

Technische Universität München
Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie des Klinikums rechts der Isar
der Technischen Universität München
Leiter: Prof. Dr. Peter Biberthaler

Korrekturosteotomien bei posttraumatischen kniegelenksnahen Deformitäten nach exakt radiologischen Kriterien: Einfluss auf Funktion und Lebensqualität

Ludwig Maximilian Karlheinz Rauch

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

Vorsitzende(r): Prof. Dr. Ernst J. Rummeny
Prüfer der Dissertation: 1. apl. Prof. Dr. Jan Friederichs
2. Prof. Dr. Andreas Imhoff

Die Dissertation wurde am 06.06.2016 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Medizin am 15.02.2017 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Verzeichnis der Abkürzungen	4
1. Einleitung	5
1.1 Normale Geometrie, Funktion und Anatomie der unteren Extremität	8
1.1.1 Anatomie	8
1.1.2 Geometrie	11
1.1.2.1 Mechanische Achse	11
1.1.2.2 Anatomische Achse	13
1.1.2.3 Bestimmung des Ortes der Deformität in der Frontalebene	13
1.1.2.4 Bestimmung des Ortes der Deformität in der Sagittalebene	16
1.1.3 Funktion	16
1.2 Posttraumatische Fehlstellungen	18
1.3 Operationsverfahren.....	22
1.3.1 Historie	22
1.3.2 Standardoperationsverfahren.....	23
1.4 Problemstellung.....	33
2. Material und Methodik	34
2.1 Ein- und Ausschlusskriterien	34
2.2 Patientenkollektiv	35
2.3 Datenerfassung	36
2.3.1 Erhobene Patientendaten	36
2.4 Angewandte Operationsverfahren	37
2.4.1 Präoperative Planung	37
2.4.2 Operationstechnik	37
2.5 Radiologische Auswertung	41
2.5.1 Vermessungstechnik.....	41
2.5.2 Digital.....	44
2.5.3 Manuell	44
2.6 Fragebögen.....	45
2.6.1 SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand	45
2.6.2 Oxford Knee Score	52
2.6.3 Fragebogen mit zusätzlichen Fragen	54
3. Ergebnisse	56
3.1 Patientenkollektiv	56
3.2 Röntgenauswertung	61
3.3 Nachsorgeauswertung.....	66

3.3.1 Fragebogen SF-36.....	66
3.3.2 Oxford-Knee-Score	69
3.3.3 Fragebogen mit zusätzlichen Fragen	71
3.4. Korrelation der Röntgenauswertung mit der Nachsorgeauswertung	79
3.6.1 Frontalebene.....	79
3.6.2 Sagittalebene.....	80
3.6.3 Korrekturscore	81
3.5 Besonderheit Knie-TEP	83
3.6 Zusammenfassung.....	87
4. Diskussion.....	89
4.1 Ergebnisse	89
4.1.1 Gesamtkollektiv von 73 Patienten	89
4.1.2 Subkollektiv: keine Endoprothese im Verlauf	90
4.1.3 Subkollektiv: Endoprothese im Verlauf.....	91
4.2 radiologische Kriterien	93
4.3 Arthroskopie präoperativ	94
4.4 Kritikpunkte an der Studie	95
4.4.1 Mängel in der radiologischen Diagnostik.....	95
4.4.2 Fragebögen	96
4.5 Lösungsvorschläge für weitere Studien	97
4.6 Literatur (Vergleich).....	97
Zusammenfassung	101
Dankvermerk.....	103
Literaturverzeichnis.....	104
Abbildungsverzeichnis.....	109
Tabellenverzeichnis.....	112
Lebenslauf.....	114

Verzeichnis der Abkürzungen

mLDFW	mechanischer lateraler distaler Femurwinkel
aLDFW	anatomischer lateraler distaler Femurwinkel
GSW	Gelenkspaltwinkel
MPTW	medialer proximaler Tibiawinkel
MAD	mechanical axis deviation
PPTW	posteriorer proximaler Tibiawinkel
CORA	Center of rotation and angulation
UKM	Unfallklinik Murnau
HKZ	Hüftkopfzentrum
OSGZ	Oberes Sprunggelenkszentrum
KGZ	Kniegelenkszentrum
OKS	Oxford-Knee-Score
MdE	Minderung der Erwerbstätigkeit
TEP	Total-Endo-Prothese

1. Einleitung

Die Bedeutung der Beinachse für die Entwicklung unikompartimenteller degenerativer Knorpelschäden ist lange bekannt (Maquet 1977). Nach einem Trauma der unteren Extremitäten geht oft die individuelle physiologische Geometrie verloren. Somit verändern sich auch die Belastungsverhältnisse. Dies kann bei stark einseitiger Belastung und unphysiologischen Scherkräften schon früh zu einer Arthrose der betreffenden Gelenke führen. In epidemiologischen Untersuchungen ließ sich nachweisen, dass eine Achsfehlstellung in der Frontalebene die Entstehung einer Arthrose im korrespondierenden Gelenkabschnitt begünstigt. Sofern eine Schädigung eintrat, war die Arthrose um den Faktor 10-40 schneller progredient als im Vergleichskollektiv mit normaler Achsenausrichtung (Sharma 2001; Sharma 2010).

Dies hatte man schon vor langer Zeit erkannt und deswegen auch schon im 18. Jahrhundert begonnen, durch Osteotomien die ursprüngliche Traglinie des Gelenks wiederherzustellen, um damit eine gleichmäßigere Verteilung der Belastung im Gelenk zu erreichen. Das Ausmaß der Achsverschiebung der mechanischen Traglinie korreliert direkt mit einer messbaren Reduktion des Knorpeldrucks (Agneskirchner, Hurschler et al. 2007). Vereinzelt Osteotomien sind bereits um die Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert dokumentiert, wobei es sich tatsächlich nur um wenige, zudem im zeitgenössischen Schrifttum nicht unumstrittene Fälle handelt. Mit der klinischen Anwendung der Osteotomie ist der Name von Joseph Anton Mayer in Würzburg verbunden, der 1839 die erste Keilexzision beim Genu valgum adolescentium (rachiticum) vornahm, wohlgemerkt damals noch ohne Narkose (Rüttimann 2000).

Unverändert stellen Korrekturingriffe bei posttraumatischen Achs-, Torsions- und Längenabweichungen einen bedeutsamen Teil der operativen Sekundäreingriffe in der Unfallchirurgie dar. Diesen Fehlheilungen vorausgehen können im Rahmen der Frakturbehandlung sowohl konservative als auch operative Maßnahmen. Im Vordergrund

stehen Folgezustände nach schweren Gelenkfrakturen sowie Defekt- und Trümmerfrakturen. Ob einer Achsabweichung eine pathologische Bedeutung zukommt und sie damit korrekturbedürftig ist, hängt von ihrem Ausmaß, aber auch von ihrer Lokalisation ab. Dies sollte Veranlassung sein, den Begriff des Achsfehlers zu vermeiden, zumal in einigen Regionen der unteren Extremität nur minimale Diskrepanzen zur Notwendigkeit einer Korrektur führen können. Die Indikation zum Korrektureingriff ergibt sich hierbei nicht allein aus der isolierten Achsabweichung, sondern vielmehr aus deren Auswirkungen auf die gesamte Extremität. Berücksichtigung müssen weiterhin die intraindividuellen Normvarianten finden. Die Kenntnis der physiologischen Achsverhältnisse ist Voraussetzung für die Indikation und Planung (Kortmann, Böhm et al. 2008).

Durch korrigierende Osteotomien soll der Zeitpunkt der möglichen endoprothetischen Versorgung möglichst lange hinausgezögert werden. Eine Beinachsenkorrektur ist prinzipiell aus zwei unterschiedlichen Gründen indiziert. Zum einen wird die präarthrotische Deformität korrigiert. Ziel dieser Korrektur ist – neben dem kosmetischen Aspekt – die Herstellung einer physiologischen Beinachse als Arthroseprävention. Denn werden die Gelenke gerade belastet, d.h. unter physiologischen / anatomischen Gelenkwinkeln, treten weniger Scherkräfte auf. Ist bereits eine Arthrose vorhanden, ist das Korrekturziel bei der varischen Deformität eine leichte Überkorrektur, um das arthrotisch veränderte Kniegelenkskompartiment zu entlasten (Pfeil 2005; Agneskirchner, Hurschler et al. 2007; Brinkman 2008). Bei Valguskorrekturen genügt es, die Traglinie auf den physiologischen Schnittpunkt zu bringen (44% des Gesamtdurchmessers der proximalen Tibia auf Höhe der Subchondralplatte) (Lobenhoffer 2008; Freiling 2010). Vereinzelt gibt es sogar Hinweise auf eine strukturelle Erholung durch Knorpelregeneration oder radiologisch erkennbare Spongiosierung der subchondralen Sklerosezone. Sprenger und Doerzbacher berichteten 2003 von einer 90-prozentigen Überlebensrate der Osteotomien (bis zum Einbau einer Kniegelenksprothese) bei Varusgonarthrose nach zehn Jahren bei unter 60-jährigen Patienten, wenn der Valguswinkel ein Jahr post-OP zwischen 8° und 16° betrug (Sprenger

and Doerzbacher 2003). Eine multizentrische Nachuntersuchung von Tibiakopfoosteotomien mit dem winkelstabilen Tomofix-System (533 Patienten, 3 bis 5 Jahre Nachuntersuchungszeit) ergab auch bei Patienten über 60 Jahren sehr gute Ergebnisse und keine Differenzen zu jüngeren Altersgruppen (Floerkemeier 2013). In einer Metaanalyse von 24 Publikationen mit 2255 Fällen kamen Bonnin und Chambat auf eine 10-Jahres-Überlebensrate bis zum Einbau einer Prothese von 85,5% (Bonnin and Chambat 2004). Auch sie stellten fest, dass der postoperative korrigierte Winkel das entscheidende Kriterium für das Langzeitergebnis darstellt. Bei einer mechanischen femorotibialen Achse zwischen $179 - 184^\circ$ zeigten sich 96% der Patienten subjektiv zufrieden bis sehr zufrieden. In einer Multicenterstudie der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese (AO) mit 369 Patienten, die sich einer Tibiaosteotomie unterzogen, waren die funktionellen Scores (Oxford-Scores, etc.) nach durchschnittlich 3,5 Jahren bei durchschnittlich 51,6 von 60 Punkten. Diese Werte liegen deutlich über den Ergebnissen nach endoprothetischer Versorgung mit unikondylären Schlitten (Hofmann, Lobenhoffer et al. 2009).

In der Planung und auch Auswertung einer Osteotomie werden heute röntgenologisch Ganzbeinstandaufnahmen angefertigt, in denen man die Achsverhältnisse vermessen kann und so den Operationserfolg anhand der Wiederherstellung der Ausgangssituation, wobei man sich an der kontralateralen, gesunden Extremität und den Normwerten orientiert, bewertet (Strecker 1997). Dabei sollte berücksichtigt werden, dass dieser röntgenologische Befund nicht immer mit dem klinischen Befund des Patienten korreliert. Nicht selten findet sich eine Diskrepanz zwischen guten klinischen Verläufen und verschlechterten radiologischen Befunden (Schultz 1999).

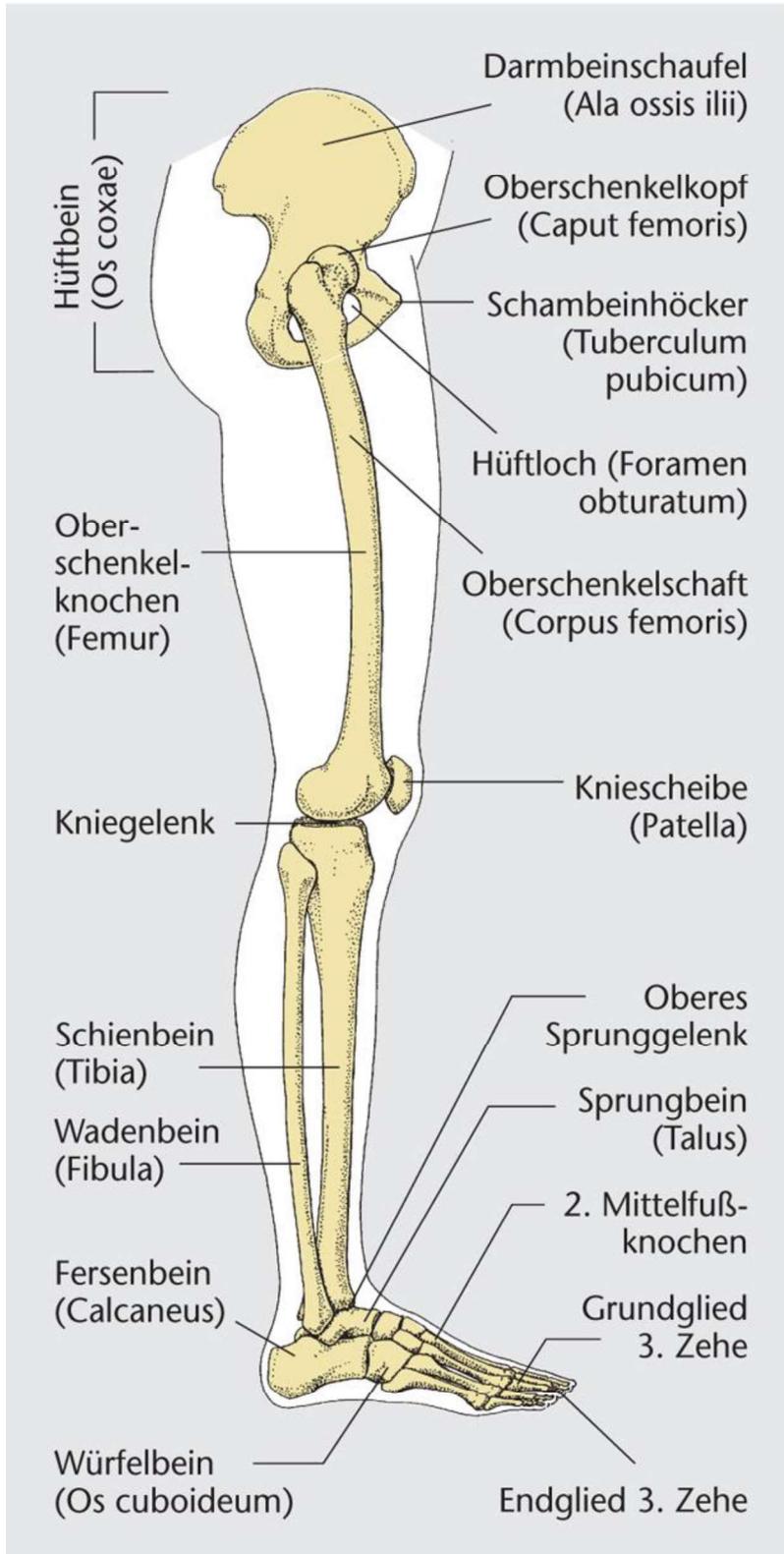
Das Ziel dieser Arbeit war es deshalb retrospektiv die an der BG Unfallklinik Murnau durchgeführten kniegelenknahen Osteotomien zur Korrektur posttraumatischer Fehlstellungen radiologisch auszuwerten und sie in Relation zum klinischen Verlauf zu setzen.

1.1 Normale Geometrie, Funktion und Anatomie der unteren Extremität

Bei einer posttraumatischen Fehlstellung gehen wir im Gegensatz zur kongenitalen Fehlstellung davon aus, dass ein zuvor gesundes Bein durch ein traumatisches Ereignis geschädigt wurde. Das Ziel ist die Wiederherstellung der normalen Beinachse, wobei man sich in der Regel am nicht- betroffenen Bein und den Normwerten orientieren kann. Sollten zusätzliche Zeichen einer Arthrose oder prä-Arthrose bestehen, muss das Ausmaß arthroskopisch überprüft werden und ggf. die Indikation hinterfragt oder eine Überkorrektur durchgeführt werden (Schultz 1999).

1.1.1 Anatomie

Die untere Extremität setzt sich aus dem Becken (Pelvis), Oberschenkel (Femur), dem Unterschenkel, welcher wiederum aus Schien- und Wadenbein besteht (Tibia und Fibula) und dem Fuß (Pedis) zusammen. Die Knochen sind durch Gelenke verbunden. Neben dem Hüftgelenk, welches das Becken (Pelvis) mit dem Femur verbindet, finden wir zwischen Femur und der Tibia das Kniegelenk. Im oberen Sprunggelenk ist die Tibia mit dem Fuß bzw. mit dem Sprungbein (Talus) verbunden.

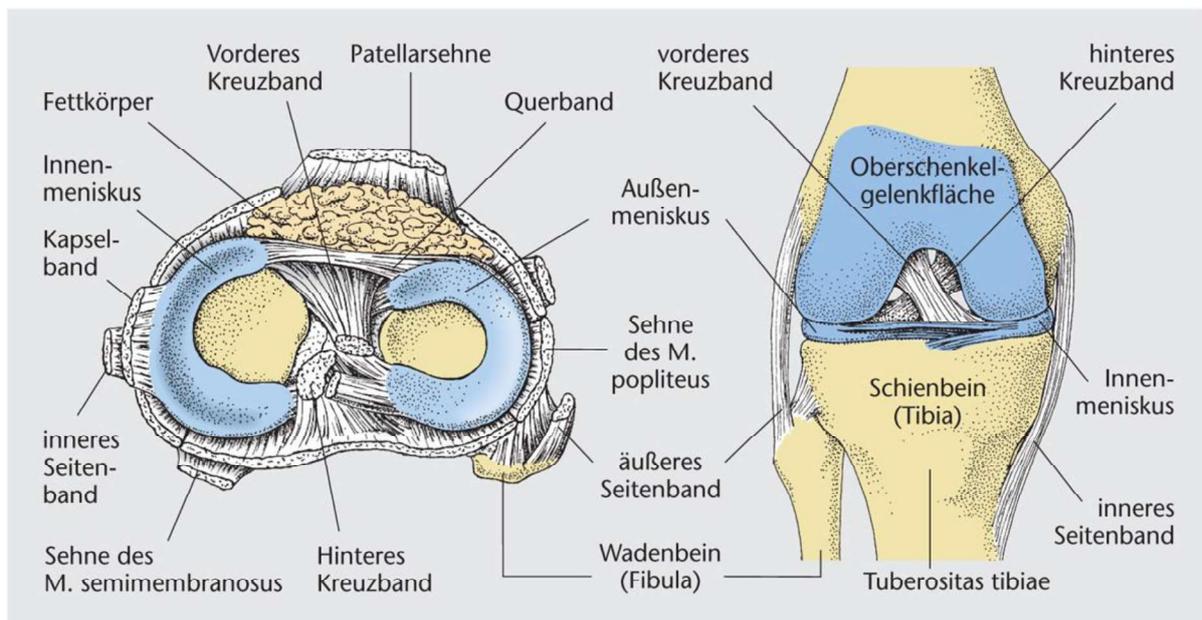


Mensch Körper Krankheit, 4. Aufl.; Biologie Anatomie Physiologie, 5. Aufl.
© Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München

ABB. 1: KNÖCHERNER AUFBAU DER UNTEREN EXTREMITÄT VON DER SEITE

Das Kniegelenk ist die gelenkige Verbindung zwischen Oberschenkelknochen (Femur), Schienbein (Tibia) und Kniescheibe (Patella).

Das distale Ende des Femur weist drei Gelenkflächen auf, zwei für die Tibia auf dem Condylus medialis und lateralis und eine für die Kniescheibe (Facies patellaris). Zwischen den beiden Kondylen ist dorsal der Knochen zu einer tiefen Grube (Fossa intercondylaris) ausgespart. Sie nimmt die Kreuzbänder auf. Am proximalen Ende der Tibia stehen den beiden Femurkondylen zwei recht flache Gelenkflächen (Condylus medialis und lateralis) der Tibia gegenüber. Zwischen den beiden Tibiakondylen bleiben Befestigungsstellen für die beiden kräftigen Kreuzbänder frei von Gelenkknorpel (Eminentia intercondylaris). Die Patella ist als größtes Sesambein in die Sehne des M. quadriceps femoris eingelagert, die zwischen Patella und Tibia als Ligamentum patellae bezeichnet wird.



Mensch Körper Krankheit, 4. Aufl.; Biologie Anatomie Physiologie, 5. Aufl.
© Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München

ABB. 2: BLICK AUF DAS ERÖFFNETE RECHTE KNIEGELENK VON OBEN UND VON VORNE

Nach den überknorpelten Gelenkflächen kann man das Kniegelenk in drei Teilgelenke gliedern. Das mediale Femorotibialgelenk zwischen den medialen Kondylen von Femur und Tibia, das laterale Femorotibialgelenk zwischen lateralen Kondylen von Femur und Tibia und

das Femoropatellargelenk zwischen Patella und ihrer Führungsrinne im Femur. Auf den beiden Gelenkflächen der Tibia liegen die Menisken. Diese Faserknorpel-Halbringe sind mit kräftigen Bändern in der Mitte zwischen den beiden Gelenkflächen verankert und auf der Seite mit der Gelenkkapsel verwachsen. Sie sind im Querschnitt keilförmig, die hohe Kante liegt außen, die niedrige innen. Die Femurkondylen ruhen jeweils in der Mitte direkt auf den Gelenkflächen der Tibia, peripher auf den Menisken. Diese tragen daher einen wesentlichen Teil der Last (Lippert 2000) (siehe Abb.2).

1.1.2 Geometrie

1.1.2.1 Mechanische Achse

Bei der Vermessung der Beingeometrie werden die anatomischen von den mechanischen Achsen unterschieden (Strecker 1997). Die mechanische Achse der unteren Extremität ist die Linie vom Zentrum des Femurkopfes zur Mitte des Sprunggelenks. Die mechanische Achsabweichung (MAD, mechanical axis deviation) ist die Entfernung vom Zentrum des Kniegelenks zur mechanischen Achslinie. Die mechanische Achse des Femurs ist die Linie vom Zentrum des Femurkopfes zum Zentrum des Kniegelenks. Entsprechend ist die mechanische Achse der Tibia die Linie vom Zentrum des Kniegelenks zum Zentrum des Sprunggelenks.

Die Traglinie des Beines, auch Mikulicz-Linie genannt (nach Dr. Johann Mikulicz, Wien 1850 – 1905), verbindet das Hüftkopfbereich (HKZ) mit dem Zentrum des oberen Sprunggelenks (OSGZ) und lief laut Mikulicz physiologischerweise durch das Kniegelenkszentrum (KGZ) (Mikulicz 1878) (siehe Abb.3). Dies wurde später von Paley widerlegt (Paley 2000).

Die Bedeutung der mechanischen Beinachsen wurde bereits von Mikulicz beschrieben: „Die Druckverteilung auf die Gelenke und damit die Bewegung derselben durch die Belastung sind allein abhängig von der Stellung der mechanischen Achsen und unabhängig vom Verlauf der anatomischen Achsen des Knochens“ (Mikulicz 1878).

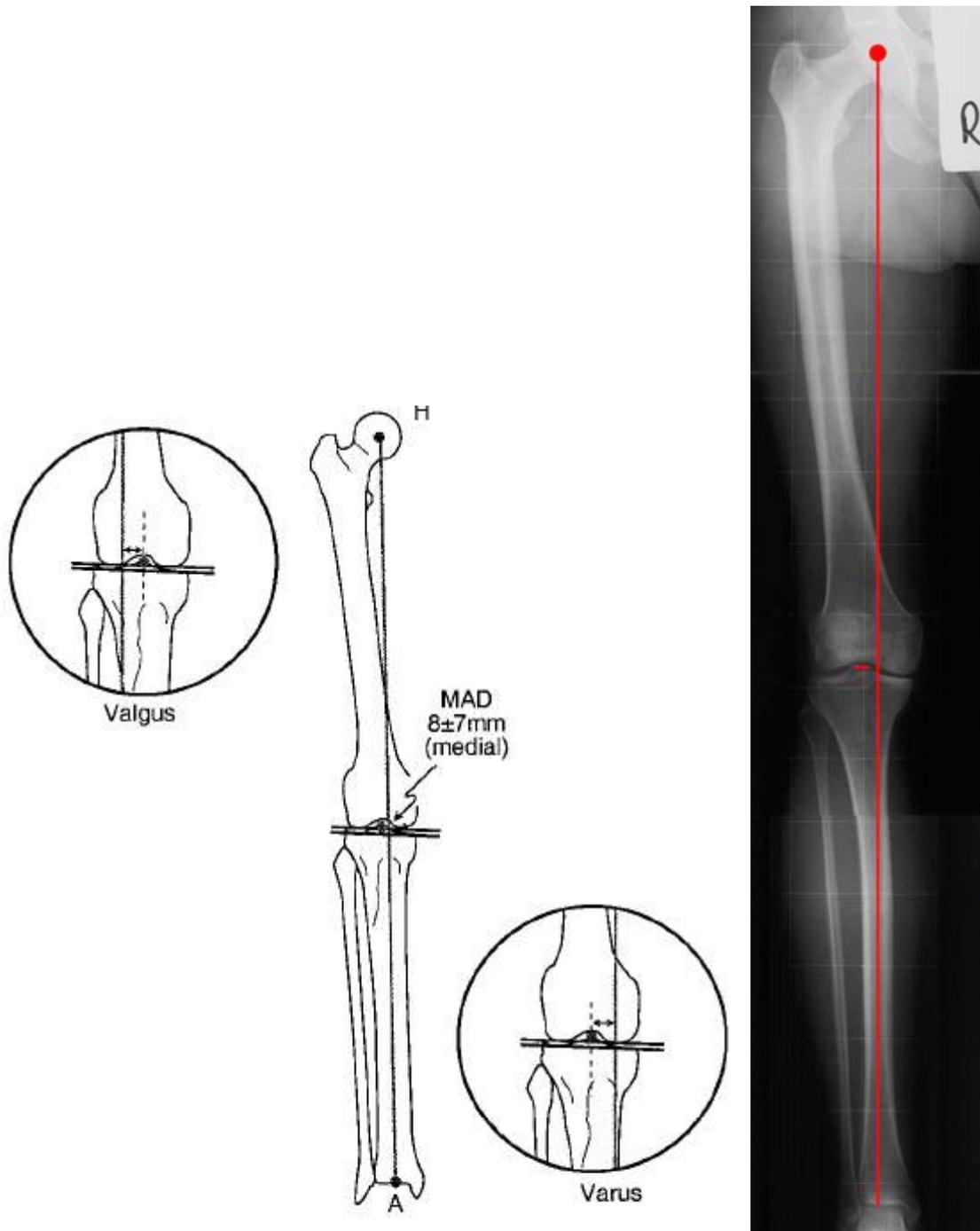


ABB. 3: MIKULICZ-LINIE UND MAD NACH (PALEY 2000) UND (PAPE 2007)

Die mechanische Achsabweichung (mechanical axis deviation, MAD) wird in Millimetern erfasst. Dabei ergibt die laterale Abweichung negative und die mediale Abweichung positive Werte. Den Normwert definierte Paley mit 8 ± 7 mm medial (Paley 2000). Weiter medial ergäbe sich eine Varus-, weiter lateral eine Valgusabweichung.

1.1.2.2 Anatomische Achse

Die anatomische Achse von Femur und Tibia ist die Mittschafflinie des entsprechenden Knochens. In der Tibia liegen mechanische und anatomische Achse parallel und nur wenige Millimeter entfernt voneinander (mit medialer Lage der anatomischen Achse). Im Femur liegt die anatomische Achse $7^\circ (\pm 2^\circ)$ zu der mechanischen Achse (Paley 2000) (siehe Abb.4).

1.1.2.3 Bestimmung des Ortes der Deformität in der Frontalebene

Um die kniegelenknahen Deformitäten zu erfassen, werden definierte Winkel gemessen. Diese werden nach Paley mit 5 Buchstaben abgekürzt (Paley 2000) (siehe Tab.1). Der laterale distale Femurwinkel (LDFW) und der mediale proximale Tibiawinkel (MPTW) werden zwischen den Kniebasislinien und den anatomischen (aLDFW) bzw. den mechanischen (mLDFW) Achsen erfasst (siehe Abb.4).

Der Gelenkspaltwinkel (GSW) wird zwischen der femoralen und tibialen Kniebasislinie erfasst. Die tibiale Kniebasislinie stellt die Verbindungslinie der tiefsten Punkte des Tibiaplateaus dar. Der GSW bildet einen nach lateral offenen Winkel, da der laterale Knorpel an der Tibia etwas dicker ist als medial. Durch Knorpelverlust im medialen/lateralen Kompartiment oder durch laterale/mediale Bandinstabilitäten kann der Gelenkspaltwinkel (GSW) deutlich abweichende Werte annehmen (Hofmann, Lobenhoffer et al. 2009) (siehe Abb.5). Der Gelenkspaltwinkel (auch JLCA - Joint line convergence angle) wird mit $1,75^\circ$ (range $0-3^\circ$) medialer Konvergenz angegeben (Paley 1994) (siehe Abb. 5).

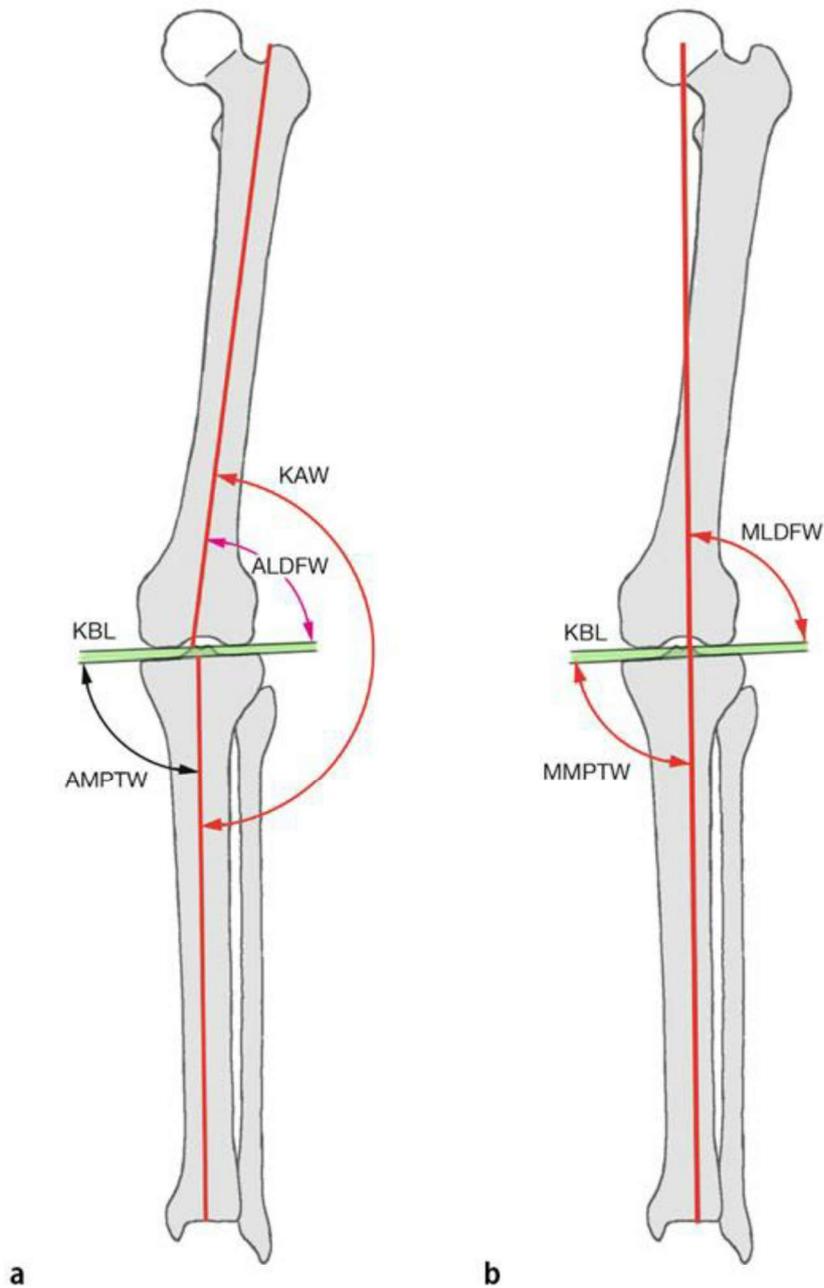


ABB. 4: GELENKWINKEL MECHANISCH UND ANATOMISCH NACH (PETERSEN 2013)

(KAW: Knieaußenwinkel , KBL: Kniebasislinie, ALDFW: anatomischer lateraler distaler Femurwinkel, AMPTW: anatomischer medialer proximaler Tibiawinkel, MLDFW: mechanischer lateraler distaler Femurwinkel, MMPTW: mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel)

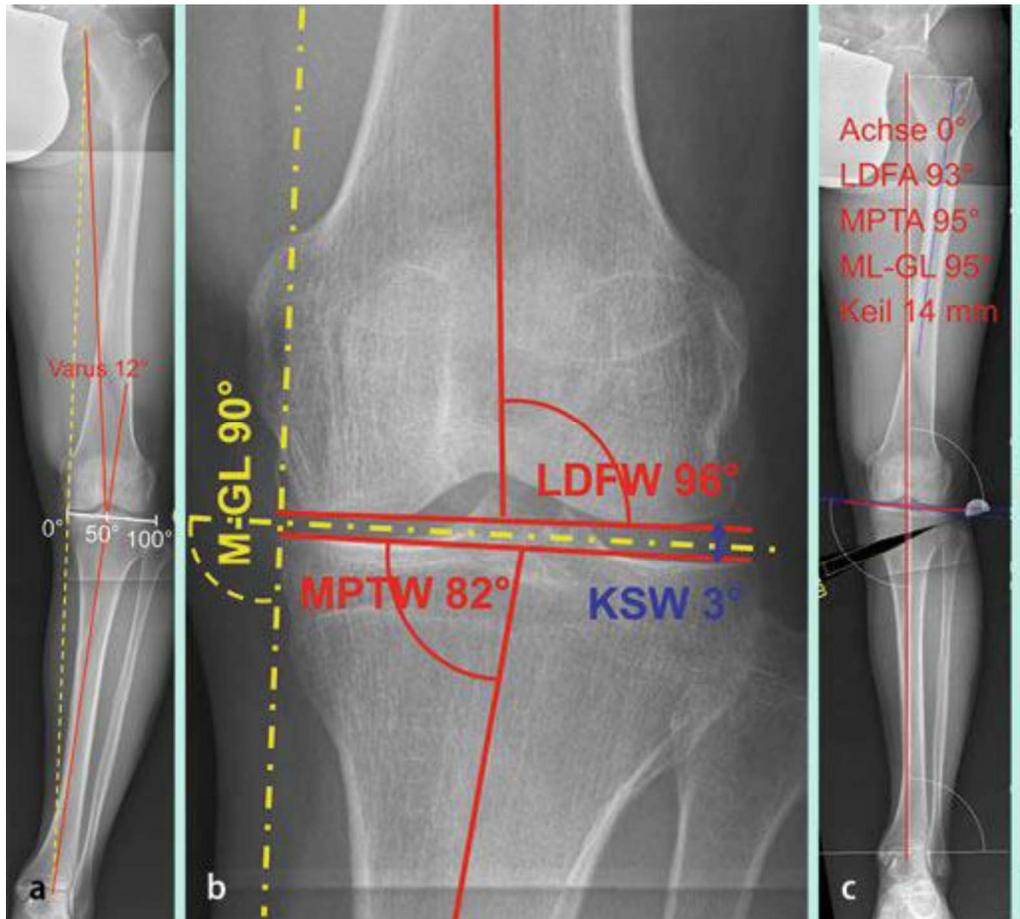


ABB. 5: BESTIMMUNG DES ORTES DER DEFORMITÄT (LDFW & MPTW), DER GELENKLINIE (M-GL) UND DES KNIESPALTWINKELS (KSW) NACH (HOFMANN, LOBENHOFFER ET AL. 2009)

Nach Paley (Paley 2000) werden die Normwerte folgendermaßen definiert:

mLDFW	$87,5^\circ \pm 2,5^\circ$
aLDFW	$80^\circ \pm 3^\circ$
MPTW	$87,5^\circ \pm 2,5^\circ$
MAD	+ 15mm bis -1mm
PPTW	$81^\circ \pm 4^\circ$

TABELLE 1: NORMWERTE NACH PALEY

1.1.2.4 Bestimmung des Ortes der Deformität in der Sagittalebene

Durch ein sagittales Röntgenbild des Kniegelenks wird der posteriore proximale Tibiawinkel (PPTW) zwischen Tibiaachse und tibialer Kniebasislinie erfasst. Dieser dorsale Abfall wird auch als Slope bezeichnet und beträgt 8° .

1.1.3 Funktion

Während im Hüftgelenk als Kugelgelenk eine Bewegung in nahezu alle Richtungen möglich ist, sind beim Kniegelenk als Radwinkelgelenk nur die vier Hauptbewegungen Extension, Flexion und Außen-Innenrotation möglich. Im oberen Sprunggelenk ist als Scharniergelenk die Plantarflexion und Dorsalextension möglich.

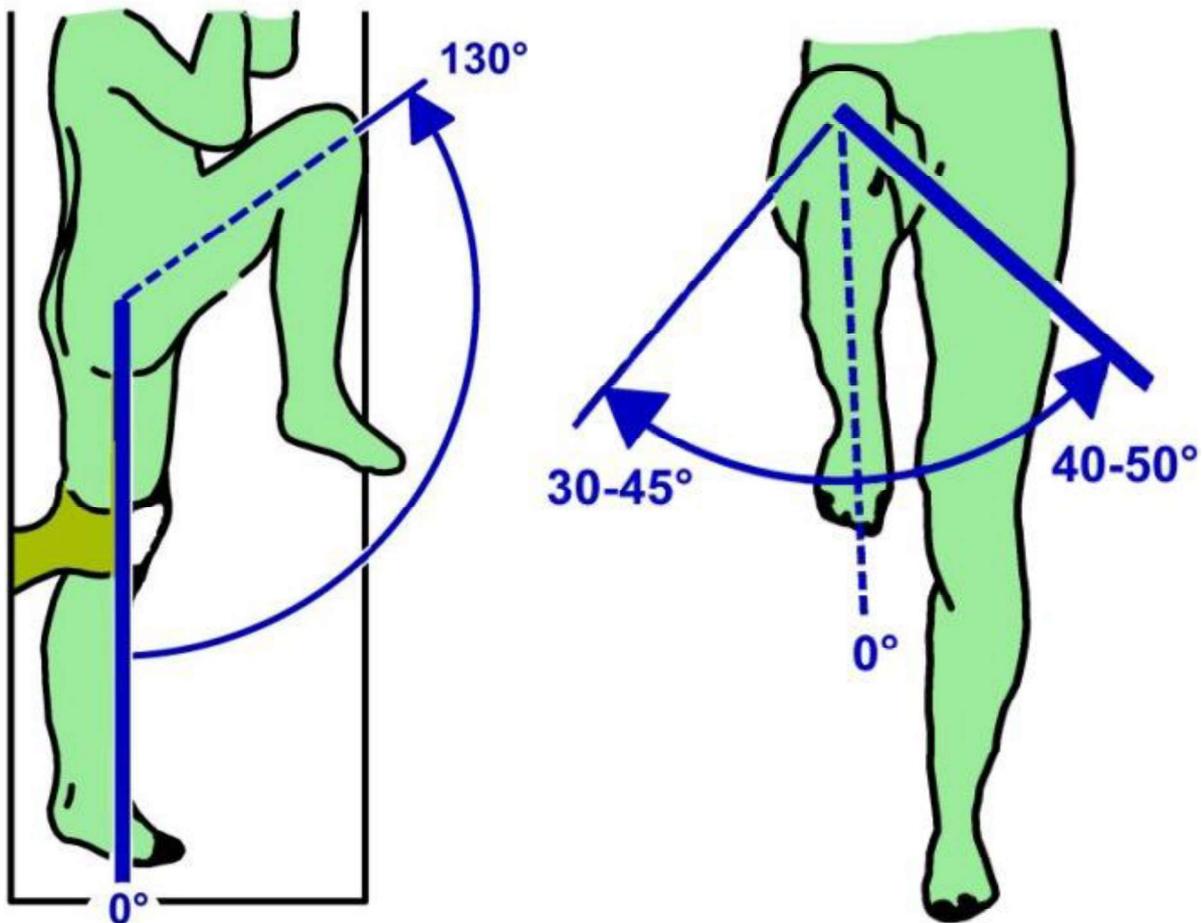


ABB. 6: BEWEGUNGSMAß HÜFTGELENK NACH DER NEUTRAL-NULL-METHODE NACH (JOACHIM)

Die Extension des Hüftgelenks ist bis 10° möglich, die Flexion passiv bis 130° mit Anschlag des Knies an der Brust. Die Abduktion ist bis 40° möglich, die Adduktion bis 30° . Die Außenrotation geht bis 50° , die Innenrotation bis 40° (siehe Abb.6).

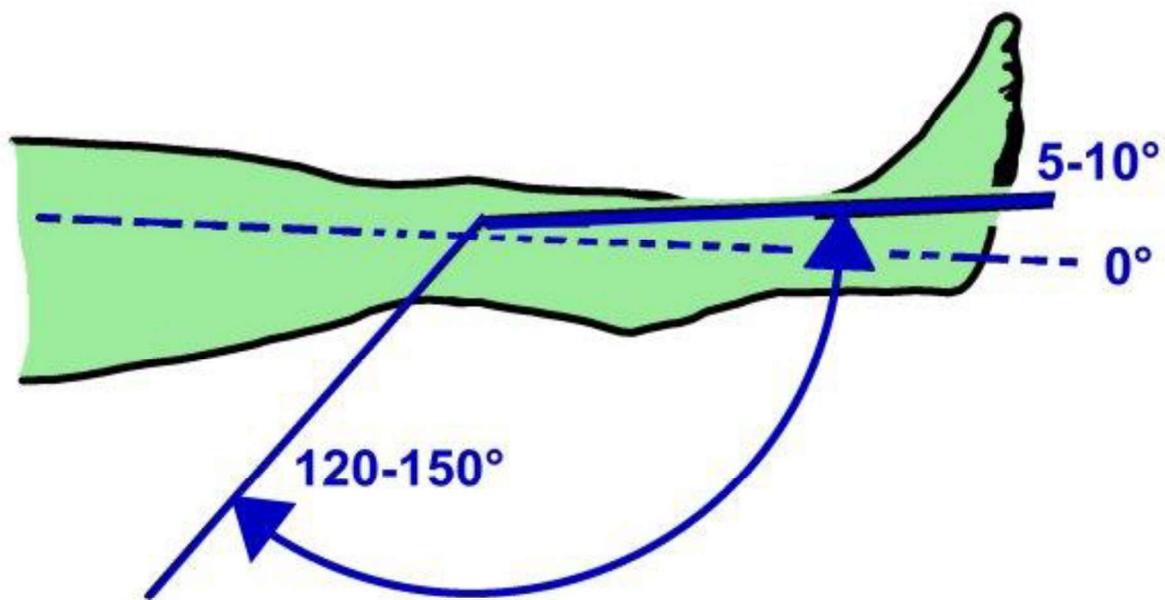


ABB. 7: BEWEGUNGSMAß KNIEGELENK NACH DER NEUTRAL-NULL-METHODE NACH (JOACHIM)

Die Streckung des Kniegelenks führt zum Erreichen der 0° Stellung, die maximale Beugung kann nur passiv erreicht werden und führt durch Anschlag am Gesäß zu einer 160° Stellung (siehe Abb.7).

Eine Rotation des Kniegelenks ist nur in gebeugter Stellung möglich, da in gestreckter Stellung die Kollateralbänder angespannt sind. Die Außenrotation wird mit maximal 30° , die Innenrotation mit maximal 10° angegeben (Lippert 2000).

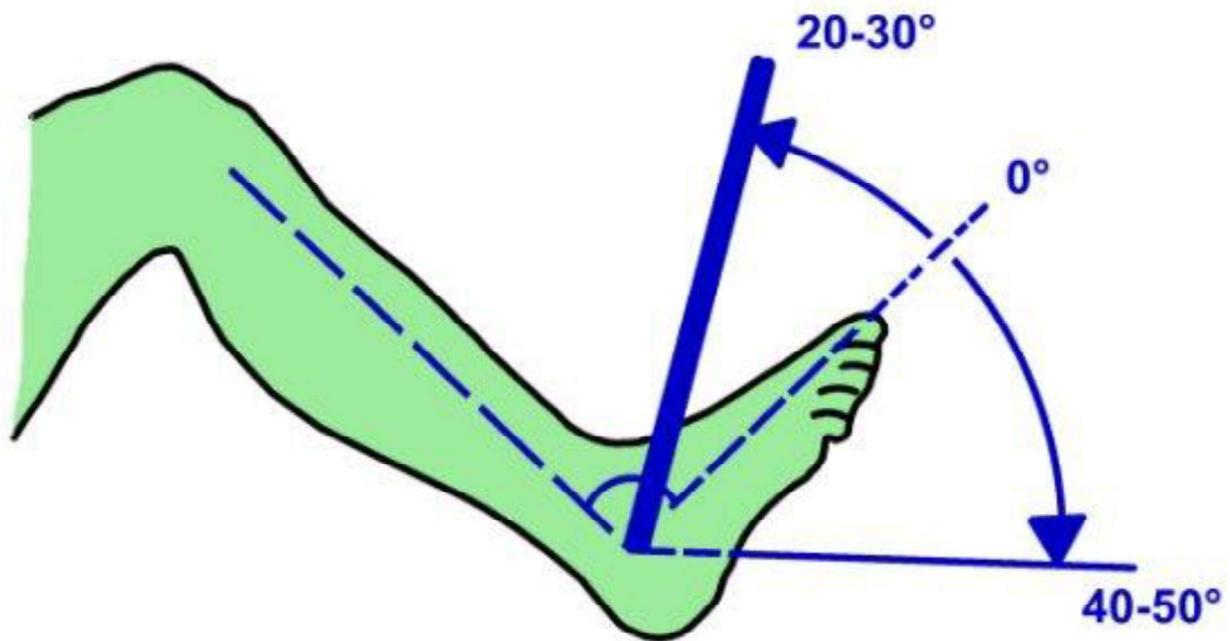


ABB. 8: BEWEGUNGS AUSMAß OBERES SPRUNGGELENK NACH DER NEUTRAL-NULL-METHODE NACH (JOACHIM 2015)

Beim oberen Sprunggelenk ist die Nullstellung durch den rechtwinklig zum Unterschenkel stehenden Fuß definiert. Von hier aus ist die Plantarflexion bis 50° und die Dorsalextension bis 30° möglich (Lippert 2000) (siehe Abb.8).

1.2 Posttraumatische Fehlstellungen

Fehlstellungen nach Gliedmaßenbrüchen können sowohl nach konservativer, als auch operativer Knochenbruchbehandlung auftreten. Dabei sind die Ursachen für die Fehlstellung bei beiden Behandlungsmethoden die gleichen und in einer ungenügenden Bruchereinrichtung oder einer sekundären Verschiebung bei Instabilität zu sehen. Abgesehen von Längenunterschieden, die mitunter aus der Bruchform resultieren, handelt es sich bei Achsabweichungen um Fehlstellungen in der Sagittal- bzw. Frontalebene oder um Verdrehungen in der Längsachse der Gliedmaßen. Nicht selten finden sich kombinierte Fehler in zwei oder drei Ebenen (Rehn 1968). In der Frontalebene unterscheidet man Varus-

und Valgusabweichungen. Bei einer Valgusabweichung steht die Beinachse konvex zur Körperachse, d.h. die Innenknöchel können nicht in Kontakt gebracht werden. Bei einer Varusabweichung steht das Bein konkav zur Körperachse, d.h. die Knie klaffen auseinander und können nicht in Kontakt gebracht werden (siehe Abb.9). In der Sagittalebene unterscheidet man als Fehlstellung die Rekurvation, d.h. die Körperachse nach dorsal ausbiegend und die Antekurvation, d.h. die Körperachse nach ventral ausbiegend. Die Achse der Torsionsdeformität ist vertikal (axial) also senkrecht zur transversen Ebene.

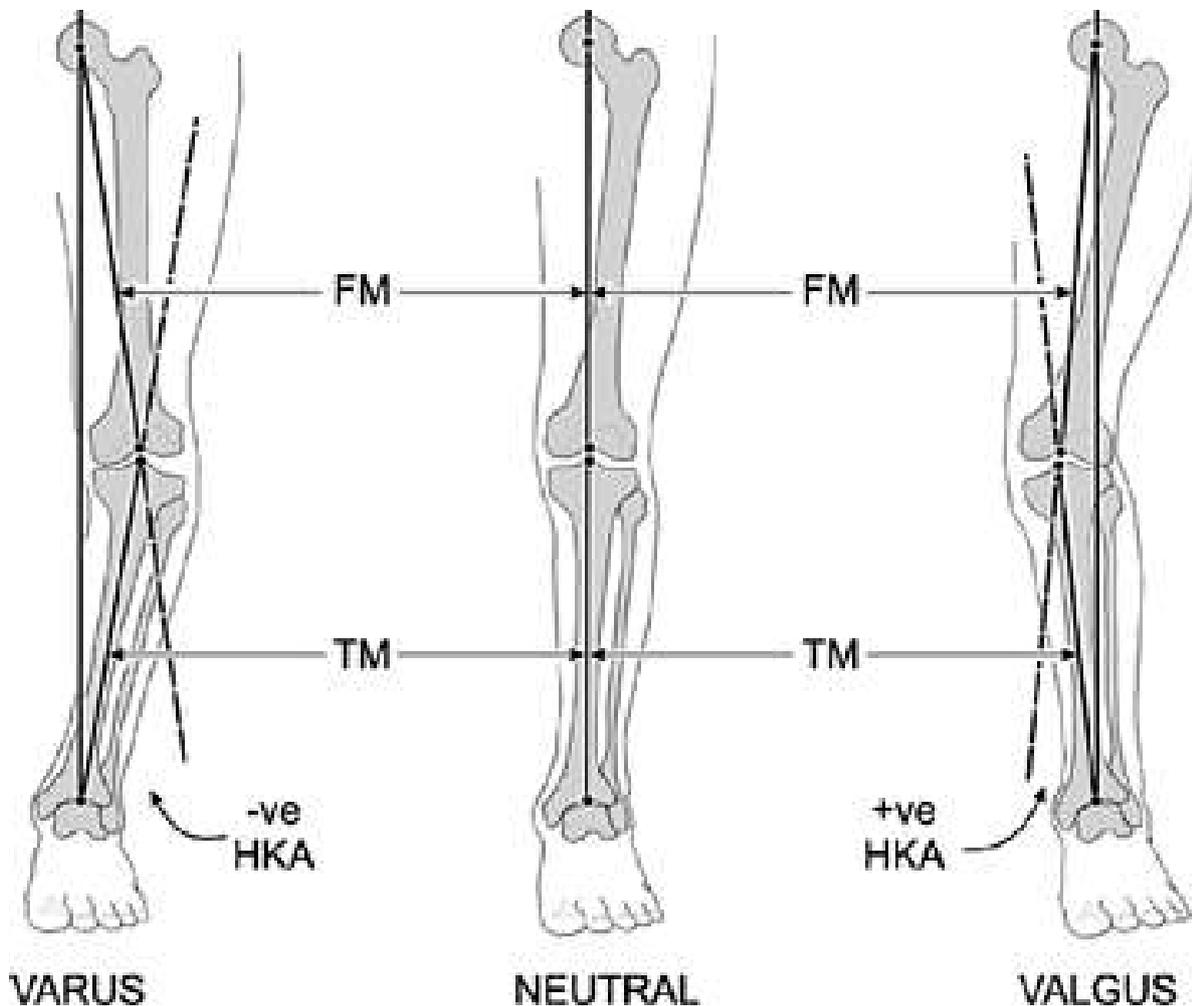


ABB. 9: ACHSFEHLER UNTERE EXTREMITÄT NACH (PIXGOOD.COM 2015)

Die Fehlstellungslokalisation(en) ermittelt man anhand einer gelenkbezogenen Analyse (Paley 2000; Paley 2002). Hierzu werden die physiologischen Achsen vom Hüft-, Knie- und Sprunggelenk sowie am Kniegelenk selbst ermittelt und eingezeichnet. Dies erfolgt meistens mit der häufiger angewandten mechanischen Achsanalyse. Der Schnittpunkt zwischen den physiologischen proximalen und distalen Achsen zeigt den Ort der Fehlstellung. Der Winkel zwischen den Achsen quantifiziert die Fehlstellung (siehe Abb. 10).

Die Indikation zur Korrekturosteotomie ist am Ober- bzw. Unterschenkel im Wesentlichen von folgenden Faktoren abhängig:

- dem Ausmaß der Achsabweichung bzw. Längendiskrepanz
- dem Schweregrad arthrotischer Veränderungen angrenzender Gelenke
- dem Alter des Patienten (wachsendes/ausgewachsenes Skelett)
- dem Allgemeinzustand des Patienten (Weise 2000)

Allgemein kann festgehalten werden, dass sowohl am Femur als auch an der Tibia Varusdeformitäten schlechter toleriert werden als Valgusabweichungen. Die geringsten Kompensationsmechanismen bestehen betreffend der Varusstellung an der distalen Tibia (Kortmann, Böhm et al. 2008). Eine Varusabweichung von mehr als 10° wird allgemein als korrekturbedürftig betrachtet, während ein Valgus von bis zu 15° akzeptiert werden kann. Die Indikation zur Korrekturosteotomie in der Transversalebene besteht für Femur sowie Tibia im Sinne der Torsionsfehlstellung ab einer Innentorsion von 15° und Außentorsion von 20° .

Für die Fehlstellungen in der Sagittalebene liegt die Toleranzgrenze bei 15° (Siebert 1999).

Es muss beachtet werden, dass Fehlstellungen meist in mehreren Ebenen auftreten. Außerdem sollte auch immer eine individuelle Beurteilung nach Gelenkfunktion, z.B. Nulldurchgang erfolgen.

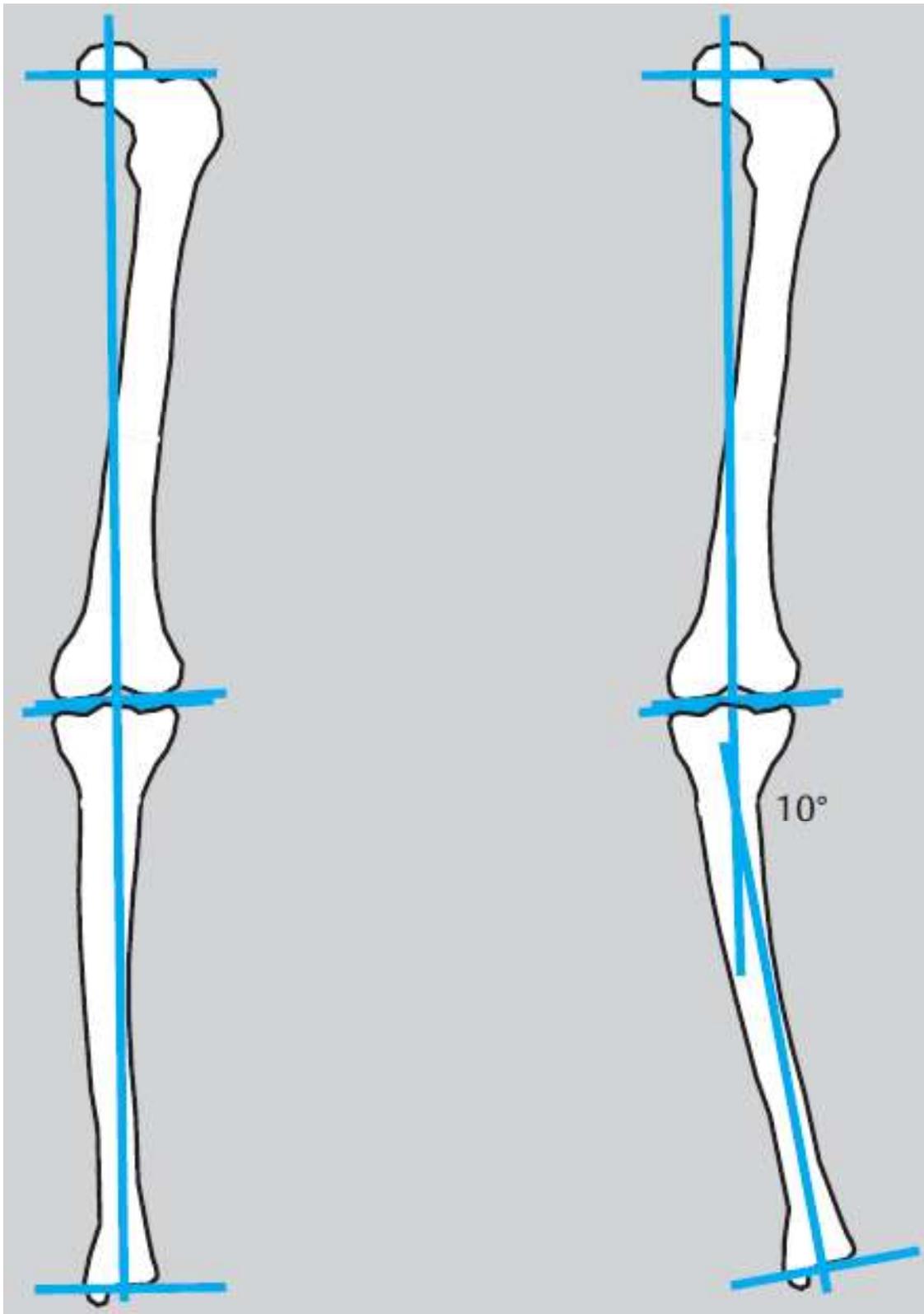


ABB. 10: BEISPIEL EINER AXSENFEHLSTELLUNG TIBIAL ERMITTELT VON 10° NACH (PFEIL 2005)

1.3 Operationsverfahren

1.3.1 Historie

Bereits im Mittelalter hat man versucht, die in Fehlstellung verheilten Frakturen der unteren Gliedmaßen zu korrigieren, wobei man zunächst den Knochen mit den Händen brach, um achsengerechte Verhältnisse wiederherzustellen. Vereinzelt Osteotomien sind bereits um die Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert verzeichnet. Der heute übliche Begriff „Osteotomie“ wurde 1838 von Mayer erstmals geprägt. Das wichtigste Instrument war die Stichsäge, teilweise abgelöst durch die kunstvoll gefertigten Ketten- und bald Scheibensägen, wie sie Bernhard Heine ab 1824 und die Instrumentenmacher in Paris konstruierten (Küper 1983). Bestimmt waren diese neuartigen Knochensägen hervorragend geeignet für anatomische Präparationen, aber auch für größere Operationen wie Resektionen, Amputationen, die Sequesterotomie und die bereits erwähnten Osteotomien. Literatur und Kataloge aus der Zeit gestatten aber keine zuverlässigen Rückschlüsse auf die Verbreitung und Beliebtheit der komplizierten Instrumente (Rüttimann 2000). In stetigem Kampf gegen Wundfieber und Hospitalbrand nahm Bernhard von Langenbeck ab 1852 seine Zuflucht zur subkutanen – heute würden wir sagen perkutanen – Osteotomie, indem er von einer Stichinzision aus mehrere Drillbohrlöcher anlegte, die Kortikalis vom gleichen Zugang aus mit einer kleinen Stichsäge durchtrennte und den Rest des Knochens einbrach (Langenbeck 1854). 1870 besorgte sich Billroth in Wien von einem Bildhauer einen Satz Meißel und fand sie höchst geeignet für eine ganze Reihe verschiedener Knochenschnitte (Billroth 1870). 1894 machte der Geburtshelfer Leonardo Gigli seine Drahtsäge für die laterale Pubotomie bei knöchern eingengtem Geburtskanal bekannt. Sie gestattete ebenfalls den subkutanen Zugangsweg (Gigli 1894).

1.3.2 Standardoperationsverfahren

Heutzutage haben sich vor allem die auf- und zuklappende Osteotomie (open- und closed-wedge) im Bereich der langen Röhrenknochen (Lobenhoffer 2014) und die Dome- oder Schwenkosteotomien bewährt (Baumgart 1997). Der Ort der Osteotomie ist durch den ehemaligen Frakturbereich bzw. genauer nach dem Center Of Rotation of Angulation (CORA) festgelegt. CORA wird bestimmt als Schnittpunkt zwischen der proximalen und distalen Achslinie. Bei Mehretagenfrakturen kann auch eine bilokale Korrektur erforderlich sein (Kortmann, Böhm et al. 2008). Gemäß den Osteotomieregeln nach Paley (Paley 2000) sind folgende Angulationsparameter zu beachten:

1) Ebene der Angulation: Die Stellung der Ebene der Angulation wird in Grad angegeben in der transversen Ebene in Bezug zu ein oder zwei anatomischen Ebenen.

2) Apikale Richtung der Angulation: Die Ebene der Angulation des Scheitels der Deformität wird apikale Richtung genannt. Für jede Ebene der Angulation gibt es 2 Richtungen. Die Angulationsrichtung bezieht sich auf die anatomischen Gegebenheiten: anterior, posterior, medial und lateral, ebenso wie die schrägen Ebenen in den Quadranten; anteromedial, anterolateral, posteromedial und posterolateral.

3) Höhe des Zentrums der Rotation und Angulation (center of rotation of angulation; CORA): Die Höhe der Angulation ist definiert durch die Winkelhalbierende, die durch den Schnittpunkt der proximalen und distalen anatomischen oder mechanischen Achslinie verläuft. Der Schnittpunkt wird als Zentrum der Rotation und Angulation (CORA) bezeichnet. Die Höhe wird gemessen als Abstand des CORA vom proximalen oder distalen Gelenk.

4) Größe der Angulation: Die Größe der Angulation wird gemessen zwischen den proximalen und distalen anatomischen oder mechanischen Achslinien und in Grad angegeben.

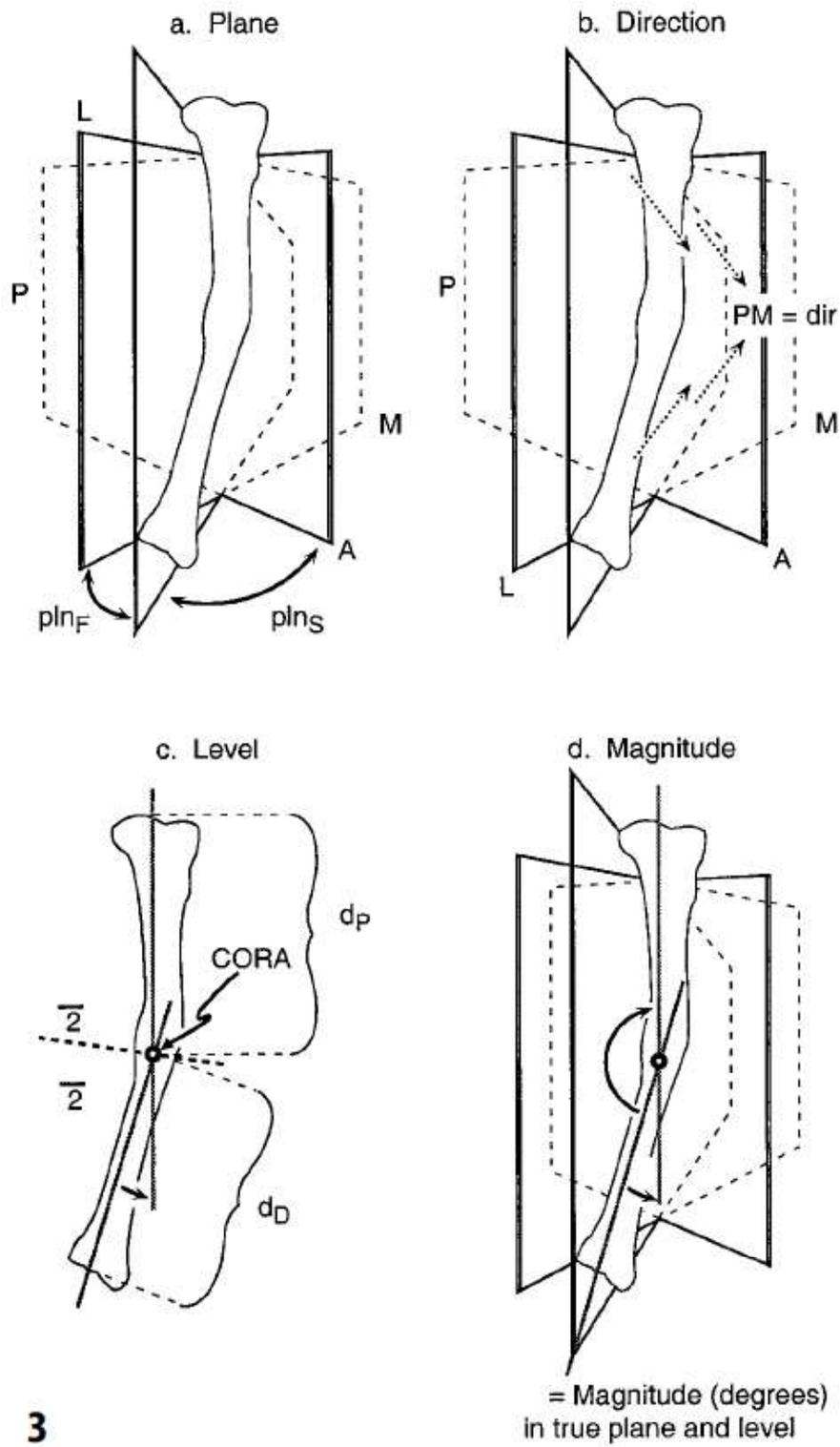


ABB. 11: ANGULATIONSPARAMETER NACH PALEY [9]

Wird eine Osteotomie im CORA durchgeführt, stellt die Angulation die proximale und distale Achse des Knochens vollkommen wieder her (Osteotomieregel 1). Wenn die Osteotomie in einer abweichenden Höhe zu CORA durchgeführt wird, dann führt die Angulation alleine zu einer Translation der proximalen und distalen Achse des Knochens; dann stellt die Angulation mit der Translation die proximale und distale Achse des Knochens wieder her (Osteotomieregel 2). Besteht mehr als ein CORA, dann ist für das komplette Wiederherstellen der mechanischen oder anatomischen Achse eine Osteotomie in Höhe jedes CORA notwendig. Die Höhe des CORA und die Größe der Korrektur sind abhängig von der mittleren Achslinie, die in unterschiedlicher Lage eingezeichnet werden kann. (Osteotomieregel 3) (Paley 2000).

Diese Planung lässt sich softwaregestützt vereinfacht durchführen. Hierzu verwenden wir in unserem Hause die MediCAD® - Software der Firma hectec.

Bei einer Patientin mit in Fehlstellung verheilte distale Femurfraktur links zeigte sich das Bild in Abb. 12. Das digitale Röntgenbild wurde in die MediCAD® Software geladen und es wurden die mechanischen Achsen eingezeichnet um die Fehlstellung als Varusfehlstellung am Femur links zu definieren. Um den Ort der Fehlstellung zu finden (CORA) wurden dann die anatomischen Femurachsen eingezeichnet (Abb. 13). Die proximale und distale Schaftachse schneiden sich im CORA und bilden in diesem Fall einen Winkel von $11,4^\circ$, welcher dem Korrekturwinkel entspricht. Sollte eine Über- oder Unterkorrektur gewünscht sein, kann dieser noch angepasst werden. Anhand dieser Planung wurde die operative Korrekturosteotomie mit Keilentnahme und valgusierender Zuklappung im CORA durchgeführt. Die Reposition wurde mittels intramedullärer Marknagelung fixiert. In der postoperativen Kontrollaufnahme zeigten sich nun physiologische Achswinkel (Abb.14). Mit 3cm Beinlängenausgleich ließ sich ein Beckengeradstand und eine physiologische Beinachse erreichen (Abb. 15).

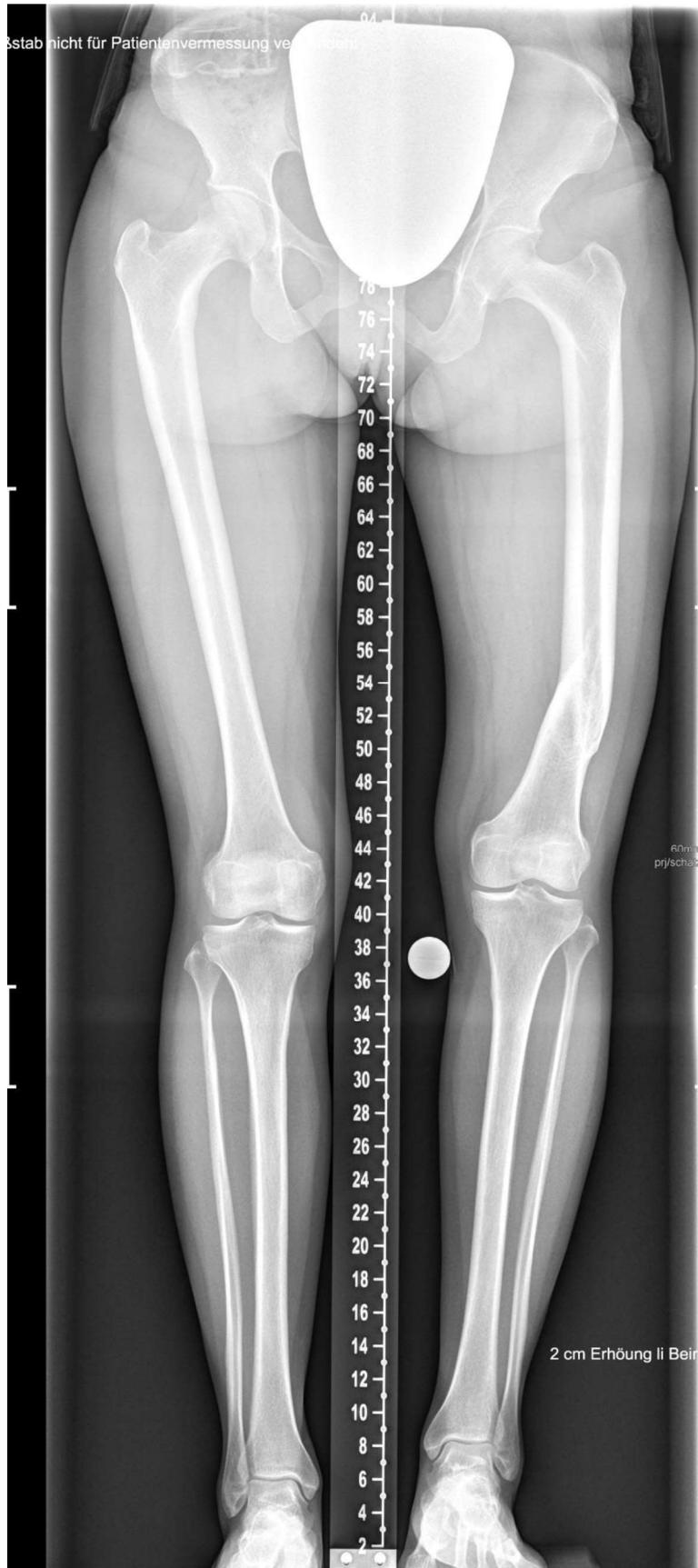


ABB. 12: PATIENTIN MIT POSTTRAUMATISCHER FEHLSTELLUNG

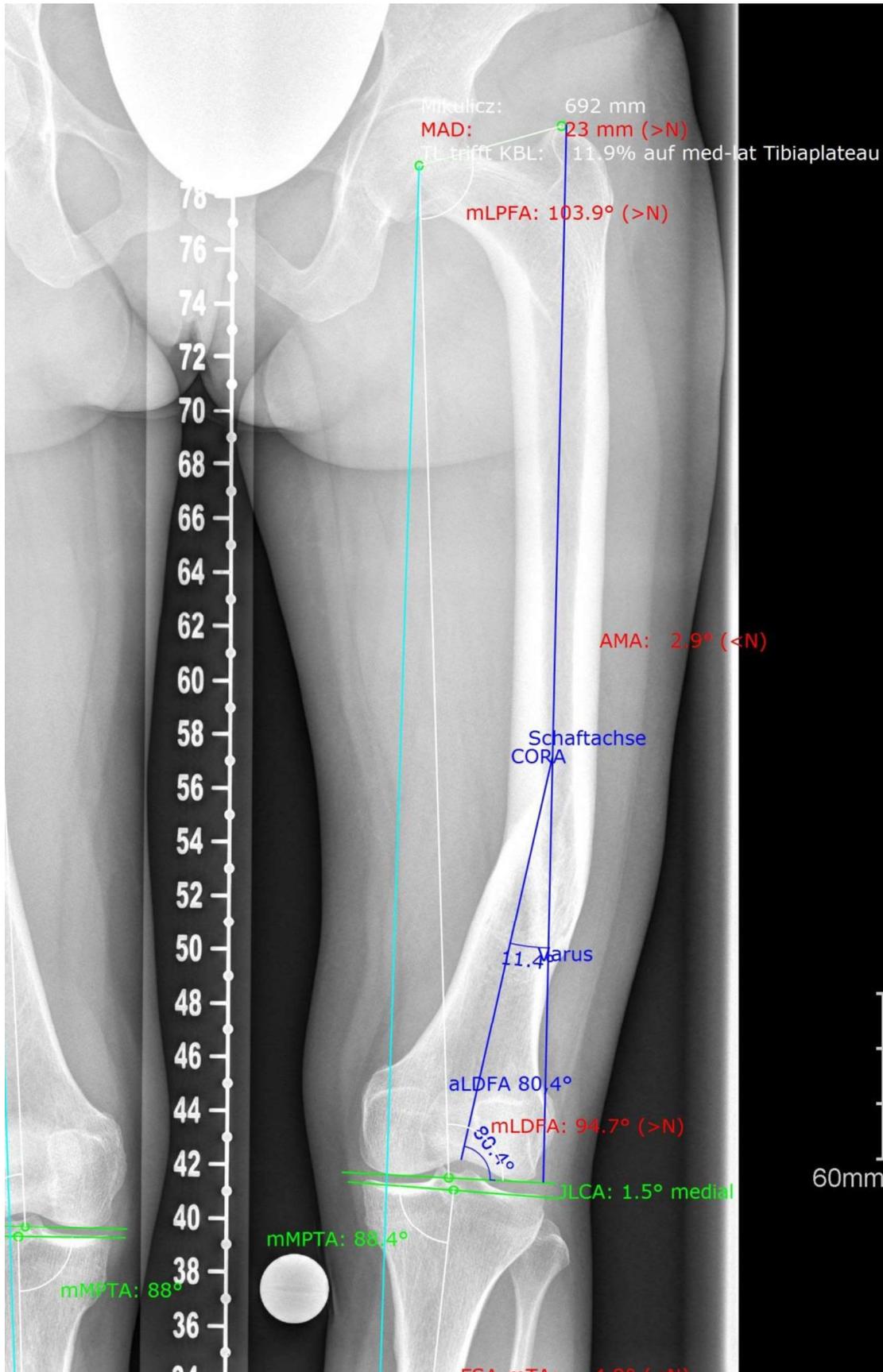


ABB. 13: OSTEOTOMIEPLANUNG UND FESTLEGUNG DES CORA

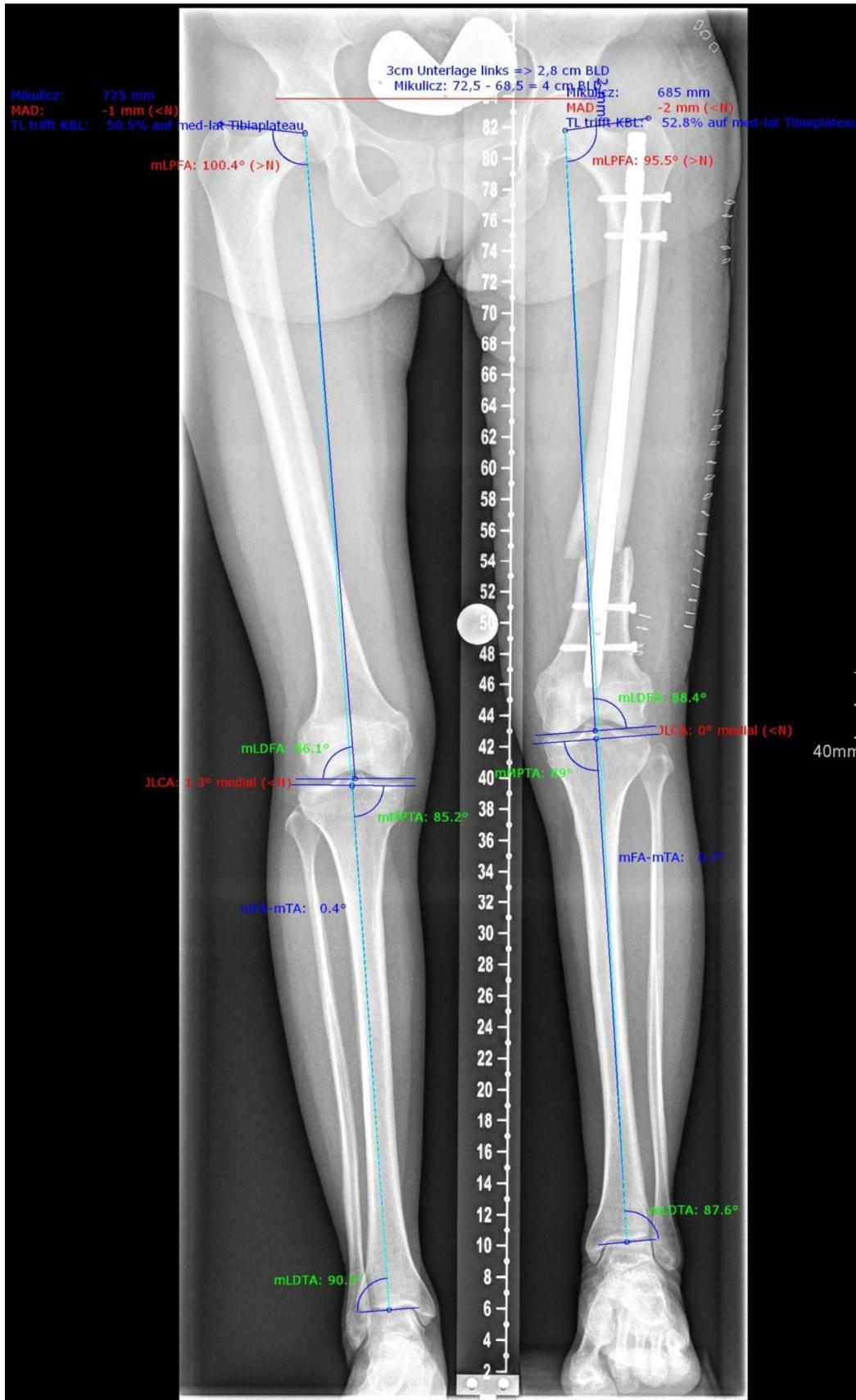


ABB. 14: POSTOPERATIVE AUSMESSUNG ZUR KONTROLLE DES OPERATIONSERGEBNISSES

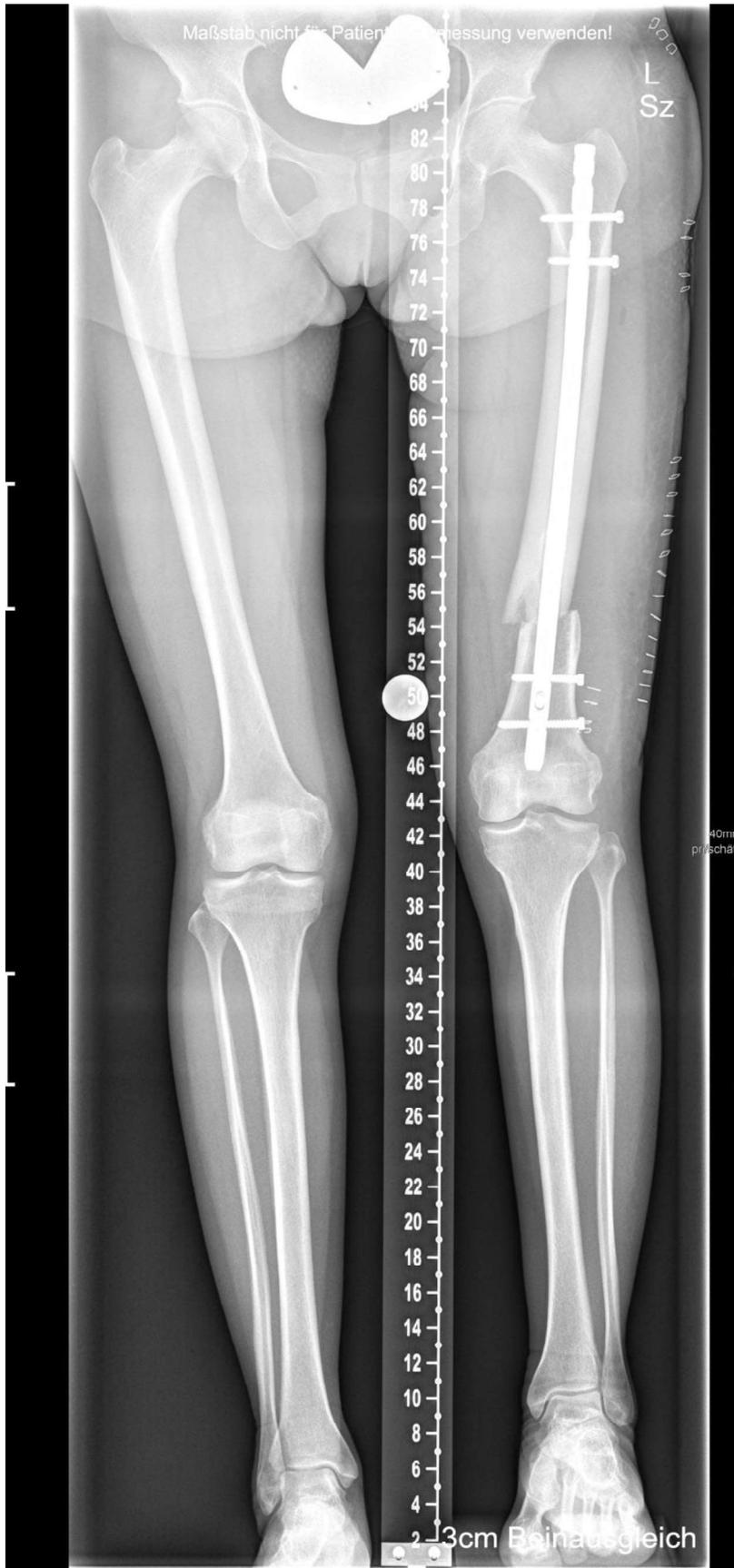


ABB. 15: ERGEBNIS NACH KORREKTUROSTEOTOMIE

Während die domförmigen Osteotomien immer weniger verwendet werden, etablieren sich die open wedge Osteotomie von medial an der proximalen Tibia und die closed wedge Osteotomie von medial am distalen Femur als Verfahren der Wahl bei kniegelenksnahen Achsabweichungen (Van Herwarden 2007; Glombitza and Kortmann 2008; Freiling 2010; Hinterwimmer 2012; Forkel 2013; Lobenhoffer 2014). Die closed wedge Osteotomie an der Tibia von lateral zeigt ein ungünstigeres Risikoprofil. Schädigungen der motorischen Äste für die Extensoren treten in signifikanter Häufigkeit auf, Überkorrekturen und sekundäre Instabilitäten der Osteotomie sind nicht selten und die Deformität nach der Keilentnahme beeinträchtigt den Erfolg einer sekundären Knieprothese (Lobenhoffer 2014). Für die lateral öffnende distale Femurosteotomie wurden vermehrt Heilungskomplikationen und Irritationen des Tractus iliotibialis durch das Osteosynthesematerial beschrieben (Jacobi, Wahl et al. 2011).

Durch die Einführung von winkelstabilen Plattenfixateuren (z.B. TomoFix, Firma Synthes®) können sekundäre Korrekturverluste weitestgehend verhindert werden, sodass der open wedge Variante im Bereich der proximalen Tibia inzwischen eine Vorreiterrolle zugeschrieben wird (Dowd 2006; Amendola 2010; Rossi 2011), manche Autoren bezeichnen sie schon als Goldstandard (Hinterwimmer 2012).



ABB. 16: PRINZIP DER BIPLANAREN OSTEOTOMIE NACH (LOBENHOFFER, AGNESKIRCHNER ET AL. 2004)

Bei einer medialen open wedge Osteotomie werden die hinteren 2/3 des Tibiakopfes quer bis 10 mm vor die laterale Kortikalis durch sägt. Im vorderen Drittel erfolgt eine im 130°-Winkel aufsteigende Osteotomie hinter der Tuberositas tibiae. Beim Öffnen der Osteotomie bleibt hier der Knochenkontakt erhalten. Von besonderer Wichtigkeit ist eine komplette Osteotomie der dorsalen Kortikalis, da andernfalls der Slope beim Aufspreizen der Osteotomie unbeabsichtigt vermehrt wird (Hernigou 2002; Noyes 2005). Die zweite Osteotomieebene beschleunigt die Knochenheilung und verbessert die Stabilität in der Sagittalebene (Lobenhoffer, Agneskirchner et al. 2004) (siehe Abb.16).

Die Osteotomie von medial bietet im Vergleich zur Osteotomie von lateral den Vorteil, dass jede Muskelablösung vermieden und eine intraoperative Anpassung der Korrektur ermöglicht wird. Außerdem ist nur eine Osteotomie erforderlich (Lobenhoffer 2002; Lobenhoffer and Agneskirchner 2003).



ABB. 17: RÖNTGENAUFNAHMEN NACH VALGISIERENDER OPEN WEDGE OSTEOTOMIE NACH (LOBENHOFFER, AGNESKIRCHNER ET AL. 2004)

Die Indikation zur operativen Korrektur wird durch die vom Patienten geäußerten Beschwerden, verursacht durch eine Fehlbelastung der angrenzenden Gelenke, bestimmt. Daneben können durch muskuläre Dysbalancen ausgelöste statische Beschwerden des Rumpfskeletts eine Osteotomie erforderlich machen. Je nach Alter stellen auch Fehlstellungen mit vorhersehbaren negativen Folgen der unphysiologischen mechanischen Belastungen der Gelenke schon vor Auftreten von statischen Beschwerden eine Indikation zur operativen Korrektur dar (Strecker 1997).

Somit ist die Indikation zur Korrektur von folgenden Faktoren abhängig:

- dem Ausmaß der Achs- und Torsionsabweichung bzw. Längendiskrepanz
- dem Schweregrad arthrotischer Veränderungen angrenzender Gelenke
- dem Alter des Patienten (wachsendes/ausgewachsenes Skelett)
- dem Allgemeinzustand des Patienten (Kortmann, Böhm et al. 2008)
- dem Wunsch des Patienten

1.4 Problemstellung

Vor einer Umstellungsosteotomie werden die Achsverhältnisse der unteren Extremität vermessen, um eine exakte Planung durchführen zu können. Ziel der Osteotomie bei rein traumatisch verursachten Fehlstellungen ohne degenerativen Veränderungen ist die Wiederherstellung der physiologischen Achsverhältnisse, wobei man sich meist am gesunden Bein orientieren kann.

Ziel der vorliegenden Arbeit war die Bestätigung, dass eine exakt durchgeführte Korrekturosteotomie nach radiologischen Kriterien direkte entsprechende Auswirkungen auf die Lebensqualität oder die Funktion hat.

Vermutlich würde ein schlechtes radiologisches Ergebnis, also nicht normgerechte Achsverhältnisse nach der OP, zu einer schlechteren Funktion und einer schlechteren Lebensqualität führen. Das Gegenteil könnte für gute radiologische Ergebnisse vermutet werden.

Die Nullhypothese lautet also, dass kein kausaler Zusammenhang zwischen dem radiologischen Ergebnis nach der OP, also den Achsverhältnissen, und der Lebensqualität des Patienten sowie der Funktion der unteren Extremitäten besteht.

2. Material und Methodik

2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

In die Studie wurden alle Patienten eingeschlossen, die folgende Einschlusskriterien erfüllten:

- posttraumatische Achsfehlstellung der unteren Extremität
- Alter > 18 Jahre
- vorliegende Einwilligung
- vollständige Akte
- Umstellungsosteotomie im Bereich Femurschaft, distales Femur, proximale Tibia, Tibiaschaft (kniegelenknah)
- behandelt in der BG Unfallklinik Murnau zwischen 2001 – 2007

Ausschlusskriterien waren:

- reine Verlängerungsosteotomie
- isolierte Torsionsfehlstellungen
- fehlende Fragebögen
- Amputation im Verlauf
- Arthrodesese im Verlauf

2.2 Patientenkollektiv

Das Gesamtkollektiv betrug nach oben genannten Ein- und Ausschlusskriterien 73 Patienten. Von diesen Patienten waren 53 männlich und 20 weiblich. Das Alter zum OP-Zeitpunkt lag bei den Männern zwischen 19 und 70 Jahren mit einem Mittelwert von 42 Jahren. Bei den Frauen zwischen 19 und 74 Jahren mit einem Mittelwert von 51 Jahren. Insgesamt lag der Altersmittelwert bei 45 Jahren.

Bei 26 Patienten war das linke Bein betroffen, bei 47 Patienten das rechte Bein.

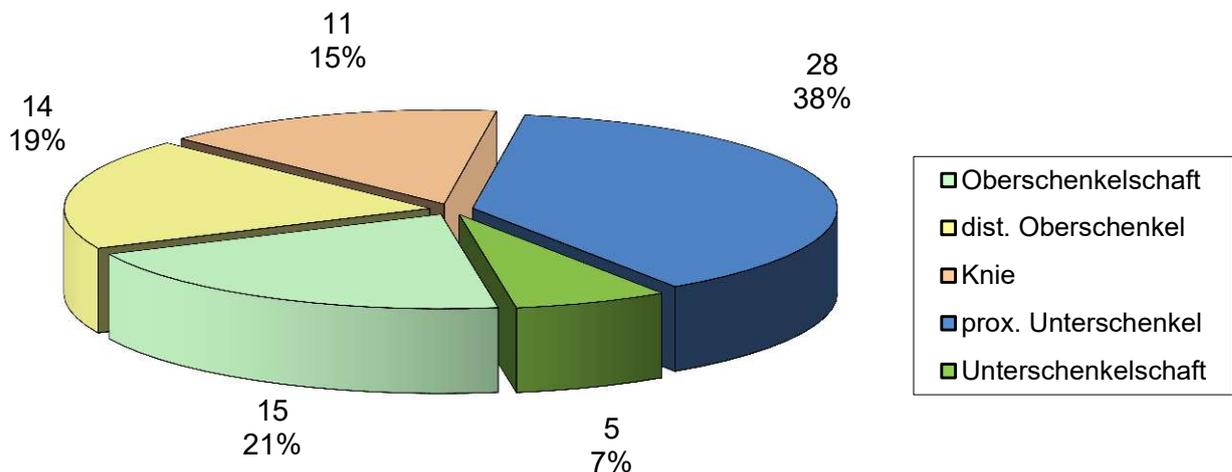


ABB. 18: LOKALISATIONEN DER VERLETZUNGEN

Die Frakturlokalisationen der primären Verletzungen werden in Abb. 18 dargestellt.

Sieben Patienten hatten sich einen Trümmerbruch zugezogen, zehn Patienten einen einfachen Bruch und sieben Patienten einen einfachen Bruch mit Gelenkbeteiligung. Weitere drei Patienten hatten eine Fraktur mit 2-3 Fragmenten und vier Patienten 2-3 Fragmente mit Gelenkbeteiligung. 13 Patienten hatten einen Kniebinnenschaden erlitten und bei 28 Patienten fanden sich hierzu keine Angaben.

25 Patienten hatten eine geschlossene Fraktur, sechs Patienten eine offene Fraktur nicht näher klassifiziert. Je zwei Patienten hatten eine I°-offene Fraktur, II°-offene Fraktur und III°-gradig offene Fraktur.

2.3 Datenerfassung

2.3.1 Erhobene Patientendaten

Für die Erhebung der Daten nutzten wir die Akte der Patienten, die Röntgenbilder und die dazugehörige prä- und postoperative Vermessung.

Bei der Ethik-Kommission der Bayerischen Landesärztekammer wurde ein Ethik-Votum mit der Nummer 09053 eingeholt. Von Seiten der Ethik-Kommission bestanden keine Bedenken gegen Durchführung der Studie. Für die Auswertungen der subjektiven und objektiven Ergebnisse der Umstellungsosteotomien wurden die Röntgenbilder der Patienten ausgewertet und die Patienten mittels drei Fragebögen befragt. Die Patienten wurden aus dem SAP Programm anhand der Verschlüsselung der OPs ausgewählt. Alle Patienten, die zwischen 2001 - 2007 als Umstellung im Bereich Femurschaft, distales Femur, proximale Tibia und Tibiaschaft codiert wurden, wurden ausgewählt. Zusätzliches Kriterium war die posttraumatische Fehlstellung. Diese wurde anhand der Durchsicht der Patientenakten festgestellt.

Jedem Patienten wurden per Post drei Fragebögen zugeschickt. Der SF-36 Fragebogen, der Oxford Knee Score und ein selbstentwickelter Fragebogen mit zusätzlichen Fragen. Außerdem war eine zu unterschreibende Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie beigelegt, sowie ein vorfrankiertes Kuvert für den Rückversand.

2.4 Angewandte Operationsverfahren

2.4.1 Präoperative Planung

Die Patienten wurden mit dem Programm MediCAD classic© der Firma HECTEC GmbH vermessen. Mit dem Modul Osteotomie kann man femorale oder tibiale Umstellungs-Osteotomien mit einfachen oder mehrfachen Osteotomien, mit open wedge oder closed wedge Technik planen. Achsfehlstellungen werden automatisch ermittelt und automatisch oder manuell korrigiert. Geeignete Osteosynthese Komponenten wie Nägel, Platten, Schrauben etc. können aus einer Datenbank ausgewählt werden. Teilbilder können zu einer Ganzbild-Standaufnahme zusammengefügt werden.

Die Gelenkszentren werden definiert und die anatomischen Achsen eingezeichnet. Das Programm berechnet dann automatisch die präoperative Bemaßung aus. Mit einer Hilfslinie wird der Basisschnitt der Osteotomie gekennzeichnet und das Rotationszentrum festgelegt. Das Programm generiert somit automatisch einen Vorschlag, welcher dann entsprechend der Normwerte und der Gegenseite angepasst werden kann (HECTEC 2012).

2.4.2 Operationstechnik

Die Operationen wurden nach einem gemeinsamen Klinikstandard durchgeführt (Kern 2010).

In diesem Klinikstandard werden folgende Punkte beschrieben:

1. OP-Indikation
 - Arthroseprävention oder Verlangsamung der Progression einer Arthrose
 - Verbesserung der Gelenkfunktion
 - Verbesserung des Gangbildes
 - Torsionsabweichung (US: $>20^\circ$, OS: kein 0-Durchgang)

- Grob veränderte Gelenklinie oder Tragachse
- Beinlängendifferenz $\geq 3\text{cm}$
- unikondyläre Gonarthrose
- Druckentlastung bei Knorpeltransplantation
- nach differenzierter Abwägung und auf Wunsch des Patienten auch Korrektur geringerer Abweichungen

2. Präoperative Diagnostik

- Anamnese (Infektionen, Pseudarthrose, Nikotin, DM,...)
- klinische Untersuchung (Achse, Torsion, Beinlänge, Bewegungsumfänge, Gelenkstabilität, Gangbild, Weichteilsituation, Neurologie)
- Ausfüllen des Erhebungsbogens
- Ganzbeinstandaufnahme a.p. mit Referenzkugel und Beinlängenausgleich (Kniescheiben nach vorne)
- seitliche Röntgenaufnahme
- Torsionsmessung (CT oder Sonographie)
- MRT oder Arthroskopie (Gelenkstatus Knie/OSG)

3. OP-Planung

- Achsanalyse in der Frontalebene
- Malalignment-Test
- Anatomische Planung
- Mechanische Planung
- Mikulicz-Linie
- Bestimmung des CORA
- Achsanalyse in der Sagittalebene
- Ermittlung der Fehlstellungsebene über ein Vektorparallelogramm
- Analyse der Torsion

4. Aufklärung/Risiken

- Nervenverletzung / Nervenschäden:
 - N. peroneus: prox. Tibia (IT, varisieren)
 - N. tibialis post.: dist. Tibia (AT, valgisieren)
- Kompartmentsyndrom
- Persistenz bzw. Zunahme der Fehlstellung / Korrekturverlust
- Implantatfehlage
- Gefäßläsion
- Nachblutung
- Beinvenenthrombose / Embolie
- Knochenheilungsstörung / Pseudarthrose / Implantatbruch
- Wundheilungsstörung / Infekt / Osteitis
- Progression des Gelenkverschleißes
- Beeinträchtigung der Ergebnisse bei späterer endoprothetischer Versorgung
- Metallentfernung als 2. Eingriff

5. OP-Technik

- Implantate
 - Winkelstabile, anatomische Tomofix Platten
 - T2-Marknagel (Diaphyse)
 - ISKD (Verlängerung)
 - Fixateur externe (Sheffield® Fa. Orthofix, TrueLok™ Fa. Orthofix, TSF® Fa. Smith & Nephew, LRS® Fa. Orthofix)
 - Andere Osteosyntheseplatten (closed wedge)
- Zugang am Beispiel der hohen tibialen Osteotomie:

Markierung der anatomischen Landmarken auf der Haut: medialer Gelenkspalt, Oberrand des Pes anserinus, Verlauf des oberflächlichen Innenbands und Tuberositas tibiae. Der Hautschnitt verläuft ventral vom Ansatz des Pes anserinus etwa 5–8 cm nach dorsokranial ansteigend. Zielpunkt ist dabei die posteromediale Gelenkecke des Tibiakopfs (weitgehend in den Spaltlinien der Haut). Alternativ: längerer senkrechter Zugang. Der Ramus infrapatellaris des Nervus saphenus wird geschont.

6. Nachbehandlung

- Teilbelastung je nach OP (z.B. 6 Wochen 20 kg)
- CPM (Continuous Passive Motion) - Schiene
- ggf. valgisierende bzw. varisierende Orthese
- Ganzbeinstandaufnahme, langes, seitliches Röntgen, ggf. Drehfehler CT zur Ermittlung des Korrekturergebnisses (Qualitätssicherung)
- Nachuntersuchungsbogen
- Metallentfernung nach > 1 Jahr

Prinzipiell erfolgt die Umstellung im CORA, wenn keine Kontraindikationen bestehen, wie z.B. ein Infekt an dieser Stelle, der die Osteotomie dort nicht zulässt. Dann würde nach den Osteotomieregeln von Paley umgeplant werden. Die OP-Technik, Zugänge und Implantate orientieren sich an der Art der Deformität. Es müssen immer beide Seiten analysiert, mehrdimensional geplant und alle Folgen beachtet werden.

Ziele sind eine ordentliche Achse und die richtige Orientierung der Gelenke.

2.5 Radiologische Auswertung

2.5.1 Vermessungstechnik

Zur Analyse der Fehlstellung und Planung der Osteotomie wird eine im anteroposterioren Strahlengang aufgenommene Ganzbeinstandaufnahme im Stehen benötigt, wobei insbesondere auf eine strenge Zentrierung und frontale Ausrichtung der Patella auf Höhe des Kniegelenks bei voller Streckung der Unterschenkel zu achten ist (Hunt 2006). Bei bestehender Patella(sub-)luxation muss besonders auf die Überlappung des Fibulaköpfchens geachtet werden, das in Neutralstellung um ein Drittel vom Schienbeinkopf verdeckt wird. Dies wird auch als Goldstandard in der Bestimmung der anatomischen und mechanischen Achsen bezeichnet (Strecker 1997). Sollte eine klinisch bestimmte Beinlängendifferenz bestehen, muss diese durch Brettchenunterlage ausgeglichen werden (Strecker 1997) (siehe Abb.19).

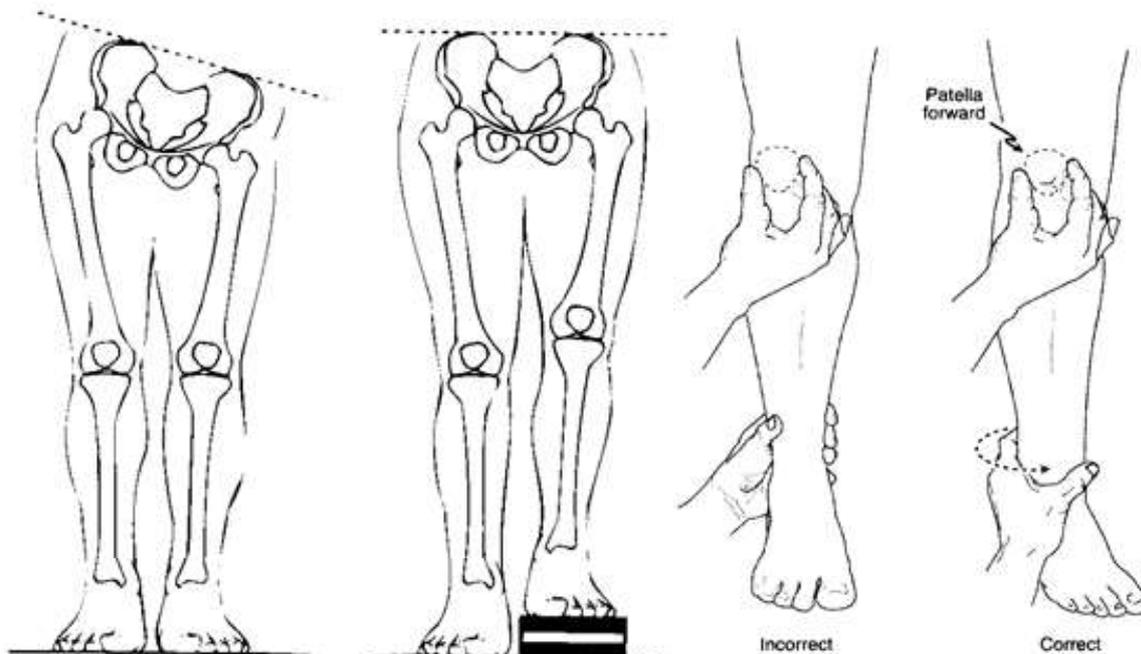


ABB. 19: BRETTCHENUNTERLAGE ZUM BEINLÄNGENAUSGLEICH UND AUSRICHTUNG DER PATELLA NACH (PALEY 1994)

Außerdem wird eine sagittale Röntgenaufnahme des Beines benötigt, um den PPTW und andere in der Sagittalebene liegende Winkel zu messen.

Um die Röntgenbilder auszuwerten, wird zunächst die Traglinie nach Mikulicz eingezeichnet, welche das HKZ mit dem Zentrum des OSGZ verbindet. Die horizontale Abweichung der Mikuliczlinie vom KGZ wurde als MAD in Millimetern erfasst. Dabei ergibt die laterale Abweichung negative und die mediale Abweichung positive Werte. Durch das Verbinden des HKZ mit dem KGZ und des KGZ mit dem OSGZ erhält man die mechanischen Achsen von Femur und Tibia. Die anatomischen Achsen laufen durch die Schaftmitte (mitdiaphysär) der jeweiligen Röhrenknochen.

Um die kniegelenknahen Deformitäten zu erfassen, werden definierte Winkel gemessen. Der LDFW und der MPTW werden zwischen den Kniebasislinien und den anatomischen (aLDFW) bzw. den mechanischen (mLDFW) Achsen erfasst. Die anatomische und mechanische Tibiaachse sind identisch. Der Kniegelenkspaltwinkel wird zwischen der femoralen und tibialen Kniebasislinie erfasst. Die tibiale Kniebasislinie stellt die Verbindungslinie der tiefsten Punkte des Tibiaplateaus dar. Durch ein sagittales Röntgenbild des Kniegelenks wird der PPTW zwischen Tibiaachse und tibialer Gelenklinie erfasst (Paley 2000).

Es wurde der mLDFW vor und nach der Operation röntgenologisch bestimmt. Im Klinikstandard ist der erwünschte physiologische Wert mit $87,5^\circ \pm 2^\circ$ angegeben. Hierbei hat man sich an den von Paley definierten Werten orientiert (Paley 2000). Es wurde nun die Differenz zwischen den Patientenwerten und den physiologischen Werten errechnet und daraus der Absolutwert (Betrag, $fx=ABS(xy)$) gebildet. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass eine geringere Abweichung vom physiologischen Wert ein besseres Ergebnis darstellt. Somit konnte man mit Bestimmung der Differenz der Absolutwerte davon ausgehen, dass ein negativer Wert eine Verschlechterung zeigte (die Abweichung vom physiologischen Wert

hat postoperativ zugenommen) und ein positiver Wert ein besseres Ergebnis darstellt (es fand eine Annäherung zum physiologischen Wert statt).

Bei den Werten mLDFW, MPTW und MAD wurden die Ergebnisse zur besseren Auswertung mit einem selbstentwickelten Score ähnlich eines binären Codes versehen, wobei für eine Annäherung an die von Paley definierten Werte zwei Punkte, eine Entfernung null Punkte und für ein gleichgebliebenes Ergebnis ein Punkt vergeben wurde. Somit konnten für mLDFW, MPTW und MAD jeweils 0 – 2 Punkte erzielt werden. Diese wurden dann addiert und ergaben dann für die Frontalebene erreichbare Punktwerte von 0 – 6. Es wurden also alle drei Parameter gleich gewichtet. Der Score wurde dann als „Röntgenscore“ bezeichnet. Die Ergebnisse des Scores korrelierten signifikant mit denen der validierten Fragebögen SF36 und Oxford Knee Score, womit sich der Score für uns als geeignet erwies.

Auch in der Sagittalebene wurde zur besseren Auswertung ein Score entwickelt. Analog zur Frontalebene wurden 0 Punkte für eine Entfernung von den definierten Werten, 1 Punkt für keine Veränderung und 2 Punkte für eine Annäherung verteilt. Da dem sagittalen Ergebnis gegenüber der Frontalebene eine höhere Gewichtung zukommen sollte, wurden hier noch 2 Punkte zum Score hinzugerechnet, wenn der PPTW postoperativ im Normbereich (77° - 87°) lag. War er außerhalb der Norm, wurden 0 Punkte verteilt. Somit waren summiert 0 – 4 Punkte in der Sagittalebene möglich.

Ebenso wurden beim Gelenkspaltwinkel (GSW) analog der Frontal- und Sagittalebene die Winkel in einem selbstentwickelten Score erfasst, wobei eine Verkleinerung des GSW mit 2 Punkten bewertet wurde. Keine Veränderung ergab 1 Punkt und eine Vergrößerung des GSW 0 Punkte.

Somit ergaben sich drei radiologische Kategorien, die für die Auswertung verwendet werden konnten. Der Score der Frontalebene mit 0 – 6 Punkten, der Sagittalebene mit 0 – 4 Punkten und der GSW mit 0 – 2 Punkten. Als Gesamtscore für das radiologische Ergebnis

wurden die drei Einzelscores zu einem „Korrekturscore“ mit Punktwerten von 0 (sehr schlecht) bis 12 (sehr gut) zusammengefasst.

Alle Daten waren intervallskaliert und es wurde eine Normalverteilung angenommen.

2.5.2 Digital

Die Unfallklinik Murnau hat seit dem Jahre 2002 alle Röntgenbilder digitalisiert vorliegen, welche aktuell über das Programm PACS IMPAX EE R20 VII (AGFA Healthcare) abrufbar sind. Diese Bilder können im Programm aufgerufen und vermessen werden. Dazu müssen Hilfslinien über das Röntgenbild gelegt werden, je nachdem welchen Bereich man vermessen will. Eine Funktion des Programms ermöglicht die Ausgabe des Winkels zwischen zwei eingezeichneten Linien. Das Programm gibt dann direkt die Winkelmaße in Grad aus.

2.5.3 Manuell

Die Röntgenbilder vor dem Jahre 2002 sind im Röntgenarchiv der UKM abgelegt. Diese Bilder wurden in einen doppelten Bildbetrachter der radiologischen Abteilung eingespannt und mit einem 2m Lineal, welches auch für die Ganzbeinstandaufnahmen verwendet wird, und einem Winkelmesser manuell ausgemessen.

2.6 Fragebögen

Für die Befragungen der Patienten wurden drei verschiedene Fragebögen verwendet, die den Patienten per Post zugeschickt wurden.

Bei Patienten ohne schriftlichem Rücklauf der Fragebögen wurde telefonisch nachgefragt. Dies geschah im Zeitraum März und April 2012. Dazu wurden die Daten aus der Patientenverwaltung verwendet. Nachdem viele Patienten über die angegebenen Telefonnummern nicht mehr erreichbar waren, mussten die Telefonnummern oft über das Onlineportal des Telefonbuches (www.dastelefonbuch.de) gesucht werden. Patienten, die in diesem Zeitraum auch nach mehreren Versuchen und Hinterlassen von Nachrichten auf Anrufbeantworten nicht telefonisch erreichbar waren, mussten ausgeschlossen werden. Im Telefonat wurden mit den Patienten alle Fragebögen durchgegangen und jede Frage einzeln bewertet. Die dabei ausgefüllten Fragebögen wurden mit dem Vermerk „telefonische Abfrage“, Datum und Uhrzeit sowie verwendete Telefonnummer versehen und unterschrieben.

2.6.1 SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand

In einem Forschungsprojekt, das bereits 1960 begann, wurde die Grundlage des SF-36 gelegt. Ziel war es, im Rahmen der Medical Outcome Study die Leistung von Versicherungssystemen in den USA zu prüfen (Tarlov 1992). Verschiedene Verfahren mit unterschiedlicher Itemzahl, d.h. unterschiedlichen Elementen, kamen zum Einsatz und wurden sowohl empirisch als auch theoretisch – durch Expertendiskussion und die Einbeziehung der Patientenmeinung – geprüft. Der SF-36 ist ein krankheitsübergreifendes Verfahren, d.h. er eignet sich für die Untersuchung der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität verschiedener Stichproben unabhängig vom Gesundheitszustand (Hogrefe 1998). Der SF-36 besteht aus 36 geschlossenen Fragen (Items), deren Antwortskalen zwei

bis sechs Stufen umfassen. Die Fragen werden zu den folgenden acht Skalen zusammengefasst:

1. Körperliche Funktionsfähigkeit (10 Items)
2. Körperliche Rollenfunktion (4 Items)
3. Körperliche Schmerzen (2 Items)
4. Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (5 Items)
5. Vitalität (4 Items)
6. Soziale Funktionsfähigkeit (2 Items)
7. Emotionale Rollenfunktion (3 Items)
8. Psychisches Wohlbefinden (5 Items)

Die interne Konsistenz der einzelnen Skalen liegt in der Normstichprobe zwischen 0,74 (Soziale Funktion) und 0,94 (Körperliche Funktion) im befriedigenden bis sehr guten Bereich (Hogrefe 1998), wobei für einige Skalen spezielle Gewichtungen einbezogen werden. Für die Auswertung des SF-36 existiert ein computerisiertes Auswertungsprogramm, das sowohl die Zusammenfassung der Skalen als auch deren Addition bzw. Gewichtung expliziert. Darüber hinaus werden alle im SF-36 erfassten Skalen transformiert in Werte zwischen 0 und 100, die einen Vergleich der Skalen miteinander bzw. auch über verschiedene Patientengruppen ermöglichen (Bullinger 1998). Im SF-36 Handbuch sind außerdem Normstichproben aufgeführt, nicht nur für die gesunde Bevölkerung, sondern auch für Patientengruppen mit verschiedenen chronischen und akuten Erkrankungen.

Beim Vergleich dieser Daten mit anderen klinischen Kollektiven ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Patientengruppen nicht aufgrund ärztlicher Diagnosen gebildet

wurden, sondern dass die Stratifizierung aufgrund der Selbstauskunft der Befragten erfolgte (Bullinger 1998). Insgesamt bestätigen mehrere Autoren die gute Anwendbarkeit des SF-36 Bogens zur Messung der Lebensqualität bei Patienten nach Umstellungsosteotomien und mit Kniearthrose (Brazier, Harper et al. 1992; McHorney, Ware et al. 1994; Hollingworth, Mackenzie et al. 1995; McNamara 2014).

SF-36

Matthias Morfeld
Inge Kirchberger
Monika Bullinger

Fragebogen zum Gesundheitszustand

2., ergänzte und überarbeitete Auflage

**SELBST
BEURTEILUNGSBOGEN**

**ZEITFENSTER
4 WOCHEN**

ID-Nummer										
Name										
Vorname										
Geburtsdatum	J	J	M	M	T	T	Geschlecht	w	m	
Testdatum	J	J	M	M	T	T				

GÖTTINGEN · BERN · WIEN · PARIS · OXFORD · PRAG · TORONTO · CAMBRIDGE, MA · AMSTERDAM · KOPENHAGEN · STOCKHOLM

© Hogrefe Verlag, Göttingen
Nachdruck und jegliche Art
der Vervielfältigung verboten
Best.-Nr. 01 195 05

HOGREFE



2. Material und Methodik

In diesem Fragebogen geht es um die Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede Frage, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger gut	Schlecht
1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?	1	2	3	4	5

	Derzeit viel besser	Derzeit etwas besser	Etwa wie vor einem Jahr	Derzeit etwas schlechter	Derzeit viel schlechter
2. Im Vergleich zum <i>vergangenen Jahr</i> , wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?	1	2	3	4	5

Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. *Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt?* Wenn ja, wie stark?

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
3.a anstrengende Tätigkeiten , z. B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
3.b mittelschwere Tätigkeiten , z. B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
3.c Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3
3.d mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
3.e einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
3.f sich beugen, knien, bücken	1	2	3
3.g mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
3.h mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
3.i eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3
3.j sich baden oder anziehen	1	2	3

2. Material und Methodik

Hatten Sie in den *vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit* irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

	Ja	Nein
4.a Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein.	1	2
4.b Ich habe weniger geschafft als ich wollte.	1	2
4.c Ich konnte nur bestimmte Dinge tun.	1	2
4.d Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung.	1	2

Hatten Sie in den *vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme* irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

	Ja	Nein
5.a Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein.	1	2
5.b Ich habe weniger geschafft als ich wollte.	1	2
5.c Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten.	1	2

	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den <i>vergangenen 4 Wochen</i> Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

	Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den <i>vergangenen 4 Wochen</i> ?	1	2	3	4	5	6

	Überhaupt nicht	Ein bisschen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den <i>vergangenen 4 Wochen</i> bei der Ausübung Ihrer Alltags-tätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?	1	2	3	4	5

2. Material und Methodik

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den *vergangenen 4 Wochen* gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht).

Wie oft waren Sie *in den vergangenen 4 Wochen* ...

	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
9.a ... voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
9.b ... sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
9.c ... so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheitern konnte?	1	2	3	4	5	6
9.d ... ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
9.e ... voller Energie?	1	2	3	4	5	6
9.f ... entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
9. ... erschöpft?	1	2	3	4	5	6
9.h ... glücklich?	1	2	3	4	5	6
9.i ... müde?	1	2	3	4	5	6

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den <i>vergangenen 4 Wochen</i> Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

Inwieweit trifft *jede* der folgenden Aussagen auf Sie zu?

	trifft ganz zu	trifft weitgehend zu	weiß nicht	trifft weitgehend nicht zu	trifft überhaupt nicht zu
11.a Ich schein etwas leichter als andere krank zu werden.	1	2	3	4	5
11.b Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne.	1	2	3	4	5
11.c Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt.	1	2	3	4	5
11.d Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit.	1	2	3	4	5

Vielen Dank.

ABB. 20: SF36 FRAGEBOGEN

2.6.2 Oxford Knee Score

Im Rahmen einer prospektiven Studie mit 117 Patienten hatten Dawson et al. (Dawson 1998) von der Universität Oxford im Jahre 1998 den Oxford Knee Score entwickelt. Die Intention war es, einen kurzen, für den Patienten einfach auszufüllenden Fragebogen zu entwickeln, welcher mit hoher Reliabilität und Sensitivität bei der totalen Knieendoprothese das Outcome messen kann. Der Fragebogen soll die Funktion und den Schmerz nach chirurgischem Eingriff am Knie abfragen. Die Autoren bewerten ihren Fragebogen als vergleichbar mit anderen Fragebögen, die bei Gelenksarthrose eingesetzt werden, allerdings mit der Spezialisierung auf chirurgische Eingriffe im Kniebereich. Dies ist auch der Grund, weshalb wir den Fragebogen für unser Patientengut als tauglich befanden. Auch wir wollten die Funktion des Knies nach chirurgischem Eingriff im Kniebereich erfassen. In einer Multicenter-Studie der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese zum Vergleich von Tibiaosteotomien mit unikondylären Schlitten wurde ebenfalls der Oxford-Score verwendet (Hofmann, Lobenhoffer et al. 2009). Der Fragebogen enthält 12 Fragen, mit einer jeweils 5-stufigen Skala von 0 bis 4, wodurch eine Gesamtpunktzahl zwischen 0 (kaum Probleme) bis 48 (starke Probleme) erreicht werden kann (Dawson 1998) (siehe Abb. 21).



Oxford Knee Score

Datum: _____

Vorname

Nachname

Bitte beantworten Sie die folgenden 12 multiple choice Fragen.

Während der letzten 4 Wochen.....

<p>1. Wie würden Sie die Schmerzen, die Sie normalerweise im Knie haben beschreiben?</p> <p><input type="radio"/> Keine</p> <p><input type="radio"/> Sehr mild</p> <p><input type="radio"/> Mild</p> <p><input type="radio"/> Mittelmäßig</p> <p><input type="radio"/> Stark</p>	<p>2. Haben Sie aufgrund Ihrer Kniegelenksbeschwerden Schwierigkeiten bei der Körperpflege (Waschen, Abtrocknen)?</p> <p><input type="radio"/> Nein, keine Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Wenig Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Extreme Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Ist nicht möglich</p>	<p>3. Haben Sie Schwierigkeiten beim Einsteigen oder Aussteigen aus dem Auto oder beim Benutzen öffentlicher Verkehrsmittel aufgrund Ihres Kniegelenks? (Mit oder ohne Gehstütze)</p> <p><input type="radio"/> Keine Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Wenig Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Extreme Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Ist nicht möglich</p>
<p>4. Wie lange können Sie gehen bis die Knieschmerzen stark werden? (Mit oder ohne Gehstütze)</p> <p><input type="radio"/> Keine Schmerzen (> 60 Minuten)</p> <p><input type="radio"/> 16 - 60 Minuten</p> <p><input type="radio"/> 5 - 15 Minuten</p> <p><input type="radio"/> Nur einmal ums Haus</p> <p><input type="radio"/> Überhaupt nicht</p>	<p>5. Wie schmerzhaft ist Ihr Knie, wenn Sie nach dem Essen vom Stuhl aufstehen?</p> <p><input type="radio"/> Nicht schmerzhaft</p> <p><input type="radio"/> Etwas schmerzhaft</p> <p><input type="radio"/> Schmerzhaft</p> <p><input type="radio"/> Sehr schmerzhaft</p> <p><input type="radio"/> Unerträglich</p>	<p>6. Wie stark beeinträchtigt der Knieschmerz Ihre tägliche Arbeit? (inklusive Hausarbeit)</p> <p><input type="radio"/> Nicht</p> <p><input type="radio"/> Ein Wenig</p> <p><input type="radio"/> Mäßig</p> <p><input type="radio"/> Stark</p> <p><input type="radio"/> Komplett</p>
<p>7. Können Sie sich hinknien und dann wieder aufstehen?</p> <p><input type="radio"/> Ja, leicht</p> <p><input type="radio"/> Mit wenig Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Mit Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Mit extremen Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Ist nicht möglich</p>	<p>8. Sind Sie nachts im Bett durch Schmerzen in Knie beeinträchtigt?</p> <p><input type="radio"/> Nein</p> <p><input type="radio"/> Nur ein oder zwei Nächte</p> <p><input type="radio"/> Einige Nächte</p> <p><input type="radio"/> Meistens</p> <p><input type="radio"/> Jede Nacht</p>	<p>9. Hinken Sie aufgrund Ihrer Kniebeschwerden?</p> <p><input type="radio"/> Nie</p> <p><input type="radio"/> Manchmal oder die ersten Schritte</p> <p><input type="radio"/> Oft</p> <p><input type="radio"/> Meistens</p> <p><input type="radio"/> Immer</p>
<p>10. Haben Sie das Gefühl, daß Ihr Knie plötzlich nachgibt.</p> <p><input type="radio"/> Nie / Selten</p> <p><input type="radio"/> Manchmal</p> <p><input type="radio"/> Oft</p> <p><input type="radio"/> Meistens</p> <p><input type="radio"/> Immer</p>	<p>11. Können Sie Ihre täglichen Einkäufe selbstständig erledigen?</p> <p><input type="radio"/> Ja, leicht</p> <p><input type="radio"/> Mit wenig Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Mit Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Mit extremen Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Nein, unmöglich</p>	<p>12. Können Sie eine Treppe hinunter gehen?</p> <p><input type="radio"/> Ja, leicht</p> <p><input type="radio"/> Mit wenig Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Mit Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Mit extremen Schwierigkeiten</p> <p><input type="radio"/> Nein, unmöglich</p>

UKM-Formblatt Nr. 2347-«Kennnummer»-02

ABB. 21: FRAGEBOGEN OXFORD-KNEE-SCORE

2.6.3 Fragebogen mit zusätzlichen Fragen

Der zusätzliche Fragebogen enthielt neun Fragen. Frage eins und zwei verglichen die Lebensqualität prä- und postoperativ auf einer visuellen Analogskala von eins bis zehn (keine Einschränkung bis denkbar schlechteste Lebensqualität), bei der der Patient auf einer Linie ankreuzen sollte. Bei Frage drei und vier wurde eine Minderung der Erwerbsfähigkeit prä- und postoperativ erfasst, welche durch Eintragen eines Prozentwertes angegeben wurde. Bei Frage fünf wurde nach aktueller Arbeitsfähigkeit gefragt. Bei Frage sechs konnten verschiedene Komplikationen nach der OP angekreuzt werden, wobei der Patient zwischen Nein, Ja- Infektion, Ja- schlechte Knochenheilung oder Ja- andere- „Freitext“ wählen konnte. Bei Frage sieben bestanden ebenfalls Wahlmöglichkeiten zum Thema Folgebehandlungen am osteotomierten Bein postoperativ. Der Patient hatte die Wahl „Nein“, „Ja- Arthroskopie“, „Metallentfernung“ und „Kniegelenksprothese“ auszuwählen. Bei Frage acht sollte der Patient anhand von Bildern seine größtmögliche Beugung des operierten Beines angeben. Zur Auswahl standen „leichte Beugung“ (ca.45°), „rechter Winkel“, „starke Beugung“ (ca.120°) und „sehr starke Beugung“ (Anschlag am Gesäß, ca. 160°). Bei Frage neun sollte die Einschränkung der Streckung (gar nicht; ein wenig; stark) des operierten Beines im Vergleich zum gesunden Bein beurteilt werden.

Bei Frage acht waren zusätzlich Bilder zur Veranschaulichung eingefügt (siehe Abb. 22).



Datum: _____

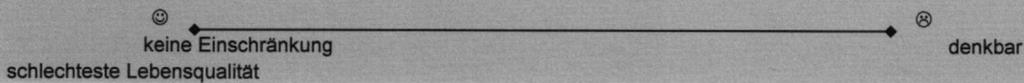
Vorname

Nachname

Bitte beantworten Sie die folgenden 9 Fragen.

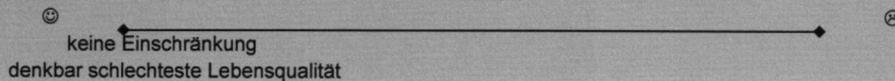
1. Wie sehr war Ihre Lebensqualität vor der Korrekturoperation eingeschränkt?

Markieren Sie auf der Linie in wie weit Ihre Lebensqualität eingeschränkt war.



2. Wie sehr ist Ihre Lebensqualität durch verbliebene Beschwerden nach der Korrekturoperation eingeschränkt? beschreiben?

Markieren Sie auf der Linie in wie weit Ihre Lebensqualität **derzeit** eingeschränkt ist.



3. Bestand vor der Korrekturoperation eine Minderung der Erwerbsfähigkeit?

Nein Ja um ca. _____ % seit _____ (Jahr)

4. Besteht jetzt eine Minderung der Erwerbsfähigkeit?

Nein Ja um ca. _____ % seit _____ (Jahr)

5. Besteht jetzt Arbeitsfähigkeit?

Nein Ja, seit _____ (Jahr)

6. Kam es nach der Korrekturoperation bei Ihnen zu Komplikationen?

Nein Ja, eine Infektion Schlechte Knochenheilung andere _____

7. Gab es bei Ihnen nach der Korrekturoperation noch Folgebehandlungen am selben Bein?

Nein Ja, eine Arthroskopie Metall-Entfernung Kniegelenksprothese

8. Welches der folgen Bilder entspricht am ehesten der größtmöglichen Beugung ihres operierten Beines?

<input type="checkbox"/> leichte Beugung	<input type="checkbox"/> rechter Winkel	<input type="checkbox"/> starke Beugung	<input type="checkbox"/> sehr starke Beugung

9. Wie stark ist die Streckung des operierten Beines im Vergleich zum gesunden Bein eingeschränkt?

gar nicht ein wenig stark

ABB. 22: FRAGEBOGEN MIT ZUSÄTZLICHEN FRAGEN

3. Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv

TABELLE 2: PATIENTENKOLLEKTIV

Anzahl	73
Geschlecht (m/w)	53/20
Alter bei OP (Jahre) (Durchschnitt, Spannweite)	44,3 (18-74)
Unfalljahr	1960 - 2007
OP nach Unfall (Durchschnitt, Spannweite)	8,3 Jahre (2 Monate – 43 Jahre)
OP Jahr	2001 - 2007

Nach den Einschlusskriterien konnten 97 Patienten in die Studie aufgenommen und angeschrieben werden. 46 Patienten schickten ihren ausgefüllten Fragebogen zurück. Bei den restlichen 51 Patienten wurde eine telefonische Kontaktaufnahme versucht. Bei zwei dieser Patienten konnte über Angehörige der Tod eruiert werden. Ein Patient erhielt im Verlauf eine Amputation und ein Patient eine Arthrodesse. Diese beiden Patienten mussten somit ausgeschlossen werden.

20 Patienten konnten telefonisch nicht erreicht werden. Bei den restlichen 27 Patienten erfolgte die telefonische Fragebogenabfrage.

Die Gesamtzahl (Studienkollektiv) betrug somit 73 Patienten (siehe Abb. 23), dies entspricht einer Rücklaufquote von 75%.

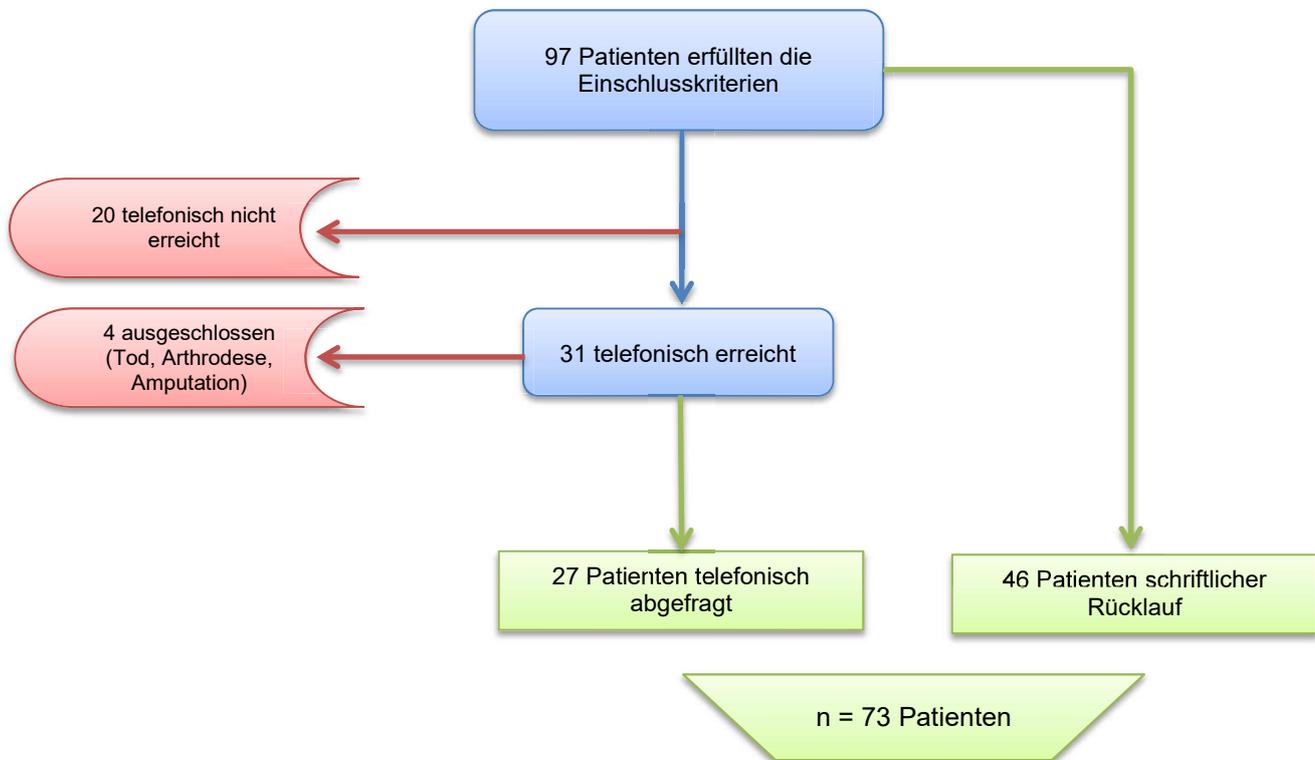


ABB. 23: PATIENTENAKKREDITIERUNG

Bei 26 Patienten wurde die Osteotomie am linken Bein durchgeführt, bei 47 Patienten am rechten Bein. 50 Umstellungen waren valgierend, 17 varisierend und 6 waren komplexe Umstellungen mit Rotationsosteotomien. 26 Umstellungen waren femoral und 47 tibial (siehe Abb.24).

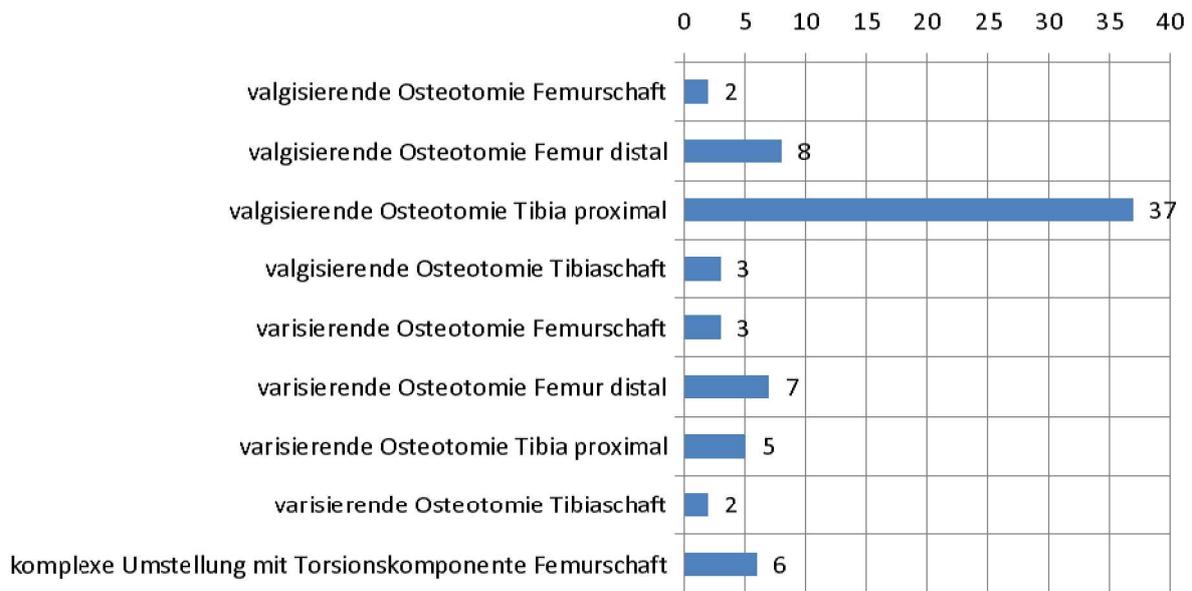


ABB. 24: LOKALISATION UND VERFAHREN DER OSTEOTOMIE

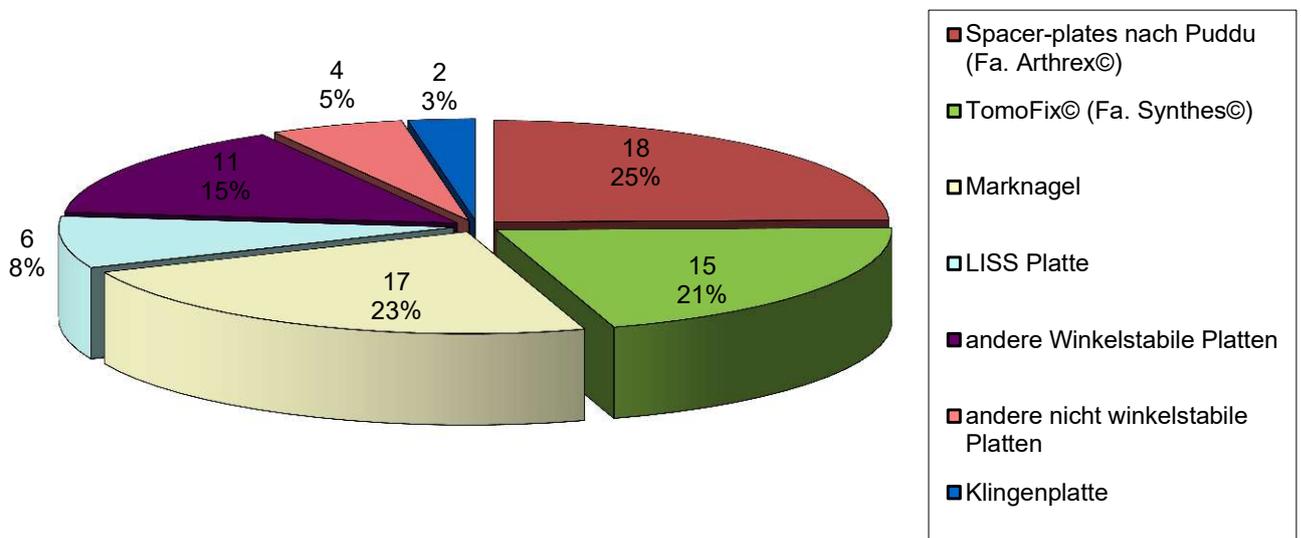


ABB. 25: VERWENDETE IMPLANTATE BEI DER UMSTELLUNGSOSTEOTOMIE

Ein Beispiel der verwendeten Implantate für die Umstellung ist in Abb. 26 dargestellt, die übrigen Patienten wurden mit winkelstabilen Platten und Nägeln korrigiert, die verwendeten Verfahren sind in Abb. 25 dargestellt.



ABB. 26: SPACER-PLATES NACH PUDDU (FA. ARTHREX©, NICHT WINKELSTABIL) NACH (LONDON 2011)

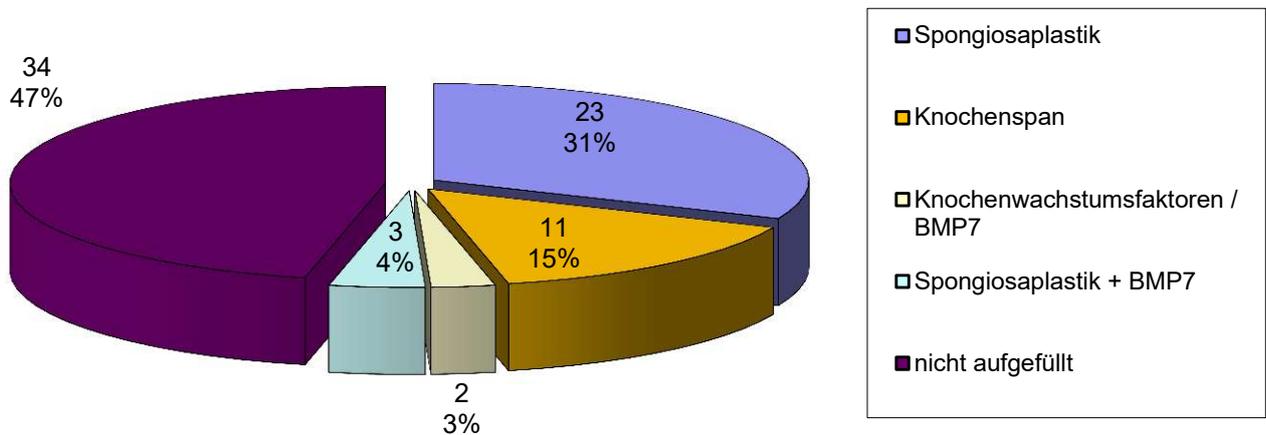


ABB. 27: AUFFÜLLEN DES KNOCHENSPLATTS

23 Patienten erhielten eine Spongiosaplastik, 11 Patienten einen Knochenspan, 2 Patienten Knochenwachstumsfaktoren (BMP7) und 3 Patienten eine Spongiosaplastik und Knochenwachstumsfaktoren (BMP7). Bei 33 Patienten wurde der Knochenspalt nicht aufgefüllt (siehe Abb. 27).

Die Operationen wurden zwischen den Jahren 2001 und 2007 durchgeführt (siehe Abb.28).

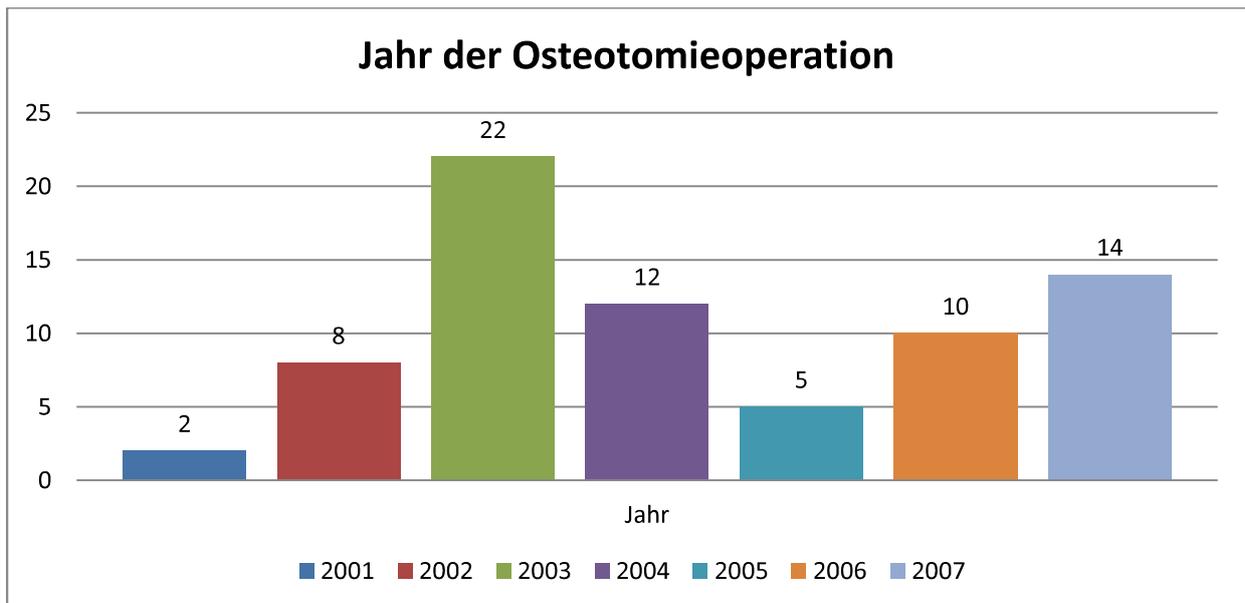


ABB. 28: ZEITPUNKT DER OSTEOTOMIEOPERATION (JAHR)

3.2 Röntgenauswertung

Es waren bei allen 73 Patienten prä- und postoperative Röntgenbilder vorhanden. Um alle Winkel bestimmen zu können, wurde, wenn möglich, eine Ganzbeinaufnahme und sagittale Aufnahme der Knieregion mit Tibia vor und nach der Operation verwendet. In knapp 50% der Fälle waren nicht sämtliche Röntgenbilder verfügbar.

Nach dem im Jahre 2010 etablierten Klinikstandard wurde sich bei der Messung der Achswinkel an den von Paley definierten Werten orientiert (Paley 2000). Bei den Werten mLDFW, MPTW und MAD wurden die Ergebnisse zur besseren Auswertung mit einem selbstentwickelten Score ähnlich eines binären Codes versehen, wobei für eine postoperativ geringere Abweichung von den von Paley definierten Normwerten zwei Punkte, eine postoperativ höhere Abweichung null Punkte und für ein gleichgebliebenes Ergebnis ein Punkt vergeben wurde. Somit konnten für mLDFW, MPTW und MAD jeweils 0 – 2 Punkte erzielt werden. Diese wurden dann addiert und ergaben dann für die Frontalebene erreichbare Punktwerte von 0 – 6. Es wurden also alle drei Parameter gleich gewichtet. Der Score wurde dann als „Röntgenscore“ bezeichnet.

Auch in der Sagittalebene wurde zur besseren Auswertung ein Score entwickelt. Analog zur Frontalebene wurden 0 Punkte für eine postoperativ höhere Abweichung von den von Paley definierten Normwerten, 1 Punkt für keine Veränderung und 2 Punkte für eine geringere Abweichung verteilt. Da dem sagittalen Ergebnis gegenüber der Frontalebene eine höhere Gewichtung zukommen sollte, wurden hier noch 2 Punkte zum Score hinzugerechnet, wenn der PPTW postoperativ im Normbereich (77° - 87°) lag. War er außerhalb der Norm, wurden 0 Punkte verteilt. Somit waren summiert 0 – 4 Punkte in der Sagittalebene möglich.

Ebenso wurden beim Gelenkspaltwinkel (GSW) analog der Frontal- und Sagittalebene die Winkel in einem selbstentwickelten Score erfasst, wobei eine Verkleinerung des GSW mit 2

Punkten bewertet wurde. Keine Veränderung ergab 1 Punkt und eine Vergrößerung des GSW 0 Punkte.

Es wurde der mechanische laterale distale Femurwinkel (mLDFW) vor und nach der Operation röntgenologisch bestimmt. Dies war bei 37 Patienten möglich. Hierbei fand sich bei 22 Patienten eine Annäherung an die von Paley definierten Werte, bei zwei Patienten gab es keine Veränderung und bei 13 Patienten war postoperativ eine höhere Abweichung von den Normwerten vorhanden. Diese entsteht auch dadurch, dass eine Annäherung an die von Paley definierten physiologischen Werte vom Operateur nicht immer gewünscht war. So kann bewusst bei der Osteotomie eine größere Abweichung von den Normwerten generiert werden, um z.B. eine mediale Gonarthrose aus der Belastung zu nehmen.

Selbiges Prozedere wurde für den medialen proximalen Tibiawinkel (MPTW) angewandt, für den auch dieselben Achswinkel wie für den mLDFW gelten ($87,5^\circ \pm 2^\circ$). Hier waren bei 65 Patienten die erforderlichen Bilder vorhanden. Diese zeigten bei 31 Patienten eine Annäherung an die Werte von Paley, bei fünf Patienten änderte sich nichts und bei 29 Patienten ergab sich eine Vergrößerung der Abweichung.

Bei der mechanical axis deviation (MAD) wird der Idealwert mit 8mm medial \pm 7mm angegeben. Dieser konnte bei 28 Patienten ausgewertet werden. Hier zeigte sich bei 25 Patienten eine Annäherung an den Idealwert und bei drei Patienten eine höhere Abweichung davon.

Für die Erfassung des MAD werden Ganzbeinstandaufnahmen benötigt. Diese wurden erst sehr spät (2010) im Klinikstandard gefordert, weswegen in unserem Patientenkollektiv (2001-2007) oft die Anfertigung von Ganzbeinstandaufnahmen unterblieb. Andererseits brachten die Patienten oft Fremdbilder zur erforderlichen Planung mit, das Fremdbildarchiv unserer Klinik wurde in diesem Zeitraum noch regelmäßig gelöscht, weswegen für unsere Auswertungen teilweise nur noch unvollständige Röntgenaufnahmen zur Verfügung standen.

TABELLE 3: ÄNDERUNG DER ACHSABWEICHUNG IN DER FRONTALEBENE, SAGITTALEBENE UND DES GELENKSPALTWINKELS POST-OP (NORMWERTE ORIENTIERT AN PALEY)

Normabweichung	kleiner	unverändert	größer
mLDFW (n=37)	22	2	13
MPTW (n=65)	31	5	29
MAD (n=28)	25	-	3
PPTW (n=47)	26	3	18
GSW (n=53)	26	2	25

Der PPTW wird in der seitlichen Aufnahme gemessen und mit $81^\circ \pm 4^\circ$ angegeben (Paley 2000). Dieser Wert repräsentiert somit die sagittale Veränderung der Achsverhältnisse. Hierbei zeigten 26 Patienten eine Annäherung, drei Patienten keine Veränderung und 18 Patienten eine zunehmende Abweichung von den Normwerten.

Der Gelenkspaltwinkel des Knies (GSW) kann nur positiv sein. Hier wird eine Abweichung von bis zu 1° medialer Konvergenz als normal angegeben. Eine Verkleinerung des Gelenkspaltwinkels trat bei 26 Patienten ein, zwei Patienten hatten keine Veränderung und 25 Patienten zeigten eine Zunahme des GSW nach der korrekten Umstellung postoperativ.

TABELLE 4: ERGEBNISSE RADIOLOGISCHE SCORES

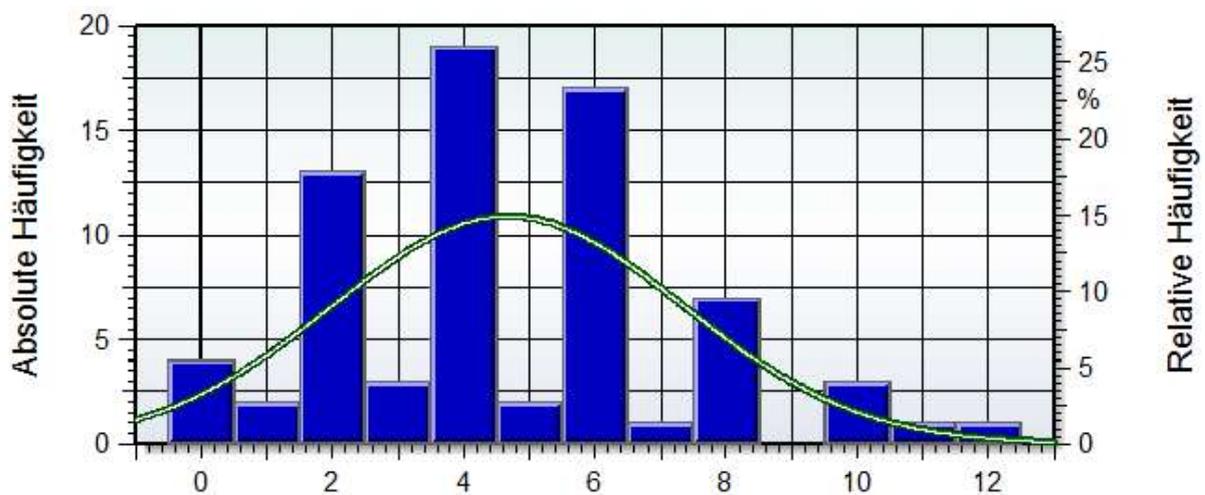
Score Frontalebene (range 0 – 6)	Mittelwert 2,29 (SD \pm 1,92)
Score Sagittalebene (range 0 – 4)	Mittelwert 2,03 (SD \pm 1,58)
Score GSW (range 0 – 2)	Mittelwert 1,00 (SD \pm 0,98)
Korrekturscore (range 0 – 12)	Mittelwert 4,67 (SD \pm 2,67)

Somit ergaben sich drei radiologische Kategorien, die für die Auswertung verwendet werden konnten. Der Score der Frontalebene mit 0 – 6 Punkten, der Sagittalebene mit 0 – 4

Punkten und der GSW mit 0 – 2 Punkten. Als Gesamtscore für das radiologische Ergebnis wurden die drei Einzelscores zu einem „Korrekturscore“ mit Punktwerten von 0 (starke Entfernung von den Normwerten) bis 12 (starke Annäherung zu den Normwerten) zusammengefasst.

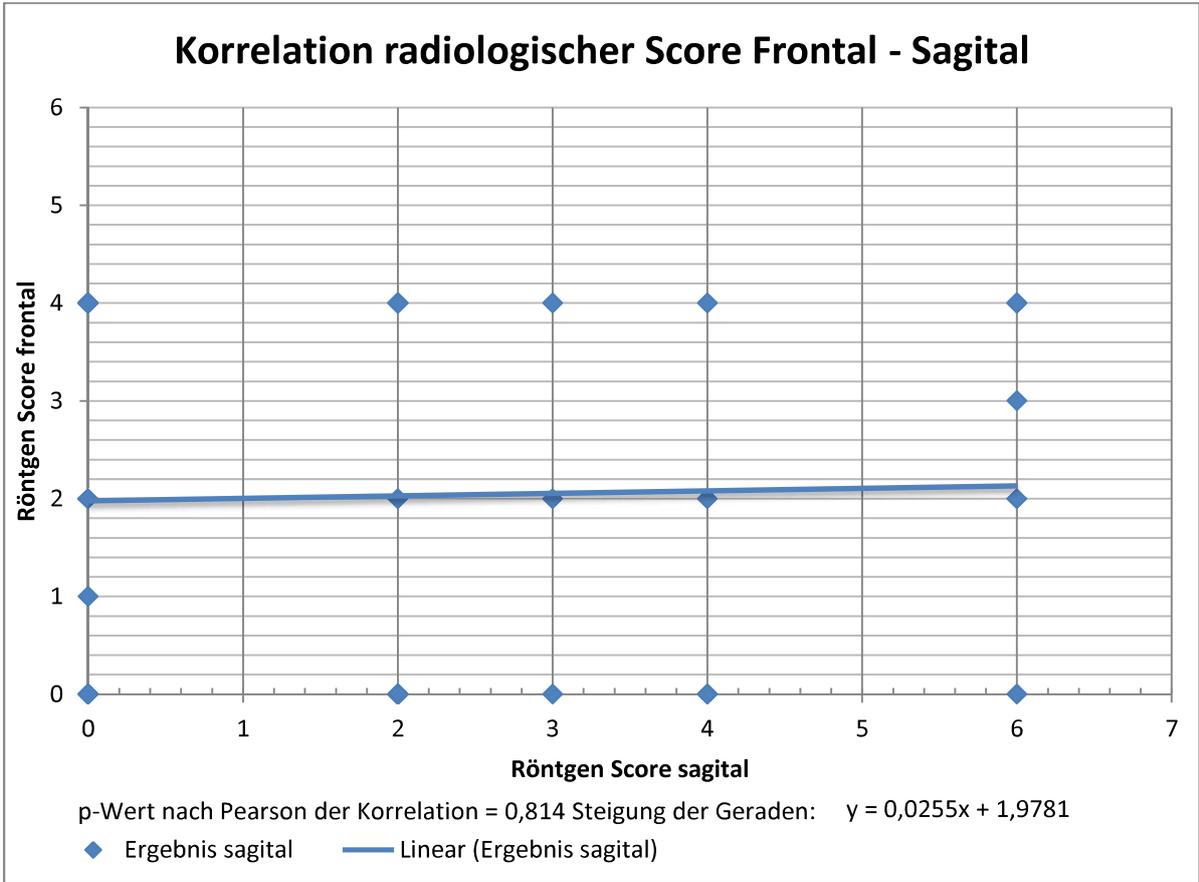
Die Patienten hatten hier im Mittelwert **4,67** Punkte (SD \pm 2,67, range 0 - 12).

ABB. 29: NORMALVERTEILUNG "KORREKTURSCORE"



Um zu sehen, ob Patienten, die in der Frontalebene eine höhere Normabweichung des radiologischen Ergebnisses hatten, auch eine höhere Normabweichung in der Sagittalebene zeigen, korreliert wird die beiden Scores. Wir nahmen eine Normalverteilung der Werte an. Starke Ausreißer waren durch die Ordinalskala des Scores ausgeschlossen. Die Korrelation nach Pearson ergab keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Frontalscore und dem Sagittalscore ($p=0,814$). Somit kann nicht davon ausgegangen werden, dass Patienten, die eine höhere Normabweichung in der Frontalebene zeigen, auch eine höhere Normabweichung in der Sagittalebene vorweisen.

ABB. 30: KORRELATION RADIOLOGISCHER SCORE FRONTAL - SAGITAL



3.3 Nachsorgeauswertung

3.3.1 Fragebogen SF-36

Aus dem SF-36 Fragebogen wurden die Kategorien Schmerz, allgemeine Gesundheit und Vitalität für die Erfassung der Lebensqualität nach der OP verwendet.

Der erreichte Punktwert jeder Kategorie wurde jeweils mit der aktuellen Normstichprobe aus dem im Bundesgesundheitsurvey 1998 erfassten Daten von 6964 deutschen gesunden Probanden verglichen (Ellert 1999) (siehe Tab. 5). Dabei hatten in der Kategorie Schmerzen 21 Patienten eine höhere Punktzahl und 49 Patienten eine niedrigere Punktzahl als die Normstichprobe. Im Bereich generelle Gesundheit hatten 16 Patienten mehr und 52 Patienten weniger Punkte und im Bereich Vitalität hatten 22 Patienten mehr und 47 Patienten weniger Punkte als das Vergleichskollektiv. Die Ergebnisse aller drei Kategorien wurden dann mit jeweils gleicher Gewichtung zusammengefasst, sodass ein Gesamteindruck der aktuellen Lebensqualität entstand (siehe Tab.6).

TABELLE 5: ERGEBNISSE SF36 BEREICH LEBENSQUALITÄT: EIGENES PATIENTENKOLLEKTIV, DEUTSCHE NORMSTICHPROBE, KRANKES VERGLEICHSKOLLEKTIV

	Schmerzen	Generelle Gesundheit	Vitalität	Gesamt
Eigenes Patientenkollektiv	57,0 ± 25,6	52,6 ± 18,1	52,3 ± 18,5	159,7 ± 54,4
Deutsche Normstichprobe	67,5	66,4	60,1	194,0
Krankes Vergleichskollektiv	53,0	50,8	50,4	154,1

TABELLE 6: SF-36 BEREICH LEBENSQUALITÄT: VERGLEICH PATIENTENKOLLEKTIV MIT DEUTSCHER NORMSTICHPROBE

	Schmerzen	Generelle Gesundheit	Vitalität	Gesamt
Besser	21	16	22	16
Gleich	-	-	-	1
Schlechter	49	52	47	53

Insgesamt erwiesen 16 Patienten bessere Ergebnisse als der Durchschnitt der gesunden Normalpopulation, ein Patient lag im Durchschnitt und 53 Patienten lagen darunter.

Die Kategorie körperliche Funktion wurde für die Auswertung der Funktion nach der OP betrachtet. Hier hatten neun Patienten bessere Ergebnisse als der Durchschnitt und 57 Patienten schlechtere Ergebnisse (siehe Tab.7, Tab.8).

TABELLE 7: ERGEBNISSE SF36 BEREICH FUNKTION: EIGENES PATIENTENKOLLEKTIV, DEUTSCHE NORMSTICHPROBE, KRANKES VERGLEICHSKOLLEKTIV

	Eigenes Patientenkollektiv	Deutsche Normstichprobe	Krankes Vergleichskollektiv
Körperliche Funktion	49,77 ± 27,6	85,475	64,38

TABELLE 8: SF-36 BEREICH FUNKTION: VERGLEICH PATIENTENKOLLEKTIV MIT DEUTSCHER NORMSTICHPROBE

	Besser	Schlechter
Körperliche Funktion	9	57

Des Weiteren sollte auch der Vergleich mit einer kranken Vergleichspopulation stattfinden. Dazu bietet das Handbuch für die deutsche Fragebogenversion des SF-36 verschiedene Normstichproben chronisch erkrankter Kollektive. Aus diesen wurde das Kollektiv ausgewählt, welches die größte Ähnlichkeit in der Charakteristik zeigte. Somit fand auch eine

Auswertung und ein Vergleich mit einem Kollektiv „Gelenkrheumatismus, Arthrose, Arthritis“ mit einer Fallzahl n=510 statt (siehe Tab.5, Tab.9).

Hier hatten in der Kategorie Schmerzen 36 Patienten höhere und 34 niedrigere Punktwerte, im Bereich generelle Gesundheit 35 Patienten höhere und 33 Patienten niedrigere und im Bereich Vitalität 32 Patienten höhere und 37 niedrigere Punktwerte als die kranke Vergleichspopulation.

TABELLE 9: SF-36 BEREICH LEBENSQUALITÄT: VERGLEICH PATIENTENKOLLEKTIV MIT KRANKEM VERGLEICHSKOLLEKTIV

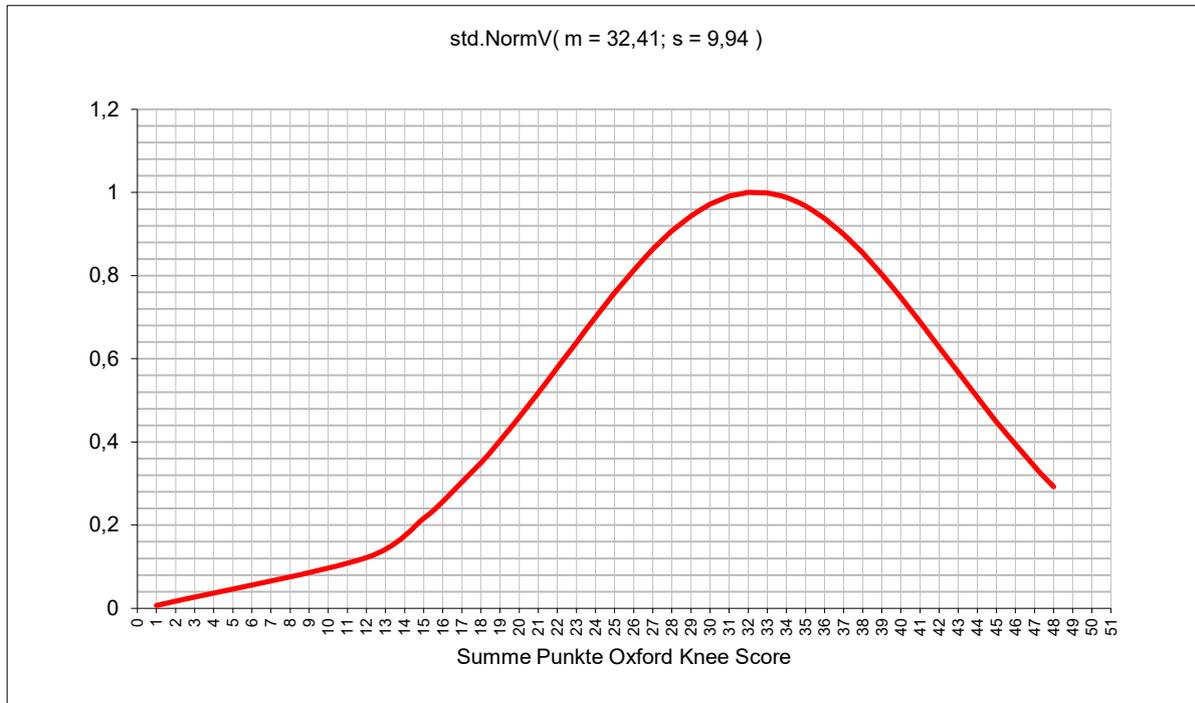
	Schmerzen	Generelle Gesundheit	Vitalität	Gesamt
Besser	36	35	32	34
Schlechter	34	33	37	36

Die Zusammenfassung ergab, dass 34 Patienten bessere Ergebnisse als das kranke Vergleichskollektiv zeigten und 36 Patienten schlechtere Ergebnisse.

In der Kategorie körperliche Funktion zeigten 23 Patienten bessere Ergebnisse und 43 Patienten schlechtere.

3.3.2 Oxford-Knee-Score

ABB. 31: GAUSS-VERTEILUNG SUMME OXFORD-KNEE-SCORE



Die Auswertung des Oxford Knee Scores der 73 Patienten ergab einen Mittelwert von $32,4 \pm 9,9$ (range 1 - 48) Punkten von maximal 48 Punkten. Die Fragebögen der Patienten wurden im Mittelwert $5,93$ Jahre $\pm 2,28$ (range 1,92 - 9,62) nach der Osteotomie ausgefüllt.

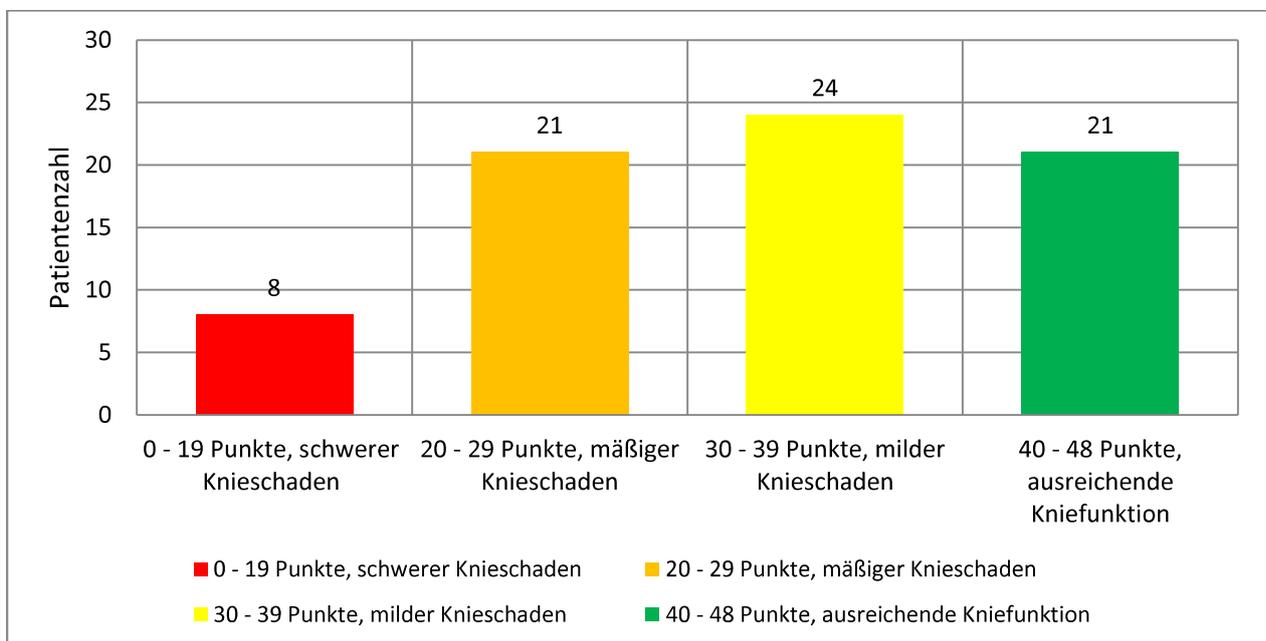
Der Oxford-Knee-Score (OKS) wird in vier Bereiche graduiert. Von 0 bis 19 Punkten kann ein schwerer Knieschaden, mit starken Problemen und eventuell notwendiger chirurgischer Intervention angenommen werden. In dieser Gruppe waren acht Patienten. Von 20 bis 29 Punkten wird ein mäßiger bis schwerer Knieschaden angenommen. In diese Kategorie wurden 21 Patienten eingestuft. Von 30 bis 39 Punkten wird ein milder bis mäßiger Knieschaden angenommen. Hier wird zunächst eine konservative Behandlung empfohlen. In dieser Gruppe waren 24 Patienten. Mit 40 bis 48 Punkten wird eine ausreichende

Kniefunktion angenommen. Hier wird keine Behandlung empfohlen. In dieser Gruppe waren 21 Patienten (siehe Abb.29).

Zusammengefasst ergab der Mittelwert von 32,4 Punkten eine milde bis mäßige funktionelle Einschränkung, für die aber keine chirurgische Therapie sondern eine konservative Versorgung empfohlen wird (Oxford 1998).

28,8% der Patienten hatten eine ausreichende Kniefunktion nach der Osteotomie, 61,6% der Patienten hatten eine ausreichende Kniefunktion bis milden Knieschaden der keine chirurgische Intervention benötigt. Die restlichen 38,4% der Patienten hatten nach durchschnittlich knapp sechs Jahren mäßige bis schwere Knieprobleme, bei denen eine weitere Diagnostik durchgeführt werden müsste, um eine erneute Intervention zu überprüfen (siehe Abb.32).

ABB. 32: GRADUIERUNG DER PATIENTEN IM OXFORD-KNEE-SCORE



3.3.3 Fragebogen mit zusätzlichen Fragen

Bei Frage 1 und 2 sollten die Patienten auf einer visuellen Analogskala die Einschränkung ihrer Lebensqualität vor und nach der Osteotomie bewerten. Diese Bewertung erfolgte im Durchschnitt 5,93 Jahre (SD 2,28; Min 1,92; Max 9,62) nach der Osteotomie. Im Mittel bewerteten die Patienten ihre Lebensqualität vor der Osteotomie mit 7,84 Punkten (eher schlecht) im Vergleich zu 4,45 Punkten danach (eher gut). Somit ergibt sich eine subjektive Verbesserung der Lebensqualität um durchschnittlich 33,9% durch die Osteotomie. Um das Ergebnis genauer darzustellen, muss man aber die Patienten weiter aufteilen, in diejenigen, denen es nach der OP besser ging und diejenigen, denen es schlechter ging sowie diejenigen, die keine Veränderung wahrnahmen. Vier Patienten gaben eine Verschlechterung ihrer Lebensqualität um durchschnittlich 35% von 5,5 Punkten im Mittel präoperativ zu 9 Punkten im Mittel postoperativ an. 16 Patienten empfanden keine Änderung ihrer Lebensqualität. Davon blieben zehn gleich schlecht (≥ 6 Punkte) und sechs Patienten gleich gut (≤ 5 Punkte). 53 Patienten gaben eine absolute Verbesserung ihrer Lebensqualität um 50,2% von durchschnittlich 8,49 (schlecht) präoperativ auf durchschnittlich 3,47 (gut) postoperativ an (siehe Tab. 10).

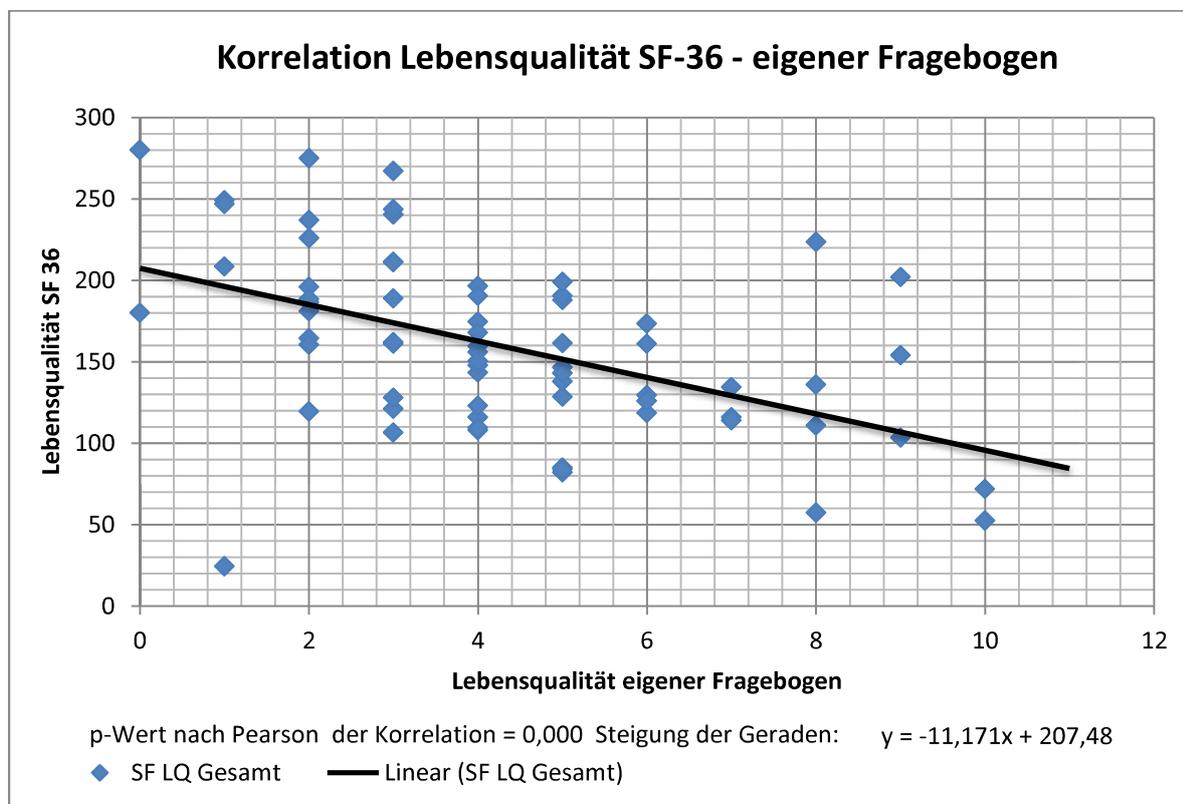
TABELLE 10: ÄNDERUNG DER LEBENSQUALITÄT DURCH DIE KORREKTUROSTEOTOMIE

Verschlechterung (um \varnothing 35%)	4
Unverändert	16
Verbesserung (um \varnothing 50,2%)	53

Um die Validität der Fragen nach der Lebensqualität aus dem eigenen Fragebogen zu untersuchen, korrelierten wir die Testergebnisse mit den Testergebnissen zu den Fragen zur

Lebensqualität aus dem SF-36 Fragebogen. Da wir mit dem SF-36 Fragebogen nur den Zustand nach der OP abfragten, korrelierten wir mit dem postoperativen Wert des eigenen Fragebogens. Beide Skalen sind intervallskaliert. Eine Normalverteilung wurde angenommen. Die Korrelation nach Pearson zeigte einen hochsignifikanten Zusammenhang der beiden Skalen ($p=0,000$).

ABB. 33: KORRELATION LEBENSQUALITÄT SF-36 UND EIGENER FRAGEBOGEN POST-OP



Bei Frage 3 und 4 wurde verglichen, ob die Patienten prä- und postoperativ eine Minderung der Erwerbstätigkeit (MdE) hatten und um wie viel Prozent. 33 Patienten hatten vor der OP keine MdE. 40 Patienten hatten bereits eine MdE von durchschnittlich 43,4%. Durchschnittlich sechs Jahre nach der OP hatten 25 Patienten keine MdE, 48 Patienten hatten eine MdE von durchschnittlich 32,2%. Wir gingen davon aus, dass Patienten, die vor

der OP eine MdE von 0% angaben, noch keine Rentenbegutachtung erhalten hatten und werteten diese somit nicht aus (siehe Tab.11).

TABELLE 11: MINDERUNG DER ERWERBSTÄTIGKEIT VOR UND NACH DER OP

MdE vor OP	MdE nach OP
Ja, n=40 (MdE Ø 43,4%)	Ja, n=48 (MdE Ø 32,2%)
Nein, n=33	Nein, n=25

Bei Frage 5 wurde abgefragt, ob aktuell Arbeitsfähigkeit besteht. 21 Patienten waren nach der Osteotomie nicht mehr arbeitsfähig, 50 Patienten waren arbeitsfähig (siehe Tab.12).

TABELLE 12: ARBEITSFÄHIGKEIT

Ja	n=50 (70%)
Nein	n=21 (30%)

Bei Frage 6 wurden Komplikationen nach der Osteotomie abgefragt. 58 Patienten gaben keine Komplikationen an, sieben Patienten eine Infektion, fünf Patienten eine schlechte Knochenheilung. Nachdem Infektion und Knochenheilungsverzögerung nicht näher definiert wurden, lag diese Einschätzung subjektiv beim Patienten und konnte nicht objektiviert werden. Deswegen werteten wir diese Frage nicht weiter aus. Es ist aber generell von einer höheren Infektrate als bei einem Vergleichskollektiv mit nicht posttraumatischen Korrekturosteotomien auszugehen, da in unserem Kollektiv Frakturen mit teilweise begleitendem Weichteilschaden und Infektionen vorausgingen, was auch die Komplikationsrate bei der folgenden Korrekturosteotomie erhöht. Ein Patient hatte einen Schraubenbruch und ein Patient gab eine kleine Folge-Operation an.

TABELLE 13: KOMPLIKATIONEN

keine	n=58 (80%)
Infektion	n=7 (10%)
Verzögerte Knochenheilung	n=5 (7%)
andere	n=2 (3%)

Nach Folgebehandlungen wurde in Frage 7 gefragt. 22 Patienten hatten keine Folgebehandlungen mehr. Bei acht Patienten wurde eine Arthroskopie durchgeführt, bei 34 Patienten das Metall entfernt. Acht Patienten hatten eine Endoprothese erhalten (siehe Tab.14).

TABELLE 14: FOLGEBEHANDLUNGEN

keine	n=22 (31%)
Arthroskopie	n=8 (11%)
Metallentfernung	n=34 (47%)
Kniegelenksprothese	n=8 (11%)

In Frage 8 und 9 wurde die Beuge- und Streckfähigkeit abgefragt.

Bei neun Patienten war eine maximale Beugung möglich, 31 Patienten kamen auf einen Winkel von ca. 120°. 25 Patienten konnten bis zum rechten Winkel beugen und nur sieben Patienten hatten eine stärkere Beugehemmung unter 90°.

TABELLE 15: BEUGEFÄHIGKEIT

	„sehr starke Beugung“	n=9 (12%)
	„starke Beugung“	n=31 (43%)
	„rechter Winkel“	n=25 (35%)
	„leichte Beugung“	n=7 (10%)

Bei der vollen Streckung gaben 35 Patienten keine Probleme an, 32 Patienten hatten eine geringe Streckhemmung im Vergleich zum gesunden Bein und nur vier Patienten hatten eine starke Streckhemmung (siehe Tab. 16).

TABELLE 16: STRECKFÄHIGKEIT

„keine Einschränkung“	n=35 (49%)
„ein wenig Einschränkung“	n=32 (46%)
„starke Einschränkung“	n=4 (5%)

Aus diesem eigenen Fragebogen eignete sich die Frage 1 und 2 besonders für die Beurteilung der Veränderung der Lebensqualität durch die Operation. Somit sollte das radiologische Ergebnis auf einen Zusammenhang mit dieser Veränderung untersucht werden. Außerdem konnte die Frage 8 und 9, also die Beuge- und Streckfähigkeit, gut für die Auswertung der Funktion nach der OP verwendet werden. Hierfür wurden die Parameter

Streckfähigkeit und Beugefähigkeit in einem selbstentwickelten „Bewegungsscore“ zusammengefasst.

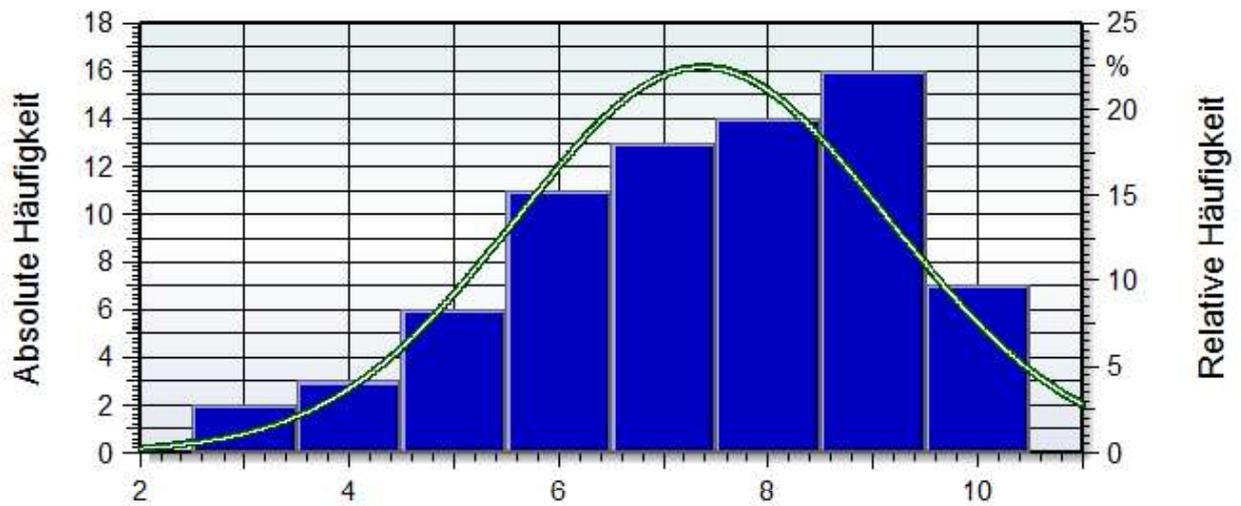
Nachdem die Patienten die Einschränkung der Streckfähigkeit in drei Abstufungen ankreuzen konnten, bewerteten wir die starke Einschränkung mit einem Punkt, wenig Einschränkung mit zwei Punkten und keine Einschränkung mit drei Punkten.

Bei der Beugefähigkeit ergaben sich vier Abstufungen und somit auch 1 – 4 Punkte. „Leichte Beugung“ (ca.45°) ergab einen Punkt, „rechter Winkel“ zwei Punkte, „starke Beugung“ (ca.120°) drei Punkte und „sehr starke Beugung“ (Anschlag am Gesäß, ca. 160°) vier Punkte.

Wir entwickelten für die bessere Auswertung einen eigenen Bewegungsscore. In diesem wurden die Punktwerte Streckung und Beugung summiert, wobei die Streckung doppelt einfluss, um der Wichtigkeit der Streckung im täglichen Leben, beim normalen Gehen und Stehen, im Vergleich zur Beugung beim Treppensteigen und Fahrradfahren gerecht zu werden. Somit konnten 1-3 Punkte mal zwei für die Streckung und 1-4 Punkte für die Beugung, also insgesamt 3-10 Punkte im „Bewegungsscore“ erreicht werden, wobei drei Punkte eine schlechte und zehn Punkte eine gute Bewegungsfähigkeit, also Funktion bedeutete.

Im Mittel erreichten die Patienten 7,375 Punkte (SD \pm 1,78, Min. 3, Max. 10).

ABB. 34: NORMALVERTEILUNG "BEWEGUNGSSCORE"



Um die Validität des selbst entwickelten Bewegungsscores zu überprüfen, korrelierten wir ihn einmal mit den Ergebnissen des Oxford-Knee-Scores und einmal mit den Ergebnissen des Abschnitts Körperfunktion (KÖFU) des SF-36 Fragebogens. Der Bewegungsscore zeigte eine hochsignifikante Korrelation nach Pearson zum Oxford-Knee-Score ($p=0,001$) und zum SF-36 Fragebogen ($p=0,000$).

ABB. 35: KORRELATION BEWEGUNGSSCORE - OXFORD-KNEE-SCORE

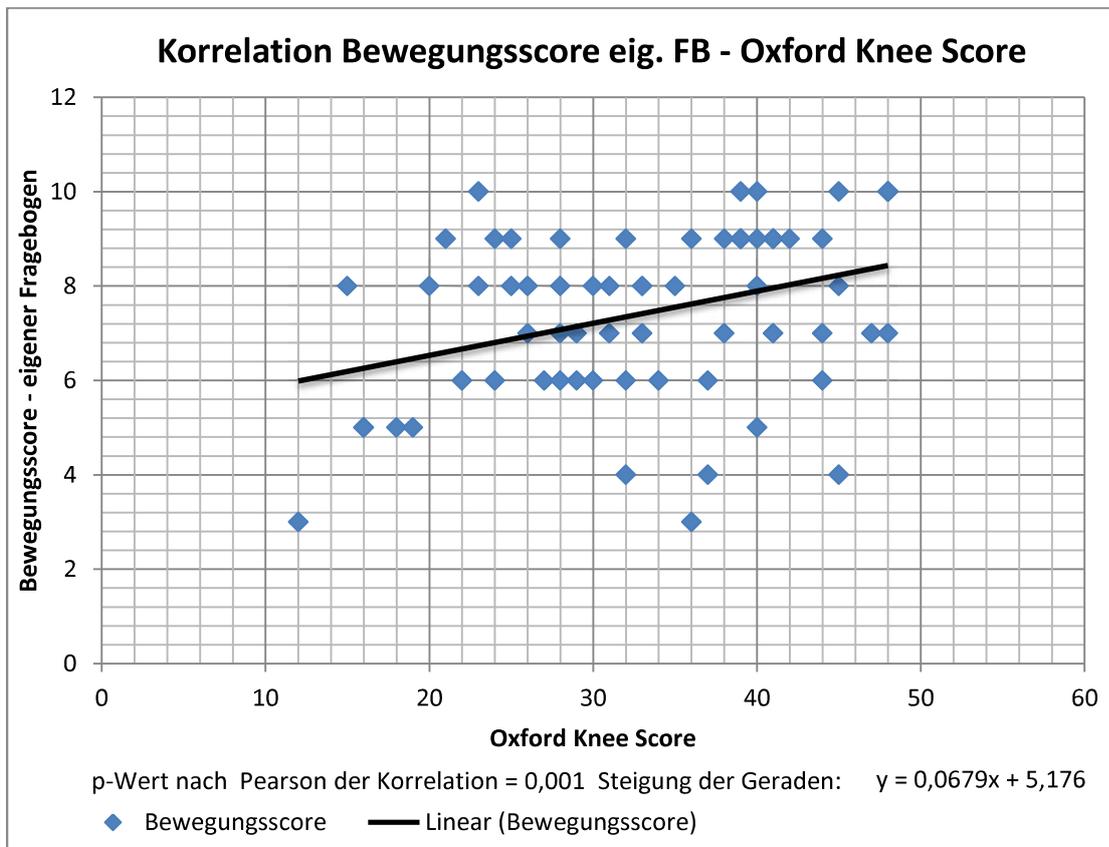
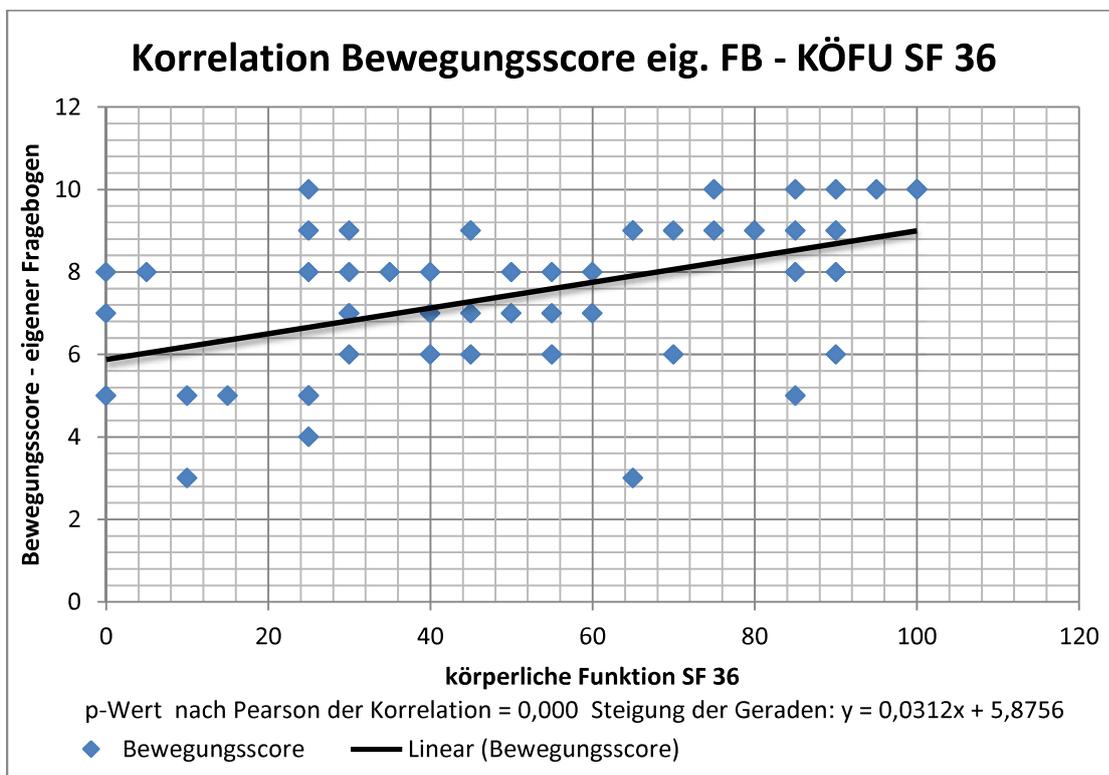


ABB. 36: KORRELATION BEWEGUNGSSCORE - KÖFU SF-36



3.4. Korrelation der Röntgenauswertung mit der Nachsorgeauswertung

Für die Gesamtauswertung wurde untersucht, wie die radiologischen Ergebnisse, d.h. die Auswertungen der Frontalebene, der Sagittalebene und der Röntgenscore, mit dem zusätzlichen Fragebogen, dem Oxford Knee Score und dem SF-36 korrelieren.

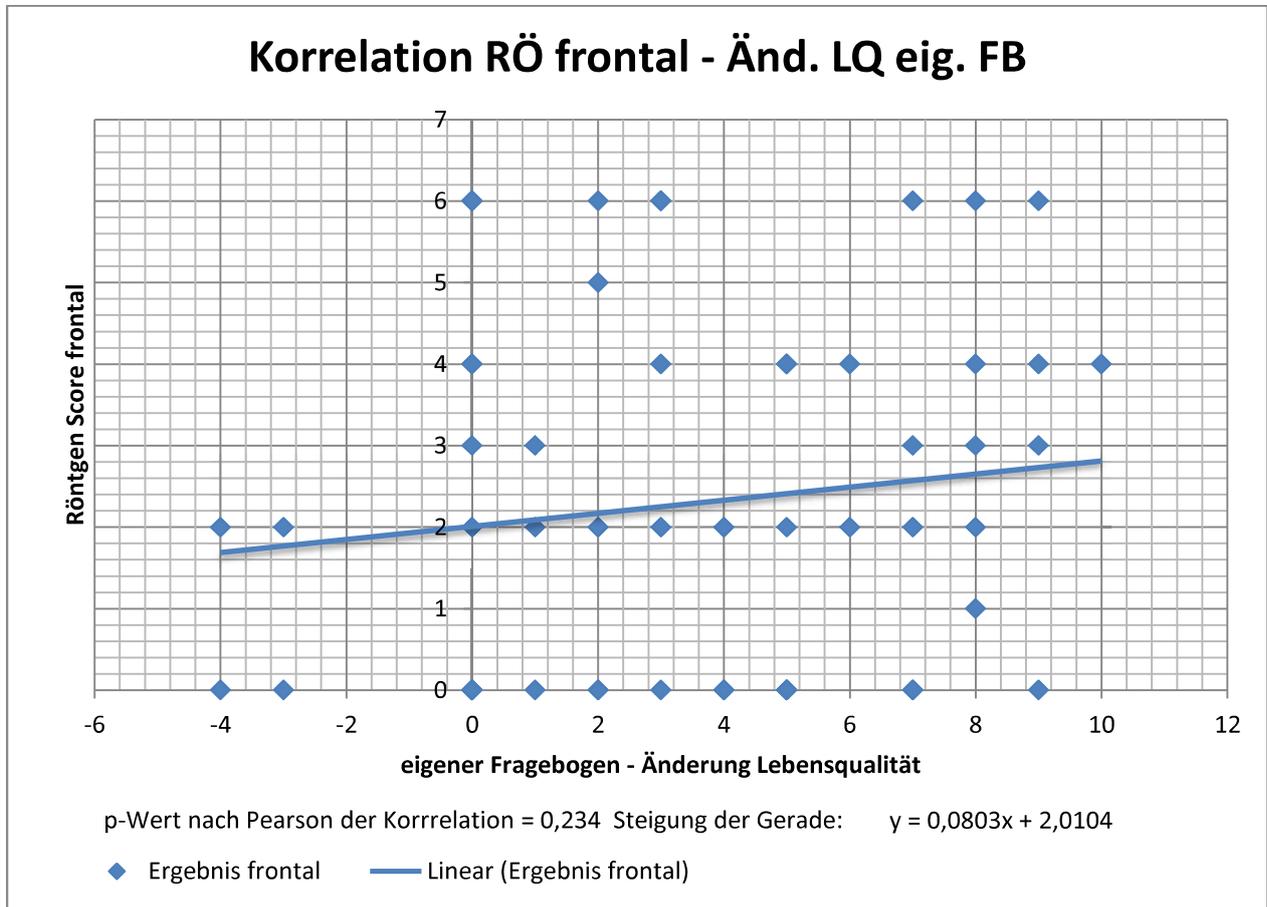
Die Fragebögen SF-36 und der Oxford-Knee-Score mussten getrennt ausgewertet werden für Patienten mit und ohne Knie-TEP im Verlauf, da sie mit Bezug auf die letzten vier Wochen vor Fragebogenerhebung auch Patienten beinhalteten, die nach der Umstellungsosteotomie noch eine Knie-TEP erhielten. Auch die Frage nach der Funktion aus dem zusätzlichen Fragebogen musste getrennt ausgewertet werden.

Dagegen erfolgte die Auswertung der Auswirkung der radiologischen Ergebnisse auf die Lebensqualität, die mit dem eigenen Fragebogen erfasst wurde, für alle Patienten, da hier in Bezug auf die Osteotomie abgefragt wurde, unabhängig von einer Knie-TEP im Verlauf. Dafür wurden die Ergebnisse in der Frontal- und Sagittalebene sowie der Röntgenscore mit der Änderung der Lebensqualität aus dem eigenen Fragebogen korreliert.

3.6.1 Frontalebene

Zwischen dem radiologischen Ergebnis in der Frontalebene und der Änderung der Lebensqualität konnte in der Korrelation nach Pearson kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden ($p=0,234$), d.h. eine postoperative Annäherung an die von Paley definierten Normwerte führte nicht zu einer Verbesserung der Lebensqualität.

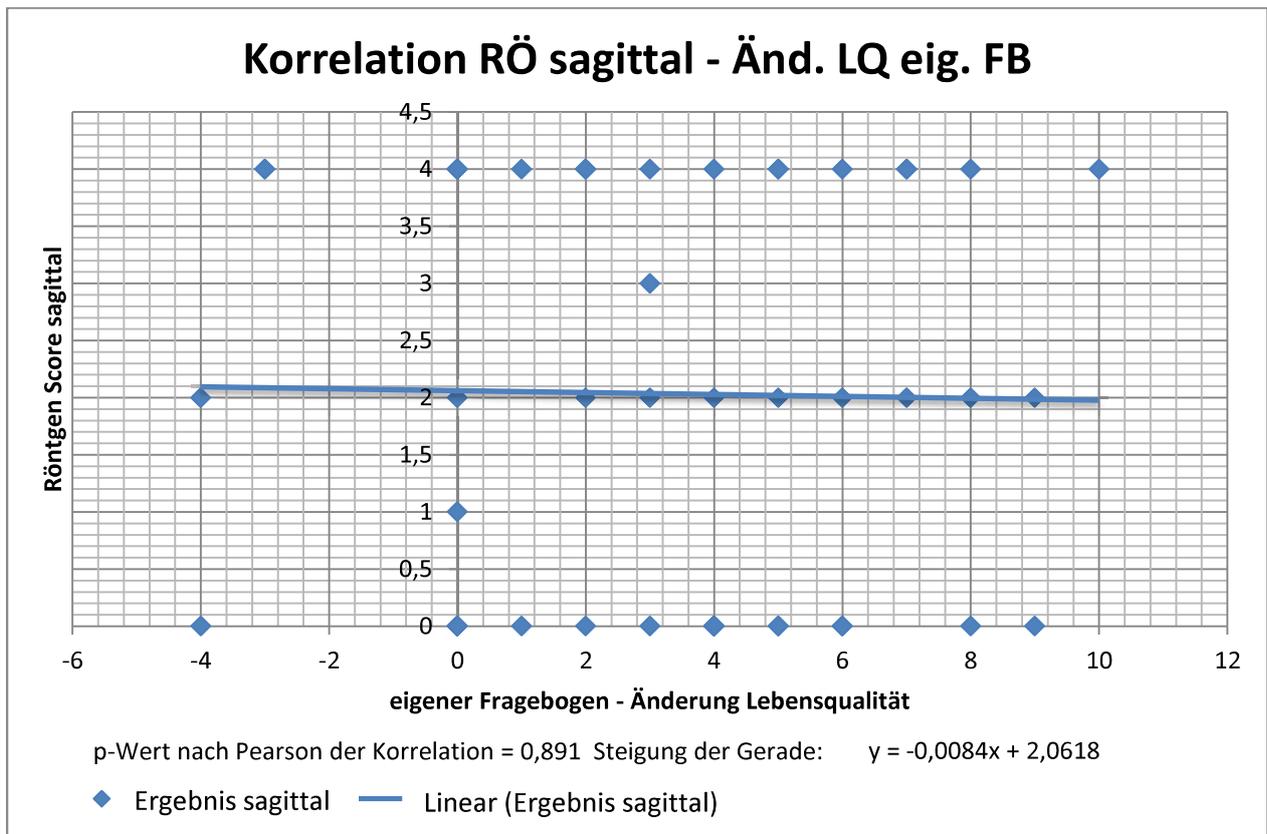
ABB. 37: KORRELATION RAD. ERGEBNIS FRONTAL - ÄND. DER LEBENSQUALITÄT EIGENER FB



3.6.2 Sagittalebene

Bei der Korrelation der radiologischen Ergebnisse der Sagittalebene mit der Änderung der Lebensqualität durch die Osteotomie konnte ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang in der Korrelation nach Pearson festgestellt werden ($p=0,891$), d.h. eine postoperative Annäherung an die von Paley definierten Normwerte führte nicht zu einer Verbesserung der Lebensqualität.

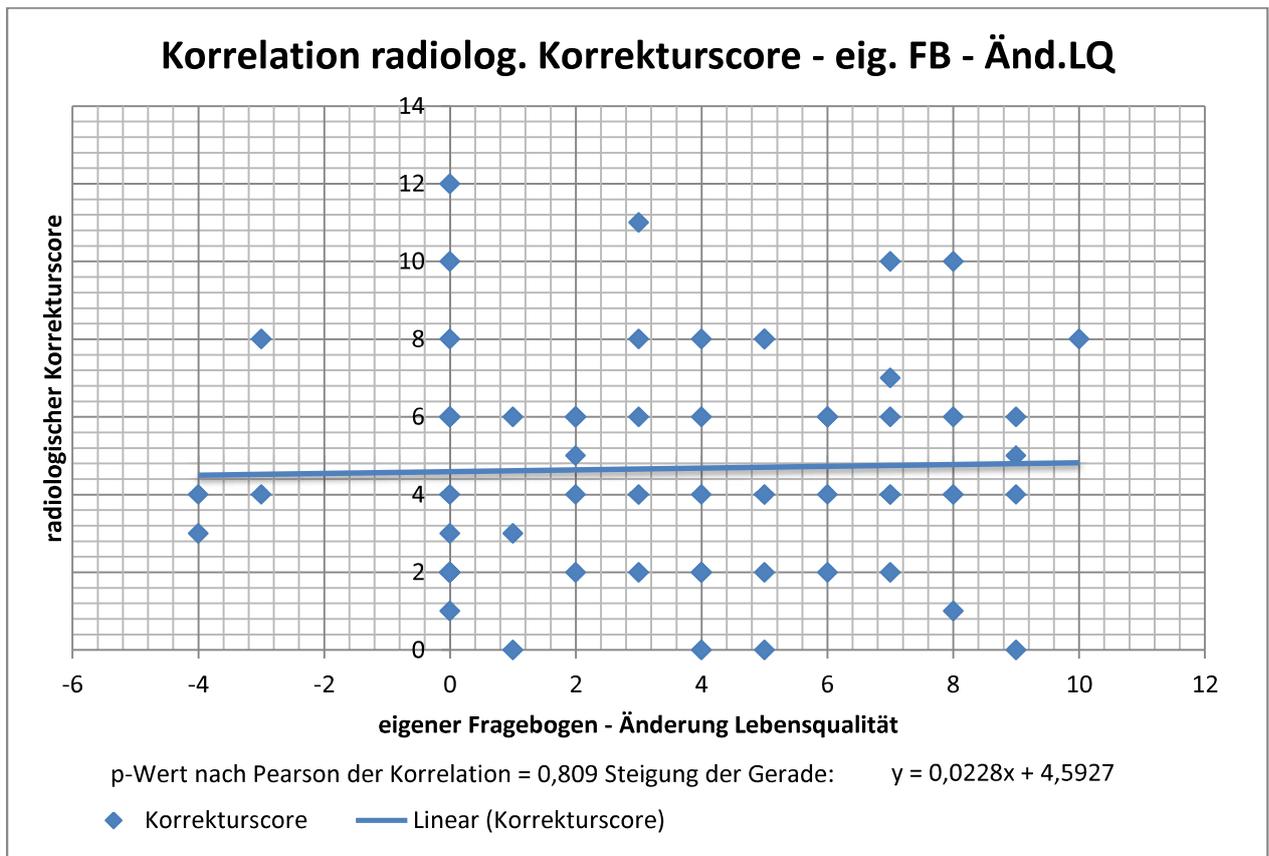
ABB. 38: KORRELATION RAD. ERGEBNIS SAGITTAL - ÄND. DER LEBENSQUALITÄT EIG. FB



3.6.3 Korrekturscore

Zuletzt wurde der radiologische Korrekturscore, der das radiologische Gesamtergebnis repräsentiert, mit der im eigenen Fragebogen erfassten Änderung der Lebensqualität korreliert. Auch hier konnte kein signifikanter Zusammenhang in der Korrelation nach Pearson festgestellt werden ($p=0,809$), d.h. eine postoperative Annäherung an die von Paley definierten Normwerte führte nicht zu einer Verbesserung der Lebensqualität.

ABB. 39: KORRELATION RAD. KORREKTURSCORE - ÄND. LEBENSQUALITÄT EIG. FB



3.5 Besonderheit Knie-TEP

Im eigenen Fragebogen wurden unter Punkt 7 Folgebehandlungen am selben Bein der Korrekturoperation abgefragt. Unter anderem konnten die Patienten hier ankreuzen, dass sie in der Folge eine Knie-TEP erhalten haben. Insgesamt erhielten acht der 73 Studienteilnehmer (11%) eine Knie-TEP nach der Osteotomie. Dadurch entstanden hier zwei Kollektive, die wir zusätzlich auswerteten, nämlich Patienten mit und ohne Knie-TEP im Verlauf.

Die radiologische Auswertung erfolgte direkt nach der Osteotomie, also ohne Knie-TEP, die Fragen nach der Lebensqualität im eigenen Fragebogen bezogen sich ebenfalls auf den Zustand direkt nach der Osteotomie.

Im Gegenzug dazu erhebt der Oxford-Knee-Score und der SF-36 Fragebogen den Zustand der letzten vier Wochen zum Zeitpunkt der Fragebogenbearbeitung. Hier machten die Patienten mit Knie-TEP also ihre Angaben in Bezug auf die implantierte TEP.

Wir testeten, ob die radiologischen Ergebnisse und die Parameter Funktion und Lebensqualität (Physical Function des SF36, Oxford Knee Score, Function Score aus dem eigenen Fragebogen und Lebensqualität aus dem SF36 Fragebogen), die den Zustand nach erfolgter TEP Implantation abfragten, im Sinne der Fragestellung miteinander korrelieren.

TABELLE 17: SIGNIFIKANZEN DER KORRELATIONEN MIT KNIE TEP

mit Knie TEP	Funktion	Funktion	Funktion	LQ
	SF Physical Funct	OKS Punkte	Function Score	SF 36 gesamt
Rö Score	0,388	0,388	0,788	0,192
Rö sagittal	0,518	0,393	0,322	0,231
Rö frontal	0,358	0,422	0,8	0,464

Wie in Tabelle 17 ersichtlich, ergab sich bei Patienten, die im Verlauf nach der Korrekturosteotomie noch eine Knie TEP erhalten haben, kein signifikanter Zusammenhang zwischen den radiologischen Ergebnissen und der Funktion oder der Lebensqualität.

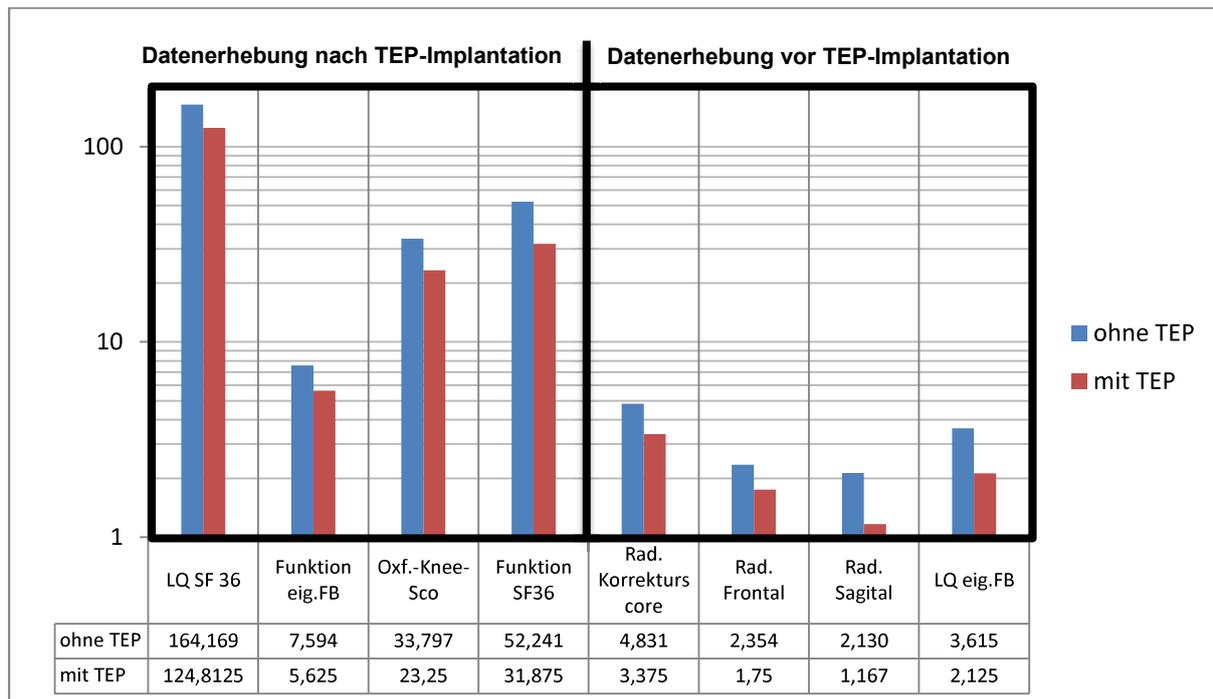
Demgegenüber wurden nun die Patienten ohne Knie TEP im Verlauf betrachtet. Auch hier wurden wie bei den Patienten mit Knie TEP die entsprechenden Parameter korreliert.

Der Röntgenscore korrelierte signifikant mit allen Ergebnisparametern. Die sagittalen radiologischen Ergebnisse korrelierten mit den Funktionsbereichen des SF36 und dem Oxford Knee Score, aber nicht mit dem eigenen Funktionscore und dem Bereich Lebensqualität aus dem SF36. Die frontalen radiologischen Ergebnisse korrelierten in keinem Fall (siehe Tab. 18).

TABELLE 18: SIGNIFIKANZEN DER KORRELATIONEN OHNE KNIE TEP

ohne Knie TEP	Funktion	Funktion	Funktion	LQ
	SF Physical Funct	OKS Punkte	Function Score	SF 36 gesamt
Rö Score	0,002	0,006	0,032	0,018
Rö sagittal	0,032	0,027	0,526	0,168
Rö frontal	0,7	0,812	0,266	0,799

Vergleicht man nun die Mittelwerte der Ergebnisse von Patienten, die keine Knie-TEP erhielten mit den Knie-TEP-Trägern, fällt auf, dass Letztere in allen ausgewerteten Bereichen, d.h. bezogen auf Funktion und Lebensqualität, aber auch radiologisch, schlechtere Ergebnisse nach der Osteotomie zeigten.

ABB. 40: VERGLEICH PATIENTEN MIT UND OHNE KNIE-TEP IM VERLAUF (ABSOLUTWERTE)


Wenn man nun die radiologischen Ergebnisse und die Frage nach der Lebensqualität aus dem eigenen Fragebogen bei den Patienten mit Knie-TEP Implantation im Verlauf direkt nach der Osteotomie betrachtet, fällt auf, dass diese schon nach der Osteotomie schlechtere radiologische Ergebnisse zeigten, als der Durchschnitt der Studienteilnehmer, die im Nachbeobachtungszeitraum von durchschnittlich 5,93 Jahren (SD 2,28; Min 1,92; Max 9,62) keine Knie-TEP erhielten (siehe Tab. 19). Ebenso gaben die Knie-TEP Patienten bei der subjektiven Einschätzung ihrer Lebensqualität vor und nach der Umstellungsosteotomie schlechtere Werte an, als die Patienten, die im Verlauf keine Knie-TEP erhielten (siehe Tab. 20).

TABELLE 19: ERGEBNISSE NACH UMSTELLUNGS-OP IN ABHÄNGIGKEIT EINER KNIE-TEP IM VERLAUF (J/N)

	Radiologisch	Radiologisch	Radiologisch
TEP im Verlauf	Korrekturscore	Frontal	Sagittal
nein	4,8 ± 2,7	2,4 ± 1,9	2,1 ± 1,6
ja	3,4 ± 2,5	1,8 ± 2,1	1,2 ± 1,6

TABELLE 20: VERGLEICH LEBENSQUALITÄT VOR UND NACH UMSTELLUNGS-OP IN ABHÄNGIGKEIT KNIE-TEP IM VERLAUF (J/N)

	Lebensqualität eig. FB	Lebensqualität eig. FB	Lebensqualität eig. FB
TEP im Verlauf	prä Umstellungs-OP	post Umstellungs.OP	abs. Änderung
nein	7,8 ± 2,6	4,3 ± 2,4	3,6
ja	7,9 ± 2,4	5,8 ± 3,6	2,1

Während alle Patienten vor der Umstellung ihre Lebensqualität als ähnlich schlecht einschätzten (7,8 vs. 7,9), schätzten die Patienten, die im Verlauf eine Knie – TEP erhielten, ihre Lebensqualität schon direkt nach der Umstellung als schlechter ein. Somit war die absolute Verbesserung der subjektiven Lebensqualität im eigenen Fragebogen bei den Patienten ohne Knie – TEP höher, als bei Patienten mit Knie – TEP im Verlauf (3,55 vs. 2,13) (siehe Tab. 20).

Bei der Betrachtung der Ergebnisse nach TEP-Implantation (nach durchschnittlich 5,93 Jahren) fiel ebenfalls auf, dass die Patienten in den Bereichen Funktion und Lebensqualität schlechter abschnitten (siehe Tab. 21).

TABELLE 21: SPÄTERERGEBNISSE NACH Ø 5,93 JAHREN

	Lebensqualität	Funktion	Funktion	Funktion
TEP	Ergebnis SF 36	Ergebnis eig. FB	Oxf.-Knee-Score	SF36
nein	164,2 ± 52,5	7,6 ± 1,6	33,8 ± 8,7	52,2 ± 27,6
ja	124,8 ± 60,1	5,6 ± 2,1	23,6 ± 9,0	32,0 ± 21,0

3.6 Zusammenfassung

Der radiologische Korrekturscore bildet die Gesamtheit der radiologischen Ergebnisse ab. In ihm sind die frontalen und sagittalen Messwerte sowie der Gelenkspaltwinkel berücksichtigt.

Es zeigte sich im Gesamtkollektiv keine signifikante Korrelation zwischen dem Korrekturscore und der Lebensqualität. Auch bei isolierter Betrachtung und Korrelation nur der sagittalen oder frontalen radiologischen Ergebnisse mit der Lebensqualität ergab sich kein signifikanter Zusammenhang.

Für die weitere Auswertung in Bezug auf Funktion und Lebensqualität wurden die Patienten, die im Verlauf eine Knie-TEP erhielten als gesondertes Kollektiv betrachtet, da die Fragebögen SF-36 und Oxford-Knee-Score bei ihnen mit bereits implantierter TEP nach durchschnittlich 5,93 Jahren erhoben wurden. Somit konnte diesbezüglich kein direkter Vergleich des Gesamtkollektivs stattfinden.

Nach Entfernung der Patienten mit Knie-TEP im Verlauf aus dem Gesamtkollektiv zeigte sich für das Restkollektiv eine signifikante Korrelation zwischen dem radiologischen Korrekturscore und der Funktion und Lebensqualität in allen Bereichen. Hieraus ließ sich folgern, dass eine Annäherung der radiologischen Gesamtergebnisse in allen Ebenen an die von Paley definierten Normwerte zu einer signifikant besseren Funktion und Lebensqualität führt.

Werden die sagittalen und frontalen radiologischen Ergebnisse einzeln mit den Ergebnissen für Funktion und Lebensqualität korreliert, zeigen sich für die sagittalen Ergebnisse teilweise signifikante Korrelationen (mit der Funktion des SF36 und des Oxford Knee Score) jedoch nicht mit den Ergebnissen zur Lebensqualität aus dem SF36 Fragebogen, während die frontalen Ergebnisse in keinem Fall korrelieren. Dies lässt erneut die große Bedeutung der sagittalen Ergebnisse am Gesamtergebnis erkennen.

Das Kollektiv der Patienten mit Knie-TEP im Verlauf wurde noch gesondert betrachtet. Hier zeigten sich jedoch in keinem Fall signifikante Korrelationen zwischen den radiologischen Ergebnissen und der Funktion und Lebensqualität.

Man darf insgesamt aber nicht außer Acht lassen, dass bei einigen Patienten die Umstellung gerade deswegen erfolgte, um den Einbau einer Knie-TEP im Verlauf erst möglich zu machen.

4. Diskussion

4.1 Ergebnisse

Gemäß der Fragestellung der Arbeit galt es zu untersuchen, ob man durch radiologische Messung der Achswinkel der unteren Extremität nach einer kniegelenksnahen Korrekturosteotomie auf die resultierende Funktion und Lebensqualität des Patienten Rückschlüsse ziehen kann und somit eine möglichst genaue Annäherung an die physiologischen Achsverhältnisse auch zu einem besseren funktionellen Ergebnis führt.

4.1.1 Gesamtkollektiv von 73 Patienten

Es lässt sich für das Gesamtkollektiv sagen, dass eine größere Annäherung der radiologischen Gesamtergebnisse in allen Ebenen an die von Paley definierten Normwerte zu keiner signifikant besseren Funktion und Lebensqualität führt. Aufgrund des langen Nachbeobachtungszeitraums von knapp 6 Jahren erhielten einige Patienten in der Zwischenzeit eine Knieprothese, weshalb sie getrennt von den Patienten ohne Knie TEP ausgewertet wurden. Dies verkleinerte die Fallzahl in der Hinsicht, dass man die Patientenkollektiv in zwei Gruppen aufteilen musste, um hier keinen systematischen Fehler zu begehen, da durch die Knie-TEP eine Funktionsverbesserung eingetreten sein könnte, wodurch die Werte falsch zu gut gewesen wären. Denn gerade diese Patienten waren ja mutmaßlich die schlechtesten Patienten des Kollektivs.

Wenn man die Patienten, die im Nachbeobachtungszeitraum von durchschnittlich 5,93 Jahren eine endoprothetische Versorgung erhielten aus dem Gesamtkollektiv ausschließt, ergibt sich für das Restkollektiv eine signifikante Korrelation aus dem radiologischen Gesamtergebnis und der Funktion und Lebensqualität. Auf dieses Subkollektiv wird später (4.1.2) noch einmal separat eingegangen. Für das Gesamtkollektiv waren die Ergebnisse der

Oxford Knee Score Fragebögen bei durchschnittlich 32,41 von 48 Punkten nach durchschnittlich 5,93 Jahren. Die im Vergleich zu der weiter unten aufgeführten Literatur unterschiedliche Punktsomme resultiert aus unterschiedlichen Zählweisen, die sich verbreitet haben. Manche Autoren geben bei fünf Antwortmöglichkeiten pro Frage ein bis fünf Punkte, wir verwendeten die Version von null bis vier Punkten und somit maximal 48 Punkten, da hierfür auch die Auswerteskala von Dawson et al. entwickelt wurde. Beide Verfahren lassen sich aber direkt ineinander umrechnen und unterscheiden sich sonst nicht in der Beurteilbarkeit.

Insgesamt konnten wir aber vergleichbar mit den Studien von Sprenger und Doerzbacher (Sprenger and Doerzbacher 2003) sowie Bonnin und Chambat (Bonnin and Chambat 2004), auf die unter Punkt 4.6 näher eingegangen wird, zeigen, dass die Achswinkel nach der Osteotomie ein entscheidendes Kriterium darstellen.

4.1.2 Subkollektiv: keine Endoprothese im Verlauf

Wurde isoliert das Subkollektiv betrachtet, bei dem im Verlauf keine endoprothetische Versorgung erfolgen musste, zeigte sich bei einer größeren Annäherung der radiologischen Gesamtergebnisse in allen Ebenen an die von Paley definierten Normwerte eine signifikant bessere Funktion und Lebensqualität. Somit kann man für dieses Subkollektiv zusammenfassen, dass die Patienten nicht nur von der Osteotomie profitierten und die Progression von Arthrosen verlangsamt wurde, sondern dass eben bei besseren Achsverhältnissen die Lebensqualität auch besser ist und bessere funktionelle Ergebnisse erzielt werden können.

4.1.3 Subkollektiv: Endoprothese im Verlauf

Die Patienten, die im Verlauf eine Knie-TEP erhielten, sind die Patienten mit den schlechtesten Ergebnissen, die aufgrund ihrer starken Beschwerden eben diese Endoprothese benötigten und meistens schon in den präoperativen Fragebögen schon weniger Punkte erzielten. Dies ist wahrscheinlich auf die Schwere der Verletzung und einen vorbestehenden Knorpelschaden zurückzuführen, der so weit fortgeschritten war, dass er durch die Korrekturosteotomie nicht ausreichend entlastet werden konnte. Dies unterstreicht den Stellenwert der Osteotomie als vor allem präventive Maßnahme bei Fehlstellungen, um die Progression degenerativer Prozesse zu verlangsamen. Es sei auf die Analyse einer vermuteten Achsabweichung bzw. eines Rotationsfehlers an der unteren Extremität nach korrigierender Osteotomie verwiesen, die von unzufriedenen Patienten bei der Ärztekammer Nordrhein geltend gemacht wurden. In 26 von 66 Fällen (39%) wurde ein Behandlungsfehler angenommen. In 19 dieser 26 Fälle war ein technisch unzureichendes Vorgehen wegen inadäquater Stabilisierung Grund zur Anerkennung, nur in zwei Fällen bestand der Fehler darin, dass man sich anlässlich des Korrekturingriffs nicht adäquat um die richtige Achsausrichtung bzw. Rotation bemüht hatte. In 7 Fällen (die Anerkennung konnte multikausal sein) wurde der Fehler darin gesehen, dass bei bereits erkannter Achsabweichung die Korrektur zu spät vorgenommen wurde. Dies verweist auf die Bedeutung der rechtzeitigen Erkennung korrekturbedürftiger Achsabweichungen, deren offener Diskussion mit dem Patienten sowie die zeitgerechte operative Revision (Kortmann, Böhm et al. 2008).

Aufgrund der geringen Fallzahl der Patienten mit Knie-TEP in der Folge und der schlechten radiologischen Nachverfolgung gerade dieser wenigen Patienten, lässt sich aus unseren Daten hierzu keine repräsentative Aussage tätigen. Dass bei all diesen Patienten aber auch direkt nach der Osteotomie die Lebensqualität schlechter war, als beim Restkollektiv ohne Knie-TEP, weist auf einen vorbestehenden Knorpelschaden oder einen Kniebinnenschaden

hin, der durch die Osteotomie nicht behandelt werden kann, im besten Fall kann die Progression verlangsamt werden. Somit muss gerade bei der Indikationsstellung zur Osteotomie darauf geachtet werden, ob das Knie zu stark vorgeschädigt ist und somit eine Knie-TEP oder eine Hemiprothese als primäre Therapie die bessere Wahl wäre. Dies zeigt denn Stellenwert der präoperativen Arthroskopie, worauf im Abschnitt 4.3 noch weiter eingegangen wird. Man darf aber auch nicht außer Acht lassen, dass die durchgeführten Osteotomien oft als Therapieversuch im Konsens und unter ausführlicher Aufklärung des Patienten durchgeführt werden oder aber andererseits gerade eine Vorbereitung auf eine Knie-TEP sein sollen, da die Achswinkel für den primären Einbau einer TEP zu stark von der Norm abweichen.

Dass sich bei diesen „schlechten“ Patienten keine Korrelation zwischen radiologischen Ergebnissen und Funktion und Lebensqualität ergibt, deutet auch darauf hin, dass der vorbestehende Schaden auch durch ein postoperativ an die Normwerte angenähertes Ergebnis nicht soweit kompensiert werden konnte, dass die vorbestehenden Beschwerden des Patienten merklich nachließen.

Eine Schwäche der Studie zeigt auf, dass zwar bei sieben der acht Knie-TEP Patienten sagittale Röntgenaufnahmen sowie Aufnahmen des Knies zur Bestimmung des GSW prä- und postoperativ, aber nur bei zwei der acht Patienten Frontalaufnahmen postoperativ vorlagen, die eine Bestimmung des mechanischen lateralen distalen Femurwinkels (mLDFW) zuließen. Somit kann auch die Korrelation der frontalen radiologischen Ebene zur Funktion und Lebensqualität nicht gewertet werden, da sie mit der Fallzahl von $n=2$ nicht repräsentativ ist.

4.2 radiologische Kriterien

Es hat sich gezeigt, wie wichtig prä- und postoperative radiologische Standards sind, also nicht nur die Ganzbeinaufnahme vor der OP zur exakten Planung als Goldstandard sondern auch eine Ganzbeinaufnahme nach der OP, um alle Achswinkel und damit das Gesamtergebnis überprüfen zu können. Mit einer langen Knieaufnahme ist die Bestimmung des mLDFW nicht möglich. Ebenso müssen prä- und postoperativ sagittale Aufnahmen zur Beurteilung des „Slope“, d.h. der Neigung des Tibiaplateaus nach dorsal im Verhältnis zur Schaftachse aufgenommen werden. In der Auswertung zeigten sich im Vergleich zu den frontalen Ergebnissen signifikante Korrelationen zwischen den sagittalen Ergebnissen und den Funktionsparametern aus dem SF36 Bogen und dem Oxford Knee Score. Dies deutet auf einen besonderen Stellenwert des „Slope“ bei Umstellungsosteotomien auf das funktionelle Ergebnis hin, da der tibiale Slope Einfluss auf die anteroposteriore Stabilität und auf das Bewegungsausmaß im Kniegelenk nimmt (Agneskirchner 2004; Giffin 2004; Feucht 2012; Hinterwimmer 2012).

Die Ganzbeinaufnahme wird von mehreren Autoren als Goldstandard (Strecker 1997; Lobenhoffer 2014) und gleichzeitig Voraussetzung zur Durchführung einer Korrekturosteotomie angesetzt. Diese sollte in Verbindung mit einer Sagittalaufnahme und der klinischen Untersuchung als Mindeststandard angesetzt werden (Strecker 1997). Die richtige Aufnahmetechnik ist hier absolut entscheidend (Keppler and Kinzl 2006). Dies wurde nicht zuletzt auch aufgrund der aufgedeckten Mängel im Rahmen dieser Datenverarbeitung im Klinikstandard zu Korrekturosteotomien der BGU Murnau so festgelegt (Kern 2010).

Alternativ kann auch die „lange“ Aufnahme des Kniegelenks durchgeführt werden, bei der Pape et al. zumindest die Darstellung von $>2/3$ des kniegelenksnahen Femurs sowie der gesamten Tibia mit oberem Sprunggelenk fordern (Pape, Seil et al. 2004). Die Reproduzierbarkeit ist hier aber deutlich geringer (Keppler and Kinzl 2006). Um sich an der

gesunden Extremität orientieren zu können, sollte auch eine Aufnahme der gesunden Seite erfolgen (Strecker 1997).

4.3 Arthroskopie präoperativ

Die Patienten, die im Verlauf eine Knie-TEP erhielten, beurteilten ihre Lebensqualität schon direkt nach der Umstellungs-Operation als subjektiv schlechter und somit war ihre absolute Verbesserung der Lebensqualität auch kleiner ausgefallen, als bei den Patienten bei denen im Verlauf nicht der endoprothetische Ersatz erforderlich wurde.

Der Grund könnte auch objektivierbar in den Knorpelverhältnissen schon vor der Umstellung liegen, die bei uns damals noch nicht standardisiert durch Arthroskopie oder MRT beurteilt wurden. Mit diesen zusätzlichen Informationen wäre eventuell die Indikationsstellung anders verlaufen und man hätte dieses Ergebnis vielleicht absehen können. Deswegen wird seit längerem als Standard eine der Methoden (MRT und/oder Arthroskopie) zur Bilanzierung des Knorpelstatus vor Umstellungs-Operationen gefordert (Hofmann, Lobenhoffer et al. 2009; Strecker 2009). Einige Autoren halten die alleinige Indikationsstellung einer HTO aufgrund von MRT-Befunden jedoch für nicht ausreichend, da das Ausmaß der Knorpelschäden häufig falsch eingeschätzt wird (Vallotton 1995). Dies gilt insbesondere für die Einschätzung von Knorpelschäden geringerer Tiefe und Ausdehnung (Grad I bis IIb nach der Klassifikation von Noyes (Paley 2000)), die nur durch direkte arthroskopische Sicht richtig klassifiziert werden können. Trotzdem hilft eine MRT-Untersuchung vor einer geplanten HTO häufig einen Meniskusschaden oder eine initiale Osteonekrose auszuschliessen. Die MRT eignet sich auch gut zur Verlaufskontrolle hochgradiger umschriebener Knorpelläsionen nach einer HTO (Pape 2007) (Mori 1999). Bei uns ist die Arthroskopie als Standard vor Durchführung einer Korrekturosteotomie festgelegt.

4.4 Kritikpunkte an der Studie

Einer der Hauptkritikpunkte dieser Arbeit besteht darin, dass noch nicht durchgehend standardisiert (Kern 2010) gehandelt wurde, wodurch die Auswertung erschwert und in manchen Bereichen sogar unmöglich wurde. Als positiv lässt sich hierbei vermerken, dass die Mängel erkannt und in der Folgezeit durch feste Standards im klinischen Alltag vermieden werden konnten.

4.4.1 Mängel in der radiologischen Diagnostik

Leider haben nicht alle Patienten der vorliegenden Studie eine präoperative Ganzbeinstandaufnahme zur Planung erhalten. Auch die sagittale Beinaufnahme wurde zeitweise nicht durchgeführt. Am häufigsten fehlte postoperativ die Evaluation der durchgeführten Maßnahme auch in Bezug auf die Achswinkel.

Während alle Patienten eine präoperative Röntgenaufnahme für die Planung der Umstellung erhielten, wurden manche Patienten postoperativ nicht mehr geröntgt und mussten deswegen aus der Studie ausgeschlossen werden. Die Art der Aufnahmen reichte von Ganzbeinstandaufnahmen prä- und postoperativ plus seitliche Unterschenkelaufnahmen, was die Erfassung aller relevanten Achsenwinkel ermöglichte, bis hin zu langen Unterschenkelaufnahmen mit Erfassung vom Knie bis zum Sprunggelenk, die schon keine Erfassung des mLDFW mehr zuließ. Hier wurde auch teilweise die seitliche Aufnahme nicht mehr durchgeführt. Zuletzt gab es auch noch Knieaufnahmen, bei denen der Schaft der Tibia nicht mehr in ausreichender Länge erfasst wurde. Leider wurde hier postoperativ oft nur noch eine kurze frontale Knieaufnahme zur Beurteilung der Osteosynthese durchgeführt. Somit war die Erfassung von MPTW, PPTW und GSW noch meistens möglich, während mLDFW, CORA und MAD bei einigen Patienten nicht zu erheben waren. Dies machte die Auswertung in vielen Fällen schwierig.

Alternativ muss vermutet werden, dass einige Aufnahmen, sowohl zur präoperativen Planung, vor allem aber auch in der Nachsorge als Fremdbilder beigebracht wurden. Das Fremdbildarchiv unserer Klinik wurde damals aber noch in regelmäßigen Abständen gelöscht, sodass die Aufnahmen zur Auswertung nicht mehr zur Verfügung standen. Auch dieser Mangel konnte in der Folgezeit der Studie behoben werden.

Somit lässt sich sagen, dass in der Planung der Studie diese Mängel leider nicht berücksichtigt wurden, die Konsequenzen für den klinischen Standard jedoch gezogen wurden und in diesem seitdem fest verankert sind.

4.4.2 Fragebögen

Der Rücklauf der Fragebögen der Patienten war leider zunächst schleppend. Bei der telefonischen Abfrage hörte man von den Patienten oft die Aussage, dass sie nicht wussten, inwiefern diese freiwillige Teilnahme an der Studie Auswirkungen auf ihre MdE bzw. ihre Berentung haben könnte und ob diese Daten auch wirklich nicht von der BG verwendet werden könnten. Dies hatte wohl einige Patienten davon abgehalten an der Studie teilzunehmen bzw. ihre Antworten schriftlich zu fixieren. Weiterhin könnten einige Patienten in ihren Fragebögen schlechtere Werte ausgefüllt haben, mit dem Hintergedanken, dass sie damit von der BG eine höhere MdE bekämen. Insgesamt war die Rücklaufquote, nach telefonischer Abfrage, mit 75% jedoch zufriedenstellend.

Im Nachhinein betrachtet wäre die Erfassung durch Fragebögen prä- und postoperativ zum besseren Vergleich hilfreich gewesen. Zusätzlich hätte eine aufwändigere Aufklärung über den Zweck der Studie und die Unabhängigkeit von der BG-lichen Einstufung erfolgen müssen.

4.5 Lösungsvorschläge für weitere Studien

Für die Korrelation der einzelnen radiologischen Ergebnisse (in jeweils einer Ebene) zu den Fragen nach der Lebensqualität im eigenen Fragebogen konnte kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden. Somit scheint dieser ein ungeeigneter Parameter zu sein.

Eventuell würde bei stärkeren radiologischen Abweichungen wieder ein Zusammenhang zur Änderung der Lebensqualität entstehen. Es wird hier also noch weiterer Bedarf bestehen, vor allem auf die Größe der Abweichung der Achswinkel einzugehen und zu untersuchen, ab welcher Abweichung keine Korrelation mehr festzustellen ist.

Die Auswertung der radiologischen Werte sollte an Ganzbeinstandaufnahmen prä- und postoperativ erfolgen. Zusätzlich werden sagittale Beinaufnahmen prä- und postoperativ benötigt. Weiterhin sollten die Fragebögen prä- und postoperativ erhoben werden. Dies unter der Klarstellung, dass die Ergebnisse nicht an die Berufsgenossenschaft gehen und somit nicht im Sinne eines Gutachtens verwertet werden. Es muss klar gestellt werden, dass die Studie keine Auswirkung auf die Anerkennung einer MdE oder den Grad der Behinderung (GdB) hat.

4.6 Literatur (Vergleich)

Sprenger und Doerzbacher berichteten 2003 von der Korrelation der Standzeit der Osteotomien bis zur Notwendigkeit der endoprothetischen Versorgung vom Valguswinkel ein Jahr postoperativ. Hier zeigte sich eine 90-prozentige Überlebensrate der Osteotomien (bis zum Einbau einer Kniegelenksprothese) bei Varusgonarthrose nach zehn Jahren bei unter 60-jährigen Patienten, wenn der Valguswinkel ein Jahr postoperativ zwischen 8° und 16° betrug (Sprenger and Doerzbacher 2003). Ebenso stellten Bonnin und Chambat bei einer Metaanalyse von 24 Publikationen mit 2255 Fällen fest, dass der postoperative

Korrekturwinkel das entscheidende Kriterium für das Langzeitergebnis darstellt (Bonnin and Chambat 2004). Saragaglia et al. publizierten 2011 die bisher längste Nachsorge nach HTO (high tibial osteotomy). In dieser Studie wurde an 124 Kniegelenken bei 110 Patienten eine mediale hohe tibiale open wedge Osteotomie durchgeführt, welche mittels nichtwinkelstabiler 2- oder 3-Loch AO-T-Platte ohne Spacer fixiert und der Osteotomiespalt zusätzlich mit einem β -Trikalziumphosphat-Span aufgefüllt wurde. Die 5-Jahres-Überlebensrate der Osteotomie, d.h. die Dauer bis zur Notwendigkeit der Implantation einer Knie-TEP in diesem Kollektiv betrug 88,8%, die 10-Jahres-Überlebensrate 74% (Saragaglia 2011). Allein der Parameter Konversionsrate zur Prothese erlaubt jedoch noch keine Aussage über die tatsächliche, postoperative funktionelle Verbesserung. Die bisherigen Studien unter Verwendung eines Plattenfixateurs zeigten vielversprechende kurz- und mittelfristige Ergebnisse (Kohn 2015). Aufgrund der Tatsache, dass das aktuell durchgeführte open-wedge Operationsverfahren mit winkelstabiler Platte erst seit etwa 5–10 Jahren flächendeckend umgesetzt wird, gibt es noch wenig lang dauernde Follow-up-Studien (Hinterwimmer 2012).

In einer Multicenterstudie der AO (Arbeitsgruppe Osteosynthese) mit 369 Patienten, die sich einer Tibiaosteotomie unterzogen, waren die Oxford-Knee-Scores nach durchschnittlich 3,5 Jahren bei durchschnittlich 51,6 von 60 Punkten (Hofmann, Lobenhoffer et al. 2009). Dies entspricht 41,3 Punkten in unserer Zählweise. In einer multizentrischen Untersuchung von Lobenhoffer et al. wurden 533 Patienten mit einer biplanaren öffnenden Tibiaosteotomie unter Stabilisierung mit einem Plattenfixateur behandelt. Korrekturziel war die Verschiebung der mechanischen Traglinie des Beins auf den 62%-Punkt des Gesamtquerschnitts der proximalen Tibia. Der mittlere Oxford-Knee-Score betrug nach im Mittel 3,6 Jahren (Nachuntersuchungszeitraum 2,4 bis 4,7 Jahre) 43 (8-48) Punkte (Lobenhoffer 2014). Diese Studie konnte zeigen, dass auch bei Patienten mit einem höhergradigen präoperativen medialen Knorpelschaden (54% Knorpelläsion III und 32% Knorpelläsion IV gemäß

Outerbridge) hervorragende Ergebnisse mit einer HTO erzielt werden können. Die Patienten scheinen demnach sogar bei absoluter Knorpelerosion noch von einer HTO zu profitieren und der Zeitpunkt einer endgültigen Prothesenversorgung kann somit hinausgezögert werden, was besonders für jüngere Patienten relevant sein dürfte, wenn damit die Anzahl später notwendiger Endoprothesenwechsel reduziert werden kann (Kohn 2015).

Bei unseren 73 Patienten ergab sich ein Mittelwert von $32,4 \pm 9,9$ (range 1 - 48) Punkten von maximal 48 Punkten. Die Fragebögen der Patienten wurden im Mittelwert $5,93 \text{ Jahre} \pm 2,28$ (range 1,92 - 9,62) nach der Osteotomie ausgefüllt. In Vergleich zu den Studien der AO oder von Lobenhoffer ist unser Nachbeobachtungszeitraum mit im Mittelwert 5,93 Jahren versus 3,5 Jahren bzw. 3,6 Jahren deutlich länger. Nachdem auch bei unserer Patientenklientel einige Patienten im Verlauf eine Knie-TEP benötigten könnte man vermuten, dass die Werte des Oxford-Knee-Scores des Gesamtklientel im Verlauf schlechter werden und unsere Patienten nach 3,6 Jahren vielleicht auch bessere Werte gezeigt hätten.

Wenn man die Werte vergleicht darf man aber auch nicht vergessen, dass unser Patientengut posttraumatische Fehlstellungen vorweist. Dies darf nicht mit den Patienten mit elektiven Osteotomien bei beginnender Gonarthrose verglichen werden. Deswegen sind in der Gruppe der posttraumatischen Korrekturosteotomien die schlechteren Ergebnisse zu erwarten. Gerade direkter intraartikulärer Schaden, inadäquate Reposition oder Fixation der Fraktur, Verheilung in Fehlstellung, junge Patienten und vorbestehende Degeneration der Gelenkflächen sind die Hauptrisikofaktoren für eine posttraumatische Gonarthrose (Buechel 2002). Diese entwickeln je nach Literatur 21 – 44% der Patienten (Lunebourg 2015). Das Endstadium dieser sekundären Arthrose tritt nach durchschnittlich 7 Jahren nach dem Unfall auf (Mehin 2012). Der Grund für das schlechtere Outcome ist multifaktoriell, hat aber vor allem damit zu tun, dass die Durchführung der Osteotomie technisch aufwendiger ist, da durch das initiale Trauma Probleme wie Malalignment, schlechtere Knochenqualität, Gelenkinstabilität, Gelenksteife, vorangegangene Infektionen, kompromittiertes Weichteil-

und Narbengewebe und verbliebenes Osteosynthesematerial das Vorgehen erschweren (Shearer 2013) (Lizaur-Utrilla 2015).

Wie Lunebourg et al. 2015 beschrieben als sie in einer retrospektiven Studie ihre Knie totalendoprothesenimplantationen bei Patienten mit primärer Gonarthrose mit den Patienten mit posttraumatischer Gonarthrose verglichen, hat die Endoprothese die Parameter in beiden Patientengruppen gleich gut verbessert, aber die Subgruppe der Patienten mit posttraumatischer Gonarthrose hatte einfach schon die schlechtere Kniefunktion und damit Ausgangssituation vor der Operation (Lunebourg 2015).

Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es, den Einfluss des radiologischen Ergebnisses nach Korrekturosteotomien bei posttraumatischen, kniegelenknahen Deformitäten auf Funktion und Lebensqualität zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden von allen Patienten (n=73), die sich im Zeitraum von 2001- 2007 am BG Unfallklinikum Murnau einer posttraumatischen Korrekturosteotomie unterzogen und die Kriterien erfüllten, die Röntgenbilder vor und nach der Operation vermessen und ausgewertet. Alle 73 Patienten wurden angeschrieben, um mit drei Fragebögen (SF36, Oxford-Knee-Score, eigener Fragebogen) ihre Lebensqualität und Funktion nach der Osteotomie zu erfassen. Bei der Auswertung der Daten fiel auf, dass acht Patienten im Nachbeobachtungszeitraum eine Knie-TEP erhielten, was auf dem eigenen Fragebogen erfasst wurde.

Es zeigte sich im Gesamtkollektiv keine signifikante Korrelation zwischen dem Korrekturscore und der Lebensqualität. Auch bei isolierter Betrachtung und Korrelation nur der sagittalen oder frontalen radiologischen Ergebnisse mit der Lebensqualität ergab sich kein signifikanter Zusammenhang.

Bei der Subgruppe (n=65) der Patienten, die nur eine posttraumatische Korrekturosteotomie erhielten, ohne Knie-TEP im Nachbeobachtungszeitraum, zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den radiologischen Ergebnissen der Osteotomie und der Lebensqualität ($p= 0,018$) und Funktion ($p=0,002$, $p= 0,006$, $p= 0,032$) nach der OP, gemessen mit dem SF36 Fragebogen und dem Oxford-Knee-Score. Ausschließlich bei den beiden Fragen zur Lebensqualität im eigenen Fragebogen konnte dieser Zusammenhang nicht gezeigt werden ($p= 0,809$).

Um dem systematischen Fehler zu entgehen, dass die Patienten die Fragebögen in Bezug auf ihre Situation mit der Knie TEP ausfüllten und nicht in Bezug auf die Osteotomie, wurde dieses Kollektiv gesondert betrachtet. Die Patienten mit Knie-TEP zeigten in allen Parametern keine Korrelation der radiologischen Ergebnisse zum Outcome in Bezug auf

Funktion und Lebensqualität. Aufgrund der geringen Fallzahl dieser Gruppe und der schlechten radiologischen Untersuchung post-OP sind diese Erkenntnisse aber eher nicht zu verwerten.

Entsprechend dieser Ergebnisse sollte das Augenmerk insgesamt auf die korrekte Einstellung der Achsverhältnisse gelegt werden. Wenn dies auch nicht für das Gesamtkollektiv nachgewiesen werden konnte, trifft es doch für den Großteil der untersuchten Patienten zu. Die Klientel der posttraumatischen Patienten darf nicht mit den Patienten mit elektiven Osteotomien bei beginnender Arthrose verglichen werden, welches sicher das Gros der Osteotomien ausmacht. Unsere Patienten hatten immer ein multipel vorgeschädigtes Knie, teilweise mit Weichteil- und Binnenschäden oder Infekten in der Vergangenheit. Dies erklärt auch die schlechteren Ergebnisse im Vergleich zu anderen Studien zu Umstellungsosteotomien.

Am Ende ist das Erreichen der physiologischen Achsverhältnisse der Grund für die Durchführung der posttraumatischen Korrekturosteotomie. Dies deutet auch auf den hohen Stellenwert der postoperativen Evaluation der Osteotomie hin. Denn hier können direkt Rückschlüsse auf das Outcome für den Patienten gezogen werden. Dies erfordert also auch das konsequente Vorgehen nach einem Klinikstandard sowohl bei der Durchführung der Osteotomie, als auch bei der Planung und Nachsorge. Nur mit exakter Planung und korrekter intraoperativer Umsetzung können die Achsverhältnisse in allen Ebenen genau wiederhergestellt werden. Dies ist entscheidend für das Outcome in Bezug auf Funktion und Lebensqualität und damit der Schlüssel zum Erfolg.

Dankvermerk

Ich bedanke mich bei der BG Unfallklinik Murnau unter Leitung von Prof. Dr. Volker Bühren, dass ich die Möglichkeit bekommen habe, diese Arbeit durchzuführen; bei meinem Doktorvater und klinischen Betreuern Prof. Dr. Peter Biberthaler, Prof. Dr. Jan Friederichs, Dr. Thomas Kern und PD Dr. Sven Hungerer für die Überlassung des Themas, sowie für die vielen Tipps und Anregungen, die psychische Unterstützung und Geduld.

Ich danke Michaela Meier für die Unterstützung bei allen Sekretariats- und Postangelegenheiten und dem jederzeit offenen Ohr.

Ich danke Gunter Paschold für die Bereitstellung von Daten aus der SAP Datenbank sowie Elke Steinitz und dem restlichen Team aus der Ärztebibliothek für die Bereitstellung benötigter Literatur.

Ich danke Ingrid Ochs für die große Unterstützung in meinem Studium und die ständige Motivation.

Und nicht zuletzt danke ich meinen Eltern, dass sie mir das Medizinstudium ermöglicht haben. Ich danke ihnen und meiner Frau Christine, dass sie mich ständig unterstützt und motiviert und auch in schwierigen Zeiten toleriert haben.

Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

- Agneskirchner, J., C. Hurschler and C. Wrann (2007).
"The effects of valgus medial opening wedge high tibial osteotomy on articular cartilage pressure of the knee: a biomechanical study. ." Arthroscopy **23**: 852-861.
- Agneskirchner, J. H., C.; Stukenborg-Colsman, C.; (2004).
"Effect of high tibial flexion osteotomy on cartilage pressure and joint kinematics: a biomechanical study in human cadaveric knees." Arch Orthop Trauma Surg **124**: 575-584.
- Amendola, A. B., DE.; (2010). "Results of high tibial osteotomy: review of the literature." Int Orthop **34**: 155-160.
- Baumgart, R. K., M.; Zeiler, C.; Betz, A.; Schweiberer, L; (1997). "Möglichkeiten der Knochendurchtrennung." Unfallchirurg(100): 797 - 804.
- Billroth, T. (1870). "Über die Verwendung vom Bildhauermeißel bei Osteotomien." Wien Med Wochenschr **20**: 281 - 284.
- Bonnin, M. and P. Chambat (2004). "[Current status of valgus angle, tibial head closing wedge osteotomy in media gonarthrosis]." Orthopade **33**(2): 135-142.
- Brazier, J. E., R. Harper, N. M. Jones, A. O'Cathain, K. J. Thomas, T. Usherwood and L. Westlake (1992). "Validating the SF-36 health survey questionnaire: new outcome measure for primary care." BMJ **305**(6846): 160-164.
- Brinkman, J. L., P.; Agneskirchner, JD. (2008). "Osteotomies around the knee: patient selection, stability of fixation and bone healing in high tibial osteotomies. ." J Bone Joint Surg **90**: 1548-1557.
- Buechel, F. (2002). "Knee arthroplasty in post-traumatic arthritis." J Arthroplasty **17**: 63.
- Bullinger, M. K., I. (1998). Monika Bullinger und Inge Kirchberger "SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung.". Münch, Göttingen, Hogrefe-Verlag.
- Dawson, J. F., R.; Murray, D.; Carr, A.; (1998). "Questionnaire on the perceptions of patients about total knee replacement." The Journal of Bone and Joint Surgery **80 B**: 63 - 69.
- Dowd, G. S., HS.; Uthukuri, M.; (2006). "High tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis." The Knee **13**: 87-82.
- Ellert, U. B., B.M. (1999). "Der SF-36 im Bundes-Gesundheitssurvey - Beschreibung einer aktuellen Normstichprobe." Das Gesundheitswesen Sonderheft **2**(61): 184 - 190.
- Feucht, M. M., CS.; Brucker, PU.; (2012). "The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament injuries." Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.
- Floerkemeier, S. S., AE.; Schroeter, S.; (2013). "Outcome after high tibial open-wedge osteotomy: a retrospective evaluation of 533 patients." Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy **21**: 170-180.
- Forkel, P. A., A.; Metzlauff, S.; (2013). "Distal femoral closing wedge osteotomy stabilized with an internal plate fixator for correction of Genu valgum in knees with lateral

- osteoarthritis - follow up of 22 cases after mean follow up of 3,5 years." Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.
- Freiling, D. H., R van.; Staubli, A.; Lobenhoffer, P.; (2010). "The medial closed-wedge osteotomy of the distal femur for the treatment of unicompartmental lateral osteoarthritis of the knee." Oper Orthop Traumatol **22**: 317-334.
- Giffin, J. V., TM.; Zantop, T.; (2004). "Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee." Am J Sports Med **32**: 376-382.
- Gigli, L. (1894). "Über ein neues Instrument zum Durchtrennen der Knochen, die Drahtsäge." Centralbl Chir **21**: 409-411.
- Glombitza, M. and H. R. Kortmann (2008). "Korrekturmöglichkeiten im Bereich der unteren Extremitäten." Trauma und Berufskrankheit **10**(1): 20-28.
- HECTEC, G. (2012). "mediCAD Modul Osteotomie." Retrieved 15.11.2012, from http://www.hectec.de/content/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=90&Itemid=94&lang=de.
- Hernigou, P. (2002). "Open wedge tibial osteotomy: combined coronal and sagittal correction." The Knee **9**: 15-20.
- Hinterwimmer, S. F., M.J. ; Imhoff, A.B. (2012). "Hohe tibiale Osteotomie bei Varusgonarthrose." Arthroskopie(3): 184 - 195.
- Hinterwimmer, S. R., A.; Kohn, L.; Imhoff, AB.; (2012). "High tibial osteotomy for anteromedial or posterolateral knee instability." Arthroskopie **23**: 14-22.
- Hofmann, S., P. Lobenhoffer, A. Staubli and R. Van Heerwaarden (2009). "[Osteotomies of the knee joint in patients with monocompartmental arthritis]." Orthopade **38**(8): 755-769; quiz 770.
- Hogrefe, D. (1998). "Monika Bullinger und Inge Kirchberger "SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung."." Zeitschrift für Medizinische Psychologie(4): 190 - 191.
- Hollingworth, W., R. Mackenzie, C. J. Todd and A. K. Dixon (1995). "Measuring changes in quality of life following magnetic resonance imaging of the knee: SF-36, EuroQol or Rosser index?" Quality of Life Research **4**(4): 325-334.
- Hunt, M. F., PJ.; Birmingham, TB.; (2006). "Foot rotational effects on radiographic measures of lower limb alignment." Can J Surg **49**: 401-406.
- Jacobi, M., P. Wahl, S. Bouaicha, R. P. Jakob and E. Gautier (2011). "Distal femoral varus osteotomy: problems associated with the lateral open-wedge technique." Arch Orthop Trauma Surg **131**(6): 725-728.
- Joachim, H. (2015). "Kinderphysiotherapie."
- Keppler, P. and L. Kinzl (2006). "Diagnostik der posttraumatischen Beindeformitäten." Trauma und Berufskrankheit **8**(S03): S303-S316.
- Kern, T. (2010). Klinikstandard Umstellungsosteotomie untere Extremität. Berufsgenossenschaftliche Klinik Murnau.
- Kohn, D. F., S.; Lobenhoffer, P. (2015). Klinisches Outcome nach Tibiakopfoosteotomie, Thieme.

- Kortmann, H. R., H. J. Böhm, M. Glombitza and C. Schoepp (2008). "Posttraumatische Achs- und Längenabweichungen an der unteren Extremität." Trauma und Berufskrankheit **10**(1): 6-13.
- Küper, R. B., M; (1983). "Posttraumatische Korrekturen: Operative Korrektur von Fehlstellungen am Unterschenkel mit dem Verriegelungsnagel." Hefte zur Unfallheilkunde **161**: 117-123.
- Langenbeck, B. (1854). "Die subkutane Osteotomie." Dtsch Klin **6**: 327 - 330.
- Lippert, H. (2000). Lehrbuch Anatomie. München, Urban & Fischer
- Lizaur-Utrilla, A. (2015). "Total Knee Arthroplasty for Osteoarthritis Secondary to Fracture of the Tibial Plateau. A Prospective Matched Cohort Study." The Journal of Arthroplasty.
- Lobenhoffer, P. (2014). "Stellenwert der knienahen Osteotomie bei medialer Gonarthrose." Orthopäde **43**: 425-431.
- Lobenhoffer, P., J. Agneskirchner and W. Zoch (2004). "[Open valgus alignment osteotomy of the proximal tibia with fixation by medial plate fixator]." Orthopäde **33**(2): 153-160.
- Lobenhoffer, P. and J. D. Agneskirchner (2003). "Improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy." Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy **11**(3): 132-138.
- Lobenhoffer, P. D. S., C; Staubli, AE; (2002). "Open Wedge high-tibial osteotomy with rigid plate fixation." Tech Knee Surg **1**: 93-105.
- Lobenhoffer, P. H., RJ van.; Staubli, AE.; (2008). Osteotomies around the knee. Indications-planning – surgical techniques using plate fixators. Stuttgart, Thieme.
- London, t. K. R. (2011). Retrieved 25.10.2015, from <http://www.kneereplacementlondon.co.uk/patient-information/osteotomy>.
- Lunebourg, A. P., S.; Gay, A.; Ollivier, M.; Kleber, G.; Argenson, J.; (2015). Lower function, quality of life, and survival rate after total knee arthroplasty for posttraumatic arthritis than for primary arthritis. Acta Orthopaedica. **86** (2): 189–194.
- Maquet, P. (1977). Biomecanique du Genou, Springer.
- McHorney, C. A., J. E. Ware, Jr., J. F. Lu and C. D. Sherbourne (1994). "The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36): III. Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups." Medical Care **32**(1): 40-66.
- McNamara, I. B., T.; Marsh, J.; (2014). "A preference-based single-item measure of quality of life following medial opening wedge high tibial osteotomy: Large improvements similar to arthroplasty." The Knee **21**: 456-461.
- Mehin, R. O. B., P.; Broekhuysse, H.; (2012). "Endstage arthritis following tibia plateau fractures: average 10-year follow-up." Can J Surg **55**: 87.
- Mikulicz, J. (1878). "Über individuelle Formdifferenzen am Femur und an der Tibia des Menschen." 353 - 404.
- Mori, R. O., M; Sakai, Y; (1999). "Clinical significance of magnetic resonance imaging (MRI) for focal chondral lesions." Magn Reson Imaging **17**: 1135–1140.
- Noyes, F. G., SX.; West, J.; (2005). "Opening wedge tibial osteotomy: the 3-triangle method to correct axial alignment and tibial slope." Am J Sports Med **33**: 378-387.
- Oxford, U. o. (1998). ©Department of Public Health, University of Oxford, Old Road Campus, Oxford OX3 7LF , UK.

- Paley, D. (1994). "Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies." Malalignment and realignment of the lower extremity.
- Paley, D. (2002). "Principles of Deformity Correction." Springer Verlag.
- Paley, D. H., J.E.; Tetsworth, K.; McKie, J.; Bhave, A.; (1994). "Deformity Planning for Frontal and Sagittal Plane Corrective Osteotomies " Orthopaedic Clinics of North America **25: 3.**
- Paley, D. P., J. (2000). "[Prinzipien der kniegelenknahen Deformitätenkorrektur]." Orthopäde **29(1): 18-38.**
- Pape, D., R. Seil, F. Adam, S. Rupp, D. Kohn and P. Lobenhoffer (2004). "[Imaging and preoperative planning of osteotomy of tibial head osteotomy]." Orthopade **33(2): 122-134.**
- Pape, D. L., O.; Steiner, O. (2007). "Analyse der Deformität und präoperative Planung einer knienahen Osteotomie." Arthroskopie
- Petersen, W. F., P.; (2013). "Osteotomie am distalen Femur zur Korrektur von Genu valgum und Torsionsfehlern." Oper Orthop Traumatol **25: 593-608.**
- Pfeil, J. H., E.; (2005). "Umstellungsosteotomien am Kniegelenk." Z Orthop **143: 43 - 65.**
- pixgood.com (2015). "good pix galleries." www.pixgood.com **06.04.2015.**
- Rehn, J. S., W.; Hierholzer, G.; (1968). "Zur Indikation und Technik der Umstellungsosteotomien wegen Fehlstellung nach Frakturen der unteren Gliedmaßen." Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie **63: 9 - 18.**
- Rossi, R. B., DE.; Amendola, A.; (2011). "The Role of high tibial osteotomy in the varus knee." J Am Acad Orthop Surg **19: 590-599.**
- Rüttimann, B. B., T; (2000). "Krumme und kurze Beine." Orthopade **29: 750 - 756.**
- Saragaglia, D. B., M.; Inman, D.; Mercier, N.; (2011). "Outcome of opening wedge high tibial osteotomy augmented with a Biosorb(R) wedge and fixed with a plate and screws in 124 patients with a mean of ten years follow-up." Int Orthop **35: 1151-1156.**
- Schultz, W. (1999). "Kniegelenknahe Osteotomien." Arthroskopie **12: 22 - 28.**
- Sharma, L. S., J.; Dunlop, D. (2010). "Varus and valgus alignment and incident and progressive knee osteoarthritis." Ann Rheum Dis **69: 1940-1945.**
- Sharma, L. S., J.; Felson, DT. (2001). "The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis." JAMA **286: 188-195.**
- Shearer, D. C., V.; Bozic, KJ.; (2013). "The predictors of outcome in total knee arthroplasty for post-traumatic arthritis." Knee **20: 432.**
- Siebert, C. H. K., H.; Koch, S.; Niedhart, C.; (1999). "Posttraumatische Fehlstellung der unteren Extremität - Korrekturen im Bereich der langen Röhrenknochen." Z Orthop Unfall **137: 43 - 47.**
- Sprenger, T. R. and J. F. Doerzbacher (2003). "Tibial osteotomy for the treatment of varus gonarthrosis. Survival and failure analysis to twenty-two years." Journal of Bone and Joint Surgery **85-A(3): 469-474.**
- Strecker, W. D., J; Harrer, J; Muller, M; (2009). "Arthroskopie vor kniegelenknahen Umstellungsosteotomien." Orthopäde **38: 263-268.**

- Strecker, W. K., P.; Kinzl, L. (1997). Posttraumatische Beindeformitäten. Berlin, Springer Verlag.
- Strecker, W. S., G. (1997). Posttraumatische Beindeformitäten. Berlin, Springer Verlag.
- Tarlov, A. R. F., IN A.L.; Stewart & J.E.; Ware, Jr. (Eds.) (1992). "Measuring functioning and well-being. The medical outcome study approach." Durham and London: Duke University Press: (S. XV-XVI).
- Vallotton, J. M., RA; Leyvraz, PF; Landry, M; (1995). "Comparison between magnetic resonance imaging and arthroscopy in the diagnosis of patellar cartilage lesions: a prospective study." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **3**: 157-162.
- Van Herwarden, R. W., A.; (2007). Die supracondyläre varisierende Femurosteotomie mit speziellem Plattenfixateur, Springer.
- Weise, K. H. G., Kortmann HR, Kunze G (2000). Operative Korrekturmöglichkeiten am Oberschenkel. Gutachtenkolloquium 15. Berlin Heidelberg New York, Springer.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Knöcherner Aufbau der unteren Extremität von der Seite.....	9
Abb. 2: Blick auf das eröffnete rechte Kniegelenk von oben und von vorne.....	10
Abb. 3: Mikulicz-Linie und MAD nach (Paley 2000) und (Pape 2007).....	12
Abb. 4: Gelenkwinkel mechanisch und anatomisch nach (Petersen 2013).....	14
Abb. 5: Bestimmung des Ortes der Deformität (LDFW & MPTW), der Gelenklinie (M-GL) und des Kniespaltwinkels (KSW) nach (Hofmann, Lobenhoffer et al. 2009).....	15
Abb. 6: Bewegungsausmaß Hüftgelenk nach der neutral-Null-Methode nach (Joachim).....	16
Abb. 7: Bewegungsausmaß Kniegelenk nach der neutral-Null-Methode nach (Joachim).....	17
Abb. 8: Bewegungsausmaß oberes Sprunggelenk nach der neutral-Null-Methode nach (Joachim 2015).....	18
Abb. 9: Achsfehler untere Extremität nach (pixgood.com 2015).....	19
Abb. 10: Beispiel einer Achsenfehlstellung tibial ermittelt von 10° nach (Pfeil 2005).....	21
Abb. 11: Angulationsparameter nach Paley [9].....	24
Abb. 12: Patientin mit posttraumatischer Fehlstellung.....	26
Abb. 13: Osteotomieplanung und Festlegung des CORA.....	27
Abb. 14: Postoperative Ausmessung zur Kontrolle des Operationsergebnisses.....	28
Abb. 15: Ergebnis nach Korrekturosteotomie.....	29
Abb. 16: Prinzip der biplanaren Osteotomie nach (Lobenhoffer, Agneskirchner et al. 2004).....	31

Abb. 17: Röntgenaufnahmen nach valgisierender open wedge osteotomie nach (Lobenhoffer, Agneskirchner et al. 2004).....	32
Abb. 18: Lokalisationen der Verletzungen	35
Abb. 19: Brettchenunterlage zum Beinlängenausgleich und Ausrichtung der Patella nach (Paley 1994).....	41
Abb. 20: SF36 Fragebogen	51
Abb. 21: Fragebogen Oxford-Knee-Score	53
Abb. 22: Fragebogen mit zusätzlichen Fragen	55
Abb. 23: Patientenakkreditierung.....	57
Abb. 24: Lokalisation und Verfahren der Osteotomie.....	58
Abb. 25: verwendete Implantate bei der Umstellungsosteotomie.....	58
Abb. 26: Spacer-plates nach Puddu (Fa. Arthrex©, nicht winkelstabil) nach (London 2011).59	
Abb. 27: Auffüllen des Knochenspalts	60
Abb. 28: Zeitpunkt der Osteotomieoperation (Jahr)	60
Abb. 29: Normalverteilung "Korrekturscore"	64
Abb. 30: Korrelation radiologischer Score frontal - sagital	65
Abb. 31: Gauss-Verteilung Summe Oxford-Knee-Score	69
Abb. 32: Graduierung der Patienten im Oxford-Knee-Score	70
Abb. 33: Korrelation Lebensqualität SF-36 und eigener Fragebogen post-OP.....	72
Abb. 34: Normalverteilung "Bewegungsscore"	77
Abb. 35: Korrelation Bewegungsscore - Oxford-Knee-Score	78
Abb. 36: Korrelation Bewegungsscore - KÖFU SF-36	78

Abb. 37: Korrelation rad. Ergebnis frontal - Änd. der Lebensqualität eigener FB	80
Abb. 38: Korrelation rad. Ergebnis sagittal - Änd. der Lebensqualität eig. FB	81
Abb. 39: Korrelation rad. Korrekturscore - Änd. Lebensqualität eig. FB	82
Abb. 40: Vergleich Patienten mit und ohne Knie-TEP im Verlauf (Absolutwerte)	85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Normwerte nach Paley.....	15
Tabelle 2: Patientenkollektiv.....	56
Tabelle 3: Änderung der Achsabweichung in der Frontalebene, Sagittalebene und des Gelenkspaltwinkels post-OP (Normwerte orientiert an Paley).....	63
Tabelle 4: Ergebnisse radiologische Scores.....	63
Tabelle 5: Ergebnisse SF36 Bereich Lebensqualität: Eigenes Patientenkollektiv, deutsche Normstichprobe, krankes Vergleichskollektiv.....	66
Tabelle 6: SF-36 Bereich Lebensqualität: Vergleich Patientenkollektiv mit deutscher Normstichprobe.....	67
Tabelle 7: Ergebnisse SF36 Bereich Funktion: Eigenes Patientenkollektiv, Deutsche Normstichprobe, krankes Vergleichskollektiv.....	67
Tabelle 8: SF-36 Bereich funktion: Vergleich Patientenkollektiv mit deutscher Normstichprobe.....	67
Tabelle 9: SF-36 Bereich Lebensqualität: Vergleich Patientenkollektiv Mit krankem Vergleichskollektiv.....	68
Tabelle 10: Änderung der Lebensqualität durch die Korrekturosteotomie.....	71
Tabelle 11: Minderung der Erwerbstätigkeit vor und nach der OP.....	73
Tabelle 12: Arbeitsfähigkeit.....	73
Tabelle 13: Komplikationen.....	74
Tabelle 14: Folgebehandlungen.....	74
Tabelle 15: Beugefähigkeit.....	75
Tabelle 16: Streckfähigkeit.....	75

Tabelle 17: Signifikanzen der Korrelationen mit Knie TEP	83
Tabelle 18: Signifikanzen der Korrelationen ohne Knie TEP	84
Tabelle 19: Ergebnisse nach Umstellungs-Op in Abhängigkeit einer Knie-TEP im Verlauf (J/N)	86
Tabelle 20: Vergleich Lebensqualität vor und nach Umstellungs-OP in Abhängigkeit Knie- TEP im Verlauf (J/N)	86
Tabelle 21: Spätergebnisse nach \bar{x} 5,93 Jahren.....	87