrin (Lombardi et al 2004) konnten zu geringeren Schmerzen und teilweise weniger Schmerzmittelverbrauch postoperativ führen . Vergleichbare Studien mit zusätzlich Cortison in der Injektion zeigten keinen Unterschied bei den Schmerzen, jedoch weniger Schmerzmittelverbrauch (Parvataneni et al 2007). Alleinige Cortisoninjektionen periartikulär hingegen reduzierten die Schmerzen 24 stunden postoperativ (Pang et al 2008).Bei zusätzlicher Wundinfiltration zu Ropivacain intraartikulär ergab sich kein zusätzlicher Effekt bezüglich direkter postoperativer Schmerzen (Anderson et al 2008). Auch gibt es Studien, die keinen Vorteil hinsichtlich Schmerzreduktion durch intraartikuläre Morphininjektion zeigen

konnten (Klasen et al 1999); Ebenso kein Unterschied bei Schmerz/Schmerzmittelverbrauch durch intraartikuläre Injektion von Morphin, Lokalanästhetikum, oder deren Kombination im Vergleich zu Placebo (Ritter et al 1999). Kontinuierliche Injektion in das Kniegelenk mit Morphin+Lokalanästhetikum führt ebenso zu geringerem Schmerzmittelverbrauch postoperativ (Rasmussen et al 2004). Auch zeigte sich bei kontinuierlicher s.c. Wundinfiltration mit Ropivacain ebenso weniger Schmerzen in Ruhe und Bewegung bei geringerem Schmerzmittelverbrauch (Bianconi et al 2003). Durch Infiltration von Ketorolac+Ropivacain+Epinephrin lag der postoperative Morphinverbrauch bei vergleichbarer Schmerzkontrolle niedriger (Vendittoli et al 2006)- bei zusätzlicher intraartikulärer Infusion von Ropivacain/Ketorolac waren Ruhe-/Bewegungsschmerz und Morphinverbrauch geringer als bei Epiduralkathetern (Andersen et al 2010). Die Infiltration dieser Mischung ist der intraartikulären Injektion hinsichtlich Schmerz und Schmerzmittelverbrauch überlegen (Essving et al 2010). Insgesamt scheinen Gewebeeinfiltrationen mit analgetischen Substanzen Schmerz und Schmerzmittelverbrauch möglicherweise günstig zu beeinflussen, jedoch weniger intraartikuläre Injektionen. Dennoch gibt es auch widersprüchliche Ergebnisse, welche keinen Unterschied bezüglich VAS-Werten und Schmerzmittelverbrauch zeigen zwischen Placebo, Lokalanästhetikum+Epinephrin oder Lokalanästhetikum+Epinephrin+Morphin (Han et al 2007).

Beim Bewegungsschmerz ist dies auch am 1. postoperativen Tag noch der Fall. Da der Schmerz in Ruhe im Verlauf zwar ebenfalls tendenziell niedriger bei Patienten der Injektionsgruppe ist, jedoch auch Schwankungen an einzelnen Tagen dazwischen, auch zugunsten der Gruppe ohne Injektion auftreten, lässt sich kein eindeutiger positiver Einfluss bzgl. Schmerzen durch die Injektion über den Operationstag (und 1. postoperativen Tag) hinaus bestätigen. Jedoch zeigt sich zumindest die Tendenz von früherer Reduktion des Bewegungsschmerzes im stationären postoperativen Verlauf durch die Durchführung der Infiltration am Operationsende. Der Schmerzmittelverbrauch ist in der Injektionsgruppe

tendenziell auch geringer, jedoch nicht signifikant unterschiedlich. Es fällt auf, dass bezogen auf den Schmerztherapiestandard alle Patienten im Durchschnitt ab dem 5.Tag weniger als Standard benötigen, was eine Anpassung dieses Behandlungspfades möglich machen könnte. Insgesamt zeigen die Ergebnisse Ähnlichkeit mit Studienergebnissen von Infiltration mit Ropivacain+Ketorolac+Epinephrin, wodurch Bewegungsschmerz, Schmerzmittelverbrauch bis 1.postop. Tag und Mobilität am Operationstag verbessert werden konnten (Toftdahl et al 2007).

Insgesamt führt der neue Behandlungspfad mit Einsatz der Injektion am Operationsende zu einem, wenn auch nur am Operationstag signifikanten, besseren postoperativen Schmerzverlauf. Die deutlichen Schwankungen im Verlauf mit jeweils wechselndem Vorteil für Injektions- oder Kontrollgruppe nach dem Operationstag zeigt eine deutliche Schmerzreduktion durch die durchgeführte Injektion frühpostoperativ, die aber maximal bis zum 1. postop. Tag anhält. Danach scheint die Injektion keinen bedeutenden Einfluss mehr zu haben. Durch weitere Untersuchungen der Ergebnisse an einer größeren Gruppe von Patienten wäre eventuell eine genauere Aussage möglich. Zudem wären weitere, in der Studie nicht berücksichtigte Einflussfaktoren auf die postoperativen Schmerzen möglich. Auch wenn der postoperative Schmerz nur begrenzt Einfluss auf die Beweglichkeit hat (Holm et al 2010), bleibt die Intensität des frühen postoperativen Schmerzes als Hauptrisikofaktor für die Entwicklung von chronischen postop. Knieschmerzen ist (Puolakka et al 2010). Somit profitieren die Patienten nicht nur stationär sondern möglicherweise auch auf längere Sicht von dem neuen Schmerzregime. Hierfür wären dennoch Langzeitstudien von Nöten, da nur die erste postoperative Woche untersucht wurde. Eine Follow-up-Studie beschreibt als Prädiktoren für schlechtere Langzeitergebnisse jedoch nur präoperative Bewegungseinschränkungen, Schmerzen, Komorbiditäten und schlechtere psychische Gesundheit (Lingard et al 2004). Fraglich ist auch, ob eine sehr frühe Mobilisation am Operationstag, welche nur unter geringeren Schmerzen möglich ist, dennoch auf das

Behandlungsergebnis, jedoch zumindest auf die stationäre Verweildauer positiven Einfluss hat. Dies wurde in einer Studie mit lokaler Infiltration+Spinalanästhesie+früher Mobilisation bereits gezeigt (Isaac et al 2005). Auch konnte in der hier untersuchten Patientenbeobachtungsstudie ebenfalls eine geringere Verweildauer bei Patienten der Injektionsgruppe nachgewiesen werden.

Auch werden in der Literatur Vorteile von zusätzlichem Cortison in der Injektion beschrieben, wodurch im Gegensatz zu Placebo in den ersten 36 Stunden postoperativ Ruhe- und Bewegungsschmerz, sowie Schmerzmittelverbrauch signifikant geringer ausfallen (Fu et al 2009). Möglicherweise bringt ein Cortisonzusatz in der intraartikulären Injektionsmischung einen deutlicheren Vorteil. Jedoch sind auch gute Ergebnisse mit Lokalanästhetika s.c intraartikulär alleine nachgewiesen worden (Anderson et al 2010). In den ersten Stunden nach operativem Eingriff scheint jedoch Morphin+Lokalanästhetikum Schmerzen zu reduzieren (Mauerhan et al 1997).

Hinsichtlich Ruhe- und Bewegungsschmerz im Verlauf der ersten postoperativen Woche unterscheiden sich bikondyläre Prothesen und Schlittenprothesen nicht signifikant voneinander. Tendenziell ist der Bewegungsschmerz bei Oxfordschlitten zwar geringer, aber allein am 7. postoperativen Tag signifikant weniger. Dies lässt doch auf einen Vorteil der Schlittenprothesen hinsichtlich früherer Beschwerdefreiheit schließen. Hierdurch würde man in Verbindung mit den oben erwähnten besseren Beweglichkeit postoperativ auch eine mögliche Verkürzung des stationären Aufenthalts und frühere Anschlussheilbehandlung erwarten. Trotz der bei Schlittenprothesen geringeren maximalen und minimalen stationären Verweiltagen zeigt sich aber keine signifikant geringere Verweildauer. Betrachtet man innerhalb der Gruppe der bikondylären Prothesen die Untergruppen, so fällt ein am Operationstag ein geringerer Schmerz in Ruhe und Bewegung bei zementierten gegenüber Hybrid-Prothesen auf.

Bei der Betrachtung der durchschnittlichen Schmerzangaben bei beiden Geschlechtern wird deutlich, dass Frauen tendenziell mehr Schmerzen postoperativ haben, was aber hauptsächlich erst nach dem Operationstag im Verlauf bei Bewegung deutlich nachweisbar wird. Ebenso ist der Schmerzmittelverbrauch bei Frauen postoperativ tendenziell höher. Hierbei sind die Ergebnisse aber nicht signifikant. Des Weiteren bleibt die Frage, ob Frauen prinzipiell durch den Eingriff größere Schmerzen empfinden, da bereits bei arthroskopischen Operationen (Rosseland et al 2004). und Schulteroperationen (George+Hirsh2009) ein Zusammenhang zwischen weiblichem Geschlecht und stärkerer postoperativer Schmerzintensität nachgewiesen wurde. Auch hierbei empfehlen sich weitere Studien mit höherer Probandenanzahl um mögliche höhere Schmerzintensität geschlechtsspezifisch genauer zu untersuchen, ebenso Follow-up-Studien. In der Literatur sind bei Nachuntersuchungen vergleichbare Ergebnisse bei Männern und Frauen hinsichtlich Schmerz, ROM und Funktion 2 Jahre postoperativ nachgewiesen worden. (Darury et al 2009). Möglicherweise sind auch andere Faktoren ursächlich, wie beispielsweise vorbestehende chronische Schmerzen oder durch jahrelang bestehenden Arthroseschmerz bedingten Analgetikaabusus. Diese Faktoren wurden in der Patientenbeobachtungsstudie nicht erfasst. Zumindest gibt es Studien zum Zusammenhang präoperativer Schmerz und postoperativ entwickelter chronischer Knieschmerz (Puolakka et al 2004), was auf eine mögliche vorausgehende Bahnung schließen lässt. Eventuell können solche vorbestehenden Schmerzen auch Einfluss auf den postoperativen Schmerz nehmen, auch wenn andere Studien bereits keine Korrelation zwischen präoperativem Schmerz und Schmerzmittelverbrauch postoperativ zeigen konnten (Garcia et al 2010). Mögliche weitere Untersuchungen wären deshalb genauere Erfassung von Dauer und Intensität chronischer Schmerzen, sowie Schmerzmittelkonsum präoperativ als Prädiktor für postoperative Stärke des Schmerzes und Schmerzmittelverbrauch.

Da Schmerz immer eine subjektive Empfindung ist könnte auch die psychische Verfassung, psychische Komorbiditäten, Patientenzufriedenheit oder ähnliches erfasst und der Einfluss auf Schmerzentwicklung untersucht werden. Studien haben gezeigt, dass depressive Symptome und katastrophisierendes Denken (Edward et al 2009), sowie Angst (Brandner et al 2007), den Schmerzverlauf im ersten postoperativen Jahr deutlich beeinflussen. Möglich wäre auch ein solcher Einfluss auf den direkten frühpostoperativen Verlauf. Auch zeigten Studien, dass Katastrophisieren von Schmerzen (George u. Hirsh 2009) die Schmerzintensität direkt postoperativ erhöhten. Postoperativ konnten in Studien bei etwa 50% der Patienten depressive Symptome (vermehrt bei Frauen) nachgewiesen werden, wodurch sich die Liegezeit verlängerte (Nickinson et al 2009). Depressionen (22,5%) und generalisierte Angststörungen (20,2 %) liegen bei Patienten, welche sich einer Knieendoprothesenoperation unterziehen wollen, überdurchschnittlich häufig vor (Riddle et al 2010). Bei abdominalen Operationen ist ein signifikanter Zusammenhang zwischen Angst/katastrophisierendem Denken und Schmerzintensität postoperativ nachgewiesen worden (Granot et al 2005). Auch verlängert sich bei Knieendoprothetik die Liegezeit (Witvrouw E et al 2009) und verschlechtert sich das Schmerz-Outcome 6 Monate postoperativ (Riddle et al 2010) bei Patienten, welche katastrophisierendes Denken bezüglich Schmerz aufweisen was für die individuelle Beeinflussung der postoperativen Schmerzen durch die eigene Bewertung von Schmerzen spricht. Hierzu wären weitere Untersuchungen mit der Erfassung psychischer Faktoren ein erneuter Ansatzpunkt um mögliche Confounder auszuschließen.

Der Einfluss auf die Schmerzen nach dem Eingriff (Tag 1-7 postoperativ) ist statistisch nicht nachweisbar durch die verschiedenen Schmerzkatheter beeinflusst. Am Operationstag selbst ist jedoch der Bedarf an Analgetika bei Patienten mit Spinalanästhesie am geringsten, gefolgt von PDK und 3-in1-Block, bei Patienten ohne jegliches Schmerzkatheterverfahren am höchsten. Betrachtet man dann die durchschnittlichen VAS-Werte, fällt tendenziell umgekehrt proportional der geringste Schmerz bei Patienten ohne Katheter, höchster Schmerz bei

Patienten mit Spinalanästhesie auf. Dies führt zur Behauptung, dass die Höhe der analgetischen Medikation am Operationstag maßgeblich für die Schmerzreduktion verantwortlich ist. Die folgenden 2 Tage postoperativ ist dann der Schmerzmittelkonsum bei verwendetem PDK am geringsten. Dies lässt auf einen Vorteil einer CSE vor allem in der ersten postoperativen Zeit schließen, auch, weil der Naropinverbrauch durch vorherige Spinalanästhesie der Naropinverbrauch am Operationstag im Vergleich zum PDK geringer gehalten werden kann.

Auch hier wären größerer Probandengruppen zu untersuchen, um eine genauere Aussage bzgl. Einfluss auf die Schmerzreduktion durch regionalanästhetische Verfahren oder analgetische Medikation p.o./i.v. treffen zu können.

Schmerz direkt postoperativ ist der stärkste Vorhersagewert für persistierende Schmerzen im Verlauf (Puolakka et al 2010), wodurch die Wichtigkeit einer guten und konsequenten postoperativen Schmerztherapie nochmals hervorgehoben wird.

8 Zusammenfassung

Insgesamt lässt sich durch die Änderung des Behandlungspfades und Verwendung der Injektion mit Suprarenin und Analgetika am Operationsende die postoperative Blutung und die Beweglichkeit (ROM am 7. postoperativen Tag) nicht maßgeblich beeinflussen. Hierbei ist der Prothesentyp entscheidender, wobei die unikondyläre Schlittenprothese der bikondylären Prothese überlegen ist. Jedoch konnte ein signifikanter Vorteil hinsichtlich postoperativer Schmerzen am Operationstag durch die intraoperativ verabreichte Injektion bei vergleichbarem Schmerzmittelverbrauch nachgewiesen werden. Darüber hinaus zeigte sich auch ein direkter Zusammenhang zwischen Schmerzmittelmenge und Intensität der postoperativen Schmerzen.

Die Studie zeigt keine eindeutig signifikanten Vorteile bezogen auf Schmerzen zwischen den verschiedenen Schmerzkatheterverfahren, wobei am Operationstag der Schmerzmittelverbrauch bei Spinalanästhesie am geringsten ist (gefolgt von PDK).

Frauen haben nach dem Operationstag stärkere postoperative Schmerzen, jedoch geringeren Blutverlust und geringeren Hb-Abfall als Männer.

Körpergewicht und Alter haben auf keines der untersuchten Parameter signifikanten Einfluss.

Insgesamt ist durch die Änderung des Behandlungspfades ein milder Effekt auf die frühpostoperativen Schmerzen, sowie eine Verkürzung der Verweildauer um fast einen Tag nachweisbar.

9 Literaturverzeichnis

1. Adie S, Naylor JM, Harris IA. Kryotherapie after total knee arthroplasty a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Arthroplasty* 2009; 25(5):709-15
2. Allen HW, Liu SS, Ware PD, Nairn CS, Owens BD. Peripheral nerve blocks improve analgesia after total knee replacement surgery. *AnesthAnalg* 1998; 87:93-97
3. Andersen KV, Bak, M, Christensen BV, Harazuk J, Pedersen NA, Soballe K. A randomized, controlled trial comparing local infiltration analgesia with epidural infusion for total knee arthroplasty. *Acta Orthop* 2010;81(5):606-10
4. Anderson LA, Engel GM, Bruckner JD, Stoddard GJ, Peters CL. Reduced blood loss after total knee arthroplasty with local injection of bupivacaine and epinephrine. *J Knee Surg* 2009; 22(2):130-136
5. Anderson LO, Husted H, Kristensen BB, Otte KS, Gaarn-Larsen L, Kehlet H. Analgesic efficacy of subcutaneous local anaesthetic wound infiltration in bilateral knee arthroplasty: a randomised, placebo-controlled, double-blind trial. *Acta AnaesthesiolScand.* 2010;54(5):543-8
6. Anderson LO, Kristensen BB, Husted H, Otte KS, Kehlet H. Local anesthetics after total knee arthroplasty: intraarticular or extraarticular administration? *Acta Orthop.* 2008;79(6):800-5
7. Argenson JN, O'Connor JJ, Polyethylene wear in meniscal knee replacement. A one to nine-year retrieval analysis of the Oxford Knee. *J Bone Joint Surg Br* (1992), 74, 228–232
8. Badner NH, Bourne RB, Rorabeck CH, Doyle JA. Addition of morphine to intra-articular bupivacaine does not improve analgesia following knee joint replacement. *Reg Anesth.* 1997; 22(4):347-50.
9. Badner NH, Bourne RB, Rorabeck CH, MscDonald SJ, Doyle JA. Intra-articular injection of bupivacaine in knee-replacement operations. Results of use for analgesia and for preemitive blockade. *J Bone Joint Surg Am.* 1996; 78(5):734-8

10. Batsis JA, Naessens JM, Keegan MT, Huddleston PM, Wagie AE, Huddleston JM. Body mass index and the impact on hospital resource use in patients undergoing total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2010; 25(8): 1250-7
11. Bell TH, Berta D, Ralley F, MacDonald SJ, McCalden RW, Bourne RB, Rorabeck CH, Naudie DDR. Factors affecting perioperative blood loss and transfusion rates in primary total joint arthroplasty: a prospective analysis of 1642 patients. *Can J Surg* 2009; 52(4):295-301
12. Bianconi M, Ferraro L, Traina GC, Zanolli G, Antonelli T, Guberti A, Ricci R, Massari L. Pharmacokinetics and efficacy of ropivacaine continuous wound instillation after joint replacement surgery. *Br J Anaesth.* 2003;91(6):830-5.
13. Biarnés Suñé A, Ciercoles Jiménez E, Márquez Martínez E, Medel Rebollo J, Godet Gimeno C, Roigé Solé J. Risk factors for transfusion in primary knee arthroplasty. *Rev Esp Anestesiol Reanim.* 2006; 53(1):18-24
14. Bierbaum BE, Callaghan JJ, Galante JO, Rubash HE, Tooms RE, Welch RB. An analysis of blood management in patients having a total hip or knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1999; 81(1):2-10
15. Blagojovic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan KP. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage* 2010; 18:24-33
16. Block BM, Liu SS, Rowlingson AJ, Cowan AR, Cowan, JA Jr., Wu CL. Efficacy of postoperative epidural analgesia: a meta-analysis. *Jama.* 2003;290:2455-2463.
17. Borgwardt L, Zerahn B, Bliddal H, Christiansen C, Sylvest J, Borgwardt A. Similar clinical outcome after unicompartmental knee arthroplasty using a conventional or accelerated care program. *Acta Orthop.* 2009;80(3):334-7
18. Brandner V, Gondek S, Martin E, Stulberg SD. Pain and depression influence outcome 5 years after knee replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 2007; 464:21-26
19. Breusch SJ, Kühn KD. Zum Thema: Implantatwerkstoffe, Knochenzemente auf Basis von Polymethylmethacrylat. *Der Orthopäde* 2003, 32(1):41-50.

20. Browne C, Copp S, Reden L, Pulido P, Colwell C. Bupivacaine bolus injection versus placebo for pain management following total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2004; 19:377-380
21. Buchholz AL, Niessen MC, Gausden EB, Sterken DG, Hetzel SJ, Baum SZ, Squire MW, Kaplan LD. Metabolic activity of osteoarthritic knees correlates with BMI. *Knee* 2009; 17:161-166
22. Busch CA, Shore BJ, Bhandari R, Ganapathy S, MacDonald S J, Rorbeck CH, McCalden RW. Efficacy of periarticular multimodal drug injection in total knee arthroplasty. A randomized trial. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88:959-963
23. Capdevilla X, Ponrouch M, Choquet O. Continuous peripheral nerve block in clinical practice. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2008; 21:619-623
24. Chelly JE, Greger J, Gebhard R, Coupe K, Clyburn TA, Buckle R, Criswell A. Continuous femoral blocks improve recovery and outcome of patients undergoing total knee arthroplasty
J Arthroplasty 2001;16: 436-445
25. Chen Y, Zhang Y, Zhu YL, Fu PL. Efficacy and safety of an intra-operative intra-articular magnesium/ropivacaine injection for pain control following total knee arthroplasty. *J Int Med Res.* 2009; 37(6):1733-41
26. Choi P, Bhandari M, Scott J, Douketis JD. Epidural analgesia for pain relief following hip or knee replacement. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2003, Issue 3. Art. No.: CD003071. DOI: 10.1002/14651858.CD003071.
27. Christensen CP, Jacobs CA, Jennings HR. Effect of periarticular corticosteroid injections during total knee arthroplasty, A double-blind randomized trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(11):2550-5
28. Chu CP, Yap JC, Chen PP, Hung HH. Postoperative outcome in Chinese patients having primary total knee arthroplasty under general anaesthesia/intravenous patient-controlled analgesia compared to spinal-epidural anaesthesia/analgesia. *Hong Kong Med J.* 2006;12:442-447

29. Cuenca J, García-Erce JA, Martínez F, Cardona R, Pérez-Serrano L, Muñoz M. Preoperative haematinics and transfusion protocol reduce the need for transfusion after total knee replacement. *Int J Surg* 2007;5(2):89-94
30. Cushner FD, Lee GC, Scuderi GR, Arsht SJ, Scott WN. Blood loss management in high-risk patients undergoing total knee arthroplasty: a comparison of two techniques. *J Knee Surg* 2006; 19(4):249-53)
31. Darury DF, Mason JB, Murphy JA, Adams MJ. Analysis of the outcome in male and female patients using a unisex total knee replacement system. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91(3):357-60.
32. Demey G, Servien E, Pinaroli A, Lustig S, Ait Si Selmi T, Neyret P. The influence of femoral cementing on perioperative blood loss in total knee arthroplasty: a prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 2010; 92 (3):536-41
33. Devers BN, Conditt MA, Jamieson ML, Driscoll MD, Noble PC, Parsley BS. Does greater knee flexion increase patient function and satisfaction after total knee arthroplasty? *J Arthroplasty.* 2011 Feb;26(2):178-86.
34. Edward RR, Haythornthwaite JA, Smith MT, Klick B, Katz JN. Catastrophizing and depressive symptoms as prospective predictors of outcomes following total knee replacement. *Pain Res Manag* 2009; 14: 307-311
35. Essving P, Axelsson K, Kjellberg J, Wallgren Ö, Gupta A, Lundin A. Reduced morphine consumption and pain intensity with local infiltration analgesia (LIA) following total knee arthroplasty. A randomized double-blind study involving 48 patients. *Acta Orthop.* 2010;81(3):354-360
36. Faris PM, Spence RK, Larholt KM, Sampson AR, Frei D. The predictive power of baseline hemoglobin for transfusion risk in surgery patients. *Orthopedics* 1999; 22(1 Suppl): 135-140
37. Felson DT, Anderson JJ, Naimark A, Walker AM, Meenan RF. Obesity and knee osteoarthritis: The framingham study. *Ann Intern Med* 1988; 109:18-24

38. Felson DT, Zhang Y, Hannan MT, Naimark A, Weissman B, Aliabadi P, Levy D. Risk factors for incident radiographic knee osteoarthritis in the elderly: the framingham study. *Arthritis Rheum.* 1997; 40:728-733
39. Fotland SS, Reikvam H, Hervig T, Seghatchian J. Does the preoperative iron status predict transfusion requirement of orthopedic patients? *Transfus Apher Sci* 2009; 40(3):213-217
40. Fu P, Wu Y, Wu H, Li X, Quian Q, Zhu Y. *Knee.* 2009 Aug;16(4):280-4
41. Ganapathy S, Wasserman RA, Watson JT, Bennett J, Armstrong KP, Stockall CA, Chess DG, MacDonald C. Modified continuous femoral three-in-one block for postoperative pain after total knee arthroplasty. *Aneth Analg* 1999; 89:1197-1202
42. Garcia JB, Barbosa Neto JO, Vasconcelos JW, Ferro LS, Silva RC.. Analgesic efficacy of the intra-articular administration of high doses of morphine in patients undergoing total knee arthroplasty. *Rev Bras Anesthesiol.* 2010;60(1):1-12
43. García-Erce JA, Manuel Solano V, Cuenca J, Ortega P. Preoperative hemoglobin as the only predictive factor of transfusional needs in knee arthroplasty. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 2002; 49(5):254-260
44. Gatha NM,, Clarke HD, Fuchs R, Scuderi GR, Insall JN. Factors affecting postoperative range of motion after total knee arthroplasty. *J Knee Surg* 2004; 17:196-202
45. George SZ, Hirsh AT. Psychologic Influence on Experimental Pain Sensitivity and Clinical Pain Intensity for Patients with Shoulder Pain. *J Pain.* 2009 March ; 10(3): 293–299. doi:10.1016/j.jpain.2008.09.004.
46. Gill I, Gallagher K, Busch CA. Is periarticular multimodal drug infiltration in knee arthroplasty safe when used in conjunction with autologous retransfusion drains? *Ann R Coll Surg Engl.* 2010; 92(4):335-7
47. Gonzales-Porra JR, Colado E, Conde MP, Lopez T, Nieto MJ, Corral M. An individualized preoperative blood saving protocol can increase pre-operative haemoglobin levels and reduce the need for transfusion in elective total hip or knee arthroplasty. *Transfusion Med.* 2009; 19(1):35-42

48. Granot M, Ferber SG. The role of pain catastrophizing and anxiety in the prediction of postoperative pain intensity: a prospective study. *Clin J Pain*. 2005; 21 (5):439-45
49. Groß A.-F., Fickert S., Günther K.P. Übergewicht und Arthrose. *Der Orthopäde* 2005; 34:638-644
50. Guay J. Postoperative pain significantly influences postoperative blood loss in patients undergoing total knee replacement. *Pain Med*. 2006;7(6):476-82
51. Guerin S, Collins C, Kapoor H, McClean I, Collins D. Blood transfusion requirement prediction in patients undergoing primary total hip and knee arthroplasty. *Transfus Med*. 2007; 17(1):37-43
52. Gupta A, Bodin L, Holmström B, Berggren L. A systemic review of the peripheral analgesic effects of intraarticular morphine. *Anesth Analg* 2001; 93:761-770
53. Han C-D, Lee D-H, Yang IH. Intra-synovial ropivacaine and morphine for pain relief after total knee arthroplasty-A prospective, randomized, double blind study. *Yonsei Med J* 2007; 48(2):295-300
54. Harvey IA, Barry K, Kirby SPJ, Johnson R, Elloy MA. Factors effecting the range of movement of total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 1993; 75:950-955
55. Hebl JR, Dilger JA, Byer DE, Kopp SL, Stevens SR, Pagano MW, Hanssen AD, Horlocker TT. A pre-emptive multimodal pathway featuring peripheral nerve block improves perioperative outcomes after major orthopedic surgery. *Reg Anesth Pain Med*. 2008; 33:510-517
56. Holm B, Kristensen MT, Myhrmann L, Husted H, Andersen LO, Kristensen B, Kehlet H. The role of pain for early rehabilitation in fast track total knee arthroplasty. *Disabil Rehabil*. 2010;32(4):300-6
57. Hu S, Zhang ZY, Hua YQ, Cai ZD. A comparison of regional and general anaesthesia for total replacement of the hip or knee: a meta-analysis. *J Bone Joint Surg Br*. 2009; 91(7):935-42
58. Isaac D, Falode T, Liu P, I'Anson H, Dillow K, Gill P. Accelerated rehabilitation after total knee replacement. *Knee*. 2005 Oct; 12(5): 346-50

59. Jain S, Dinah A, Palmer S. Knee flexion significantly reduces blood loss and transfusion rate after uncemented total knee arthroplasty. *The Internet Journal of Orthop Surg* 2009; Volume 11 Number 1
60. Jäger M, Wirth CJ. *Praxis der Orthopädie*, Thieme, Stuttgart New York, 1986, 1. Aufl., S. 980
61. Järvenpää J, Kettunen J, Kröger H, Miettinen H. Obesity may impair the early outcome of total knee arthroplasty. *Scand J Surg* 2010; 99:45-49
62. Jerosch J, Floren M (2000): Lebensqualitätsgewinn (SF-36) nach Implantation einer Knieendoprothese. *Der Unfallchirurg* 2000; 103 (5): 371-374
63. Kadic L, Boonstra MC, de Waal Malefijt MC, Lako SJ, van Egmond J, Driessen JJ. Continuous femoral nerve block after total knee arthroplasty? *Acta Anaesthesiol Scand* 2009; 53:914-920
64. Kālu I, Guay J, Cite C, Fellahin M. The posterior lumbar plexus (psoas compartment) block and the three-in-one femoral nerve block provide similar postoperative analgesia after total knee replacement.. *Can J Anaesth.* 2004; 51:45-51
65. Kilos E, Tamer MR, Carroll D, McQuay HJ, Moore RA. Pain relief from intra-articular morphine after knee surgery: a qualitative systemic review. *Pain* 1997;71:127-134
66. Keating EM, Meding JB, Faris PM, Ritter MA. Predictors of transfusion risk in elective knee surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1998; 357:50-59
67. Klasen JA, Opitz SA, Melzer C, Thiel A, Hempelmann G. Intraarticular, epidural, and intravenous analgesia after total knee arthroplasty. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1999;43:1021-6
68. Kotani A, Yonekura A, Bourne RB. Factors influencing range of motion after contemporary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2005; 20: 850-856
69. Krenzel BA, Cook C, Martin GN, Vail TP, Attarian DE, Bolognesi MP. Posterior capsular injections of ropivacain during total knee arthroplasty: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *J Arthroplasty* 2009;24(6):138-43
70. Levy AS, Marmar E. The role of cold compression dressings in the postoperative treatment of total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1993; 297:174-178

71. Li B, Qian QR, Wu HS, Zhao H, Lin XB, Zhu J, Wenig WF. The use of a pneumatic tourniquet in total knee arthroplasty: a prospective, randomized study. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 2008;46 (14): 1054-7
72. Lingard EA, Katz JN, Wright EA, Sledge CB; Kinemax Outcomes Group. Predicting the outcome of total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2004. 86-A(10):2179-86.
73. Lizaar A, Marco L, Cebrian R. Preoperative factors influencing the range of movement after total knee arthroplasty for severe osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Br* 1996; 79:626-629
74. Lombardi AV Jr, Berend KR, Mallory TH, Dodds KL, Adams JB. Soft tissue and intra-articular injection of bupivacaine, epinephrine and morphine has a beneficial effect after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Rel Res* 2004; 428:125-130
75. Loo W.L, Yeo SJ, Lo NN, Yang KY. Comparing intraarticular vs intramuscular drug injection in total knee arthroplasty. *The Internet Journal of Orthopedic Surgery.* 2009 Volume 11 Number 2
76. Ma T, Khan RJ, Carey Smith R, Nivbrant B, Wood DJ. Effect of flexion/extension splintage post total knee arthroplasty on blood loss and range of motion- a randomized controlled trial. *Knee* 2008; 15 (1):15-9
77. Macfarlane AJ, Prasad GA, Chan VW, Brull R. Does regional anesthesia improve outcome after total knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res.* 2009; 467: 2379-2402
78. Mahoney OM, Noble PC, Davidson J, Tullos HS. The effect of continuous epidural analgesia on postoperative pain, rehabilitation, and duration of hospitalization in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Rel Res* 1990; 260:30-37
79. Malone KJ, Matuszak S, Mayo D, Greene P. The effect of intra-articular epinephrine lavage on blood loss following total knee arthroplasty. *Orthopedics.*2009;32(2):100
80. Mauerhan DR, Campbell M, Miller JS, Mokris JG, Gregory A, Kiebzak GM. Intra-articular morphine and/or bupivacaine in the management of pain after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 1997; 12(5):546-552
81. Murray DW, O'Connor JJ, Goodfellow JW. The Oxford medial unicompartmental arthroplasty, a ten year survival study. *J Bone Joint Surg [Br]* 1998; 80-B; 6; 983-989

82. Mylod AG Jr., France MP, Muser DE, Parsons JR. Perioperative blood loss associated with total knee arthroplasty. A comparison of procedures performed with and without cementing. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72 (7):1010-2
83. Mesa-Ramos F, Mesa-Ramos M, Maqueira-Canosa C, Carpintero P. Predictors for blood transfusion following total knee arthroplasty: a prospective randomised study. *Acta Orthop Belg.* 2008; 74(1):83-89
84. Mullah A, Kane R, Settee GM, Chad V, Singh DP. Efficacy of periarticular injection of bupivacaine, fentanyl, and methylprednisolone in total knee arthroplasty a prospective, randomized trial. *J Arthroplasty* 2010; 25(6):851-7
85. Nechleba J, Rogers V, Cortina G, Cooney T. Continuous intra-articular infusion of bupivacaine for postoperative pain following total knee arthroplasty. *J Knee Surg.* 2005;18(3):197-202
86. Nickinson RS, Board TN, Kay PR. Post-operative anxiety and depression levels in orthopaedic surgery: a study of 56 patients undergoing hip or knee arthroplasty. *J Eval Clin Pract.* 2009; 15 (2): 307-10
87. Niskanen RO, Strandberg N. Bedside femoral block performed on the first postoperative day after unilateral total knee arthroplasty: a randomized study of 49 patients. *J Knee Surg.* 2005; 18:192-6.
88. Ong SM, Taylor GJ. Can knee position save blood following total knee replacement? *Knee* 2003;10(1):81-5
89. Özen M, İnan N, Tümer F, Uyar A, Baltacı B. The effect of 3-in-1 femoral nerve block with ropivacaine 0.375% on postoperative morphine consumption in elderly patients after total knee replacement surgery. *Ağrı Dergisi* 2006; 18: 44-50
90. Pang HN, Lo NN, Yang KY, Chong HC, Yeo SJ. Peri-articular steroid injection improves the outcome after unicondylar knee replacement: a prospective, randomised controlled trial with a two-year follow-up. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90(6):738-44.

91. Parvataneni HK, Shah VP, Howard H, Cole N, Ranawat AS, Ranawat CS. Controlling pain after total hip and knee arthroplasty using a multimodal protocol with local periarticular injections. A prospective randomized study. *J Arthroplasty* 2007; 22:33-38
92. Peters CL, Shirley B, Erickson J. The Effect of a new multimodal perioperative anesthetic regimen on postoperative pain, side effects, rehabilitation, and length of hospital stay after total joint arthroplasty. *J Arthroplasty* 2006; 21:132-138
93. Prasad N, Padmanabhan V, Mullaji A. Blood loss in total knee arthroplasty: an analysis of risk factors. *Int Orthop (SICOT)* 2007; 31:31-44
94. Psychoyios V, Crawford RW, O'Connor JJ, Murray DW. Wear of congruent meniscal bearings in unicompartmental knee arthroplasty: a retrieval study of 16 specimens. *J Bone Joint Surg [Br]* 1998;80-B:976-82.
95. Puolakka PAE, Rorarius MGF, Roviola M, Puolakka TJS, Nordhausen K, Lindgren L. Persistent pain following knee arthroplasty. *Europ J Anaesth* 2010; 27(5)455-460
96. Rama KR, Apsongi S, Poovali S, Jetti A. Timing of tourniquet release in Knee arthroplasty. Meta-analysis of randomized, controlled trials. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89 (4):699-705
97. Ranawat AS, Ranawat CS. Pain management and accelerated rehabilitation for total hip and total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2007; 22:12-15
98. Rashiq S, Finnegan BA. The effect of spinal anesthesia on blood transfusion rate in total joint arthroplasty. *Can J Surg* 2006;49 (6):391-6
99. Rashiq S, Shah M, Chow AK, O'Connor PJ, Finegan BA. Predicting allogenic blood transfusion use in total joint arthroplasty. *Amnesty Analg* 2004; 99:1239-44
100. Rasmussen S, Kramhøft, Sperling KP, Pedersen JHL. Increased Flexion and reduced hospital stay with continuous intraarticular morphine and ropivacaine after primary total knee replacement. Open intervention study of efficacy and safety in 154 patients. *Acta Orthop Scand* 2004; 75:606-609
101. Reeves M, Skinner MW. Continous intra-articular infusion of ropivacaine after unilateral total knee arthroplasty. *Anaesth Intensive Care* 2009; 37(6):916-22

102. Reilly TJ, Gradisar IA Jr, Pakan W, Reilly M. The use of postoperative suction drainage in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1986; (208):238-42
103. Riddle DL, Wade JB, Jiranek WA. Major depression, generalized anxiety disorder, and panic disorder in patients scheduled for knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2010; 25 (4): 581-8
104. Riddle DL, Wade JB, Jiranek WA, Kong X. Preoperative pain catastrophizing predicts pain outcome after knee arthroplasty. *Clin Orthop relat Res.* 2010; 469 (3): 798-806.
105. Ritter MA, Campbell ED. Effect of range of motion on the success of a total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 1987; 2:95-97
106. Ritter MA, Harty LD, Davis KE, Meding JB, Berend ME. Predicting range of motion after total knee arthroplasty. Clustering, Log-Linear Regression, and Regression Tree Analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2003; 85(7):1278-85.
107. Ritter MA, Koehler M, Keating EM, Faris PM, Meding JB. Intra-articular morphine and/or bupivacaine after total knee replacement. *J Bone Joint Surg.* 1999;81-B:301-3
108. Rosseland LA, Stubhaug A. Gender is a confounding factor in pain trials: woman report more pain than men after arthroscopic surgery. *Pain.* 2004; 112(3):248-53.
109. Roy N, Smith M, Anwar M, Elsworth C. Delayed release of drain in total knee replacement reduces blood loss. A prospective randomised study. *Acta Orthop Belg* 2006; 72(1):34-8
110. Salido JA, Marín LA, Gómez LA, Zorilla P, Martínez C. Preoperative hemoglobin levels and the need for transfusion after prosthetic hip and knee surgery: analysis of predictive factors. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84(2):216-220
111. Seyfert C, Schulz K, Pap G. The influence of drain suction in knee arthroplasty. *Zentralbl Chir.* 2002; 127(10):886-9
112. Shi MG, Lü HS, Guan ZP. Influence of preoperative range of motion on the early clinical outcome of total knee arthroplasty. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi* 2006; 44:1101-1105
113. Singelyn FJ, Deyaert M, Joris D, Pendeville E, Gouverneur JM. Effects of intravenous patient-controlled analgesia with morphine, continuous epidural analgesia, and continuous three-in-one block on postoperative pain and knee rehabilitation after unilateral total knee arthroplasty. *Anesth Analg.* 1998 :87:88-92.

114. Smith TO, Hing CB. Is a tourniquet beneficial in total knee replacement surgery? A metaanalysis and systematic review. *Knee* 2010; 17 (2):141-7
115. Statistisches Bundesamt 2009: Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) - Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten der Krankenhäuser 2006, S.26
116. Statistisches Bundesamt 2012: Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) - Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten der Krankenhäuser 2011, S.22
117. Statistisches Jahrbuch 2012: Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern (einschl. Sterbe- und Stundenfälle) - Fachserie 12 Reihe 6.2.1 – 2010; S.31
118. Statistisches Jahrbuch 2012, Statistisches Bundesamt Wiesbaden 2012, Kapitel 4: Gesundheit, S.118
119. Stern SH, Insall JN, Total knee arthroplasty in obese patients. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72:1400-1404
120. Stein C. The control of pain in peripheral tissue by opioids. *N Engl J Med* 1995; 332(25):1685-1690
121. Stevens-Lapsley JE, Petterson SC, Mizner RL, Snyder-Mackler L. Impact of body mass index on functional performance after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2010 Oct;25(7):1104-9
122. Szczukowski MJ Jr, Hines JA, Snell JA, Sisca TS. Femoral nerve block for total knee arthroplasty patients: a method to control postoperative pain. *J Arthroplasty*. 2004; 19:720-5
123. Tanaka N, Sakahashi H, Sato E, Hirose K, Ishii S. The efficiency of intra-articular analgesia after total knee arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis and in patients with osteoarthritis. *J Arthroplasty* 2001; 16:306-311
124. The Merck Index. An Encyclopaedia of Chemicals, Drugs and Biologicals. 14. Auflage, 2006, S. 1426.

125. Thorsell M, Holst P, Hyldahl HC, Weidenhielm L. Pain control after total knee arthroplasty: a prospective study comparing local infiltration anesthesia and epidural anesthesia. *Orthopedics* 2010; 33:75-80
126. Toftdahl K, Nikolajson L, Haraldsted V, Madsen F, Tønnesen E K, Søballe K. Comparison of peri- and intraarticular analgesia with femoral nerve block after total knee arthroplasty. *Acta Orthopaedica* 2007; 78:172-179
127. Touray ST, de Leeuw MA; Zuurmond WWA; Perez RSGM. Psoas Compartment Block for Lower Extremity Surgery: A Meta-Analysis. *Br J Anaesth.* 2008;101:750-760
128. Turner G, Blake D, Buckland M, Chamley D, Dawson P, Goodchild C, Mezzatesta J, Scott D, Sultana A, Walker S, Hendrata M, Mooney P, Armstrong M. Continuous extradural infusion of ropivacaine for prevention of postoperative pain after major orthopaedic surgery. *Br J Anaesth.*1996; 76:606-610
129. Venditoli PA, Makinen P, Drolet P, Lavigne M, Fallaha M, Guertin MC, Varin F. A multimodal analgesia protocol for total knee arthroplasty A randomized, controlled study. *J Bone Joint Surg Am* 2006; 88:282-289
130. Weller R, Rosenblum M, Conard P, Gross J. Comparison of epidural and patient-controlled intravenous morphine following joint replacement surgery. *Can J Anaesth* 1991; 38:582-586
131. Wessinghage D. Der Pionier des zementierten Kniegelenkersatzes-Themistocles Gluck in: „Knieendoprothetik. Komplikation - Revision – Problemlösung“, Rabenseifner L (Hrsg.), Steinkopff Verlag Darmstadt, 1998, 1-13
132. Winnie AP, Ramamurty S, Durrani Z. The inguinal paravascular technic of lumbar plexus anesthesia. the “3-in-1 block“. *Anesth Analg* 1973; 52 (6):989-996
133. Witvrouw E, Pattyn E, Almqvist KF, Cromez G, Accoe C, Cambier D, Verdonk R. Catastrophic thinking about pain as a predictor of length of hospital stay after total knee arthroplasty: a prospective study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009; 17 (10): 1189-94

134. Woolf AD, Pfleger B (2003) Burden of major musculoskeletal conditions. Bull World Health Organ 81 (9): 646– 656
135. Yavarikia A, Amjad GG, Davoudpour K. The influence of tourniquet use and timing of its release on blood loss in total knee arthroplasty. Pak J Biol Sci. 2010; 13 (5):249-52
136. Yeung E, Jackson M, Sexton S, Walter W, Zicat B, Walter W. The effect of obesity on the outcome of hip and knee arthroplasty. International Orthopaedics (SICOT)DOI 10.1007/s00264-010-1051-3

Internetquellen:

137. AWMF-Leitlinien:

http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-0081_S1_Endoprothese_bei_Gonarthrose_2009.pdf

Stand der letzten Aktualisierung: 06/2009, HTML-Code optimiert: 10.08.2009; 09:56:53;
zuletzt abgerufen am 11.11.2012

138. Köhnke I, Online-Handbuch Demografie des Berlin-Instituts:

http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/handbuch_texte/pdf_Koehncke_UEbergewicht_01.pdf ;

zuletzt abgerufen am 29.11.2012

139. Statistisches Bundesamt: Diagnosen: zuletzt abgerufen am 03.06.2013

- <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/DiagnosenWeiblich.html>
- http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/WS0100/_XWD_FORMPROC?TARGET=&PAGE=_XWD_2&OPINDEX=1&HANDLER=_XWD_CUBE.SETPGS&DATACUBE=_XWD_30&D.001=1000001&D.002=1000002&D.972=1000619&D.007=9211&D.022=9994

10 Abkürzungsverzeichnis

BMI	body mass index
bzw.	beziehungsweise
CRP	C- reaktives Protein
CSE	combined spinal-epidural anesthesia
d.h.	das heißt
EB	Eigenblut
EK	Erythrozytenkonzentrat
FB	Fremdblut
Hb	Hämoglobin
NaCl	Natriumchlorid
OP	Operation
PCA	patient-controlled analgesia
PDA	Periduralanästhesie
PDK	Periduralkatheter
p.o.	per os
postop./präop.	postoperativ/präoperativ
ROM	range of movement
s.c.	sub cutan
VAS	visuelle Analogskala

11 Anhang

11.1 Tabellen:

Tabelle 1:

Redonmenge in ml

Injektion		Operationstag	1.postop. Tag	2.postop. Tag	3.postop. Tag	gesamt
ohne Injektion	Mittelwert	772,9	196,6	67,3	2,2	1039,0
	Standardabw.	396,3	143,3	119,7	15,6	495,8
	Minimum	110,0	10,0	0,0	0,0	200,0
	Maximum	2300,0	580,0	650,0	110,0	2780,0
mit Injektion	Mittelwert	705,2	185,4	51,8	2,5	944,9
	Standardabw.	359,8	187,0	90,3	12,0	463,9
	Minimum	60,0	0,0	0,0	0,0	150,0
	Maximum	1550,0	990,0	560,0	70,0	2000,0
Total	Mittelwert	739,0	191,0	59,6	2,4	991,9
	Standardabw.	378,1	165,8	105,8	13,8	480,0
	Minimum	60,0	0,0	0,0	0,0	150,0
	Maximum	2300,0	990,0	650,0	110,0	2780,0

Tabelle 2:

Redonmenge in ml

Prothese		Operationstag	1.postop. Tag	2.postop. Tag	3.postop. Tag	gesamt
Bikondylär	Mittelwert	783,8	200,1	66,7	2,1	1052,7
	Standardabw.	367,0	172,7	110,8	13,8	468,7
	Minimum	100,0	0,0	0,0	0,0	220,0
	Maximum	2300,0	990,0	650,0	110,0	2780,0
Oxford	Mittelwert	410,8	124,2	7,1	4,2	546,2
	Standardabw.	296,9	78,6	12,1	14,4	299,3
	Minimum	60,0	40,0	0,0	0,0	150,0
	Maximum	1130,0	300,0	30,0	50,0	1180,0
Total	Mittelwert	739,0	191,0	59,6	2,4	991,9
	Standardabw.	378,1	165,8	105,8	13,8	480,0
	Minimum	60,0	0,0	0,0	0,0	150,0
	Maximum	2300,0	990,0	650,0	110,0	2780,0

Tabelle 3:

Hämoglobinwerte in g/dl

Injektion		präoperativ	2. postoperativer Tag	7. postoperativer Tag
ohne Injektion	Mittelwert	13,2	9,4	10,2
	Standardabweichung	1,1	1,2	1,0
	Minimum	11,5	6,9	8,3
	Maximum	15,8	12,0	12,0
mit Injektion	Mittelwert	13,2	9,6	9,9
	Standardabweichung	1,3	1,5	1,3
	Minimum	10,6	7,2	8,4
	Maximum	16,8	14,8	14,5
Total	Mittelwert	13,2	9,5	10,1
	Standardabweichung	1,2	1,3	1,1
	Minimum	10,6	6,9	8,3
	Maximum	16,8	14,8	14,5

Tabelle 4:

Hämoglobinwerte in g/dl

Prothese		präoperativ	2. postoperativer Tag	7. postoperativer Tag
Bikondylär	Mittelwert	13,1	9,3	9,9
	Standardabweichung	1,2	1,1	1,0
	Minimum	10,6	6,9	8,3
	Maximum	16,6	12,0	12,2
Oxford	Mittelwert	13,6	11,0	11,1
	Standardabweichung	1,5	1,7	1,6
	Minimum	11,6	9,1	8,6
	Maximum	16,8	14,8	14,5
Total	Mittelwert	13,2	9,5	10,1
	Standardabweichung	1,2	1,3	1,1
	Minimum	10,6	6,9	8,3
	Maximum	16,8	14,8	14,5

Tabelle 5:

Hämoglobinwerte in g/dl

Geschlecht		präoperativ	2. postoperativer Tag	7. postoperativer Tag	Differenz präop.- 2.Tag	Differenz 2.-7. Tag
Frauen	Mittelwert	12,9	9,3	9,9	3,6	-0,6
	Standardabweichung	1,0	1,1	1,0	1,2	1,1
	Minimum	10,6	7,2	8,3	0,3	-3,8
	Maximum	15,0	12,0	12,2	6,7	1,5
Männer	Mittelwert	14,0	9,8	10,6	4,1	-0,7
	Standardabweichung	1,3	1,7	1,3	1,3	1,2
	Minimum	12,0	6,9	8,6	1,1	-3,5
	Maximum	16,8	14,8	14,5	6,4	2,2

Tabelle 6:

Anzahl verbrauchter Erythrozytenkonzentrate

Injektion		Eigenblut	Fremdblut	gesamt
ohne Injektion	Mittelwert	0,54	0,50	1,00
	Standardabweichung	0,762	1,147	1,294
	Minimum	0	0	0
	Maximum	2	6	6
mit Injektion	Mittelwert	0,28	0,48	0,76
	Standardabweichung	0,497	0,974	0,981
	Minimum	0	0	0
	Maximum	2	4	4
Total	Mittelwert	0,41	0,49	0,88
	Standardabweichung	0,653	1,059	1,148
	Minimum	0	0	0
	Maximum	2	6	6

Tabelle 7:

Anzahl verbrauchter Erythrozytenkonzentrate

Geschlecht		Eigenblut	Fremdblut	gesamt
Frauen	Mittelwert	0,45	0,48	0,93
	Standardabweichung	0,672	0,939	1,046
	Minimum	0	0	0
	Maximum	2	4	4
Männer	Mittelwert	0,31	0,52	0,76
	Standardabweichung	0,604	1,326	1,380
	Minimum	0	0	0
	Maximum	2	6	6

Tabelle 8:

Bewegungsumfang in °

		Flexion präop.	Flexion postop.	Differenz Flexion	Extension präop.	Extension postop.	Differenz Extension
ohne Injektion	Mittelwert	109	77	32	-3	-3	0
	Standardabweichung	14	12	19	6	3	6
	Minimum	90	40	-5	-20	-10	-20
	Maximum	140	100	100	5	0	10
mit Injektion	Mittelwert	116	79	37	-4	-2	-2
	Standardabweichung	15	12	19	7	5	8
	Minimum	90	50	-5	-40	-30	-40
	Maximum	145	100	75	0	0	30

Tabelle 9:

Bewegungsumfang in °

		Flexion präop.	Flexion postop.	Differenz Flexion	Extension präop.	Extension postop.	Differenz Extension
Bikondylär	Mittelwert	112	76	35	-4	-2	-1
	Standardabweichung	15	12	20	6	4	8
	Minimum	90	40	-5	-40	-30	-40
	Maximum	140	100	100	5	0	30
Oxford	Mittelwert	118	88	30	-1	0	0
	Standardabweichung	15	8	16	3	1	2
	Minimum	100	75	0	-10	-5	-5
	Maximum	145	100	50	0	0	0

Tabelle 10:

Bewegungsumfang in °

Prothesentyp		Flexion präop.	Flexion postop.	Differenz Flexion (prä.,-post.)	Extension präop.	Extension postop	Differenz Extension (prä.-post.)
zementiert	Mittelwert	109	77	32	-4	-1	-3
	Standardabw.	15	11	20	8	2	9
	Minimum	90	50	-5	-40	-5	-40
	Maximum	140	100	70	5	0	10
hybrid	Mittelwert	113	76	37	-4	-3	0
	Standardabw.	14	12	19	5	5	7
	Minimum	90	40	-5	-20	-30	-20
	Maximum	140	95	100	0	0	30

Tabelle 11:

Ruheschmerz (Tagesmittelwert) nach VAS

Injektion		Operationstag	1.postop Tag	2.postop. Tag	3.postop. Tag	4.postop. Tag	5.postop. Tag	6.postop. Tag	7.postop. Tag
ohne Injektion	Mittelwert	3,3	2,8	1,6	1,2	1,4	1,5	1,4	1,8
	Standardabw.	2,0	1,6	1,2	1,2	1,3	1,5	1,3	1,3
	Minimum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maximum	9,0	8,0	4,5	4,0	5,0	4,5	5,0	5,0
mit Injektion	Mittelwert	2,2	2,6	2,3	1,2	1,2	1,3	1,6	1,6
	Standardabw.	1,3	1,7	1,5	1,7	1,8	1,5	2,0	1,8
	Minimum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Maximum	4,5	8,0	5,8	6,5	7,5	5,5	9,0	7,0

Tabelle 12:

Ruheschmerz (Tagesmittelwert) nach VAS

Prothese	Operationstag	1.postop. Tag	2.postop. Tag	3.postop. Tag	4.postop. Tag	5.postop. Tag	6.postop. Tag	7.postop. Tag
Bikondylär	2,8	2,7	2,0	1,2	1,4	1,4	1,6	1,8
Oxford	2,9	3,0	1,7	1,6	1,0	1,2	1,4	0,9
Total	2,8	2,7	1,9	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7

Tabelle 13:

Ruheschmerz (Tagesmittelwert) nach VAS

Schmerz katheter	Operationstag	1.postop.Tag	2.postop.Tag	3.postop.Tag	4.postop.Tag	5.postop.Tag	6.postop.Tag	7.postop.Tag
ohne	1,8	2,8	1,9	0,8	0,8	1,0	1,8	1,9
3in1	3,0	2,8	1,7	1,2	1,3	1,2	1,4	1,3
PDK	2,8	2,6	2,2	1,3	1,5	1,6	1,7	2,2
CSE	3,4	2,8	2,4	2,6	1,9	2,1	1,4	1,2

Tabelle 14:

Bewegungsschmerz (Tagesmittelwert) nach VAS

Schmerzkatheter	Operationstag	1.postop. Tag	2.postop. Tag	3.postop. Tag	4.postop. Tag	5.postop. Tag	6.postop. Tag	7.postop. Tag
ohne	3,3	4,3	2,9	2,3	2,6	2,1	3,2	2,9
3in1	3,7	3,8	3,5	2,9	2,8	2,5	2,7	2,7
PDK	3,0	3,9	3,5	3,1	3,5	3,3	3,2	3,7
CSE	4,2	4,5	4,4	3,7	3,0	3,1	3,4	2,6

12 Danksagung

Für die Unterstützung und Geduld bedanke ich mich besonders bei Herrn Professor Dr. Plötz, bei meinem Ehemann Dr. Sebastian Zimmermann, bei Frau Eva-Maria Hille-Kluczewski, sowie für die Beratung bei statistischen Fragen bei Herrn Tibor Schuster vom Institut für medizinische Statistik und Epidemiologie der TU München.