

Postoperative Auswirkungen von Blutleere und Blutsperre in der Knieendoprothetik

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Seeger, Monika Isabella, geb. Skorzewski
aus Kreuzburg

Gießen 2019

Aus der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, Direktor: Prof. Dr. med.
Markus Rickert, des Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. med. M. Rickert

Gutachter: Prof. Dr. med. G. Szalay

Tag der Disputation: 05.11.2019

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Legende

1. Theoretische Einführung

1.1 Anatomie des Kniegelenkes

1.2 Kniegelenkersatz beim älteren Patienten

1.3 Ätiologie, Pathogenese und Therapie der Gonarthrose

1.4 Historische Entwicklung der Knieendoprothetik

1.5 Einteilung der Knieendoprothesen

- 1.5.1 Vollgekoppelter (=fullconstrained) totaler Kniegelenkersatz
- 1.5.2 Teilgekoppelter (=semiconstrained) totaler Kniegelenkersatz
- 1.5.3 Ungekoppelter (=nonconstrained) totaler Kniegelenkersatz

1.5 Operationstechnik bikondyläre Oberflächenersatzprothese

1.6 Blutverlust 1.8. Definition und Pathophysiologie der Anämie

1.8. Definition und Pathophysiologie der Anämie

1.9 Definition und Anwendung einer Blutleere bzw. Blutsperre

2. Ziel der Studie

- 2.1. Hypothesen

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

3.2 Patientenauswahl

3.3 Datenerhebung

3.4 Klinischer Verlauf

- 3.4.1 Aufnahme
- 3.4.2 Perioperative Medikation
- 3.4.3 Narkoseverfahren
- 3.4.4 Blutleere
- 3.4.5 Operationstechnik
- 3.4.6 Mobilisation

4. Statistik

4.1 Ergebnisse

4.2 Auswertung demographischer Daten

4.3 Operationsspezifische Daten

5. Diskussion

5.1 Einfluss der Blutsperre auf den Blutverlust und die Erythrozytentransfusionsrate

5.2 Einfluss auf die Operationszeit

5.3. Einfluss auf das Auftreten von Beinvenenthrombosen und Lungenembolien

5.4 Korrelation zwischen BMI und perioperativen Blutverlust

5.5 Korrelation zwischen Patientenalter und perioperativen Blutverlust

5.6. Einfluss der Drainagen auf den perioperativen Blutverlust

6.0 Einschränkungen der Studie

7.0 Zusammenfassung

7.1 Summary

8.0 Literaturverzeichnis

Votum der Ethik-Kommission (Kopie)

Erklärung zur Dissertation

Lebenslauf

Danksagung

Legende:

a.p. – anterior posterior

AWMF- Leitlinie (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.)

BMI – Body mass Index

CRP - C-reaktives Protein

DGOOC – Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie

EK - Erythrozytenkonzentrat

EPRD - Deutsche Endoprothesenregister

Hb – Hämoglobin

HK – Hämatokrit

IGF - insulin-like growth factor

i.v. – intravenös

lat. – lateral

LCS-Knies - Low-contact-stress

mg/dl – Milligramm pro Deciliter

mmHg – Milimeter Hg

MTPS - Thromboseprophylaxestrümpfe

NHM- niedermolekularen Heparinen

NOAK - Nicht-Vitamin-K abhängigen oralen Antikoagulanzen

OP – Operation

p – Signifikanzniveau

PMMA - Polymethylmetacrylat

postop – Postoperativ

präop. – präoperativ

SPSS – das von uns verwendete Statistik – System

Std. Standardabweichung

TNF - Tumornekrosefaktor

WHO - Weltgesundheitsorganisation

ZNS – Zentrales Nervensystem

1 Theoretische Einführung

1.1 Anatomie des Kniegelenkes

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. Es ist ein aus zwei Anteilen zusammengesetztes Gelenk, der Articulatio femorotibialis (Femorotibialgelenk) und der Articulatio femoropatellaris (Femoropatellargelenk). Die Gelenkflächen sind mit hyalinem Knorpel überzogen und ermöglichen einen störungsfreien Bewegungsablauf. Durch beide Gelenkanteile sind Scharnierbewegungen und Rotation konstruktiv verbunden, so dass es sich um ein Drehgleitgelenk handelt [58].

Das Kniegelenk ist von einer kräftigen Gelenkkapsel umgeben, die dem Gelenk zusätzliche Stabilität verleiht. Der wesentliche Bandapparat besteht aus dem medialen (Lig. collaterale tibiale) und lateralen (Lig. collaterale fibulare) Kollateralband sowie dem vorderen (Lig. cruciatum anterius) und hinteren (Lig. cruciatum posterius) Kreuzband, die das Kniegelenk passiv stabilisieren.

Es weist zwei Freiheitsgrade auf, die Streckung und die Beugung sowie die Außen- und Innenrotation. In Extensionsstellung werden Rotation sowie eine übermäßige Translation (Schiebebewegung der Tibia gegenüber dem Femur) durch die Seitenbänder verhindert. Im gebeugten Gelenk hingegen ist der laterale Bandapparat entspannt und der Unterschenkel kann nach außen und innen rotiert werden.

In der Flexions-/Extensionsphase wird das Gelenk insbesondere durch die Kreuzbänder geführt, so dass unphysiologische Belastungsspitzen vermieden werden können.

Damit kann das Gelenk zwei wesentliche Anforderungen der Stabilität und Mobilität erfüllen:

- 1.) In der Streckstellung gewährleistet es eine hohe Stabilität um das Körpergewicht zu tragen
- 2.) In der Beugstellung ist es gut beweglich und ermöglicht eine variable Fußstellung zur Gewährleistung einer reibungslosen Fortbewegung [58].

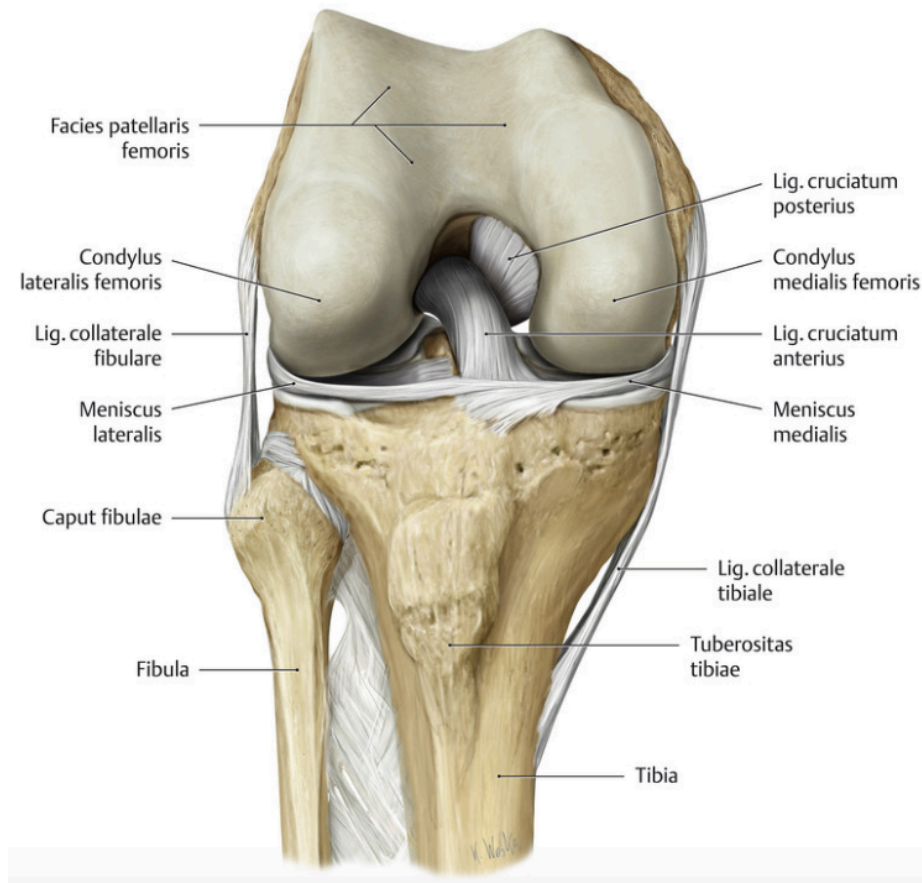


Abbildung 1: Anatomie des Kniegelenkes [63]

Anatomie des Kniegelenkes, Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al., Hrsg. Prometheus LernAtlas - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Thieme; 2011. doi:10.1055/b-004-134445

Die Blutversorgung des Kniegelenkes erfolgt durch den Ramus articularis, der Arteria descendens genu aus der Arteria femoralis sowie durch fünf Äste der Arteria poplitea. Diese Äste anastomosieren mit der rückläufigen Arteria recurrens tibialis anterior und bilden ein ausgedehntes periartikuläres Gefäßnetz, das Rete articulare genu [57].

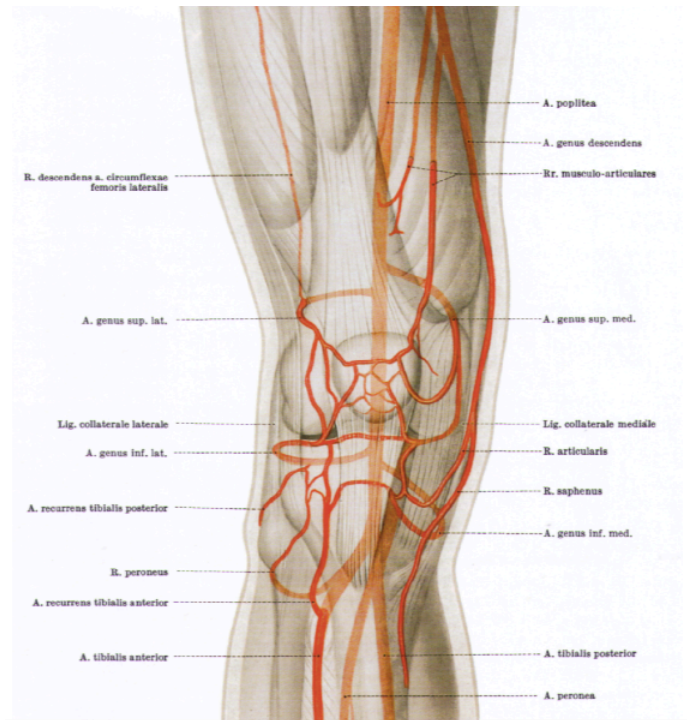


Abbildung 2: Gefäßversorgung des Kniegelenkes (Rete articulare genus) [42]

Das Kniegelenk ist in erster Linie von degenerativen Erkrankungen oder Verletzungen betroffen. Tritt ein Verschleiß der Knorpeloberflächen auf, kann sich eine Arthrose entwickeln, die den Bewegungsablauf schmerzhaft werden lässt und die Lebensqualität der Betroffenen vermindert. Der künstliche Gelenkersatz gilt heute als einer der erfolgreichsten operativen Eingriffe der gesamten Chirurgie [43].

1.2. Kniegelenkersatz beim älteren Patienten

Die Indikation zum künstlichen Gelenkersatz hat sich in den letzten Jahren deutlich verändert. Während vor einiger Zeit die Bewegungseinschränkung und der Schmerz die Hauptindikationskriterien waren, ist es heute die Einschränkung der Lebensqualität [35].

Die Zahl der implantierten Knieendoprothesen beträgt jährlich ca. 200.000 [6]. Eine umfangreiche Dokumentation von Knieoperationen in Deutschland findet sich im Jahresbericht von 2016 des Endoprothesenregisters Deutschland (EPRD) [22] sowie im Weißbuch Gelenkersatz [8].

Für das Operationsjahr 2016 wurden dem Endoprothesenregister insgesamt 97.034 Dokumentationen zu endoprothetischen Ersteingriffen am Kniegelenk übermittelt [22].

Epidemiologisch ist von einer stetigen Zunahme der endoprothetischen Versorgung auszugehen, da der Anteil der Menschen, die älter als 64 Jahre sind, zwischen 1990 und 2010 um 5,7% auf 20,6 % gestiegen ist [59]. Dieser Trend wird sich auch weiterhin fortsetzen, was mit einem beträchtlichen volkswirtschaftlichen Kostenfaktor verbunden sein wird.

Die Anzahl der stationären Aufenthalte aufgrund der Diagnose Arthrose ist in den letzten 15 Jahren um über 60% gestiegen. Die Gonarthrose bedingt dabei mit über 50% der Fälle den größten Anteil [59].

Umso wichtiger ist es, diesen Eingriff optimal durchzuführen und das Risiko möglicher Komplikationen, wie Blutverlust, Thromboembolien und Infektionen zu senken.

Tab. 1.1 Entwicklung der Implantationszahlen zwischen 2010 und 2012 (Nach BVmed 2013)

Versorgungsformen	2010	2011	2012	Vergleich von 2011 zu 2012	Vergleich von 2012 zu 2010
Unikondylär	11.929	12.622	13.576	+7,56 %	+13,81 %
Bikondylär	138.812	132.767	129.445	-2,50 %	-6,75 %
Achsgeführtes Knie	14.462	13.612	13.674	+0,46 %	-5,45 %
Gesamt	165.203	159.001	156.695	-1,45 %	-5,15 %

Abbildung 3: Entwicklung der Implantationszahlen zwischen 2010 und 2012 [6]

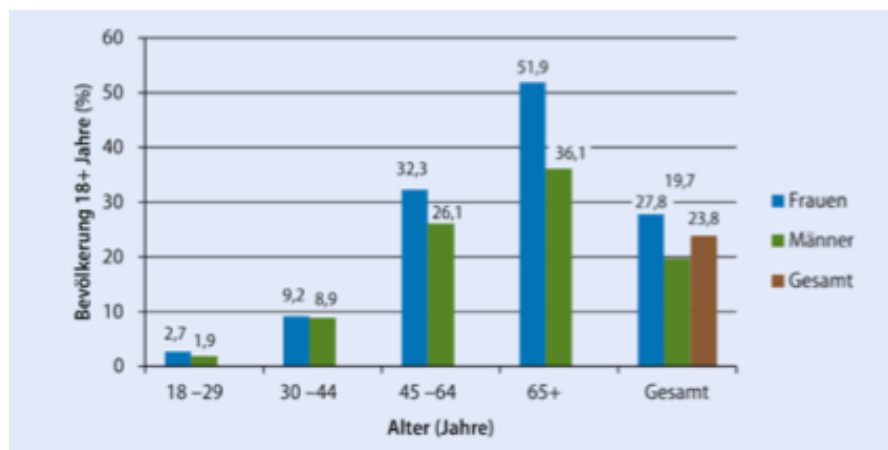


Abbildung 4: Bevölkerungsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland [8]

1.3 Ätiologie, Pathogenese und Therapie der Gonarthrose

Die Arthrose ist weltweit die häufigste Gelenkerkrankung des erwachsenen Menschen. Etwa 33 Prozent der Erwachsenen weisen radiologische Zeichen einer Arthrose auf [16]. Die Wahrscheinlichkeit, an einer Arthrose zu erkranken, nimmt mit zunehmendem Alter zu [50].

Die Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) fasst unter dem Begriff Gonarthrose alle degenerativen Erkrankungen des Kniegelenkes, die durch eine fortschreitende Zerstörung des Gelenkknorpels unter Mitbeteiligung aller Gelenkstrukturen wie Knochen, synovialer und fibröser Gelenkkapsel sowie periartikulärer Muskulatur gekennzeichnet sind, zusammen [66].

Diese können sowohl unterschiedliche Entstehungsursachen als auch unterschiedliche Manifestationen im Bereich der einzelnen artikulären und periartikulären Gelenkanteile aufweisen [66].

Grundsätzlich erfolgt die Einteilung der Arthrose in die primäre, idiopathische Gonarthrose, deren Ursachen noch nicht vollständig geklärt sind und die sekundäre Gonarthrose. Die idiopathische Gonarthrose lässt sich nach Kellgren und Moore in eine lokalisierte und eine generalisierte Form einteilen. Der sekundären Gonarthrose liegt eine bestimmte Erkrankung, bzw. Ursache zugrunde, wie z.B. Trauma, Achsfehlstellung, Fehlbelastung, Infektion und Systemerkrankung, welche den Abbau des Gelenkknorpels induzieren [38].

Früher galt die These, dass es sich bei der Arthrose um eine reine Verschleißerkrankung handelt, bei der sich der Gelenkknorpel im Laufe der Jahre mechanisch abnutzt. Tatsächlich handelt es sich jedoch um ein multifaktorielles Geschehen, bei dem, begünstigt durch Risikofaktoren, ein Ungleichgewicht zu Gunsten knorpeldegradierender gegenüber knorpelaufbauender Prozesse entsteht.

Dadurch wird ein Prozess in Gang gesetzt, an dessen Ende die Zerstörung des Gelenkknorpels steht [17].

Einen Überblick über Risikofaktoren der Entstehung der Gonarthrose gibt die folgende Tabelle:

TABELLE 1	
Überblick über endogene und exogene Risikofaktoren ^{*1}	
endogen	exogen
Alter	Makrotrauma
Geschlecht	repetitives Mikrotrauma
Gene	erhöhtes Körpergewicht
ethnische Herkunft (vor allem Kaukasier)	resezierende Gelenkeingriffe
postmenopausale Umstellung	Lifestylefaktoren (Alkohol, Nikotin)

Tabelle 5: Überblick über endogene und exogene Risikofaktoren [50]

Der ständige Auf- und Abbau der Knorpelmatrix unterliegt einem dynamischen Gleichgewicht, welches durch anabole, d.h. aufbauende, und katabole, also abbauende Einflussfaktoren gesteuert wird. Auf den Aufbau der Knorpelmatrix wirken dabei zum Beispiel insulin-like growth factor [IGF] I und II, während Interleukin 1, Tumornekrosefaktor [TNF] α , Proteinase den Abbau der Matrix begünstigen.

Durch die Regulation der metabolischen Chondrozytenaktivität können die, auf die Knorpelmatrix schädigenden Faktoren in begrenztem Umfang, kompensiert werden. Erst nach Ausschöpfung der Regulationsmechanismen kommt es zur Degeneration der Knorpelmatrix und somit zu dem Beginn der Arthrose, die in einer vollständigen Knorpeldestruktion enden kann. Die genauen Ursachen für den Leistungsverlust der Chondrozyten sind bis dato nicht bekannt [50].



Abbildung 6: Pathogenese der Arthrose [50]

Anamnestisch klagten die Patienten über eine Bewegungseinschränkung sowie über einen Anlauf- bzw. Einlaufschmerz. Bei Fortschreiten der Arthrose kommt es zunehmend zu einem Dauer- und Ruheschmerz.

Goldstandard der Diagnose der Gonarthrose ist neben der klinischen Untersuchung die Röntgenaufnahme des Kniegelenkes in mindestens zwei Ebenen (a.p., lateral).

In dieser sind die typischen radiologischen Arthrosezeichen nach Kellgren und Lawrence (1957) zu erkennen [37].

Die wichtigsten Veränderungen sind dabei:

- -Osteophytenbildung
- -Gelenkspalverschmälerung
- -Subchondrale Sklerosierung
- -Geröllzystenbildung
- -Gelenkdeformierung

Anhand dieser, radiologisch sichtbaren, degenerativen Veränderungen erfolgt die Einteilung der Arthrose in vier Schweregrade.

- **Grad 0**
Ohne Befund
- **Grad 1**
Initiale Arthrose, beginnende Osteophyten an der Eminentia
- **Grad 2**
Mäßige Gelenkspaltverschmälerung, mäßige subchondrale Sklerosierung
- **Grad 3**
Gelenkspaltverschmälerung > 50 Prozent, Entrundung Femurkondylus, ausgedehnte subchondrale Sklerosierung, ausgeprägte Osteophyten
- **Grad 4**
Gelenkdestruktion, Gelenkspalt komplett aufgehoben, Geröllzysten im Tibiakopf und Femurkondylus, Subluxationsstellung [50]

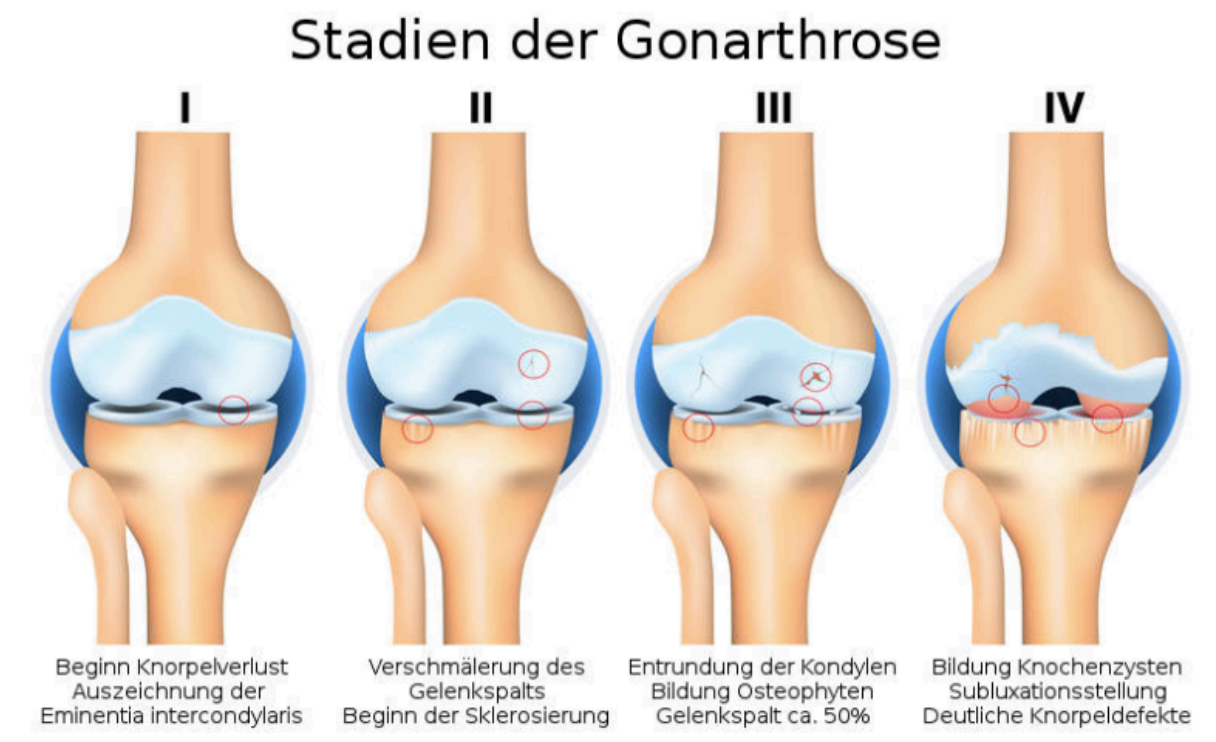


Abbildung 7: Stadien der Gonarthrose [40]

Zum heutigen Zeitpunkt ist die Arthrose nicht heilbar. Das Therapieziel ist daher die Behandlung der klinischen Symptome und die Hemmung der Progredienz. Die Therapie beginnt mit allgemeinen Maßnahmen, wie der Bekämpfung von Risikofaktoren, Krankengymnastik und dem Einsatz orthopädischer Heil-/Hilfsmittel. Einen zusätzlichen Bestandteil der konservativen Therapie bildet der kurzfristige Einsatz analgetisch-/antiphlogistischer Medikamente, wie z.B Diclofenac.

Grundsätzlich orientiert sich die konservative Therapie an dem EULAR Stufenschema.

- Stufenschema EULAR-Empfehlung der konservativen Therapie*1**
1. optimales Management benötigt Kombination aus nicht-medikamentöser und medikamentöser Therapie
 2. Behandlung abstimmen auf: Risikofaktoren, Schmerzintensität, Gelenkerguss, Arthrosegrad
 3. nichtmedikamentöse Therapie: Gewichtsreduktion, orthopädische Hilfsmittel, physikalische und physiotherapeutische Maßnahmen
 4. Paracetamol als erstes Mittel, gegebenenfalls als Langzeitmedikament
 5. Wirksamkeit lokal wirkender Substanzen (zum Beispiel nichtsteroidaler Antiphlogistika)
 6. Wirksamkeit von Opioiden bei Unverträglichkeit von Paracetamol beziehungsweise nichtsteroidalen Antiphlogistika
 7. symptomatischer Effekt von „symptomatic slow-acting drugs in osteoarthritis“ (SYSADOA)
 8. intraartikuläre Injektion von Kortikoiden bei Erguss und starken Schmerzen

Abbildung 8: Stufenschema EULAR-Empfehlung der konservativen Therapie [55]

Operativ kommen im Prinzip zwei Verfahren zum Einsatz, zum einen die gelenkerhaltenden Eingriffe, wie z.B. arthroskopische Verfahren oder Umstellungsosteotomien, zum anderen - je nach Fortschreiten der Arthrose - der uni- oder bikondyläre Gelenkersatz [50].

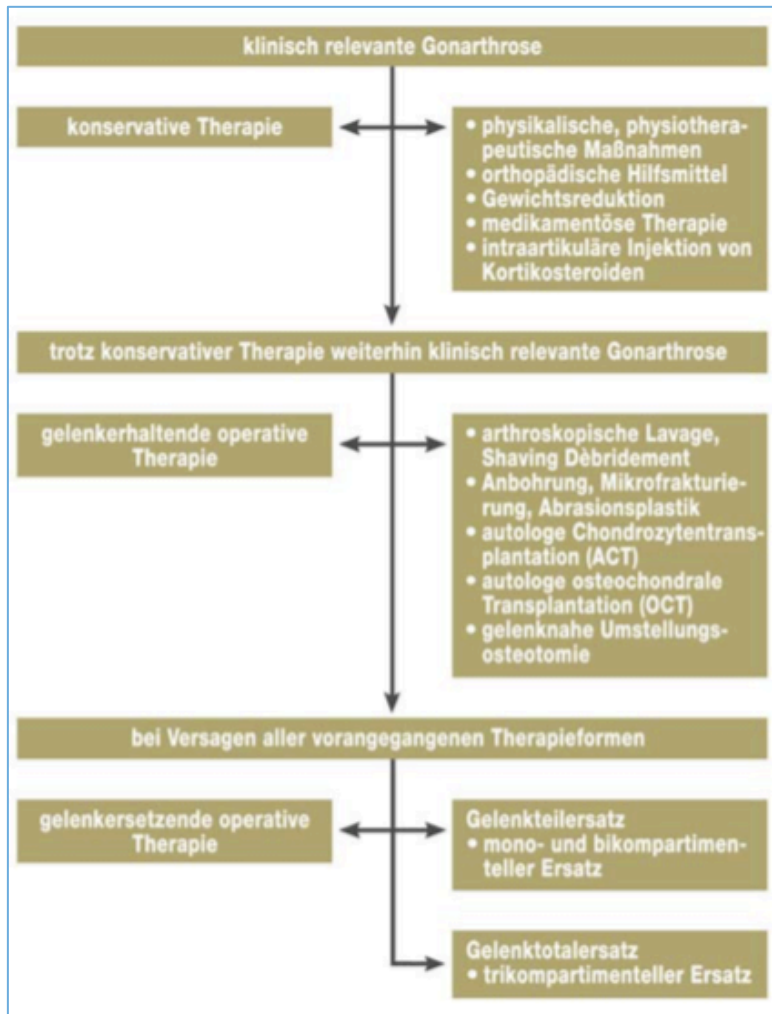


Abbildung 9: Epidemiologie, Ätiologie, Diagnostik und Therapie der Gonarthrose [50]

1.4 Historische Entwicklung der Knieendoprothetik

Bereits im 19. Jahrhundert wurden die ersten Verfahren der Kniegelenkarthroplastie entwickelt. Die ersten Versuche gehen auf Verneuil 1860 zurück [68]. Dieser resezierte die artikulierenden Knochenanteile des Kniegelenkes um eine Art bewegliche Pseudarthrose zu erhalten [61]. Um eine daraus resultierende Ankylose zu vermeiden, wurden Weichteilinterponate, z.B. Gelenkkapselanteile, zwischen die resezierten Knochenenden eingebracht [68]. In den nachfolgenden Jahren wurden diverse organische Materialien wie Muskelgewebe [27], Faszienlappen [51] sowie Haut und tierische Membranen [4] verwendet. Zwar wurde so eine Ankylosierung des Gelenkes verhindert, eine ausgeprägte Gelenkinstabilität war jedoch die Folge. [24]

Das erste eigentliche Kunstgelenk wurde 1980 von dem Berliner Chirurgen Themistokles Gluck vorgestellt [19]. Es war eine für Patienten mit tuberkulös zerstörten Gelenkflächen entwickelte Scharnierprothese aus Elfenbein. Die Verankerung gelang mit einem Gemisch aus Kolophonium und Gips. Misserfolge, bedingt durch mangelnde Asepsis und Versagen des Prothesen- und Verankerungsmaterials führten dazu, dass die Weiterentwicklung der Knieendoprothesen vorerst stagnierte [49].

Erst ca. 50 Jahre später wurden auf der Grundlage der Erfolge der Hüftendoprothetik die ersten achsengeführten Scharnierendoprothesen von Walldius 1951 [70], bzw. Shiers 1953 entwickelt. Die Prothesen bestanden aus einer Legierung aus Chrom/ Kobalt/ Molybdän. Aufgrund ungleichmäßiger biomechanischer Kraftumsetzung kam es zu massivem Abrieb und vorzeitigem Implantatversagen.

Einen Meilenstein in der Endoprothetik schaffte John Charnley 1961. Er führte erstmals die Gleitpaarung von Polyethylen und Metall ein und entwickelte zur Verankerung der Prothesenanteile das Polymethylmetacrylat (PMMA) [11].

Auf dessen Grundlage entwickelte Gunston 1971 mit dem „polycentric knee“ den Vorläufer der heute verwendeten Oberflächenersatzprothesen [23].

In den nächsten Jahren fanden verschiedene Weiterentwicklungen im Bereich der Knieendoprothetik statt.

Angefangen mit der Freeman-Swanson-Knieprothese (1973), bildete die von Walker, Insall und Ranawat in 1974 entwickelte „Total Condylar Prothese“ die Basis für die bikondyläre, Kreuzbandersetzende „Insall- Burstein Prothese“, welche erstmalig eine 10- Jahres- Überlebensrate von 90% aufwies [32].

Die weitere Verbesserung der Haltbarkeitsdauer basierte insbesondere auf der Entwicklung mobiler Polyethylen Inlays sowie die Verbesserung der Kongruenz der Gleitpartner. Mit der Entwicklung des LCS-Knies (Low-contact-stress) von Buechel und Pappas 1977, wurden erstmals 15- Jahres- Überlebensraten von über 97% erreicht [9].

Die zurzeit laufenden Weiterentwicklungen verschiedener Arbeitsgruppen im Bereich der Endoprothetik haben die weitere Optimierung der Ergebnisse allgemein oder bei speziellen Patientengruppen z.B. die Berücksichtigung geschlechtsspezifischer anatomischer Unterschiede („Gender Knee“) zum Ziel.

Durch die Weiterentwicklung der Operationstechniken, die Minimierung der operativen Zugangswege, sowie die bestmögliche Reduktion intraoperativer Komplikationen soll das chirurgische Ergebnis verbessert und die Rehabilitationsphase verkürzt werden [49].

1.5 Einteilung der Knieendoprothesen

Die Einteilung der Endoprothese wurde 1985 anhand einer internationalen Norm festgelegt: ISO-7207/1. Anhand dessen folgt die Einteilung bzgl. der Bauart und Kinematik, die im folgendem Kapitel kurz vorgestellt wird.

1.5.1 Vollgekoppelter (=fullconstrained) totaler Kniegelenksersatz

Für den vollgekoppelten totalen Kniegelenksersatz verwendet man die sog. achsengeführten oder Scharniergelenks-Prothesen, welche bei Bewegung zwei Freiheitsgrade, die Extension und Flexion, erlauben [34]. Die Indikation zur Verwendung dieser Prothesen ergibt sich bei z.B Beschädigung beider Kreuzbänder, der Kollateralbänder oder des Muskel- und Kapselapparates, bei schwerer Gelenkdestruktion im Rahmen einer rheumatischen Erkrankung oder Arthropathie [7].

Zur Kraftübertragung erfolgt die Verankerung dieser Prothesentypen durch lange Schäfte im Tibia- und Femurknochen, welches einige Nachteile zur Folge hat. Die gravierendsten sind Knochenverlust bei der Implantation und Explantation, (z. B. bei Infekt oder aseptische Lockerung) und periprothetische Frakturen. Vorteile sind die gute kongruente Lastübertragung und die dadurch bedingten niedrigen Druckspitzen

auf dem Polyethylen-Tibiaplateau. Auch ist die Operationstechnik einfacher, da keine intraoperative Beachtung des Bandapparates notwendig ist [25].

1.5.2 Teilgekoppelter (=semiconstrained) totaler Kniegelenksersatz

Hierzu zählen alle Prothesentypen, die weder die Voraussetzungen für die fullconstrained- oder die nonconstrained Prothese erfüllen. Hierzu gehören z. B. die das hintere Kreuzband erhaltende Knieendoprothesen oder die posterior-stabilisierenden bzw. kreuzbands substituierenden Knie totalendoprothesen. Wie beim Scharniergelenk kann dabei ein ähnlicher Kopplungsgrad erreicht werden. Je nach Prothesenart sind anteriore-posteriore Bewegungen, Varus-Valgus-Bewegungen und Rotationsbewegungen möglich.

Je geringer die Bewegungsmöglichkeiten sind, die die Prothese erlaubt, desto höher ist der Kopplungsgrad und somit die Stabilität [34]. Verwendet werden diese Prothesen z.B bei Rheumapatienten mit ligamentäre Insuffizienz oder bei Revisionseingriffen nach bereits erfolgter Primärimplantation, z. B. bei aseptischer Lockerung.

1.5.3 Ungekoppelter (=nonconstrained) totaler Kniegelenksersatz

Diese Prothesen ersetzen nur die Gelenkflächen, lassen alle Freiheitsgrade im Kniegelenk zu, und erlauben somit eine annähernd natürliche Bewegung.

Je nach Ausprägung der Arthrose erfolgt die Verwendung eines unikondylären oder bikondylären Gelenkersatzes. Voraussetzung für die Implantation dieser Prothesen sind intakte Kollateralbänder und wenn möglich das hintere Kreuzband zur Gewährleistung einer ausreichenden Stabilität. Dabei kann beim bikondylären Oberflächenersatz zur Vereinfachung der Implantation oft das vordere Kreuzband intraoperativ entfernt werden [34].

1.6 Operationstechnik bikondyläre Oberflächenersatzprothese

In Rückenlage des Patienten erfolgt zunächst nach dreimaliger Hautdesinfektion das sterile Abdecken des Operationsgebietes. Als Zugangsweg wird am häufigsten der Midvastus- Zugang gewählt [31].

Nach Eröffnung des Kniegelenkes unter Medialumfahrung der Patella erfolgt eine genaue Inspektion der Knorpeloberfläche. Bestehende Randosteophyten werden abgetragen, überschüssige Synovia, vorderes Kreuzband sowie Menisken werden entfernt.

Nun erfolgt die Ausrichtung und Ermittlung der Prothesengröße mit Hilfe eines Implantationsinstrumentariums, welches für jeden Endoprothesenhersteller spezifisch ist. Hat man die exakte Prothesengröße ermittelt, werden Femur und Tibia präzise zugeschnitten. Zur korrekten Überprüfung der gewählten Prothesengröße werden zunächst Probeimplantate aufgesetzt und die Kniegelenksfunktion (Extension/Flexion), die Gelenkstabilität, die Schlussrotation des Gelenkes sowie die Zentrierung der Patella überprüft. Eventuelle Funktionsdefizite können korrigiert werden.

Die Probeimplantate werden entfernt, ein Debridement und die Denervierung der Patella durchgeführt und das Gelenk mittels pneumatischer Lavage ausgiebig gespült. Anschließend werden die einzelnen Prothesenkomponenten nach Maßgabe des Zementherstellers einzementiert.

Nach Aushärten des Zements und erneuter Spülung des Gelenkes werden ggf. Redonsaugdrainagen eingelegt. Subcutis und Haut werden verschlossen und ein steriler Kompressionsverband angelegt.

1.7 Perioperativer Blutverlust

Die intraoperative Gefäßblutung kann durch Elektrokoagulation unterbunden werden. Zusätzlich zur Blutung aus kleineren Gefäßen kommt es durch Präparation, Knochenresektion und die Eröffnung des Markraumes zu einer diffusen Blutung aus dem Knochen, welche mittels Elektrokoagulation nicht verlässlich gestillt werden kann. Auch postoperativ findet somit eine diffuse Nachblutung ins Gewebe statt [64].

Der totale Blutverlust bei Knieendoprothesenimplantation kann je nach Studienlage bis zu 1600 ml betragen [46].

Dies stellt in Bezug auf die meist bestehenden kardiovaskulären Komorbiditäten der Patienten bei Knie-TEP-Implantationen ein beeinträchtigendes Volumen dar, welches mit einer höheren Morbidität und Mortalität bei größeren Blutverlusten einhergeht [1].

1.8. Definition und Pathophysiologie der Anämie

Unterschreitet der Hämoglobingehalt des Blutes aufgrund eines Blutverlustes 13 mg/dl bei männlichen Patienten, bzw. 12 mg/dl bei nicht schwangeren weiblichen Patienten, spricht man von einer Anämie (Definition nach WHO 1968) [52].

Bei einer Blutungsanämie ist die Sauerstoff-Transportkapazität des Blutes aufgrund eines Verlusts der Erythrozytenanzahl und der damit verbundenen Hämoglobinreduktion vermindert. Um die Sauerstoffversorgung der Organe aufrecht zu erhalten, setzen Kompensationsmechanismen ein. Um die verminderte Sauerstofftransportkapazität auszugleichen wird das Herzzeitvolumen erhöht. Es kommt zu einer reaktiven Tachykardie und einer erhöhten Blutdruckamplitude. Dadurch kommt es zu einer höheren Belastung des Herzens, was sich in schweren Fällen mit den Zeichen einer akuten Herzinsuffizienz (Belastungsdyspnoe, Ödeme, Nykturie) äußern kann.

Eine höhergradige Anämie hat aufgrund einer verminderten Koronardurchblutung eine Gewebehypoxie des Myokards zu Folge, welche das Risiko einer Angina pectoris und gegebenenfalls eines Myokardinfarkts birgt. Auch kann es aufgrund der verminderten peripheren Durchblutung, bei vorbestehender Arteriosklerose, zu ZNS- Symptomen sowie zu Claudikatio- Beschwerden kommen [60].

Aufgrund der Erhöhung kardiovaskulärer Komplikationen sollten sämtliche Möglichkeiten, die zu einer Verringerung des Blutverlustes führen, ausgeschöpft werden, um die damit verbundene Morbidität und Mortalität zu senken.

Studien haben gezeigt, dass bei elektiven Eingriffen unter anderem die präoperative Substitution von Erythropoetin, Eisen und Folsäure zu einer Steigerung der endogenen Erythropoese und damit zur Anhebung des Ausgangshämatokrits, sowie zu einer signifikanten Senkung der allogenen Erythrozytentransfusionsrate führen kann [41,3].

Intraoperativ hat die Operationsmethode einen Einfluss auf den Blutverlust. Hierzu zählen minimalinvasive Techniken, die sparsame Verwendung von Wunddrainagen und das Operieren in Blutleere [33].

1.9 Definition und Anwendung einer Blutleere bzw. Blutsperre

In der Knieendoprothetik wird eine Blutsperre bzw. Blutleere verwendet, um die intraoperative Blutung während der Implantation reduzieren und um ein nahezu blutleeres Operationsfeld zu erhalten.

Dafür wird heutzutage ein pneumatisches Tourniquet verwendet. Dieses ähnelt in Aussehen und Funktion einer Blutdruckmanschette. Nach Aufblasen der Manschette mit einem Druck, der deutlich höher liegt als der arterielle systolische Blutdruck des Patienten, wird der Oberschenkel komprimiert und somit die Blutzirkulation temporär unterbunden.

Bei der Wahl des Manschettendrucks muss die Druckaufnahme des Weichteilgewebes (Haut, Unterhautfettgewebe, Muskulatur) mitberücksichtigt werden, so dass eine effektive Blutsperre bei normotonen Patienten am Oberschenkel bei etwa 350 mmHg erreicht ist.

Um ein Zurückströmen, des in der abgebundenen Extremität noch vorhandenen restlichen Blutes während der Operation zu verhindern, kann diese vor Aufblasen des Tourniquets angehoben und mit einer elastischen Binde, z.B. mit einer Esmarch-Binde, ausgewickelt werden. Somit wird die Blutleere der zu operierenden Extremität erreicht.

Kompressionsmittel zur Kontrolle von starken Blutungen sind bereits aus dem Römischen Reich bekannt und wurden in erster Linie verwendet um Blutungen bei Amputationen zu unterbinden.

Das erste mechanische Instrument zum Abbinden einer Extremität wurde 1718 von dem französischen Chirurgen Jean-Louis Petit entwickelt. Dieses, mit einer Spansschraube versehene Instrument, nannte er Tourniquet (tourner = drehen).

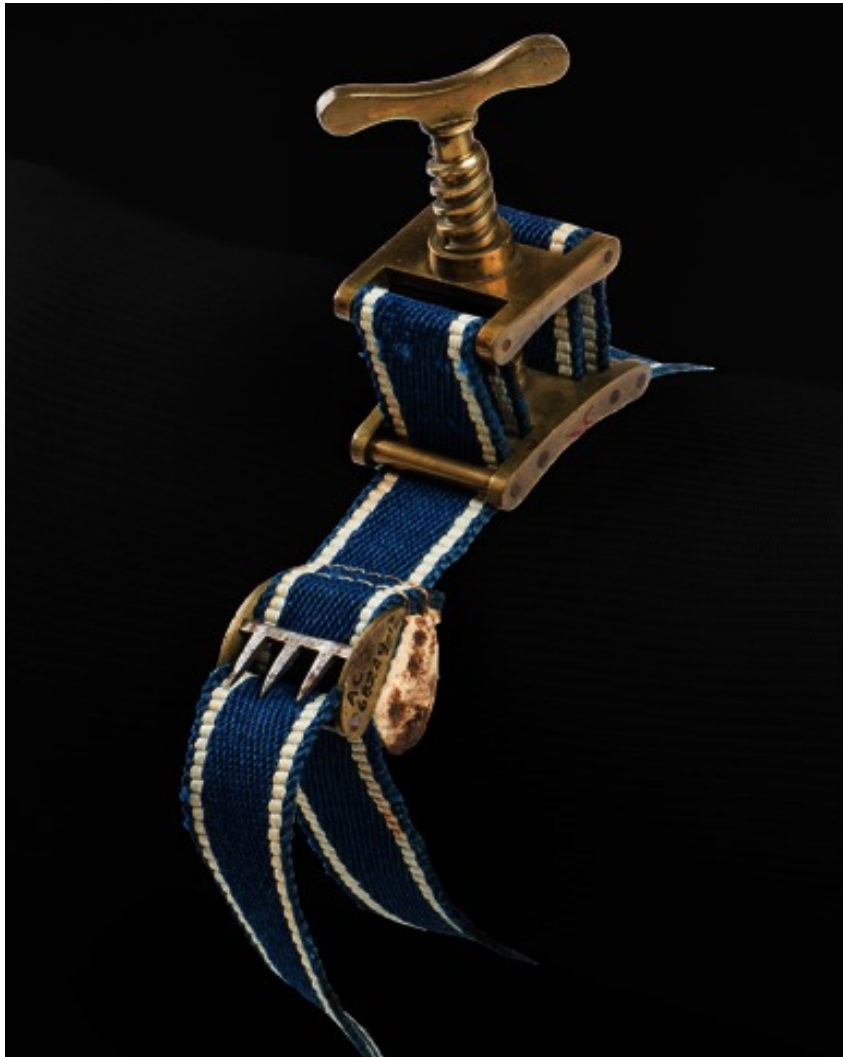


Abbildung 10: Tourniquet von Jean Louis Petit [26]

1873 entwickelte Johann von Esmarch, ein deutscher Chirurg und Generalarzt der Preußischen Armee, eine Binde aus einem breiten Gummiband zur künstlichen Erzeugung einer Blutleere an einer Extremität um ein blutleeres Operationsfeld zu schaffen. Dazu wurde die betroffene Extremität mit einer 5—10 cm breiten Binde aus solidem Gummi in dachziegelförmiger Überdeckung so fest eingewickelt, dass sie weiß, d. h. blutleer erschien. Darüber wurde zirkulär ein ebenfalls elastischer Schlauch angelegt und mit einer mechanischen Schlussvorrichtung, z.B. einer Schraube geschlossen. Damit war jedoch keine genaue Einstellung des Tourniquetdrucks möglich, so dass Extremitätenparalysen aufgrund von peripherer Nervenschädigungen die Folge waren [10].



Abbildung 11: Esmarch Binde

Um postoperative Extremitätenparalysen zu vermeiden wurde 1904 von dem Neurochirurgen, H. Cushing, ein pneumatisches Tourniquet, welches ein Manometer zur Druckablesung aufwies in die operative Praxis eingeführt und auch heutzutage noch verwendet. Dieses kann, je nach Belieben des Operateurs, mit der vorherigen Auswicklung der Extremität und somit der Erzeugung einer Blutleere, kombiniert werden.



Abbildung 12: Tourniquet Anlage an einer Extremität, VBM Medizintechnik GmbH [21]



Abbildung 13: Tourniquet 4500 ELC, VBM Medizintechnik GmbH [20]

2. Ziel der Studie

Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit der Fragestellung des interoperativen Blutverlustes bei Anwendung einer Blutsperre im Vergleich zur Operation ohne Blutsperre in der Knie- Endoprothetik.

Es gibt jedoch kaum Daten beziehungsweise vergleichende Studien, die den intraoperativen Blutverlust bei der Implantation einer Knieendoprothese in Blutleere für die gesamte Dauer der Operation im Vergleich zur Anwendung einer temporären Blutsperre, die sich auf den Zementiervorgang begrenzt, beschreiben. Dies zu untersuchen war das primäre Ziel dieser Arbeit.

Als Sekundärziele wurde die Anzahl der Redondrainagen im Hinblick auf den Blutverlust, die Operationsdauer und die Notwendigkeit einer Bluttransfusion in beiden Gruppen, das Auftreten von Thrombosen sowie der Einfluss des des BMI näher betrachtet.

2.1. Hypothesen

Die Hypothesen dieser retrospektiven Studie wurden wie folgt formuliert:

1.) Es gibt keinen signifikanten Unterschied im Hinblick auf den perioperativen Blutverlust in der Knieendoprothetik bei Anwendung einer Blutleere für die gesamte Dauer der Operation im Vergleich zur Anwendung einer temporären Blutsperre, die sich auf den Zementiervorgang begrenzt.

2.) Es gibt keinen signifikanten Unterschied im Hinblick auf die Operationszeit in beiden Gruppen

3.) Es gibt kein Häufigeres Auftreten thromboembolischer Komplikationen in beiden Gruppen

4.) Es gibt eine Korrelation zwischen BMI der Patienten und perioperativem Blutverlust

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Bei dieser Studie handelt es sich um eine retrospektive Studie.

3.2 Patientenauswahl

In die Studie wurden Patienten eingeschlossen, welche zwischen 18 und 99 Jahre alt waren und zwischen Oktober 2010 und Dezember 2012 in der Abteilung für Orthopädie am Universitätsklinikum Gießen und Marburg Standort Gießen aufgrund einer diagnostizierten symptomatischen Gonarthrose eine primäre, zementierte Knieendoprothese erhalten und der Studie zugestimmt haben.

Es wurden Patienten ausgewählt die eine unikondyläre Knieprothese, eine bikondyläre Oberflächenersatzprothese mit und ohne Patellarückflächenersatz oder eine gekoppelte Prothese verschiedener Implantathersteller erhalten haben. Insgesamt 17 verschiedene Operateure führten diese Operation durch.

3.3 Datenerhebung

Allgemein erfolgte die Datenerhebung für die vorliegende Arbeit anhand von Krankenakten, Entlassungs- und Operationsberichten, dem Narkoseprotokoll sowie Sichtung der Daten des Computerbetriebssystems „KAOS“.

Insgesamt wurden 519 Patienten bestimmt, 96 wurden ausgeschlossen da sie nicht den Einschlusskriterien entsprachen. Ausgeschlossen wurden Patienten, bei denen in der Anamnese eine medikamentöse Antikoagulation mit Vitamin-K-Antagonisten oder Thrombozytenaggregationshemmern dokumentiert war, sowie Patienten mit einer vorbekannten Gerinnungsstörung, wie z.B einer Hämophilie, da man in dem Fall von einer erhöhten Blutungsneigung ausgehen musste.

Das untersuchte Kollektiv umfasste 376 Patienten. Nach positivem Votum durch die Ethikkommission (siehe Anhang) erfolgte retrospektiv die Zuteilung der Probanden in zwei Gruppen. Mit Einsatz der Blutleere (Gruppe 1, n = 285) und mit Einsatz der temporären Blutsperre (Gruppe 2, n = 92)

Gruppe 1 ist durch komplette Blutleere während der gesamten Operation gekennzeichnet, Gruppe 2 schließt Patienten ein, bei denen die Operation in temporärer Blutsperre, d.h. für die Dauer des Zementiervorgangs erfolge.

In der Studie miterfasst wurden die zur Operationsvorbereitung erhobenen Parameter Alter der Patienten, Geschlecht, Körpergröße und Gewicht. Aus der Körpergröße und dem Körpergewicht wurde der Body Mass Index (BMI) berechnet.

Diese demografischen Parameter sowie die Primärdiagnose, wurden anhand der Patientenerfassung im Computerbetriebssystems „KAOS“ ermittelt. Die subjektiven präoperativen Beschwerden der Patienten, Begleiterkrankungen, Voroperationen, sowie während des stationären Aufenthaltes aufgetretene Komplikationen wurden der Verlaufsdokumentation und dem Entlassungsbericht entnommen.

Die Dauer der Operation, die Dauer der Blutleere und der temporären Blutsperre, die Prothesenart sowie gegebenenfalls auftretende perioperative Komplikationen wurden dem Operationsbericht oder dem Narkoseprotokoll entnommen. Je nach intraoperativer Blutungsneigung, wurde die Einlage keiner, einer oder zweier Redondrainagen im Operationsbericht dokumentiert.

Zur Berechnung des peri- und postoperativen Blutverlustes wurden der im Computerbetriebssystems „KAOS“ dokumentierte Hämatokritwert und Hämoglobinwert des Patienten einen Tag vor und einen Tag nach der Operation verwendet.

Als Marker zur Erfassung einer symptomatischen Blutungsanämie wurde die Notwendigkeit einer postoperativen Erythrozytentransfusion verwendet.

Unter der Annahme, dass postoperative Komplikationen wie Thrombose und Embolie bis zur Entlassung der Patienten aus der Klinik erfasst und dokumentiert wurden, erfolgte die Datenentnahme der stationären Verlaufsdokumentation sowie dem Entlassungsbrief.

Die Aufnahme des Patienten zur Operation erfolgte am Vortag. Neben einer erneuten klinischen Untersuchung wurden folgende Laborparameter bestimmt:

- kleines Blutbild
- Hämatokrit
- Gerinnung (Quickwert, partielle Thromboplastinzeit)

- Leberwerte (Transaminasen)
- Nierenwerte (Kreatininwert)
- C-reaktives Protein (CRP)

Am ersten postoperativen Tages wurden erneut Hämatokrit und Hämoglobinwert bestimmt. Beim Vorliegen einer symptomatischen Blutungsanämie erfolgte die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten.

Ergab sich klinisch der Verdacht auf eine thromboembolische Komplikation (Spannungsschmerzen der Wade, Ödem, Erweiterung epifaszialer Venen ("Prattsche Warnvenen") und Wadenschmerzen bei Dorsalflexion des Fußes ("Homans-Zeichen")) wurde eine Duplexsonografie der Beinvenen durchgeführt.

Nach der Operation erfolgten die Anlage eines sterilen Wundverbandes und eine spannungsfreie, elastische Wicklung des operierten Beines unter Kompression der Wunde. Die Redondrainagen wurden nach 48 h gezogen. Die Mobilisation des Kniegelenkes erfolgte ab dem ersten postoperativen Tag standardisiert bei allen Patienten in gleicher Weise. Eine radiologische Kontrolle wurde unmittelbar postoperativ und vor Entlassung durchgeführt. Der postoperative stationäre Aufenthalt betrug mindestens 8 Tage, während diesem die Patienten täglich visitiert wurden.

3.4.2 Perioperative Medikation

Als perioperative Antibiotikaphylaxe wurde Cefuroxim 3g i.v. (intravenös) leitliniengerecht 30 min. vor Beginn der Operation verabreicht.

Zur Prophylaxe einer tiefen Venenthrombose erhielten die Patienten eine AWMF-Leitliniengerechte medikamentöse Prophylaxe mit niedermolekularen Heparinen (NHM), Fondaparinux oder Nicht-Vitamin-K abhängigen oralen Antikoagulanzen (NOAK, z.B. Xarelto). Zusätzlich zur medikamentösen Prophylaxe wurden physikalische Maßnahmen mittels Thromboseprophylaxestrümpfe (MTPS) durchgeführt. Die Erstgabe erfolgte am Vorabend der Operation.

3.4.3 Narkoseverfahren

Die Operation wurde abhängig vom individuellen Risiko und körperlichen Zustand des

Patienten in Spinalanästhesie oder Intubationsnarkose durchgeführt. Die Auswahl des Narkoseverfahrens erfolgte durch den Anästhesisten.

3.4.4 Blutleere

In der ersten Patientengruppe wurde die Operation in Blutleere durchgeführt. Es wurde eine pneumatische Blutsperre mit belüftbarer Manschette verwendet, diese wurde präoperativ, möglichst hüftgelenknah angelegt. Unmittelbar vor der Inflation der Manschette mit einem standardisierten Manschettendruck von 350 mmHg wurde das bereits steril abgewaschene Bein, mit einer sterilen Binde ausgewickelt. Nach Einlage der Redondrainagen, Abschluss der Hautnaht und Anlage des sterilen, elastischen Kompressionsverbandes wurde die Manschette geöffnet.

In der zweiten Gruppe erfolgte ebenfalls die präoperative, hüftgelenknahe Anlage der Manschette. Diese wurde jedoch erst für den Zementvorgang auf 350 mmHg aufgeblasen und nach der, von dem Hersteller vorgeschriebenen Aushärtungsdauer des Zements, wieder geöffnet. Eine Auswicklung des operierten Beines erfolgte nicht.

3.4.5 Operationstechnik

Die Kniegelenksendoprothetik stellt heute den Goldstandard zur Versorgung der fortgeschrittenen Kniegelenksarthrose dar. Unabdingbar für den Erfolg ist die korrekte Auswahl der Implantate. Diese werden je nach Schweregrad und Ausbreitung der Arthrose sowie unter Berücksichtigung der Bandstabilität ausgewählt.

In unserer Studie wurde den Patienten, unter Beachtung der o.g. Kriterien eine unikondyläre Knieprothese, eine bikondyläre Oberflächenersatzprothese mit und ohne Patellarückflächenersatz oder eine gekoppelte Prothese implantiert.

Das in den folgenden Absätzen beschriebene Operationsverfahren, dessen Dokumentation wir den vorliegenden Operationsberichten entnahmen, wurde von allen in unserer Studie erwähnten Operateuren standardisiert durchgeführt. Trotzdem muss von interindividuellen Unterschieden in der OP-Technik ausgegangen werden.

Alle Operationen wurden über den Midvastus Zugang [31] durchgeführt und es wurde ausschließlich Palacos® Zement von Heraeus zur Verankerung verwendet [31]. Die zur Blutleere oder Blutsperre erforderliche Blutdruckmanschette wurde präoperativ hüftgelenksnah angelegt, das Bein bei Patienten der Gruppe 1 mit einer sterilen Binde ausgewickelt und die Manschette mit einem Druck von 350 mmHg verschlossen. Bei Patienten der Gruppe 2 erfolgte keine Auswicklung des Beines, die intraoperativ notwendige Blutstillung wurde mittels Elektrokauter durchgeführt. Das Verschließen der Blutsperre erfolgte erst zum Zementvorgang. Perioperativ erhielten alle Patienten eine Single Shot Antibiotikaprophylaxe mit Cefuroxim 1,5 g i.v. (ca. eine halbe Stunde vor Schnitt).

Zur präoperativen Vorbereitung wurde eine klinische Untersuchung, die sorgfältige Prüfung des Kapsel- Bandapparates und eine radiologische Bildgebung durchgeführt. Dazu gehörte eine Ganzbeinstandaufnahme und eine Aufnahme des zu operierenden Kniegelenks in anteriorer-posteriorer und seitlicher Projektion. Anhand dieser Aufnahmen wurden Informationen über die Achsenstellung, die Stellung der Patella und über die Weite des Gelenkspaltes gewonnen und Anhand der vorliegenden Befunde die Indikation für die zu implantierende Prothese gestellt.

Der Hautschnitt verlief mit einer durchschnittlichen Länge von 8-14 cm proximal des oberen Patellapols bis zum oberen Anteil der Tuberositas tibiae. Nach subcutaner Präparation und Eröffnung der Kniegelenkscapsel wurde die Patella nach lateral weggeklappt. Etwaige, in das Gelenk prolabierende Anteile des Hofferschen Fettkörpers wurden entfernt. Bei bestehender Synovialitis wurde eine Synovektomie vorgenommen und ausgeprägte Randosteophyten abgetragen. Das vordere Kreuzband und die Menisken wurden standardisiert bei allen Patienten entfernt.

Mit Hilfe des Implantationsinstrumentariums erfolgte die standardisierte Ausrichtung und Ermittlung der Prothesengröße. Mittels Resektionsschnittlehren wurden anhand dieser, Femur und Tibia präzise zugeschnitten. Zur korrekten Überprüfung der gewählten Prothesengröße erfolgte die Implantation der Probeprotthese.

Streck- und Beugefähigkeit, Gelenkstabilität und die korrekte Schlussrotation des Gelenkes wurden überprüft, auf die Zentrierung der Patella im femoropatellaren Gleitlager geachtet. Die dabei ermittelten Funktionsdefizite wurden durch weichteilbalancierende Maßnahmen, Knochennachresektion, Inlayerhöhung, laterales und dorsales Kapselrelease korrigiert.

Anschließend wurden die Probeprothesenteile explantiert und ggf. bestehende Weichteil-, Knochen- bzw. Meniskusreste entfernt und das Gelenk mittels pneumatischer Lavage ausgiebig gespült.

Währenddessen wurde vom OP Pflegepersonal der Knochenzement nach Anleitung des Herstellers vorbereitet. Bei Patienten der Gruppe 2 wurde nun Blutsperre mit 350 mmHg verschlossen.

Die Originalprothesenkomponenten wurden mit Zement versehen und implantiert. Nach Aushärten des Zementes erfolgte die ausgiebige Spülung des Gelenkes.

Die Indikation zur Implantation des Retropatellarersatzes wurde bei ausgeprägter Destruktion der Patellarrückfläche und guter Knochenqualität von den Operateuren intraoperativ gestellt und standardisiert durchgeführt. Bei Nicht Verwenden eines Retropatellarersatzes wurden osteophytäre Randaufbauten abgetragen und die Patella mit dem Elektrokauter zirkumferent denerviert.

Die Indikation zur Einlage und die Anzahl (keine, eine oder zwei) intraartikulärer Redondrainagen wurde von den Operateuren je nach Situs des Patienten individuell gestellt und die Wunde anschließend schichtweise verschlossen. Es wurde eine Faszien- sowie eine subcutane Naht in Einzelknopftechnik durchgeführt, die Haut wurde entweder geklammert oder ebenfalls in Einzelknopftechnik genäht. In jedem Fall erfolgte das Entfernen des Naht- oder Klammermaterials nach 12- 14 Tagen.

Die einliegenden Redondrainagen wurden nach 48 Stunden entfernt.

Die Wunde wurde steril verbunden und das Bein spannungsfrei mit elastischen Binden im Sinne eines Kompressionsverbandes gewickelt.

3.4.6 Mobilisation

Die postoperative Mobilisation erfolgte ab dem ersten postoperativen Tag. Es wurden aktiv assistierte Kniemobilisation sowie passive Bewegungsübungen mit der Motorschiene durchgeführt. Die Patienten wurden mit Unterarmgehstützen im drei- Punkt- / bzw. vier- Punktgang auf Stationsebene mobilisiert.

4. Statistik

Die o.g. Patientendaten wurden mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung tabellarisch im „SPSS Statistics“-System (SPSS Statistics IBM, Chicago, USA) geordnet um eine Datenanalyse durchzuführen. Dies ist ein modular aufgebautes Programm zur statistischen und grafische Analyse von Daten. Das System bietet neben deskriptiv-analytischen Funktionen, wie Mittelwertbestimmung und Korrelationsmessungen auch Instrumente inferenzieller Analysen wie Regressionsanalyse, Mittelwertvergleiche und Korrelationsanalyse.

Die Normalverteilung der erhobenen Patientendaten wurde geprüft und in Histogrammen sowie in Q-Q-Plots veranschaulicht. Die Beschreibung der normalverteilten Daten erfolgte mittels Mittelwert und Standardabweichung. Die Plausibilität wurde anhand von Häufigkeitstabellen und der Lage von Streuungsparametern überprüft.

Die, in dieser Studie zu untersuchenden Daten, wie die Operationsdauer, die Dauer der Blutleere bzw. der Blutsperrung und die Differenz des Hämoglobins prä- und postoperativ wurden in beiden Gruppen getrennt ermittelt und in Bezug auf die Ergebnisse statistisch verglichen.

Es wurden die Standardabweichungen, Mittelwert und der Median in beiden Gruppen berechnet und paarweise miteinander verglichen.

Zur Überprüfung der Signifikanz wurde eine Varianzanalyse mittels gemischten Modell durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p = 0,05$ festgelegt. Die Ergebnisse wurden in Box-Plot-Diagrammen dargestellt.

Die Residuen wurden auf Normalverteilung geprüft und anhand von Q-Q- Diagrammen dargestellt. Ebenfalls wurde eine Kovarianzanalyse mit den demografischen Daten Alter und BMI durchgeführt.

4.1 Ergebnisse

In dieser retrospektiven Studie wurden 376 Patienten zu zwei Gruppen aufgeteilt. Die Gruppen sind wie folgt definiert:

Gruppe 1: Patienten die in Blutleere operiert wurden, n= 285

Gruppe 2: Patienten die in temporärer Blutsperre operiert wurden, n= 92

4.2 Auswertung der demographischen Daten

Von den 376 Patienten waren 238 weiblich und 138 männlich. Der Altersdurchschnitt aller Patienten betrug 66,7 Jahre ($\pm 9,932$) und war in beiden Untersuchungsgruppen vergleichbar. Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Operation 29 Jahre alt, der Älteste 89. Die Mehrheit der Patienten war älter als 60.

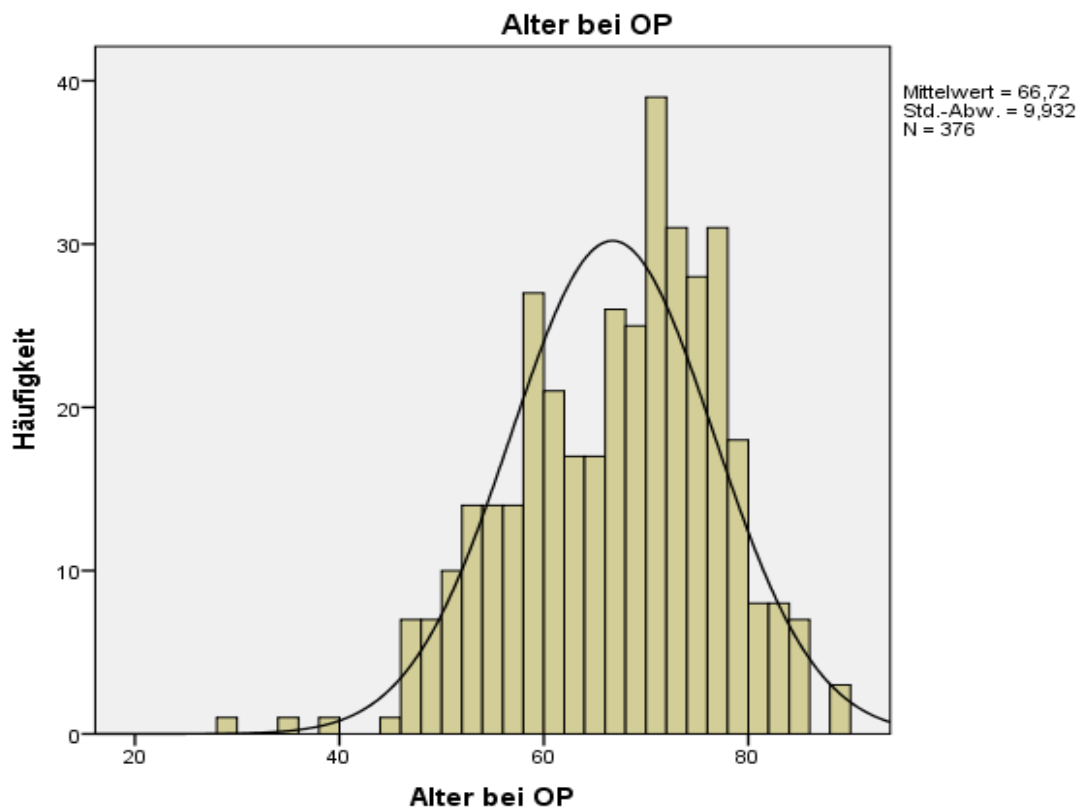


Abbildung 14: Normalverteilung des Alters bei OP

Der durchschnittliche BMI lag bei $31,0 \text{ kg/m}^2$ ($\pm 5,669$) der niedrigste Wert bei $18,2 \text{ kg/m}^2$, der höchste bei $47,8 \text{ kg/m}^2$. Die Werte waren in beiden Gruppen vergleichbar. Insgesamt war die Mehrzahl der Patienten nach der Einteilung der WHO der Gruppe der Präadipositas zuzuordnen (BMI $25-29,9 \text{ kg/m}^2$), der zweitgrößte Teil war als 1. gradig adipös einzustufen. (BMI $30-34,9 \text{ kg/m}^2$). Eine Kovarianzanalyse mit dem BMI als Kovariable konnte bei einem p-Wert von 0,31 einen signifikanten Einfluss auf den intraoperativen Blutverlust ausschließen.

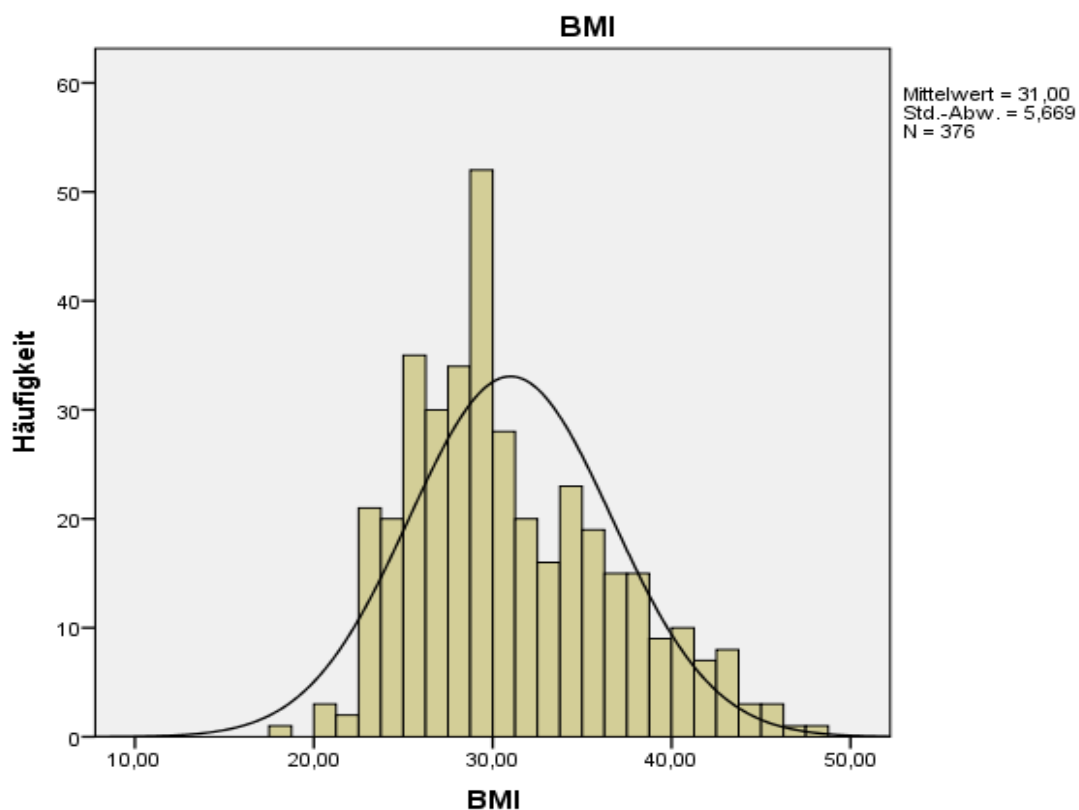


Abbildung 15: Normalverteilung BMI insgesamt

Der präoperativ gemessene Hämoglobingehalt lag in beiden Gruppen bei durchschnittlich $13,7 \text{ mg/dl}$. Der niedrigste Wert betrug $9,4 \text{ mg/dl}$, der höchste $17,2 \text{ mg/dl}$. Am 1. postoperativen Tag lag der Hb durchschnittlich bei $11,1 \text{ mg/dl}$ in Gruppe 1, bei einer Messwertspanne von $11,0-11,3 \text{ mg/dl}$ und bei durchschnittlich $10,1 \text{ mg/dl}$ in Gruppe 2. In dieser Gruppe wurde der niedrigste Wert mit $9,8$ und der höchste mit $10,4 \text{ mg/dl}$ gemessen.

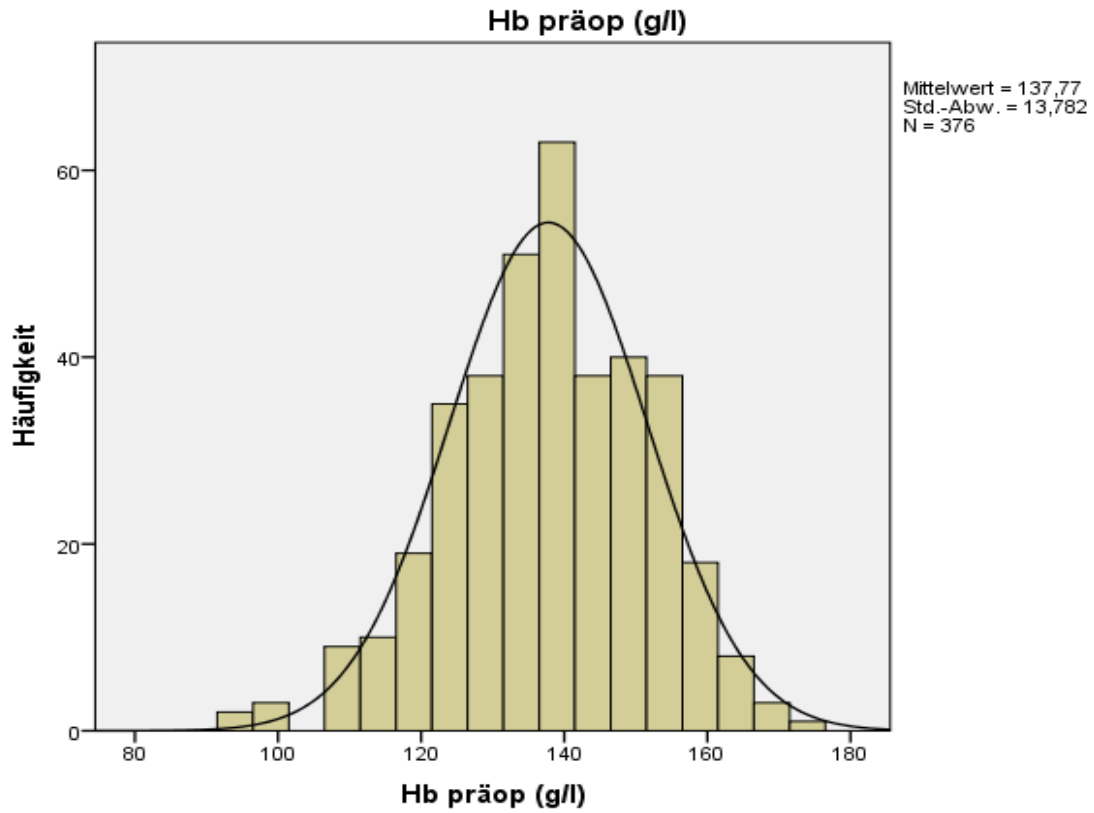


Abbildung 16: Normalverteilung Hb präoperativ gesamt

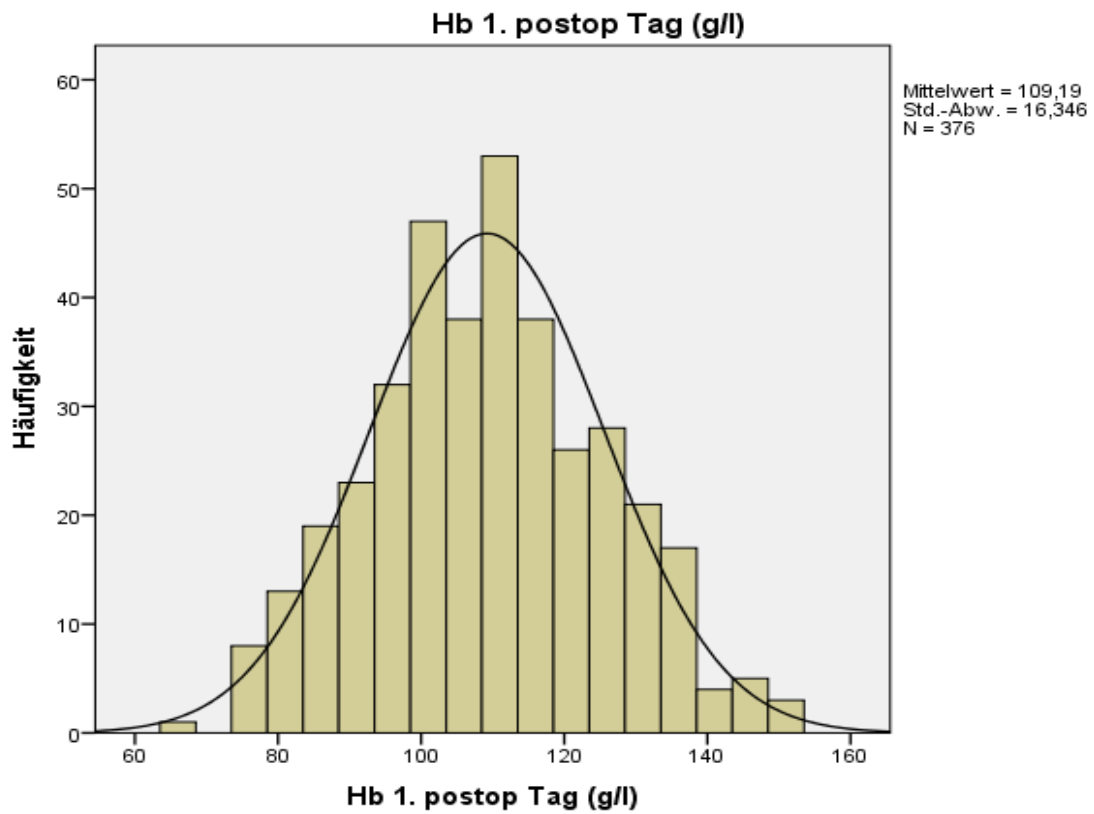


Abbildung 17: Hb 1. postop Tag gesamt

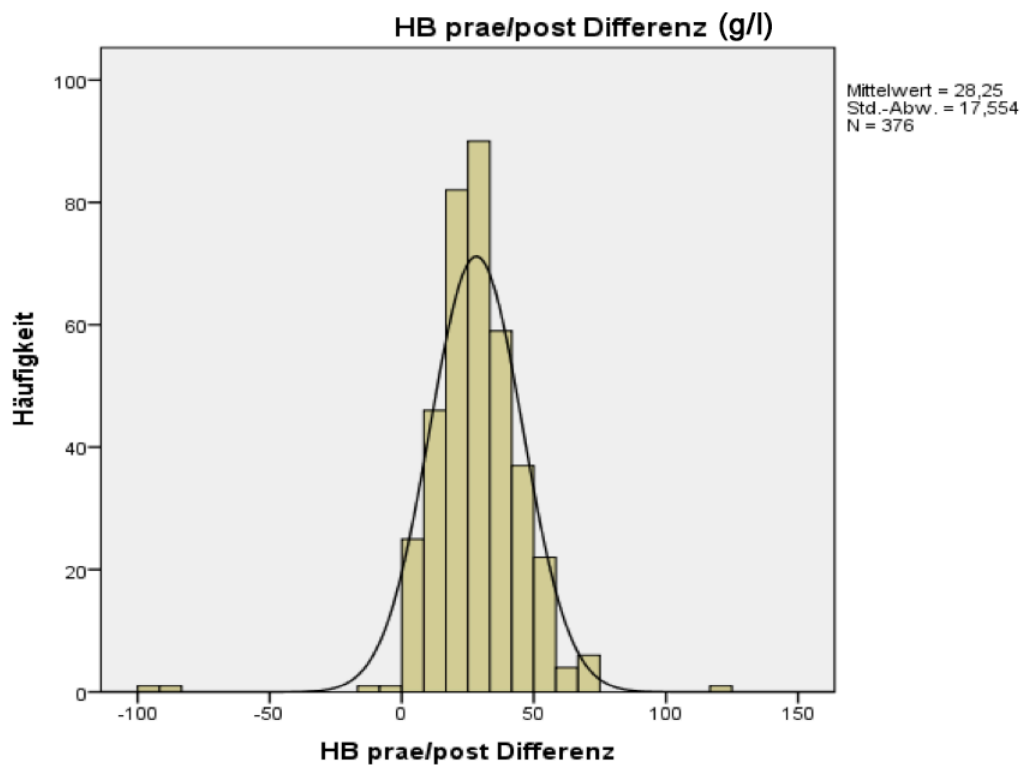


Abbildung 18: Hb prae/post Differenz gesamt in g/l

Im direkten Vergleich der Gruppen 1 (Operation in Blutleere) und 2 (Operation in temporärer Blutsperr) lässt sich folgendes beschreiben:

In Gruppe 1 betrug die prä- zu postoperative Hämoglobin Differenz durchschnittlich 2,6 mg/dl ($\pm 1,6$), in Gruppe 2 betrug die Differenz durchschnittlich 3,4 mg/dl ($\pm 1,8$).

Die im Rahmen einer Varianzanalyse durchgeführte Signifikanzprüfung mittels paarweisen Vergleich beider Gruppen konnte eine Signifikanz von $p < 0,05$ nachgewiesen werden.

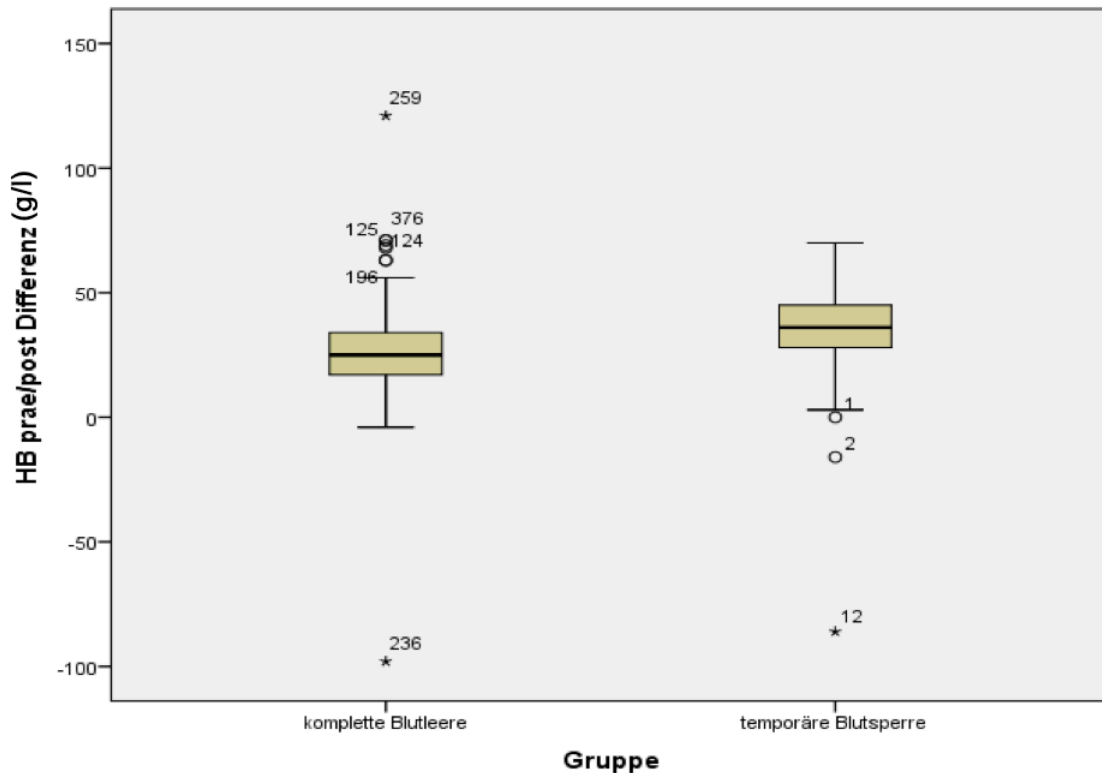


Abbildung 19: BoxPlot mit Vergleich des Hb

Kasten Oberkante = oberes Quartil, Kasten Unterkante = unteres Quartil, Dicker Balken im Kasten = Median, Ausdehnung der Box = Interquartilsabstand (Wertebereich, in dem sich die mittleren 50 % der Daten befinden), Ende eines Whiskers oder entferntester Ausreißer = Minimum/Maximum; Ausreißerwerte (Werte zwischen 1,5 und 3 Interquartilbereichen vom Ende eines Kastens) sind als Kreise und extreme Werte (Werte, die mehr als 3 Interquartilbereiche von einem Kasten entfernt liegen) als Sternchen gekennzeichnet.

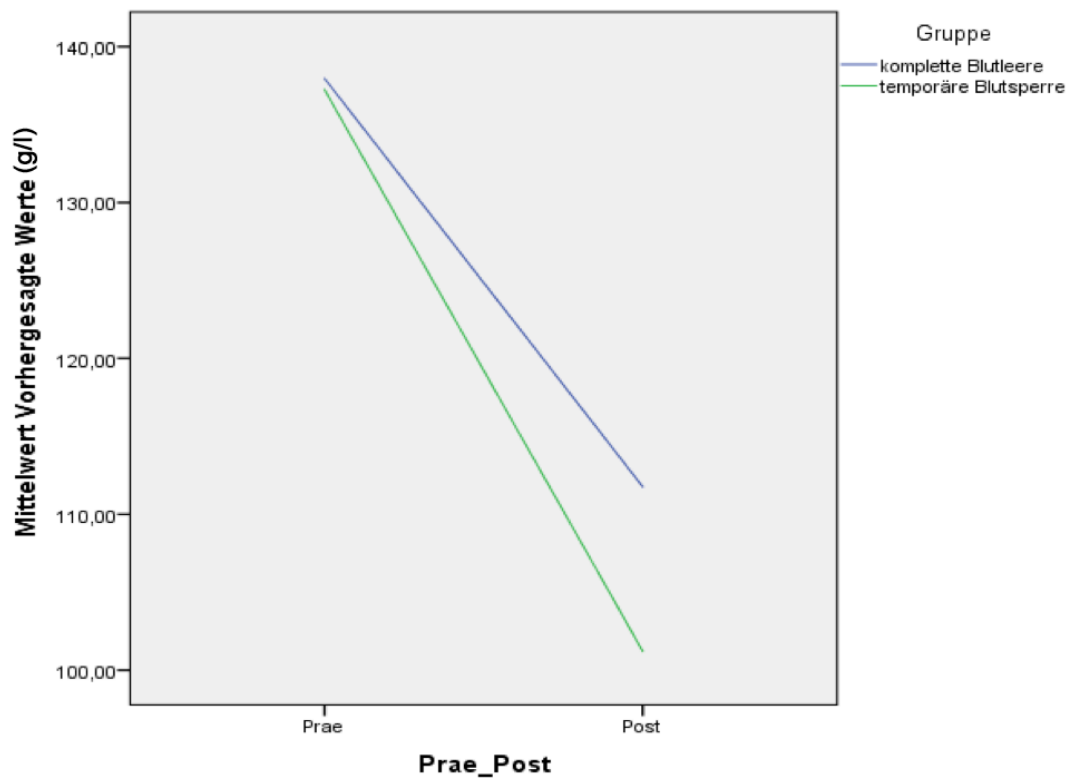


Abbildung 20: g/l Hämoglobin

4.3 Operationsspezifische Daten

In 100 % der Fälle handelte es sich um einen Primäreingriff an dem betroffenen Kniegelenk. 50,3 % der Patienten wurden am rechten, 49,7% am linken Kniegelenk operiert.

Die Indikation zum Kniegelenkersatz wurde in 91,2% der Fälle aufgrund einer therapieresistenten Gonarthrose gestellt, in 2,4% der Fälle wurde aufgrund eines Morbus Ahlbäck (ausgedehnte aseptische Osteonekrose des medialen Femurkondylus im späten Erwachsenenalter) und in 1,3% aufgrund einer Retropatellararthrose operiert.

79,0% der Patienten erhielten während der gesamten Dauer des stationären Aufenthaltes keine Erythrozytenkonzentrate. 15,2 % der Patienten, bei denen eine Transfusion indiziert war, erhielten 2 EKs.

Anzahl EK				
	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
0	299	79,5	79,5	79,5
1	3	0,8	0,8	80,3
2	57	15,2	15,2	95,5
3	1	0,3	0,3	95,7
4	11	2,9	2,9	98,7
6	4	1,1	1,1	99,7
7	1	0,3	0,3	100,0
Gesamt	376	100,0	100,0	

Abbildung 21: deskriptive Statistik zur Anzahl der transfundierten Erythrozytenkonzentrate in beiden Gruppen

Bei 2,4% der Patienten wurde postoperativ eine Thrombose diagnostiziert. 100% der Patienten erhielten eine leitliniengerechte Thromboembolieprophylaxe.

Diese erfolgte bei 31% der Patienten mit Clexane, bei 67% der Patienten mit Xarelto. In lediglich 2% der Fälle wurde Monoembolax injiziert.

Zur postoperativen Prophylaxe eines intraartikulären Hämatoms wurde intraoperativ bei insgesamt 92,8% der Patienten eine Redondrainage eingelegt. 5,3% wurden mit 2 Drainagen versorgt, in 1,9% der Fälle wurde ganz auf die Drainageneinlage verzichtet. In Gruppe 1 erhielten 263 Patienten eine Redondrainage. Postoperativ wurde bei diesen Patienten eine durchschnittliche Hb prä/postoperative Differenz von 2,5 mg/dl ($\pm 1,6$) gemessen. 14 Patienten erhielten 2 Drainagen, bei diesen betrug die Hb prä/postop. Differenz durchschnittlich 3,6 mg/dl ($\pm 1,4$). Bei den 7 Patienten in dieser Gruppe, bei denen ganz auf eine Drainage verzichtet wurde, konnte im Mittel eine Differenz von 2,6 mg/dl ($\pm 2,1$) gemessen werden.

In Gruppe 2 erhielten 86 Patienten eine Redondrainage. Bei diesen Patienten konnte postoperativ eine durchschnittliche Hb prä/postoperativ. Differenz von 3,4 mg/dl ($\pm 1,8$) gemessen werden. 6 Patienten in dieser Gruppe erhielten 2 Drainagen, bei diesen betrug die Hb prä/postoperativ. Differenz durchschnittlich 3,6 mg/dl ($\pm 1,9$).

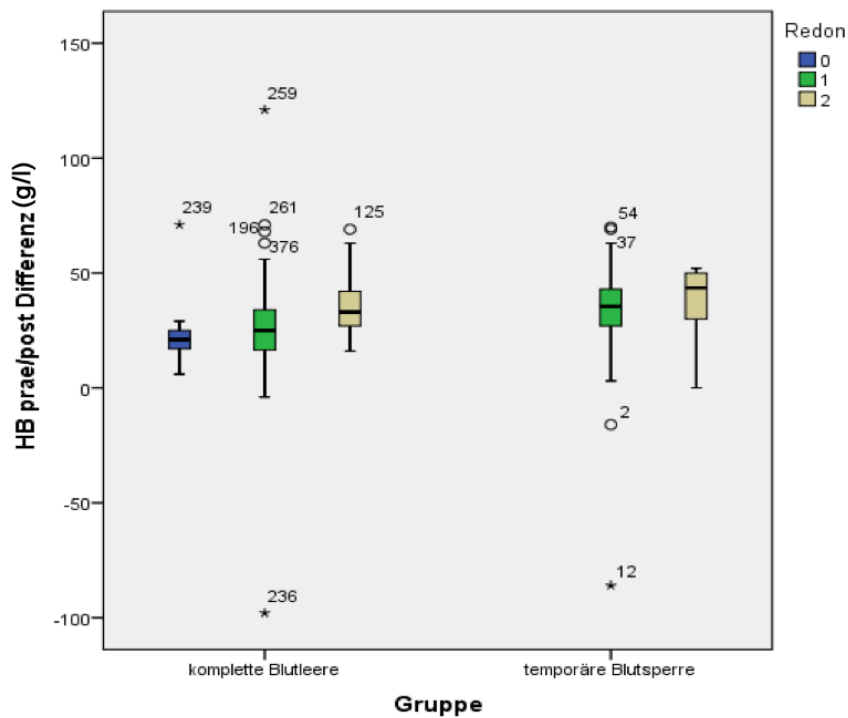


Abbildung 22: Boxplot mit Hb prä-/postop in g/l. Differenz in Abhängigkeit von der Anzahl der Drainagen, nach beiden Gruppen getrennt.

Die durchschnittliche Operationszeit aller durchgeführten 376 Eingriffe betrug 103 Minuten (± 33). In Gruppe 1 wurde eine durchschnittliche Operationszeit von 90 Minuten ermittelt (± 23), in Gruppe 2 hingegen betrug die durchschnittliche Operationszeit 137 Minuten (± 34).

Der Mittelwert für die Dauer der Blutleere (Gruppe 1) betrug 80 Minuten (± 49). Eine temporäre Blutsperre (Gruppe 2) wurde für durchschnittlich 14 Minuten (± 28) eingesetzt.

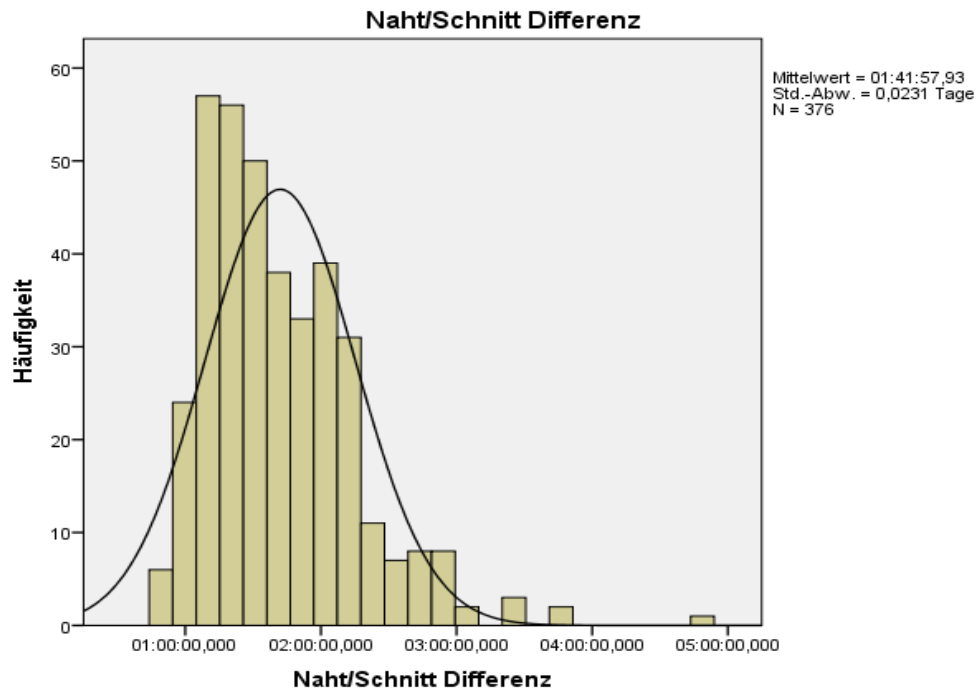


Abbildung 23: Normalverteilung der Operationsdauer aller Eingriffe, Angabe in Schnitt/Naht-Differenz

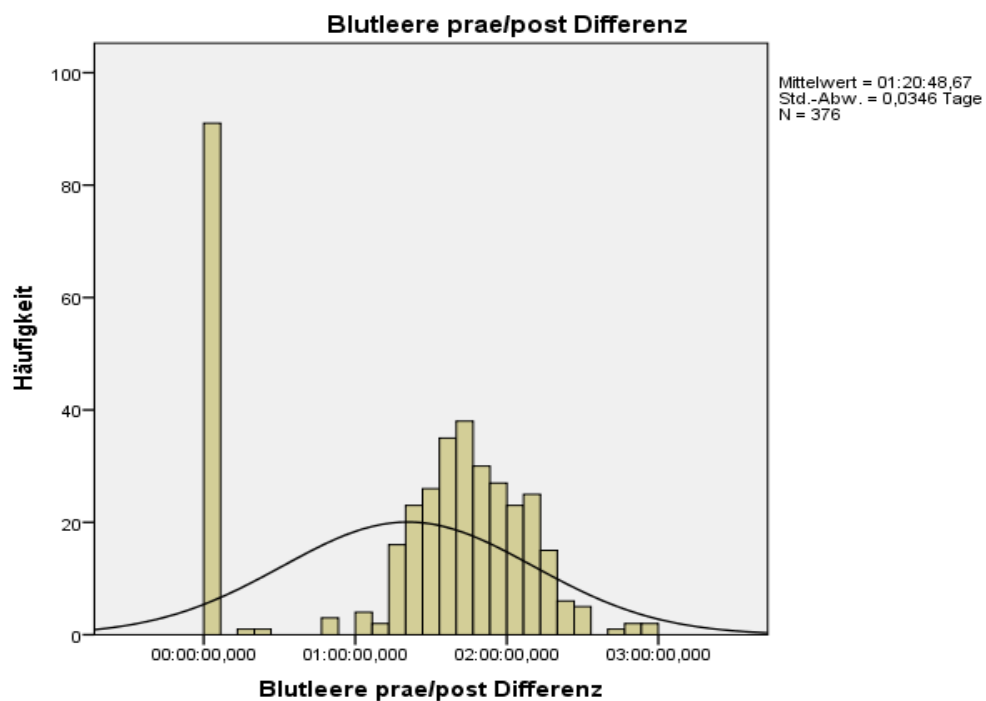


Abbildung 24: Dauer der Blutleere bei Patienten der Gruppe I

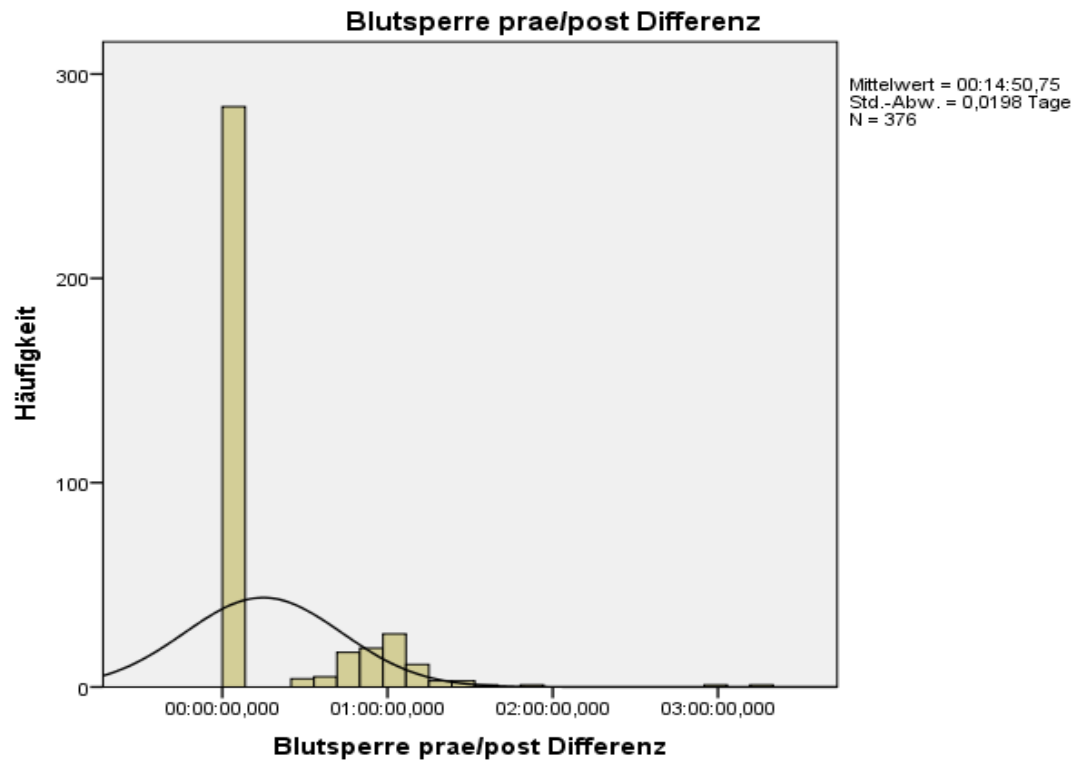


Abbildung 25: Dauer der Blutsperrere bei Patienten der Gruppe II

5. Diskussion

Seit der Entwicklung der pneumatischen Blutsperrvorrichtung, bestehend aus einer Druckquelle mit Regulator zur exakten Einstellung des erforderlichen Gewebedruckes, einer aufblasbaren Manschette mit integrierter Pumpe und einem Anschluss an die zentrale Druckluftversorgung gibt es in der aktuellen Studienlage bislang keine einheitlichen Empfehlungen zur Verwendung einer Blutsperrre in der Knie-Endoprothetik.

Über die optimale Anwendung der Blutsperrre, bzw. einer Blutleere oder ihrer Dauer im Hinblick auf den Blutverlust wird in zahlreichen Studien kontrovers diskutiert.

Auch sind sich die Autoren derzeit nicht einig, ob die alleinige Anwendung einer Blutsperrre zur Reduktion des perioperativen Blutverlustes, gemessen an dem Risiko für ein Auftreten möglicher Komplikationen, wie Thromboembolie, Zunahme postoperativer Schmerzen oder längere Rehabilitationsphase), gerechtfertigt ist.

Klenerman et. al beschreiben in ihrer Studie eine Verlängerung der Rehabilitationsphase aufgrund postoperativer Schwellung und Bewegungseinschränkung nach Anwendung der Blutsperrre. Ursächlich hierfür seien in erster Linie die, durch die verursachte Ischämie von Muskel- und Nervengewebe resultierenden neuromuskulären Verletzungen, jedoch auch die Schädigung peripherer Nerven durch direkte Kompression [39,2,5,62,71].

5.1 Einfluss der Blutsperrre auf den Blutverlust und die Erythrozytentransfusionsrate

Hauptsächlich angewandt wird die Blutsperrre zur Verringerung des intraoperativen Blutverlustes und somit zur Minimierung der damit einhergehenden kardiovaskulären Komplikationen sowie zur Reduktion der Transfusionsrate.

In der vorliegenden Studie lag der präoperativ gemessene Hämoglobingehalt in beiden Gruppen bei durchschnittlich 13,7 mg /dl.

Am 1. postoperativen Tag wurde bei Patienten, welche in Blutleere operiert wurden (Gruppe 1) ein Abfall des Hämoglobins auf durchschnittlich 11,1 mg/dl gemessen, wohingegen bei Patienten, welche in temporärer Blutsperrre operiert wurden (Gruppe 2) ein Hb-Abfall auf durchschnittlich 10,1 mg/dl zu verzeichnen war.

Im direkten Vergleich der prä- zur postoperativen Hämoglobin Differenz zwischen beiden Gruppen, konnte in Gruppe 2 ein signifikant ($p > 0,001$) höherer Hb-Abfall, durchschnittlich um 3,4 mg/dl ($\pm 1,8$) nachgewiesen werden. In Gruppe 1 zeigte sich eine durchschnittliche prä- zu postoperativer Hämoglobin Differenz von 2,6 mg/dl ($\pm 1,6$). Folglich kann bei Anwendung einer Blutleere für die gesamte Dauer der Operation von einer Verringerung des perioperativen Blutverlustes ausgegangen werden.

Eine mögliche Erklärung hierfür ist die nach Öffnen der Blutsperre eintretende reaktive Hyperämie der operierten Extremität, welche nach Abschluss des Zementiervorganges in Gruppe 2 erfolgte. Die Blutsperre bei Patienten der Gruppe 1 wurde erst nach Wundverschluss und Anlage eines elastischen und komprimierenden Wundverbandes geöffnet.

Zu den gleichen Ergebnissen kamen auch Endres et al. in ihrer Studie „Effekte einer pneumatischen Blutsperre im Rahmen einer Knieendoprothesen-Implantation“, welche den intraoperativen Blutverlust zwischen Patienten, die entweder mit oder ohne Blutsperre operiert wurden, verglichen haben [13].

Hersekli et al. konnten einen erhöhten perioperativen Blutverlust bei Patienten feststellen, bei welchen die Öffnung der Tourniquet vor Operationsende und Anlage eines Kompressionsverbandes erfolgte, bei gleicher Dauer der Blutsperre in beiden Gruppen [28].

Prasad et al hingegen zeigten in ihrer Studie, welche mögliche Risikofaktoren für einen erhöhten perioperativen Blutverlust in der Knieendoprothetik untersuchte, eine Korrelation zwischen dem perioperativen Blutverlust und einer Zunahme der Operationszeit sowie der Dauer der angewandten Blutsperre. Sie führten dies auf eine gesteigerte Fibrinolyse bei längerer Hämostase bei zunehmender Dauer der Blutsperre zurück [30,71,65,56].

In den meisten Studien zeigte sich bei Anwendung der Blutsperre keine signifikante Reduktion der Transfusionsrate im Vergleich zu Patienten die ohne Blutsperre operiert wurden, so dass einige Autoren, z.B Smith TO und Hing CB, keine Vorteile in der Anwendung einer Blutsperre sehen [65].

In unserer Studie benötigten 79,0% der Patienten keine Bluttransfusion während der gesamten Dauer ihres stationären Aufenthaltes.

45 der in Blutleere operierten Patienten benötigten mindestens ein Erythrozytenkonzentrat, in der Gruppe der in temporärer Blutsperre operierten Patienten waren 32 Patienten transfusionspflichtig. Dieser Unterschied war nicht signifikant ($p=0,303$).

5.2 Einfluss auf die Operationszeit

Ein weiteres Thema zahlreicher Studien beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit die Qualität des Zementiervorganges, gemessen an der Zementeindringtiefe verbessert und die Operationszeit durch die künstliche Schaffung eines nahezu blutleeren Operationsfeldes, verkürzt werden kann.

In der vorliegenden Studie betrug die Dauer der Blutleere (Gruppe1) durchschnittlich 80 Minuten (± 49). Eine temporäre Blutsperre (Gruppe 2) wurde für durchschnittlich 14 Minuten (± 28) eingesetzt. Diese Werte stimmen nicht mit der reinen Operationszeit überein.

Diese war in unserer Studie, bei einem p - Wert $< 0,001$, signifikant kürzer in der Gruppe der in Blutleere operierten Patienten (Gruppe 1), als bei Patienten der Gruppe 2. Diese betrug durchschnittlich 90 Minuten (± 34) in Gruppe 1, während die Operationszeit der Patienten, die mit Einsatz einer temporären Blutsperre operiert wurden (Gruppe2) , durchschnittlich 137 Minuten (± 34) betrug.

Obwohl eine deutliche Einsparung der Operationszeit in der Gruppe der in Blutleere operierten Patienten zu verzeichnen war, hatte diese jedoch keine Auswirkung auf die Bluttransfusionsrate.

Wei Zhang et al. kamen in ihrer Studie „The effects of a tourniquet used in total knee arthroplasty: a meta-analysis“ [71,53] zu ähnlichen Ergebnissen, wobei sie in ihrer Studie die postoperativen Auswirkungen von Blutsperre versus keine Blutsperre verglichen [67].

Die längere Operationsdauer in Gruppe 2 führen wir auf schlechtere Sichtverhältnisse des Operationsfeldes sowie auf die notwendige dauerhafte perioperative Blutstillung zurück [71,53].

5.3. Einfluss auf das Auftreten von Beinvenenthrombosen und Lungenembolien

Auch das Auftreten möglicher Komplikationen, insbesondere die Entstehung einer tiefen Beinvenenthrombose sowie einer Lungenembolie bei Anwendung der Blutsperre wird diskutiert. Als Ursache hierfür wird die durch die Blutsperre verursachte venöse Stase, bedingte Endothelschaden angeführt. Dieser begünstigt aufgrund der an das defekte Endothel, gesteigerten Thrombozytenanheftung die Entstehung von Thromben.

Wakanker et. al. als auch andere Autoren, die die Inzidenz von tiefen Beinvenenthrombose oder Lungenembolien nach Implantation einer Knieendoprothese mit oder ohne Blutsperre untersuchten, konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen feststellen. Wei Zhang et al. hingegen kamen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass der Gebrauch einer Blutsperre das Risiko tiefer Beinvenenthrombosen steigert [71,53]. Ähnliche Resultate wurden in der Studie von Tai et al. erzielt [67].

In der vorliegenden Studie zeigte sich ein signifikant häufigeres Auftreten von Thrombosen in der Gruppe „Blutleere“ im Vergleich zu den Patienten die in temporärer Blutsperre operiert wurden ($p=0,033$). Bei 1,1% der Patienten in Gruppe 2 konnte bei entsprechender klinischer Symptomatik duplexsonografisch eine tiefe Beinvenenthrombose während des stationären Aufenthaltes diagnostiziert werden.

Dies könnte eventuell auf die sehr kurze Dauer der temporären Blutsperre, die bei den untersuchten Patienten durchschnittlich 14 Minuten betrug, zurückzuführen sein.

Zu diskutieren bleibt der in der vorliegenden Studie erfasste kurze Beobachtungszeitraum, der sich auf die Dauer des stationären Aufenthaltes der Patienten begrenzt.

Ebenfalls uneinheitlich ist die Art und Anwendung der durchgeführten antithromboembolischen Prophylaxe, welche in der vorliegenden Studie in 66,8% der Fälle mit Xarelto (Rivaroxaban), einem direkten Faktor Xa Inhibitor und in 30,9% der Fälle mit Clexane (Enoxaparin), einem Niedermolekularen Heparin durchgeführt wurde. Im amerikanischen Raum werden hauptsächlich Vitamin K Antagonisten, wie z.B. Marcumar (Warfarin) verwendet [36,15,67,71,44,69].

5.4 Korrelation zwischen BMI und perioperativen Blutverlust

In der vorliegenden Studie konnte keine Korrelation hinsichtlich des BMI der Patienten und dem intraoperativen Blutverlust festgestellt werden. Auch andere Autoren kamen zu diesen Ergebnissen wie Prasad, Padmanabhan und Mullaji in ihrer Studie: „Blood loss in total knee arthroplasty“ [29,56].

Frisch et. al konnten eine niedrigere Bluttransfusionsrate bei Patienten mit höherem BMI sowie einen signifikant geringeren prozentualen Verlust des geschätzten Blutvolumens verzeichnen [18].

5.5 Korrelation zwischen Patientenalter und perioperativen Blutverlust

Der Altersdurchschnitt aller Patienten betrug 66,7 Jahre und war in beiden Untersuchungsgruppen vergleichbar. Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Operation 29 Jahre alt, der Ältteste 89. Die Mehrheit der Patienten war älter als 60. Mithilfe einer Kovarianzanalyse konnten wir einen signifikanten Einfluss ($p < 0,001$) hinsichtlich des Alters der Patienten auf den perioperativen Blutverlust verzeichnen.

Die Autoren Mesa-Ramos, Maquieria-Canosa und Carpintero zeigten in ihrer Studie sogar einen signifikanten Abfall des Hämoglobins um 0,314 mg/dl pro Anstieg des Lebensalters der Patienten um ein Jahr [48].

5.6. Einfluss der Drainagen auf den perioperativen Blutverlust

Der Einsatz von Redondrainagen ist in der Knieendoprothetik trotz sehr widersprüchlicher aktueller Datenlage weit verbreitet. Derzeit existieren keine einheitlichen Empfehlungen weder zur Anzahl der Drainagen noch zu deren Liegedauer.

Märdian, Perka und Matziolis untersuchten in ihrer Studie „Wunddrainage nach Kniegelenkstotalendoprothese – 24 versus 48 Stunden“ ob durch das längere Belassen der Drainagen das Auftreten eines postoperativen intraartikulären Hämatomes reduziert und somit eine bessere frühfunktionelle Gelenkfunktion erreicht werden kann. Dabei konnten sie keinen signifikanten Unterschied weder im Hinblick

auf den Blutverlust noch auf das passive Bewegungsausmaß der operierten Extremität bei einer längeren Drainagenverweildauer, feststellen [47].

Demirkale et. al kamen zu dem Ergebnis, das nicht nur der Abfall des Hämoglobins, als Marker für den Blutverlust in der Patientengruppe, bei der keine Drainage verwendet wurde, signifikant geringer war als in der Gruppe, bei welcher die Einlage einer Drainage erfolgte, sondern auch eine signifikant geringerer Infektionsrate zu verzeichnen war [12].

Auch zahlreiche andere Autoren konnten in ihren Studien einen signifikant höheren Blutverlust bei Anwendung von Drainagen feststellen [45,54,14].

In der vorliegenden Studie zeigte sich ein zunehmender Abfall des Hämoglobins mit der steigenden Anzahl der Drainagen, gemessen an der Hb prä-/postoperativen Differenz. Zu erwähnen bleibt jedoch, daß in unserer Studie der Hauptanteil der Patienten, insgesamt 92,8%, intraoperativ mit einer Redondrainage versorgt wurden. Nur ein kleines Patientenkollektiv wurde ohne (1,9%) oder mit zwei Drainagen (5,3%) versorgt, so dass unsere Ergebnisse nur bedingt mit denen, der zuvor genannten Studien, welche ein erheblich größeres Patientenkollektiv aufwiesen, vergleichbar sind.

6.0 Einschränkungen der Studie

Bei der Analyse der in dieser Studie gewonnenen Ergebnisse bezüglich des perioperativen Blutverlustes unter Verwendung einer Blutleere beziehungsweise einer temporären Blutsperre in der Knieendoprothetik ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um eine retrospektive Studie handelt, welche Patientendaten vergleicht, die zwischen Oktober 2010 und Dezember 2012 aufgrund einer symptomatischen Gonarthrose eine primäre, zementierte Knieendoprothese erhalten haben.

Die Datenerhebung war aufgrund teilweise lückenhafter Dokumentation in den benötigten Arzt- und Operationsberichten erschwert.

Des Weiteren sind die Ergebnisse, wie die der meisten zu diesem Thema vorhandenen Studien, auf einen kurzen Beobachtungszeitraum, welcher sich auf den stationären Aufenthalt der Patienten bezieht, beschränkt. Die ermittelten Angaben zum Auftreten einer postoperativen tiefen Beinvenenthrombose, welche die höchste Inzidenz in den ersten 14 postoperativen Tagen hat, müssen daher kritisch betrachtet werden.

Ebenfalls zu diskutieren bleibt die hohe Anzahl an Operateuren (17), die, wie an einer Universitätsklinik üblich, Assistenz- und junge Fachärzte mit einbezieht. Dies stellt sicherlich einen Einflussfaktor auf den intraoperativen Blutverlust, insbesondere bei Anwendung der temporäreren Blutsperre, aufgrund längerer Operationszeiten dar.

Positiv zu erwähnen ist das relativ große Patientenkollektiv von 376 Patienten, welche in die Studie eingeschlossen werden konnten, was unsere Ergebnisse mit denen zahlreicher Autoren vergleichbar macht.

Ebenfalls hervorzuheben ist, dass dies eine von wenigen Studien ist, bei der Daten zur Implantation einer Knie-Endoprothese in kompletter Blutleere erhoben werden konnten, da sich momentan der Großteil aller zu dem Thema vorhandener Studien lediglich auf die Vor- und Nachteile der Anwendung einer Blutsperre beschränkt.

6.1 Zusammenfassung

Die Implantation von Knieendoprothesen gehört zu den am häufigsten durchgeführten Operationen in Deutschland. Das Auftreten von thromboembolischen Komplikationen sowie die Fragestellung ob eine mögliche Reduktion der Operationszeit zur Einsparung von Bluttransfusionen führt, wird in zahlreichen Studien kontrovers diskutiert. Ebenso bestehen widersprüchliche Ergebnisse zur Auswirkung der Blutsperre auf den Blutverlust. Der Vergleich beider Methoden in Hinblick auf den Blutverlust, die Operationszeit sowie auf das Auftreten von Thrombosen war das primäre Ziel dieser Arbeit.

In der vorliegenden Studie wurden insgesamt 376 Patienten in zwei Gruppen retrospektiv ausgewertet. Gruppe 1 (n = 285) mit Einsatz der Blutleere und Gruppe 2 (n = 92) mit Einsatz der temporären Blutsperre für die Dauer des Zementvorganges.

Eingeschlossen wurden in die Studie Patienten, welche zwischen Oktober 2010 und Dezember 2012 in der Abteilung für Orthopädie am Universitätsklinikum Gießen eine unikondyläre Knieprothese, eine bikondyläre Oberflächenersatzprothese mit und ohne Patellarückflächenersatz oder eine gekoppelte Prothese erhalten haben.

Die Operationsdauer, die Dauer der Blutleere und der temporären Blutsperre, die Anzahl der eingelegten Drainagen wurden dem Operationsbericht oder dem Narkoseprotokoll entnommen.

Zur Berechnung des peri- und postoperativen Blutverlustes wurden Hämatokrit- und Hämoglobinwert des Patienten einen Tag vor und einen Tag nach der Operation verwendet. Das Auftreten postoperativer Komplikationen wie Thrombose und Embolie wurde der stationären Verlaufsdokumentation entnommen.

In der vorliegenden Studie konnte im direkten Vergleich die prä- zu postoperative Hämoglobin Differenz zwischen beiden Gruppen, in Gruppe 2 einen signifikant höheren Hb-Abfall, durchschnittlich um 3,4 mg/dl ($\pm 1,8$) nachweisen.

Die vorliegende Studie zeigt, dass durch die Durchführung einer Knie-TEP in Blutleere, der intraoperative Blutverlust geringer und die Operationszeit kürzer ist ohne direkten Einfluss auf die Transfusionsrate. Hingegen ist das Risiko für das Auftreten einer thromboembolischen Komplikation signifikant erhöht.

Um eine eindeutige Empfehlung zu geben, ob die Knie-TEP Implantation in Blutleere, Blutsperre oder ohne Tourniquet durchgeführt werden sollte, sind weitere Studien, vor allem solche die alle Gruppen hinsichtlich der Komplikationen miteinander vergleichen, notwendig.

6.2 Summary

Total knee arthroplasty represents one of the most frequent surgical procedures. In literature the appearance of thromboembolic complications as well as the question whether a reduction of surgical time leads to savings of blood transfusions has been discussed controversially. In addition there are contradictory results about the effect of the use of tourniquet on blood loss. Focus of the presented study is the comparison of both methods with regard to blood loss, surgical time as well as the appearance of thromboembolic events.

In the presented study a total of 376 patients have been randomised in two groups. Group I (n=285) with the use of ischemia and group II (n=92) with the use of temporary blood arrest (Esmarch ischemia) for the time of cementation.

All patients who received a total knee arthroplasty between October 2010 and December 2012 at the orthopaedic department of the University Clinic Gießen were included in the study.

Surgical time, time of ischemia and Esmarch ischemia as well as amount of drainages have been documented. In order to measure the peri- and postoperative blood loss hematocrit and hemoglobin of patients one day before and one day after surgery has been used. The appearance of postoperative complications (thromboembolic events and embolism) have been analysed.

The comparison between both groups presented a significant decrease of hemoglobin of 3.4 mg/dl (+-1.8) in group II.

The presented study indicates that the use of ischemia in total knee arthroplasty leads to less intraoperative blood loss and shorter surgical time without direct influence on the transfusion rate. The risk of thromboembolic events is significantly higher.

Further studies are necessary in order to give a specific recommendation whether total knee arthroplasty in ischemia or Esmarch ischemia is favorable.

Literaturverzeichnis:

1. Aapro MvH, S.; Jelkmann, W.; Link, H.; Meybohm, P.; Seiler, S.; Zacharowski, K. (2017) Anämie- und Blutmanagement: Neubewertung in verschiedenen Indikationen. *Dtsch Arztebl* 114 (48):29. doi:10.3238/PersOnko/2017.12.01.07
2. Abdel-Salam A, Eyres KS (1995) Effects of tourniquet during total knee arthroplasty. A prospective randomised study. *The Journal of bone and joint surgery British* volume 77 (2):250-253
3. Alghamdi AA, Albanna MJ, Guru V, Brister SJ (2006) Does the use of erythropoietin reduce the risk of exposure to allogeneic blood transfusion in cardiac surgery? A systematic review and meta-analysis. *Journal of cardiac surgery* 21 (3):320-326. doi:10.1111/j.1540-8191.2006.00241.x
4. Baer WS (1918) Arthroplasty with the aid of animal membrane. *Am J Orthop Surg* 16:171
5. Barwell J, Anderson G, Hassan A, Rawlings I (1997) The effects of early tourniquet release during total knee arthroplasty: a prospective randomized double-blind study. *The Journal of bone and joint surgery British* volume 79 (2):265-268
6. Beeres M (2018) *BVMed Jahresbericht 2015*. BVMed-Medienservice, Berlin
7. Blauth W, Hassenpflug J (1991) [Hinge endoprosthesis of the knee joint. Long-term results based on the Blauth prosthesis]. *Der Orthopade* 20 (3):206-215
8. Bleß H-HK, M. (2017) *Weißbuch Gelenkersatz*, vol 1. Springer, Berlin. doi:10.1007/978-3-662-53260-7
9. Buechel FF, Femino FP, D'Alessio J (2004) Primary exchange revision arthroplasty for infected total knee replacement: a long-term study. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 33 (4):190-198; discussion 198
10. Calderwood JW, Dickie WR (1972) Tourniquet paresis complicating tendon grafting. *The Hand* 4 (1):53-55
11. Charnley J (1972) The long-term results of low-friction arthroplasty of the hip performed as a primary intervention. *The Journal of bone and joint surgery British* volume 54 (1):61-76
12. Demirkale I, Tecimel O, Sesen H, Kilicarslan K, Altay M, Dogan M (2014) Nondrainage decreases blood transfusion need and infection rate in bilateral total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty* 29 (5):993-997. doi:10.1016/j.arth.2013.10.022
13. Endres SD, Wilke A (2013) Effects of tourniquet in total knee arthroplasty with regard to functional outcome and complications. *OUP* (11):510-516. doi:10.3238/oup.2013.0510-0516
14. Esler CN, Blakeway C, Fiddian NJ (2003) The use of a closed-suction drain in total knee arthroplasty. A prospective, randomised study. *The Journal of bone and joint surgery British* volume 85 (2):215-217
15. Estera AS, King RP, Platt MR (1982) Massive pulmonary embolism: a complication of the technique of tourniquet ischemia. *The Journal of trauma* 22 (1):60-62
16. Felson DT (1988) Epidemiology of hip and knee osteoarthritis. *Epidemiologic reviews* 10:1-28
17. Fernandes A (2002) From bridges to implants. The new paradigm for general practice. *Dentistry today* 21 (8):58-59
18. Frisch N, Wessell NM, Charters M, Peterson E, Cann B, Greenstein A, Silverton CD (2016) Effect of Body Mass Index on Blood Transfusion in Total Hip and Knee Arthroplasty. *Orthopedics* 39 (5):e844-849. doi:10.3928/01477447-20160509-04
19. Gluck T (1891) Referat über die durch das moderne chirurgische Experiment gewonnenen positiven Resultate, betreffend die Naht und den Ersatz von

- Defekten höherer Gewebe, sowie über die Verwendung resorbierbarer und lebendiger Tampons in der Chirurgie. Arch Klin Chir 41:189-239
20. GmbH VM (2018) Tourniquet 4500 ELC.
 21. GmbH VM (2018) Tourniquet Anlage an einer Extremität.
 22. Grimberg A JV, Liebs T, Melsheimer O, Steinbrück A (2016) Jahresbericht 2016. EPRD Deutsche Endoprothesenregister gGmbH, Berlin
 23. Gunston FH, MacKenzie RI (1976) Complications of polycentric knee arthroplasty. Clinical orthopaedics and related research (120):11-17
 24. Halder A (2012) Indikation zur unikondylären Knieendoprothese. In: Jerosch J FA, Aldinger P (Hrsg) Knieeilersatz. Deutscher Ärzte-Verlag (ed). Köln, pp 107-114
 25. Hassenpflug J (2003) [Constrained knee prostheses]. Der Orthopade 32 (6):484-489. doi:10.1007/s00132-003-0477-3
 26. Hawk AJ (2016) ArtiFacts: Jean Louis Petit's Screw Tourniquet. Clinical orthopaedics and related research 474 (12):2577-2579. doi:10.1007/s11999-016-5042-6
 27. Helferich H (1894) Ein neues Verfahren zur Heilung der knöchernen Kiefergelenksankylose. Verh dtsch Ges Chir 89 (504)
 28. Hersekli MA, Akpinar S, Ozkoc G, Ozalay M, Uysal M, Cesur N, Tandogan RN (2004) The timing of tourniquet release and its influence on blood loss after total knee arthroplasty. International orthopaedics 28 (3):138-141. doi:10.1007/s00264-004-0550-5
 29. Hrnack SA, Skeen N, Xu T, Rosenstein AD (2012) Correlation of body mass index and blood loss during total knee and total hip arthroplasty. Am J Orthop (Belle Mead NJ) 41 (10):467-471
 30. Huang Z, Ma J, Zhu Y, Pei F, Yang J, Zhou Z, Kang P, Shen B (2015) Timing of Tourniquet Release in Total Knee Arthroplasty. Orthopedics 38 (7):445-451. doi:10.3928/01477447-20150701-06
 31. Hube R, Keim M, Mayr HO (2009) [The mini-midvastus approach for total knee arthroplasty]. Operative Orthopadie und Traumatologie 21 (1):3-13. doi:10.1007/s00064-009-1601-2
 32. Insall JN, Lachiewicz PF, Burstein AH (1982) The posterior stabilized condylar prosthesis: a modification of the total condylar design. Two to four-year clinical experience. The Journal of bone and joint surgery American volume 64 (9):1317-1323
 33. Ishii Y, Matsuda Y (2005) Effect of the timing of tourniquet release on perioperative blood loss associated with cementless total knee arthroplasty: a prospective randomized study. The Journal of arthroplasty 20 (8):977-983. doi:10.1016/j.arth.2005.01.012
 34. Jerosch J (1999) [Knee endoprosthesis. Indications--principles of surgery--follow-up treatment]. Medizinische Monatsschrift für Pharmazeuten 22 (10):305-312
 35. Jerosch J HJ, Tibesku CO (2015) Knieendoprothetik. In.
 36. Kato N, Nakanishi K, Yoshino S, Ogawa R (2002) Abnormal echogenic findings detected by transesophageal echocardiography and cardiorespiratory impairment during total knee arthroplasty with tourniquet. Anesthesiology 97 (5):1123-1128
 37. Kellgren JH, Lawrence JS (1957) Radiological assessment of osteo-arthritis. Annals of the rheumatic diseases 16 (4):494-502
 38. Kellgren JH, Moore R (1952) Generalized osteoarthritis and Heberden's nodes. British medical journal 1 (4751):181-187
 39. Klenerman L (1995) Is a tourniquet really necessary for knee replacement? The Journal of bone and joint surgery British volume 77 (2):174-175
 40. Kniegelenksarthrose. (2018). <https://wissen.bandagenshop.ch/kniegelenksarthrose/>. Accessed 02.09.2018

41. Kourtzis N, Pafilas D, Kasimatis G (2004) Blood saving protocol in elective total knee arthroplasty. *American journal of surgery* 187 (2):261-267. doi:10.1016/j.amjsurg.2003.11.022
42. Lanz/Wachsmuth (2004) Gefäßversorgung In: *Praktische Anatomie VTBU* (ed) *Praktische Anatomie*. Springer Verlag, S. 291,
43. Learmonth ID, Young C, Rorabeck C (2007) The operation of the century: total hip replacement. *Lancet* 370 (9597):1508-1519. doi:10.1016/S0140-6736(07)60457-7
44. Lee YH, Wei FC, Lee J, Su MS, Chang YC (1995) Effect of postischemic reperfusion on microcirculation and lipid metabolism of skeletal muscle. *Microsurgery* 16 (8):522-527
45. Li C, Nijat A, Askar M (2011) No clear advantage to use of wound drains after unilateral total knee arthroplasty: a prospective randomized, controlled trial. *The Journal of arthroplasty* 26 (4):519-522. doi:10.1016/j.arth.2010.05.031
46. Lotke PA, Faralli VJ, Orenstein EM, Ecker ML (1991) Blood loss after total knee replacement. Effects of tourniquet release and continuous passive motion. *The Journal of bone and joint surgery American volume* 73 (7):1037-1040
47. Mardian S, Perka C, Matziolis G (2013) Wound drainage in primary knee arthroplasty--a prospective randomized study. *Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Cechoslovaca* 80 (2):114-117
48. Mesa-Ramos F, Mesa-Ramos M, Maquieira-Canosa C, Carpintero P (2008) Predictors for blood transfusion following total knee arthroplasty: a prospective randomised study. *Acta orthopaedica Belgica* 74 (1):83-89
49. Mettelsiefen JK, S.; Lützner, J.; Günther, K.-P. (2011) Entwicklung der Knieendoprothetik, Indikation und sozioökonomische Gesichtspunkte. In: Wirth DC (ed) *AE-Manual der Endoprothetik*, vol 1. Springer, Heidelberg, p 50. doi:10.1007/978-3-642-12889-9
50. Michael JW, Schluter-Brust KU, Eysel P (2010) The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Deutsches Arzteblatt international* 107 (9):152-162. doi:10.3238/arztebl.2010.0152
51. Murphy JB (1913) I. Arthroplasty. *Annals of surgery* 57 (5):593-647
52. Nutritional anaemias. Report of a WHO scientific group (1968). *World Health Organization technical report series* 405:5-37
53. Ozkunt O, Sariyilmaz K, Gemalmaz HC, Dikici F (2018) The effect of tourniquet usage on cement penetration in total knee arthroplasty: A prospective randomized study of 3 methods. *Medicine* 97 (4):e9668. doi:10.1097/MD.0000000000009668
54. Parker MJ, Roberts CP, Hay D (2004) Closed suction drainage for hip and knee arthroplasty. A meta-analysis. *The Journal of bone and joint surgery American volume* 86-A (6):1146-1152
55. Pendleton A, Arden N, Dougados M, Doherty M, Bannwarth B, Bijlsma JW, Cluzeau F, Cooper C, Dieppe PA, Gunther KP, Hauselmann HJ, Herrero-Beaumont G, Kaklamanis PM, Leeb B, Lequesne M, Lohmander S, Mazieres B, Mola EM, Pavelka K, Serni U, Swoboda B, Verbruggen AA, Weseloh G, Zimmermann-Gorska I (2000) EULAR recommendations for the management of knee osteoarthritis: report of a task force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT). *Annals of the rheumatic diseases* 59 (12):936-944
56. Prasad N, Padmanabhan V, Mullaji A (2007) Blood loss in total knee arthroplasty: an analysis of risk factors. *International orthopaedics* 31 (1):39-44. doi:10.1007/s00264-006-0096-9
57. Prescher A (2011) Anatomie des Kniegelenkes (Articulatio genus). In: Wirth DC (ed) *AE-Manual der Endoprothetik*, vol 1. *Arterien des Kniegelenkes allgemein*. Würzburg, p 15. doi:10.1007/978-3-642-12889-9

58. Prescher A (2011) Anatomie des Kniegelenkes (Articulatio genus). In: Wirtz DC (ed) AE-Manual der Endoprothetik, vol 1. Würzburg, p 1. doi:10.1007/978-3-642-12889-9
59. Rabenberg M (2013) Gesundheitsberichterstattung des Bundes, vol 54. Arthrose. Robert Koch-Institut, Berlin: Robert Koch-Institut
60. Renz-Polster H KS (2008) Anämie. In: Basislehrbuch Innere Medizin, vol 4. Auflage. p 281
61. Riley LH, Jr. (1976) The evolution of total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research* (120):7-10
62. Saunders KC, Louis DL, Weingarden SI, Waylonis GW (1979) Effect of tourniquet time on postoperative quadriceps function. *Clinical orthopaedics and related research* (143):194-199
63. Schünke MS, E.; Schumacher, U. et al. (2011) Prometheus LernAtlas - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. In: . 3 edn. Thieme. doi:10.1055/b-004-134445
64. Sehat KR, Evans R, Newman JH (2000) How much blood is really lost in total knee arthroplasty?. Correct blood loss management should take hidden loss into account. *The Knee* 7 (3):151-155
65. Smith TO, Hing CB (2010) Is a tourniquet beneficial in total knee replacement surgery? A meta-analysis and systematic review. *The Knee* 17 (2):141-147. doi:10.1016/j.knee.2009.06.007
66. Stöve J (2018) S2k-Leitlinie Gonarthrose, vol Registernummer: 033-004. Erstellung des Leitlinienreports. AWMF online
67. Tai TW, Lin CJ, Jou IM, Chang CW, Lai KA, Yang CY (2011) Tourniquet use in total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA* 19 (7):1121-1130. doi:10.1007/s00167-010-1342-7
68. Verneuil AS (1863) Affection articulaire genou. *Archives of medical research*:284
69. Wakankar HM, Nicholl JE, Koka R, D'Arcy JC (1999) The tourniquet in total knee arthroplasty. A prospective, randomised study. *The Journal of bone and joint surgery British volume* 81 (1):30-33
70. Walldius B (1960) Arthroplasty of the knee using an endoprosthesis. 8 years' experience. *Acta orthopaedica Scandinavica* 30:37-48
71. Zhang W, Li N, Chen S, Tan Y, Al-Aidaros M, Chen L (2014) The effects of a tourniquet used in total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Journal of orthopaedic surgery and research* 9 (1):13. doi:10.1186/1749-799X-9-13



Ethik-Kommission, Klinikstr. 29 (Alte Chirurgie), D-35385 Giessen

PD Dr. Jörn Bengt Seeger
Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie
Klinikstr. 33
35392 Giessen

ETHIK-KOMMISSION
des FB Medizin

Vorsitzender: Prof. Dr. H. Tillmanns

Klinikstr. 29 (Alte Chirurgie)
D -35385 Giessen

Tel.: (0641)99-42470 / 47660

Fax: (0641)99-42479

E-Mail: ethik.kommission@pharma.med.uni-giessen.de

Giessen, 7. Februar 2017

Dr. Kr./erb

Votum der Ethik-Kommission

Sehr geehrter Herr PD Dr. Seeger,

Lieber Herr Seeger,

das Projekt: [21/17: Einfluss der intraoperativen Blutsperrung bei Knieprothesen auf Blutungsmenge und andere postoperative Komplikationen.] wurde zusammen mit einem weiteren Mitglied der Kommission, Herrn Apotheker Brumhard, am 03.02.2017 besprochen.

Es handelt sich um eine retrospektive Datenanalyse von Patienten, die im Zeitraum von Oktober 2010 bis Dezember 2012 eine Knieendoprothese erhalten haben. Ziel der Datenanalyse nach Art einer Qualitätskontrolle ist es herauszufinden, inwieweit der Blutverlust während des Eingriffs im Zusammenhang steht mit der Zeitdauer der angewandten Blutsperrung im OP-Gebiet.

Es bestehen keinerlei Einwände gegen die Durchführung der retrospektiven Datenanalyse.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. H. Tillmanns
Vorsitzender der Ethik-Kommission

Erklärung zur Dissertation

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

Folgenden Personen möchte ich für die Ermöglichung und Unterstützung bei der experimentellen sowie schriftlichen Umsetzung der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit danken:

Herrn Prof. Dr. med. Markus Rickert danke ich für die Möglichkeit, das überlassene Dissertationsthema zu bearbeiten.

Weiterhin zu danken ist für die Überlassung des Themas dieser Arbeit und für die vielen Hinweise und Bewertungen der erzielten Ergebnisse trotz hoher Belastung in Klinik und Forschung.

Für die Betreuung und die Einführung in das Thema sowie für die aktive Unterstützung bei der Auswertung sei der besondere Dank an Herrn Dr. Gafar A. Ahmed gerichtet.

Für die statistische Beratung und Hilfestellung bei der statistischen Auswertung möchte ich Herrn Dr. Jörn Pons-Kühnemann ganz herzlich danken.