

# **Untersuchung der lateralen Zugangstechnik in der Knieendoprothetik**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Medizin (Dr. med.)

an der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von

Maamoun Alsalloum

aus

Hama, Syrien

2025

Betreuer:in / Gutachter:in der Dissertation: PD Dr. Jan Hubert

Gutachter:in der Dissertation: PD Dr. Konrad Mader

Vorsitz der Prüfungskommission: PD Dr. Konrad Mader

Mitglied der Prüfungskommission: PD Dr. Dr. Tim Rolvien

Mitglied der Prüfungskommission: Prof. Dr. Götz H. Welsch

Datum der mündlichen Prüfung: 15.12.2025

## **Inhaltsverzeichnis**

1. Darstellung der Publikation.....	1
2. Artikel.....	21
3. Zusammenfassung.....	30
4. Literaturverzeichnis.....	32
5. Abkürzungsverzeichnis.....	36
6. Abbildungsverzeichnis.....	37
7. Tabellenverzeichnis.....	38
8. Erklärung des Eigenanteils.....	39
9. Eidesstattliche Versicherung.....	40
10. Danksagung.....	41

# 1. Darstellung der Publikation

## Einleitung

Die Gonarthrose bezeichnet den degenerativen Gelenkverschleiß des Kniegelenkes und stellt eine der häufigsten Formen der Arthrose dar. Sie betrifft insbesondere Patienten höheren Lebensalters, kann jedoch auch bei jungen Patienten in Folge von Trauma und Fehlstellung auftreten [19]. Die Therapie der Gonarthrose ist abhängig von dem Schweregrad: Die initiale Therapie umfasst die konservative Behandlung mit Gewichtsreduktion, Analgetika, Physiotherapie und intraartikulären Injektionen [23]. Erst bei fortgeschrittener Gonarthrose und Therapieresistenz bei konservativer Therapie ist die operative Therapie indiziert.

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Knie totalendoprothese (KTEP) als Goldstandard in der Behandlung der fortgeschrittenen Gonarthrose etabliert [35]. In Deutschland erfolgte im Jahr 2024 die Implantation von etwa 170000 Knie totalendoprothesen [11]. Diese Operation bietet eine signifikante Schmerzlinderung und verbessert nachhaltig die Lebensqualität der Patienten. Ungefähr 10–15 % aller Gonarthrosen weisen eine Valgusfehlstellung von mehr als 10 Grad auf [1, 28]. Solche kontrakten Fehlstellungen stellen erhebliche Herausforderungen dar, da sie eine präzise Achskorrektur erfordern. Entscheidend für den Erfolg ist die adäquate Weichteilbalancierung, um die optimale Funktionalität der Prothese zu gewährleisten. Bei ausgeprägter Valgusfehlstellung ist das Risiko für postoperative Instabilitäten, Revisionsoperationen und schlechte funktionelle Ergebnisse erhöht [28].

Der Zugang zum Kniegelenk spielt bei Valgusdeformitäten eine entscheidende Rolle. Der klassische mediale Zugang gilt bei moderaten Fehlstellungen als etabliert. Bei komplexeren Deformitäten (vor allem mit höheren kontrakten Valguswinkeln), die eine umfangreichere Weichteillösung erfordern, ist der laterale Zugang jedoch zunehmend in den Fokus gerückt. Ein wesentlicher Vorteil des lateralen Zugangs liegt in der Möglichkeit, notwendige Weichteilrelease – wie z.B. des lateralen Retinakulums oder des Tractus Iliotibialis – unter direkter visueller Kontrolle vorzunehmen zu können [2, 31]. Besonders bei ausgeprägten Valgusdeformitäten bietet dies entscheidende Vorteile, da so eine exakte Ausrichtung der Beinachse erleichtert wird [12,17,18,37]. Zudem ist die Gefahr von Durchblutungsstörungen der Patella verringert, da das immer bei größeren Valgusfehlstellungen notwendige laterale Release der Patella Bestandteil des lateralen Zugangs ist und im Vergleich zu einer Kombination aus medialem Zugang und zusätzlichem lateralen Release weniger die Patella versorgende Blutgefäße verletzt werden [31].



Trotz dieser potenziellen Vorteile sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Ergebnissen des lateralen Zugangs begrenzt. Einige Studien legen nahe, dass der laterale Zugang bei Valgusdeformitäten mit besseren Ergebnissen hinsichtlich der Achskorrektur und der klinischen Resultate verbunden sein könnte. Die Datenlage bleibt jedoch widersprüchlich, und methodische Schwächen der Studien erschweren klare Schlussfolgerungen [12, 17, 18, 25, 37]. Besonders problematisch ist die Heterogenität der bisherigen Studien, die auf unterschiedliche Prothesensysteme, Weichteilrelease-Strategien und die Variabilität der Kopplungsgrade zurückzuführen ist [8, 13, 22, 29]. Die eingesetzten Prothesen reichen von kreuzbanderhaltenden Designs bis hin zu Rotating-Hinge-Systemen, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erheblich einschränkt.

Zusätzlich erschwert in manchen Studien die teilweise oder regelmäßig durchgeführte Tuberositas-tibiae-Osteotomie (TTO) die Bewertung der chirurgischen Ergebnisse. Sie bringt zusätzliche Risiken wie verzögerte Knochenheilung oder Frakturen mit sich und könnte die klinischen Ergebnisse beeinflussen [1, 26].

Obwohl der laterale Zugang theoretische Vorteile bietet, fehlen spezifische Untersuchungen, die diesen Zugang bei Valgusgonarthrose in Verbindung mit Oberflächenersatzprothesen mit rotierender Plattform ohne Einsatz der TTO untersuchen. Dies ist klinisch relevant, da rotierende Plattformprothesen bei Anwendung von Weichteillösungstechniken ein erhöhtes Risiko für Inlayluxationen bergen könnten.

Ziel dieser Promotionsarbeit ist es daher, einen systematischen Vergleich des lateralen und medialen Zugangs für Oberflächenersatzprothesen mit rotierender Plattform bei Valgusgonarthrosen durchzuführen und folgende Hypothesen zu überprüfen:

1. **Achskorrektur:** Der laterale Zugang ohne TTO ermöglicht eine ebenso präzise Korrektur der Valgusdeformität wie der mediale Zugang.
2. **Klinische Ergebnisse:** Die Schmerzreduktion und klinischen Funktionsscores sind beim lateralen Zugang mindestens vergleichbar zum medialen Zugang.
3. **Komplikationen:** Der laterale Zugang geht nicht mit höheren Komplikationsraten einher.
4. **Eignung bei ausgeprägten Deformitäten:** Selbst bei schweren Valgusfehlstellungen sind mit dem lateralen Zugang gute klinische und radiologische Ergebnisse zu erzielen, ohne das Risiko für Komplikationen zu erhöhen.

Durch den Vergleich der beiden Zugänge in einer homogenen Patientenkohorte, die ausschließlich Oberflächenersatzprothesen mit rotierender Plattform erhielt und bei der keine TTO durchgeführt wurde, soll diese Studie die bisherige Evidenzlücke schließen. Die

Ergebnisse sollen nicht nur die Patientensicherheit erhöhen, sondern auch die Entscheidungsfindung bei der individuellen Planung und Durchführung einer KTEP bei Valgusgonarthrosen verbessern.

## Methoden

### *Studiendesign*

Es wurden 1286 Patienten, die sich zwischen Januar 2018 und Dezember 2019 einer KTEP unterzogen, prospektiv erfasst und die Daten retrospektiv ausgewertet. Um die Patientengruppe zu definieren, wurden alle Fälle mit einer Valgusfehlstellung (Hüft-Knie-Sprunggelenk-Winkel [HKAA]  $< -3^\circ$ ) ausgewählt. In der untersuchten Population lag die Prävalenz solcher Fehlstellungen bei 18,9 % (n = 243). Von diesen Patienten wurden 39 ausgeschlossen: 38 aufgrund schwerer ligamentärer Instabilität, die den Einsatz von Rotating-Hinge-Prothesen erforderte, und ein Patient aufgrund eines postoperativen Todesfalls. Die finale Kohorte umfasste somit 204 Patienten, von denen 131 über den lateralen Zugang und 73 über den medialen Zugang operiert wurden.

Um eine detaillierte Charakterisierung der Kohorte zu gewährleisten, wurden folgende präoperative Parameter erhoben:

- **Begleiterkrankungen:** Dazu gehörten unter anderem rheumatoide Arthritis, Diabetes und andere systemische Erkrankungen, die das postoperative Ergebnis beeinflussen könnten.
- **Chirurgischer Zugang:** Die Wahl des Zugangs wurde analysiert. Der laterale Zugang wurde bei Patienten bei nicht passiv korregierbaren und vor allem schwereren Fehlstellungen verwendet, während der mediale Zugang bei teilweise passiv korregierbaren und moderateren Deformitäten zum Einsatz kam.
- **Operationsdauer:** Diese wurde erfasst, um Unterschiede zwischen den Zugängen zu bewerten.
- **Komplikationen:** Sowohl intraoperative als auch postoperative Komplikationen wurden dokumentiert.

### *Klinische und radiologische Auswertung*

Die präoperative funktionelle Beurteilung erfolgte durch den Oxford Knee Score (OKS), ein validiertes Instrument zur Erfassung von Schmerz und Funktionalität von Knieprothesen

[5,24]. Zusätzlich wurde die Stabilität der Seitenbänder mittels Valgus- und Varusstabilitätstests überprüft. Radiologische Parameter umfassten den Hüft-Knie-Sprunggelenk-Winkel (HKAA), den Patella-Tilt-Winkel, die Patellahöhe, Sulkus-Winkel sowie die Patellaform nach Wiberg [4, 6, 7, 10, 21, 34]. Alle Messungen wurden von erfahrenen Orthopäden durchgeführt und durch eine unabhängige Überprüfung validiert, wobei ein hoher Intraklassen-Korrelationskoeffizient (ICC: 0,94–0,97) die Zuverlässigkeit der Daten dokumentierte.

### ***Operative Technik***

Alle Kniegelenke wurden in Flexion gap-First-Technik und unter Anlage einer pneumatischen Oberschenkelblutsperre mit 250 mm Hg operiert. In keinem Fall war eine Osteotomie der Tuberositas tibiae notwendig. Die verwendeten Kniesysteme waren zum einen das Innex Kniesystem Primary CR (ZimmerBiomet GmbH, Winterthur, Switzerland) (93,6%, n = 191) (Abb. 1) und zum anderen bei Nickelallergie das e.motion Kniesystem CR mit AS-Beschichtung (Aesculap AG, Tuttlingen, Germany) (6,4%, n = 13) (Abb. 2). Beide Systeme wurden mit mobilem, rotierendem Inlay eingebaut. Das primäre Ziel der chirurgischen Behandlung war die Herstellung einer mechanisch neutralen Beinachse, um die Stabilität und Funktion des Kniegelenks langfristig zu sichern.

Lateraler Zugang: Dieser wurde bei Patienten mit einer fixierten Valgusfehlstellung gewählt, bei der keine passive Korrektur der Achse möglich war. In solchen Fällen war eine umfangreiche laterale Weichteillösung notwendig, die unter direkter Sicht durchgeführt wurde.

Medialer Zugang: Dieser Zugang wurde bevorzugt bei Patienten mit einer teilweise passiv korrigierbaren Valgusfehlstellung, bei denen eine weniger invasive Weichteilpräparation ausreichte.

Ein Patella-Rückflächenersatz wurde nur vorgenommen, wenn präoperative Röntgenaufnahmen und klinische Symptome auf eine retropatellare Arthrose hinwiesen. Die Entscheidung wurde intraoperativ bestätigt, insbesondere in Fällen von Chondromalazie vierten Grades, die eine vollständige Schädigung des Knorpels darstellte.

Die operative Technik orientierte sich an etablierten Protokollen und den Empfehlungen der Fachliteratur [16, 30, 33, 36]. Zunächst wurde ein gerader Zugang zum Kniegelenk geschaffen und die Gelenkkapsel dargestellt. Nach Eröffnung derselben (medialer oder lateraler Payr-Zugang) wurde die Patella evertiert, die Denervation mit dem Elektrokauter durchgeführt und die großen Osteophyten entfernt. Die Patellarückfläche wurde in (42,6%, n = 87) bei bestehender Chondromalazie vierten Grades ersetzt. Anschließend wurde das Gelenk aufgestellt und die Menisken, die Kreuzbänder und die Exophyten entfernt. Zunächst erfolgt



Abbildung 1: Prä- und postoperative Röntgenbilder eines Patienten mit Valgusgonarthrose, der mit dem Innex-System über einen lateralen Zugang versorgt wurde. Es erfolgte eine Korrektur der Beinachse (HKAA) von  $-17^\circ$  auf  $-1^\circ$  sowie eine Verbesserung des Patella-Tilt-Winkels von  $-3^\circ$  auf  $-2^\circ$ .

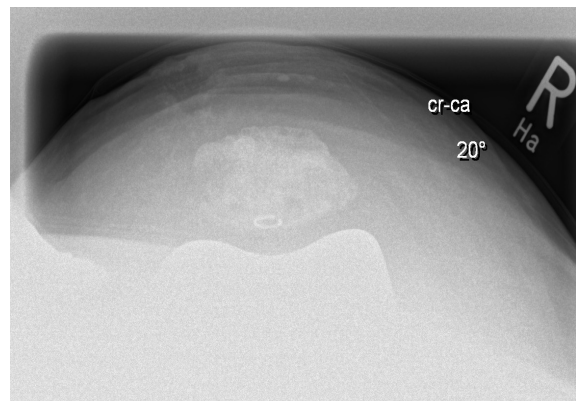
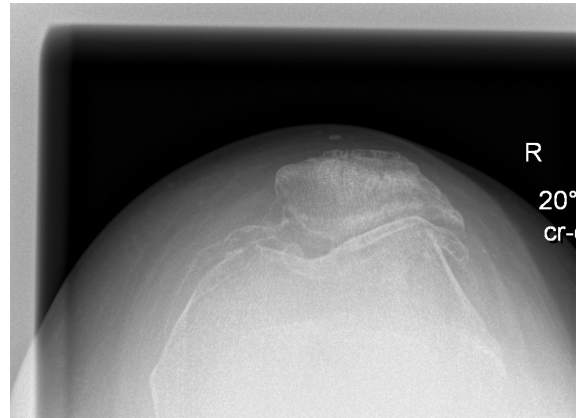
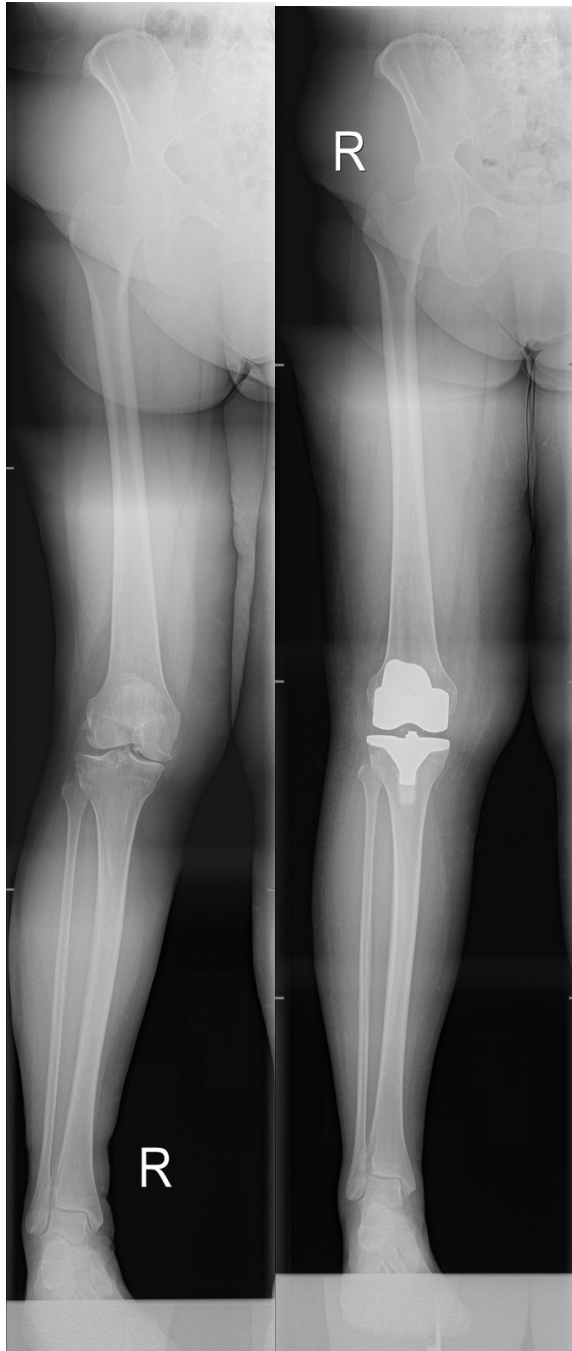


Abbildung 2: Prä- und postoperative Röntgenbilder eines Patienten mit Valgusgonarthrose, der mit dem Emotion-System über einen lateralen Zugang versorgt wurde. Es erfolgte eine Korrektur der Beinachse (HKAA) von  $-8^\circ$  auf  $-2^\circ$  sowie eine Verbesserung des Patella-Tilt-Winkels von  $-11^\circ$  auf  $-3^\circ$ .

die tibiale Resektion, die extramedullär ausgerichtet wurde. Danach wurde zum Femur übergegangen. Hier erfolgte die Ausrichtung intramedullär. Nach der Größenbestimmung erfolgten die anteriore und posteriore Resektion mit entsprechend präoperativ vermessener Valguseinstellung. Als Referenz zur Einstellung der regelrechten Außenrotationsposition wurden die Whiteside-Linie bzw. die Transepikondylarlinie verwendet. Anschließend wurde der Beugespalt mit dem Spacer auf Höhe und Bandstabilität überprüft. Danach erfolgte die Überprüfung der Beinachse unter Referenz der mechanischen Achse. Bei ggf. bestehender Achsabweichung wurden entsprechende Korrekturblöcke verwendet. Nun wurde die distale Resektion durchgeführt. Anschließend erfolgten dann die notwendigen Releaseschritte, die durch die Bandspannungsmessung im Beuge- und Streckspalt erkannt wurden.

In der Gruppe mit medialem Zugang erfolgte die übliche mediale parapatellare Arthrotomie. Das laterale Release, falls notwendig, erfolgte durch das Durchtrennen des ITB auf Höhe des Kniegelenks nach Whiteside [30] oder es wurde vom Tuberositas Gerdy abgelöst, wie von Bonin beschrieben [36]. In (21,9%, n = 16) Fällen erfolgte zusätzlich, zur Verbesserung des Patellatrackings, die Verlängerung des lateralen Retinakulums in Z-Plasty-Technik, wie von Hinckel beschrieben [16].

In der Gruppe mit lateralem Zugang erfolgte nach der Darstellung der Gelenkkapsel die Z-förmige laterale Eröffnung des Retinakulums. Hier wurde standardmäßig das ITB vom Tuberositas Gerdy abgelöst. Das Release der posterolateralen oder der dorsalen Kapsel, falls notwendig, erfolgte kontrolliert mit einem gebogenen Meißel. Diese Techniken erfolgten nach der Beschreibung von Whiteside [33].

Bei idealen und symmetrischen Verhältnissen in Streck- und Beugestellung medial/lateral erfolgte dann die Schrägschnitte, die Tibiapräparation und der Probelauf mit den Probeprothesen, ggf. die Patellapräparation sowie anschließend das Einzementieren der originalen Komponente auf übliche Weise. Die Nachbehandlung beider Gruppen erfolgte mit erlaubter Vollbelastung unter physiotherapeutischer Anleitung.

### **Statistische Analyse**

Die statistische Auswertung wurde mit den Softwareprogrammen R Version 3.3, SPSS (Version 29, IBM) und GraphPad Prism (Version 10, GraphPad Software) durchgeführt. Die Daten wurden als Mittelwert und Standardabweichung (SD) dargestellt. Zur Überprüfung der Datenverteilung auf Normalität wurde der Shapiro-Wilk-Test eingesetzt. Abhängig von den Ergebnissen des Normalitätstests wurden Gruppenvergleiche wie folgt durchgeführt: Für normalverteilte Daten kam der Student-t-Test zum Einsatz, während bei nichtparametrischen

Daten der Mann-Whitney-U-Test verwendet wurde. Zum Vergleich kategorialer Variablen wurden entweder der exakte Test nach Fisher oder der Chi-Quadrat-Test angewendet.

Um mögliche Verzerrungen aufgrund von Unterschieden in Alter, BMI, Geschlecht und präoperativem Hüft-Knie-Sprunggelenk-Winkel (HKAA) zwischen den Gruppen zu minimieren, wurde ein Propensity-Score-Matching mit SPSS durchgeführt. Diese Methode gewährleistet, dass die Vergleichsgruppen hinsichtlich dieser potenziellen Störfaktoren möglichst gut abgeglichen sind.

Alle statistischen Tests wurden zweiseitig durchgeführt, wobei ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  vorab festgelegt wurde. Dieses Vorgehen stellte sicher, dass die Ergebnisse mit einer hohen methodischen Genauigkeit interpretiert werden können, wobei sowohl die Relevanz als auch die Aussagekraft der statistischen Analysen berücksichtigt wurden.

## Ergebnisse

Die Kohorte bestand aus 204 Patienten, die in zwei Gruppen unterteilt wurden: 131 Patienten, die über den lateralen Zugang operiert wurden, und 73 Patienten, die den medialen Zugang erhielten. Bei der Analyse der demografischen Merkmale wie Alter, Body-Mass-Index (BMI) und Geschlechterverteilung gab es zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Jedoch zeigte sich ein markanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich des präoperativen Hip-Knee-Ankle-Winkels (HKAA). In der Gruppe, die über den lateralen Zugang operiert wurde, wies der präoperative HKAA einen signifikant stärkeren negativen Wert (d.h. valgischen Wert) auf ( $-11,5 \pm 4,3^\circ$ ), im Vergleich zur medialen Gruppe, deren HKAA nur  $-6,7 \pm 2,5^\circ$  betrug (Tabelle 1). Der Mittelwertdifferenz (MD) zwischen den beiden Gruppen betrug  $4,8^\circ$  (95%-Konfidenzintervall [CI]:  $3,7-5,9$ ;  $p < 0,001$ ).

**Tabelle 1: Demografische Daten und präoperative radiografische sowie funktionelle Bewertung im Vergleich zwischen dem lateralen und medialen Zugang in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.**

	Gesamte Kohorte				Propensity score-gematchte Kohorte			
	Gesamt (n=204)	Lateraler Zugang (n=131)	Medialer Zugang (n=73)	p-Wert	Gesamt (n=90)	Lateraler Zugang (n=45)	Medialer Zugang (n=45)	p-Wert
<b>Alter (Mittelwert, SD)</b>	70.5 (9.9)	70.5 (9.7)	70.5 (10.4)	0.964	69.8 (9.8)	69.6 (9.5)	70.1 (10.1)	0.787
<b>Body mass index (Mittelwert, SD)</b>	29.3 (5.2)	28.8 (4.7)	30.2 (5.8)	0.171	29.3 (5.2)	29.0 (4.9)	29.7 (5.4)	0.541
<b>Frauen (n, %)</b>	150, 73.5%	97, 74.0%	53, 72.6%	0.823	66, 73.3%	32, 71.1%	34, 75.6%	0.634
<b>HKAA (Mittelwert, SD)</b>	-9.8 (4.4)	-11.5 (4.3)	-6.7 (2.5)	<b>&lt;0.001</b>	-7.6 (2.5)	-7.6 (2.3)	-7.6 (2.7)	0.883
<b>Varus (&gt; 3°)</b>	0	0	0	>0.999	0	0	0	>0.999
<b>Neutral (-3° to 3°)</b>	0	0	0	>0.999	0	0	0	>0.999
<b>Valgus (&lt; - 3°)</b>	204, 100%	131, 100%	73, 100%	>0.999	90	45	45	>0.999
<b>Preoperative Patella tilt Winkel (Mittelwert, SD)</b>	-5.8 (4.3)	-7.4 (3.7)	-3.0 (3.9)	<b>&lt;0.001</b>	-4.9 (4.4)	-6.6 (4.5)	-3.1 (3.4)	<b>&lt;0.001</b>
<b>Patellahöhe (Mittelwert, SD)</b>	0.9 (0.2)	0.9 (0.2)	0.9 (0.2)	0.848	0.9 (0.2)	0.9 (0.2)	0.9 (0.2)	0.855
<b>Sulcus Winkel (Mittelwert, SD)</b>	135.8 (5.5)	136.9 (5.5)	133.8 (5.0)	<b>&lt;0.001</b>	134.9 (5.7)	136.7 (6.0)	133.1 (4.8)	<b>0.002</b>
<b>Oxford knee score (Mittelwert, SD)</b>	18.8 (3.9)	19.0 (3.7)	18.4 (4.3)	0.258	18.8 (3.9)	19.5 (3.8)	18.1 (4.0)	0.091

Ein weiterer signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen zeigte sich in der Verteilung der Patellaformen, die anhand des Wiberg-Typs klassifiziert wurden. Die Gruppe, die mit dem lateralen Zugang behandelt wurde, wies einen signifikant höheren Anteil an Patellen des



Wiberg-Typs C auf. In der medialen Gruppe war der Wiberg-Typ B häufiger anzutreffen ( $p = 0,013$ ) (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Klassifikation der Patellaform nach Wiberg in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.**

	Gesamte Kohorte				Propensity score-gematchte Kohorte			
	Gesamt (n=204)	Lateraler Zugang (n=131)	Medialer Zugang (n=73)	p- Wert	Gesamt (n=90)	Lateraler Zugang (n=45)	Medialer Zugang (n=45)	p- Wert
<b>A (n, %)</b>	58, 28.4%	36, 27.5%	22, 30.1%	<b>0.013</b>	31, 34.4%	16, 35.6%	15, 33.3%	<b>0.075</b>
<b>B (n, %)</b>	104, 51.0%	60, 45.8%	44, 60.3%		46, 51.1%	19, 42.2%	27, 60.0%	
<b>C (n, %)</b>	42, 20.6%	35, 26.7%	7, 9.6%		13, 14.4%	10, 22.2%	3, 6.7%	

Bezüglich der Implantation eines Patella-Rückflächenersatzes gab es in beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Insgesamt wurden bei 91 Patienten (44,6 %) ein Patella-Rückflächenersatz vorgenommen (45,0 % in der lateralen Gruppe mit 59 Patienten und 43,8 % in der medialen Gruppe mit 32 Patienten;  $p = 0,868$ ).

Die präoperativen funktionellen Bewertungen, die anhand des Oxford Knee Score (OKS) vorgenommen wurden, zeigten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Zusätzlich wurden die Begleiterkrankungen der Patienten mithilfe der ASA-Klassifikation beurteilt. Auch hier gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tabelle 1 und 3).

**Tabelle 3: Physiologischer Status in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte**

	Gesamte Kohorte				Propensity score-gematchte Kohorte			
	Gesamt (n=204)	Lateraler Zugang (n=131)	Medialer Zugang (n=73)	p- Wert	Gesamt (n=90)	Lateraler Zugang (n=45)	Medialer Zugang (n=45)	p- Wert
<b>ASA I (n, %)</b>	17, 8.3%	12, 9.2%	5, 6.8%		9, 10%	5, 11.1%	4, 8.9%	
<b>ASA II (n, %)</b>	110, 53.9%	68, 51.9%	42, 57.5%	0.700	50, 55.6%	25, 55.6%	25, 55.6%	0.931
<b>ASA III (n, %)</b>	77, 37.7%	51, 38.9%	26, 35.6%		31, 34.4%	15, 33.3%	16, 35.6%	

Eine rheumatoide Arthritis wurde bei insgesamt acht Patienten der gesamten Kohorte diagnostiziert. Fünf dieser Patienten wurden mit dem lateralen Zugang operiert.

Aufgrund der signifikanten Unterschiede im präoperativen HKAA zwischen den beiden Gruppen wurde ein Propensity-Score-Matching durchgeführt, um diesen Einfluss zu berücksichtigen und eine ausgeglichene Vergleichsbasis zu schaffen. Hierbei wurden Alter, BMI, Geschlechterverteilung sowie der präoperative HKAA in der Analyse berücksichtigt, um mögliche Verzerrungen zu minimieren. Nach dem Matching bestand diese Kohorte aus 90 Patienten, mit 45 Patienten in jeder Gruppe. In dieser gematchten Kohorte gab es keine signifikanten Unterschiede mehr hinsichtlich der demografischen Merkmale oder der präoperativen HKAA-Werte, was sicherstellte, dass die Vergleichsbasis nun zwischen den beiden Zugangsgruppen ausgewogen war. Dies ermöglichte eine objektivere Beurteilung der postoperativen Ergebnisse.

Die durchschnittliche Zeit für postoperative Verlaufskontrolle betrug  $18,4 \pm 17,7$  Monate in der gesamten Kohorte. In der Gesamtkohorte war der postoperative HKAA in der Gruppe, die mit dem lateralen Zugang operiert wurde, signifikant kleiner und häufiger negativ (d.h. im stärker valgischen Bereich) als in der Gruppe mit dem medialen Zugang. Die postoperativen Mittelwerte des HKAA betrugen in der lateralen Gruppe  $-2,3 \pm 2,3^\circ$  im Vergleich zu  $-1,4 \pm 2,5^\circ$  in der medialen Gruppe (MD= 0,9, [95% CI 0,2–1,6]; p = 0,003) (Tabelle 4).

**Tabelle 4: Postoperative radiografische und funktionelle Bewertung im Vergleich zwischen dem lateralen und medialen Zugang in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.**

	Gesamte Kohorte				Propensity score-gematchte Kohorte			
	Gesamt (n=204)	Lateraler Zugang (n=131)	Medialer Zugang (n=73)	p-Wert	Gesamt (n=90)	Lateraler Zugang (n=45)	Medialer Zugang (n=45)	p-Wert
<b>Nachuntersuchung in Monaten (Mittelwert, SD)</b>	18.4 (17.7)	17.5 (16.4)	20.1 (19.8)	0.473	19.7 (19.2)	16.9 (16.9)	22.5 (21.1)	0.157
<b>HKAA (Mittelwert, SD)</b>	-2.0 (2.4)	-2.3 (2.3)	-1.4 (2.5)	<b>0.003</b>	-1.9 (2.0)	-1.6 (1.9)	-2.1 (2.1)	0.385
<b>Patella tilt Winkel (Mittelwert, SD)</b>	-1.7 (3.3)	-1.5 (3.2)	-2.0 (3.4)	0.100	-2.0 (3.3)	-1.8 (3.2)	-2.2 (3.4)	0.209
<b>Patellahöhe (Mittelwert, SD)</b>	0.8 (0.2)	0.8 (0.2)	0.8 (0.2)	0.665	0.8 (0.2)	0.8 (0.2)	0.8 (0.2)	0.523
<b>Varus (&gt; 3°)</b>	4, 2.0%	2, 1.5%	2, 2.7%	0.619	2, 2.2%	1, 2.2%	1, 2.2%	>0.999
<b>Neutral (-3° to 3°)</b>	168, 82.4%	104, 79.4%	64, 87.7%	0.180	82, 91.1%	43, 95.6%	39, 86.7%	0.266
<b>Valgus (&lt; -3°)</b>	32, 15.7%	25, 19.1%	7, 9.6%	0.107	6, 6.7%	1, 2.2%	5, 11.1%	0.203
<b>Oxford knee score (Mittelwert, SD)</b>	35.7 (3.9)	35.7 (3.9)	35.6 (3.9)	0.833	35.5 (4.0)	35.7 (4.0)	35.3 (4.1)	0.676
<b>OP-Dauer in Minuten (Mittelwert, SD)</b>	82.4 (12.1)	82.2 (11.8)	82.8 (12.8)	0.728	82.9 (12.9)	83.8 (12.6)	82.1 (13.3)	0.572
<b>Verweildauer (Mittelwert, SD)</b>	9.4 (4.1)	9.6 (3.9)	9.4 (4.5)	0.124	9.3 (2.9)	9.5 (2.5)	9.1 (3.2)	0.157

Eine weitergehende Analyse der Differenz zwischen prä- und postoperativem HKAA zeigte in der Gesamtkohorte eine signifikant größere Achsenkorrektur in der lateralen Gruppe. Die Korrektur betrug in der lateralen Gruppe  $9,2 \pm 4,1^\circ$ , während in der medialen Gruppe eine Korrektur von  $5,3 \pm 2,8^\circ$  erreicht wurde (MD = -3,9, [95% CI -5,0 bis -2,9];  $p < 0,001$ ). In der gematchten Kohorte zeigte sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Tabelle 5).

**Tabelle 5: Unterschiede zwischen postoperativer und präoperativer radiografischen und funktionellen Bewertung in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.**

	Gesamte Kohorte				Propensity score-gematchte Kohorte			
	Gesamt (n=204)	Lateraler Zugang (n=131)	Medialer Zugang (n=73)	p-Wert	Gesamt (n=90)	Lateraler Zugang (n=45)	Medialer Zugang (n=45)	p-Wert
<b>Δ HKAA (Mittelwert, SD)</b>	7.8 (4.1)	9.2 (4.1)	5.3 (2.8)	<b>&lt;0.001</b>	-3.9 (2.0)	-3.6 (1.9)	-4.1 (2.1)	0.385
<b>Δ Patella tilt Winkel (Mittelwert, SD)</b>	4.1 (5.2)	5.9 (4.5)	1.0 (5.0)	<b>&lt;0.001</b>	2.9 (5.0)	4.9 (4.7)	0.9 (4.4)	<b>&lt;0.001</b>
<b>Δ Oxford knee score (Mittelwert, SD)</b>	16.9 (5.6)	16.7 (5.6)	17.2 (5.6)	0.555	16.7 (5.6)	16.1 (5.3)	17.2 (6.0)	0.383

Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Analyse des Patella-Tilt-Winkels. In der Gesamtkohorte zeigte sich eine signifikante Verbesserung des Patellatilts in der lateralen Zugangsgruppe im Vergleich zur medialen Zugangsgruppe. In der lateralen Gruppe betrug die Veränderung des Patella-Tilt-Winkels  $5,9 \pm 4,5^\circ$ , während sie in der medialen Gruppe nur  $1,0 \pm 5,0^\circ$  betrug (MD = -4,9°, [95% CI -6,3 bis -3,6];  $p < 0,001$ ). Auch in der gematchten Kohorte zeigte sich eine signifikant größere Verbesserung des Patella-Tilt-Winkels in der lateralen Gruppe, wobei die Differenz  $4,9 \pm 4,7^\circ$  in der lateralen Gruppe und nur  $0,9 \pm 4,4^\circ$  in der medialen Gruppe betrug (MD = -4,0°, [95%-CI -5,9 bis -2,1];  $p < 0,001$ ) (Tabelle 5).

Die funktionellen Ergebnisse wurden mithilfe des Oxford Knee Scores (OKS) ermittelt. Sowohl in der Gesamtkohorte als auch in der gematchten Kohorte gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich des OKS (Tabelle 4 und 5). Beide

Gruppen zeigten ähnliche postoperative Ergebnisse. Auch der minimale klinisch relevante Unterschied (MCID) war in beiden Gruppen ähnlich (Tabelle 6).

**Tabelle 6: Anteil der Patienten, die die minimale klinisch relevante Veränderung im Oxford Knie Score erreichen, in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte**

	Gesamte Kohorte				Propensity score-gematchte Kohorte			
	Gesamt (n=204)	Lateraler Zugang (n=131)	Medialer Zugang (n=73)	p- Wert	Gesamt (n=90)	Lateraler Zugang (n=45)	Medialer Zugang (n=45)	p- Wert
$\Delta$ <b>Oxford knee score &lt; 5 (n, %)</b>	3 1.5%	1, 0.8%	2, 2.7%	0.835	1, 1.1%	0, 0.0%	1, 2.2%	0.315
$\Delta$ <b>Oxford knee score &gt; 5 (n, %)</b>	201, 98.5%	130, 99.2%	71, 97.3%		89, 98.9%	45, 100.0%	44, 97.8%	

Bei der Dauer des Krankenhausaufenthalts ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Kohorten (Tabelle 4) sowohl im Gesamtkollektiv als auch in der gematchten Gruppe.

Die Analyse der Komplikationen zeigt in der Gesamtkohorte und der gematchten Kohorte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der allgemeinen Komplikationsrate (Tabelle 7). Jedoch gab es einen bemerkenswerten Unterschied in der Häufigkeit von Wundheilungsstörungen. In der Gesamtkohorte traten Wundheilungsstörungen signifikant häufiger in der Gruppe mit dem lateralen Zugang auf (6,1 %, n = 8), während in der medialen Gruppe keine Wundheilungsstörungen festgestellt wurden (0,0 %, n = 0) (p = 0,053). In der gematchten Kohorte war jedoch kein signifikanter Unterschied in der Häufigkeit von Wundheilungsstörungen zu beobachten (p = 0,494). Eine genauere Analyse der Patienten mit Wundheilungsstörung in der lateralen Zugangsgruppe zeigte, dass diese Patienten im Durchschnitt eine ausgeprägtere präoperative Valgusfehlstellung aufwiesen, mit einem HKA-Wert von  $-13,6 \pm 6,7^\circ$ . Bei den Patienten mit Wundheilungsstörungen litten zwei Patienten an rheumatoider Arthritis. Es gab keine signifikanten Unterschiede bei anderen spezifischen Komplikationen zwischen den beiden Gruppen (Tabelle 7).

**Tabelle 7: Analyse von Komplikationen im Vergleich zwischen dem lateralen und medialen Zugang in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.**

	Gesamte Kohorte				Propensity score-gematchte Kohorte			
	Gesamt (n=204)	Lateraler Zugang (n=131)	Medialer Zugang (n=73)	p- Wert	Gesamt (n=90)	Lateraler Zugang (n=45)	Medialer Zugang (n=45)	p- Wert
<b>Komplikationen (n, %)</b>	26, 12.7%	18, 13.7%	8, 11.0%	0.665	8, 8.9%	5, 11.1 %	3, 6.7 %	0.714
<b>Ligamentäre Instabilität (n, %)</b>	6, 2.9%	3, 2.3%	3, 4.1%	0.669	3, 3.3%	1, 2.2%	2, 4.4%	>0.999
<b>Insuffizienz des Streckapparates (n, %)</b>	2, 1.0%	2, 1.5%	0, 0.0%	0.538	1, 1.1%	1, 2.2%	0, 0%	>0.999
<b>Periprothetische Frakturen (n, %)</b>	2, 1.0%	2, 1.5%	0, 0.0%	0.538	1, 1.1%	1, 2.2%	0, 0.0%	>0.999
<b>Periprothetische Infektionen (n, %)</b>	3, 1.5%	1, 0.8%	2, 2.7%	0.292	1, 1.1%	0, 0.0%	1, 2.2%	>0.999
<b>Inlayluxation (n, %)</b>	0, 0.0 %	0, 0.0 %	0, 0.0 %	>0.999	0, 0.0 %	0, 0.0 %	0, 0.0 %	>0.999
<b>Sekundäre Retropatellare Arthrose (n, %)</b>	1, 0.5%	1, 0.8%	0, 0.0%	>0.999	0, 0.0 %	0, 0.0 %	0, 0.0 %	>0.999
<b>Aseptische Lockerung (n, %)</b>	1, 0.5%	0, 0.0%	1, 1.4%	0.358	0, 0.0 %	0, 0.0 %	0, 0.0 %	>0.999
<b>Wundheilungsstörung (n, %)</b>	8, 3.9%	8, 6.1%	0, 0.0%	0.053	2, 2.2%	2, 4.4%	0, 0%	0.494
<b>Hämatom (n, %)</b>	3, 1.5%	1, 0.8%	2, 2.7%	0.292	0, 0%	0, 0%	0, 0%	>0.999

In der Gesamtkohorte erlitten drei Patienten periprothetische Frakturen nach schweren Traumata. Ein Zusammenhang dieser Komplikation mit dem gewählten Zugang wurde nicht gesehen.

Bei den durchgeführten Weichteilreleases zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen dem lateralen und dem medialen Zugang: Im Rahmen des lateralen Zugangs waren häufiger

Weichteilrelease erforderlich gewesen. Dies galt sowohl für die Gesamtkohorte als auch für die gematchte Kohorte und war statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ) (Tabelle 8).

**Tabelle 8: Weichteillösungen im Vergleich zwischen dem lateralen und medialen Zugang in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.**

	Gesamte Kohorte				Propensity score-gematchte Kohorte			
	Gesamt (n=204)	Lateraler Zugang (n=131)	Medialer Zugang (n=73)	p- Wert	Gesamt (n=90)	Lateraler Zugang (n=45)	Medialer Zugang (n=45)	p- Wert
Kein Release (n, %)	53, 26.0%	11, 8.4%	42, 57.5%		29, 32.2%	3, 6.7%	26, 57.8%	
Laterales Release (n, %)	110, 53.9%	95, 72.5%	15, 20.5%		42, 46.7%	34, 75.6%	8, 17.8%	
Mediales Release (n, %)	1, 0.5%	0, 0.0%	1, 1.4%		0, 0.0%	0, 0.0%	0, 0.0%	
Dorsales Release (n, %)	9, 4.4%	0, 0.0%	9, 12.3%		7, 7.8%	0, 0.0%	7, 15.6%	
Kompenierte laterales und dorsales Release (n, %)	27, 13.2%	22, 16.8%	5, 6.8%	<b>&lt;0.001</b>	10, 11.1%	7, 15.6%	3, 6.7%	<b>&lt;0.001</b>
Kompenierte mediales und dorsales Release (n, %)	2, 1.0%	1, 0.8%	1, 1.4%		1, 1.1%	0, 0.0%	1, 2.2%	
Kompenierte laterales und mediales Release (n, %)	1, 0.5%	1, 0.8%	0, 0.0%		1, 1.1%	1, 2.2	0, 0.0%	
Kompenierte laterals, mediales und dorsales Release (n, %)	1, 0.5%	1, 0.8%	0, 0.0%		0, 0.0%	0, 0.0%	0, 0.0%	

## Diskussion

Die vorliegende Promotionsarbeit vergleicht die Ergebnisse des lateralen Zugangs ohne Tuberositas-Tibiae-Osteotomie (TTO) mit den Ergebnissen des medialen Zugangs bei der Implantation von Oberflächenersatzendoprothesen mit rotierender Plattform bei Valgusgonarthrose. Die statistische Ausarbeitung zeigt, dass der laterale Zugang klinisch und radiologisch vergleichbare Ergebnisse wie der mediale Zugang erzielt. Bei der Implantation über einen lateralen Zugang zeigt sich eine signifikant bessere Korrektur der Beinachse und eine signifikant höhere Verbesserung des Patellatilts. Die Komplikationsraten des medialen und lateralen Zugangs sind vergleichbar, der laterale Zugang weist jedoch ein leicht erhöhtes Risiko für Wundheilungsstörungen auf.

Die Untersuchung zeigt, dass der laterale Zugang in dieser Studie insbesondere bei Patienten mit ausgeprägten Valgusgonarthrosen und ausgeprägtem Patellatilt zur Anwendung kam. Diese selektive Indikationsstellung legt nahe, dass der laterale Zugang insbesondere für komplexe Fälle mit ausgeprägter Fehlstellung und notwendiger Korrektur der mechanischen Beinachse und des Patellatilts indiziert wurde. Trotz der komplexeren Ausgangssituation war es mit dem lateralen Zugang möglich, eine größere Korrektur des HKAA zu erzielen. Der HKAA lag bei der Mehrzahl der operierten Personen postoperativ innerhalb des physiologischen Normbereichs ( $0^\circ \pm 3^\circ$ ). In der Gesamtkohorte zeigte sich eine signifikant stärkere Korrektur des HKAA bei Verwendung eines lateralen Zugangs. In der gematchten Kohorte hingegen bestand kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Zugangstechniken hinsichtlich des erzielten Korrekturausmaßes. Diese Ergebnisse zeigen, dass der laterale Zugang insbesondere bei komplexen Ausgangsbefunden mit ausgeprägten Deformitäten seine spezifischen Vorteile entfaltet. Bei milderer Fehlstellungen hingegen erscheint der laterale Zugang ebenso effektiv wie der mediale Zugang.

Ein besonders hervorzuhebender Vorteil des lateralen Zugangs zeigte sich in der Korrektur des Patellatilts. In der Gesamtkohorte konnte der Patellatilt bei Durchführung des lateralen Zugangs im Mittel um  $5,9^\circ$  reduziert werden, während in der Vergleichsgruppe mit medialem Zugang lediglich eine durchschnittliche Verbesserung von  $1,0^\circ$  erreicht wurde. Auch in der gematchten Kohorte bestätigte sich die Überlegenheit des lateralen Zugangs hinsichtlich der Korrektur des Patellatilts. Die überlegene Korrektur des Patellatilts bei Durchführung eines lateralen Zuganges lässt sich dadurch erklären, dass beim lateralen Zugang routinemäßig ein Release des lateralen Retinakulum erfolgt, wodurch der laterale Zug auf die Patella reduziert



und ihre zentrierte Führung im femoralen Gleitlager ermöglicht wird. Die vorliegenden Ergebnisse stehen im Einklang mit der Untersuchung von Tonelli Filho et al. [32], die ebenfalls eine signifikant bessere Korrektur des Patellatilts unter Verwendung des lateralen Zugangs beschrieben.

Der mediale und der laterale Zugang wiesen vergleichbare allgemeine Komplikationsraten auf. Ein relevanter Unterschied zeigte sich jedoch hinsichtlich der Inzidenz von Wundheilungsstörungen: In der Gesamtkohorte wurden bei 6,1 % der Patientinnen und Patienten mit lateralem Zugang postoperative Wundheilungsstörungen dokumentiert. In der Vergleichsgruppe mit medialem Zugang traten keine Wundheilungsstörungen auf. Obwohl dieser Unterschied statistisch nicht signifikant war, deutet er auf ein tendenziell erhöhtes Risiko für Wundheilungskomplikationen im Zusammenhang mit dem lateralen Zugang hin. In der gematchten Kohorte stellt sich keine erhöhte Inzidenz von Wundheilungsstörungen dar. Dies scheint darauf hinzuweisen, dass die ausgeprägteren präoperativen Deformitäten und die konsekutiv umfangreicheren Achskorrekturen in der Gesamtkohorte einen möglichen Einflussfaktor für die höhere Rate an Wundheilungsstörungen darstellen.

Die auch von anderen Autoren beschriebene erhöhte Anfälligkeit für Wundheilungskomplikationen beim lateralen Zugang [9,14] lässt sich durch mehrere Faktoren erklären: Einerseits weist der laterale Zugang anatomisch bedingt eine geringere Weichteildeckung auf, was die Wundheilung erschweren kann. Andererseits gehen mit dem lateralen Zugang häufig größere operative Korrekturen der Beinachse einher, die erhöhte mechanischen Spannungen im Weichteilgewebe verursachen und somit den Heilungsverlauf negativ beeinflussen können.

Ein wesentlicher Aspekt der vorliegenden Promotionsarbeit besteht darin, dass mit dem lateralen Zugang auch ohne Durchführung einer TTO zufriedenstellende Ergebnisse im Hinblick auf die Achskorrektur und die Patellaführung erzielt werden konnten. Dieser Aspekt steht im Gegensatz zu Empfehlungen anderer Autoren, die in ihren Arbeiten zur Verbesserung der Weichteildeckung und zur Senkung des Risikos für Wundheilungsstörungen eine TTO bei ausgeprägter Valgusgonarthrose nahelegen [3,20]. Gleichzeitig weist die Literatur jedoch darauf hin, dass die Kombination eines lateralen Zugangs mit einer TTO mit einer erhöhten Komplikations- und Revisionsrate assoziiert ist [15,17,27,31]. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass sowohl die Korrektur der mechanischen Beinachse als auch die Korrektur der Patellaführung auch ohne TTO in einem klinisch zufriedenstellenden Maß erreicht werden kann. Diese Erkenntnis legt nahe, dass die Indikation zur TTO zurückhaltend gestellt werden sollte und primär komplexen Ausnahmefällen vorbehalten bleiben sollte.

Die vorliegende Dissertation weist Stärken und Schwächen auf: Ein methodischer Vorteil dieser Arbeit liegt in der homogenen Auswahl der Implantate: Verwendet wurden ausschließlich Implantate mit rotierender Plattform. Diese standardisierte Implantatwahl minimiert potenzielle Verzerrungseffekte, die durch unterschiedliche Implantatdesigns entstehen könnten. Dies erhöht die interne Validität der Studie, die der früheren Arbeiten, in denen verschiedene Prothesentypen zum Einsatz kamen, überlegen ist [8,9,22]. Eine weitere Stärke der Arbeit ist der Einsatz eines Propensity Score Matchings. Durch das Propensity Score Matching kann eine weitgehende Kontrolle des Selektionsbias erreicht werden, indem präoperative Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen ausgeglichen wurden.

Ein methodischer Schwachpunkt der vorliegenden Promotionsarbeit liegt in dem retrospektiven Studiendesign, das mit einem erhöhten Risiko für Bias einhergeht. Trotz der Anwendung eines Propensity Score Matchings zur Reduktion dieser Verzerrungen sind sie deutlicher als bei prospektiven, randomisierten Studien. Außerdem war die Stichprobengröße mit 204 Patienten relativ gering. Dies führt dazu, dass insbesondere die Interpretation seltener Ereignisse wie beispielsweise Komplikationen limitiert ist. Ein weiterer limitierender Faktor war die kurze Nachbeobachtungsdauer von lediglich 18 Monaten. Die Bewertung von Langzeiteffekten wie prothetischen Verschleißerscheinungen oder chronischen Komplikationen war dadurch nur eingeschränkt möglich.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der laterale Zugang ohne TTO im Vergleich zum medialen Zugang bei der Implantation von Oberflächenersatzendoprothesen bei Valgusgonarthrose eine gleichwertige oder sogar bessere Achskorrektur und Patellaführung bietet, insbesondere bei Patienten mit schweren Deformitäten. In der Gesamtkohorte stellt sich eine signifikant größere Korrektur des HKAA sowie eine verbesserte Patellaausrichtung bei Verwendung eines lateralen Zugangs im Vergleich zur Durchführung eines medialen Zugangs dar. In der gematchten Kohorte hingegen bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Zugangswegen.

Das erhöhte Risiko für Wundheilungsstörungen beim lateralen Zugang stellt dennoch einen klinisch relevanten Aspekt dar. Dies gilt insbesondere bei Patientinnen und Patienten mit bestehenden Risikofaktoren für eine gestörte Wundheilung.

Zukünftige prospektive, randomisierte Studien mit langem Nachuntersuchungszeitraum wären hilfreich, um die in dieser Studie gemachten Beobachtungen zu verifizieren, die Langzeitergebnisse des lateralen Zugangs systematisch zu bewerten und potenzielle Langzeitkomplikationen zu identifizieren. Eine prospektive, randomisierte Studie würde eine höhere interne Validität gewährleisten und könnte potenzielle Spätkomplikationen, wie

aseptische Lockerungen, Komplikationen des Patellatrackings und endoprothetische Verschleißerscheinungen erfassen.

## 2. Artikel

Received: 5 August 2024 | Accepted: 3 October 2024  
DOI: 10.1002/ksa.12526

KNEE ARTHROPLASTY

Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy WILEY

# The lateral approach for total knee arthroplasty in valgus osteoarthritis provides similar clinical and radiological results compared with the medial approach

Maamoun Alsalloum<sup>1,2</sup> | Assil-Ramin Alimy<sup>1</sup>  | Jan Hubert<sup>1</sup>  |  
Tim Rolvien<sup>1</sup>  | Bernd Fink<sup>1,2</sup> 

<sup>1</sup>Department of Trauma and Orthopaedic Surgery, Division of Orthopaedics, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany

<sup>2</sup>Department for Joint Replacement, Rheumatoid and General Orthopaedics, Orthopaedic Clinic Markgröningen, Markgröningen, Germany

### Correspondence

Bernd Fink, Department for Joint Replacement, Rheumatoid and General Orthopaedics, Orthopaedic Clinic Markgröningen, Kurt-Lindemann-Weg 10, 71706, Markgröningen, Germany.  
Email: [bernd.fink@rkh-gesundheit.de](mailto:bernd.fink@rkh-gesundheit.de)

### Funding information

None

### Abstract

**Purpose:** In total knee arthroplasty (TKA), valgus deformities require special approaches to achieve precise mechanical axis correction and joint stability. This study aimed to determine whether the lateral approach without tibial tubercle osteotomy allows mechanical axis correction in valgus knee osteoarthritis (OA), which is at least as effective as the medial approach, while also assessing whether it provides clinically comparable results and complications.

**Methods:** A total of 204 patients undergoing TKA for valgus knee OA were included in this retrospective comparative study, with 131 patients in the lateral approach group and 73 patients in the medial approach group. The surgical goal was to achieve stability with a neutral axis based on mechanical alignment. Detailed pre- and postoperative clinical and radiographic data were obtained, including measurements of the hip–knee–ankle angle (HKAA) and patella tilt angle. Functional status was determined based on the Oxford Knee Score (OKS). Age, body mass index, sex and preoperative HKAA were adjusted between both groups using propensity score matching ( $n = 45$  per group).

**Results:** In the propensity score-matched cohort, the postoperative HKAA did not show differences when comparing the lateral and the medial approach at a mean follow-up of 19.7 months ( $p = 0.385$ ). The achieved correction of the patella tilt angle was higher in the lateral approach group in the overall ( $p < 0.001$ ) and matched cohort ( $p < 0.001$ ). No differences were detected regarding the postoperative OKS and complications. However, wound healing disorders showed a tendency to be more prevalent in patients who underwent the lateral approach in the overall cohort (6.1%,  $n = 8$  vs. 0.0%,  $n = 0$ ,  $p = 0.053$ ) but not in the propensity score-matched cohort ( $p = 0.494$ ).

**Conclusion:** This study demonstrated that for pronounced valgus OA, the lateral approach achieves favourable results in HKAA correction, patellar tilt and complications comparable to the medial approach. However, the risk of wound healing disorders appears higher with severe valgus deformity.

**Abbreviations:** BMI, body mass index; CI, confidence interval; HKAA, hip–knee–ankle angle; ITB, iliotibial band; MCID, minimal clinically important difference; MD, mean difference; OA, osteoarthritis; OKS, Oxford Knee Score; SD, standard deviation; TKA, total knee arthroplasty; TTO, tibial tubercle osteotomy.

Maamoun Alsalloum and Assil-Ramin Alimy contributed equally to this study and shared first authorship.

© 2024 European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy.

*Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2024;1–9.

[wileyonlinelibrary.com/journal/ksa](https://onlinelibrary.wiley.com/journal/ksa)

1



**Level of Evidence:** Level III therapeutic study.

**KEYWORDS**

lateral approach, patella tilt angle, propensity score, total knee arthroplasty, valgus deformity

## INTRODUCTION

In recent decades, total knee arthroplasty (TKA) has become the treatment of choice for advanced multi-compartmental osteoarthritis (OA) of the knee joint [32]. Around 10%–15% of osteoarthritic knee joints have a contractile valgus deformity of more than 10° [1, 25]. These require varying degrees of lateral soft tissue release to correct the leg axis and achieve a kinematically well-functioning knee prosthesis. Certain release techniques may be performed more effectively under visual control via a lateral approach, with or without a tibial tubercle osteotomy (TTO), compared to the medial approach [2, 28]. Another advantage of the lateral approach is that the often necessary lateral release of the patella is an inherent part of the procedure, thereby avoiding additional circulatory disturbances to the patella that can be caused by a medial approach with additional lateral release [28]. In addition, some studies report poorer results in terms of achieved axial correction and clinical outcomes when using the medial approach for contracted valgus deformity [11, 16, 17, 34].

There are few comparative studies in the literature between the lateral and medial approaches for valgus knee OA with varying results: some report similar joint-specific scores [11, 16, 17, 34] while others report superior scores for the lateral approach [11, 16, 17, 34]; some studies reported similar [1, 25] while others report better correction with the lateral approach [1, 25]. Similar discrepancies were reported regarding patella tracking and complications [1, 11, 16, 17, 25, 34]. One reason for the different results is that the number of patients in some studies to date is very small, which inherently limits the power and applicability of these findings [20, 22, 23, 26, 29]. Additionally, there is high heterogeneity among the published studies due to the varying degrees of coupling of the knee prostheses used, ranging from cruciate-retaining to rotating hinges [8, 12, 20, 26], as well as differences in the use of TTO [13].

While valgus OA requires special attention and consideration in preoperative planning, considerable uncertainty still persists regarding the surgical approach. In particular, it is unclear whether the lateral approach provides clinical and radiological outcomes comparable to those of the medial approach. To address this, the present study aimed to test the hypothesis that the lateral approach, when performed without TTO, provides clinically comparable results and

complications in patients with valgus OA while correcting the mechanical axis as effectively as the medial approach. Moreover, this study investigated whether, in cases of severe valgus malalignment, the lateral approach can maintain complication rates comparable to the medial approach while effectively correcting axial deformities and achieving similar clinical outcomes. The findings of the study have the potential to influence treatment strategies in managing valgus knee OA by providing a systematic comparison of the medial and lateral approach without TTO for patients with valgus malalignment, directly addressing the notable knowledge gap in previous studies.

## METHODS

### Study design

Between January 2018 and December 2019, 1286 patients undergoing TKA were screened at a tertiary medical centre in Germany. All patients with valgus deformities (hip–knee–ankle angle [HKAA] < −3°) were considered potentially eligible for the study. Based on this criterion, 18.9% ( $n=243$ ) were deemed eligible. Subsequently, 39 patients were excluded due to severe ligamentous instability of the knee ( $n=38$ ), which required a constrained primary prosthesis, and one patient was excluded due to a postoperative death. This left 204 patients (131 patients with the lateral and 73 with the medial approach) for analysis in this retrospective, comparative study of surface replacement knee arthroplasties with a rotating platform. Detailed medical history was obtained regarding comorbidities, utilized surgical approach, duration of surgery and complications, as well as subsequent revision surgeries.

### Clinical and radiographic analysis

All patients underwent routine preoperative examinations, during which their functional overall status was assessed and categorized according to the American Society of Anesthesiologists (ASA) classification. The Oxford Knee Score (OKS) was also recorded as previously described [21]. The OKS consists of 12 questions assessing pain and function, with scores ranging from 0 to 48, where a score of 48 indicates the best possible outcome. Thresholds for the minimal clinically

important differences (MCID) were determined as previously described [5]. Furthermore, ligament stability was clinically assessed by using valgus and varus stress tests. Radiographic analyses, including measurements of the HKAA, patella tilt angle, patella height, sulcus angle and categorization of the patella shape according to the Wiberg classification were performed preoperatively by an experienced orthopaedic surgeon (M. A.) [4, 6, 7, 10, 19, 31]. The reliability of these measurements was confirmed to be high based on the assessment of 20 randomly selected radiographs, which were measured by a second experienced orthopaedic surgeon (B. F.). The calculated intraclass correlation coefficient was used to assess interrater reliability, confirming a high level of agreement (0.94–0.97). Based on this high agreement, the measurements from one investigator (M. A.) were used for the analysis.

Patients were discharged to rehabilitation centres for 3 weeks, where further information on early postoperative clinical outcomes and complications was obtained. During regularly scheduled follow-up examinations (first at 4–6 weeks postoperative and second follow-up at  $18.4 \pm 17.7$  months), clinical and radiographic examinations were obtained to assess postoperative outcomes. Secondary OA of the patellofemoral joint (in cases where patellar resurfacing was not performed) was identified clinically and radiographically in axial patellar radiographs. No patients were lost to follow-up.

### Surgical technique

In all patients, TKA was performed using the flexion-first technique and a pneumatic femoral tourniquet set at 250 mmHg. All procedures were done without performing a TTO. The systems used were the Innex Knee System Primary CR (ZimmerBiomet GmbH) (93.6%,  $n = 191$ ) and the e.motion Knee System AS (Aesculap AG) (6.4%,  $n = 13$ ) for patients with nickel allergies. Both systems were fitted with a mobile insert. The surgical goal was to achieve stability with a neutral axis based on mechanical alignment. The lateral approach was chosen for patients with a fixed valgus deformity that could not be passively corrected and, therefore, required extensive lateral soft tissue release under vision. Patients with a partially possible passive correction of the valgus deformity were surgically treated via the medial approach. The procedures were performed as previously described [15, 27, 30, 33]. Patellar resurfacing was performed in cases where radiographic and clinically symptomatic retropatellar OA was present and confirmed intraoperatively by fourth-degree chondromalacia. Postoperative care for both groups allowed full weight-bearing under the guidance of a physiotherapist.

### Statistical analysis

Statistical analyses were conducted using R version 3.3, SPSS (version 29, IBM) and GraphPad Prism (version 10, GraphPad Software). Data are presented as mean and standard deviation. The Shapiro–Wilk test was utilized to evaluate the normality of the data distribution. Depending on the normality test results, comparisons between the two groups were made using the Student's *t* test for normally distributed data or the Mann–Whitney U test for nonparametric data. Fisher's exact test or chi-squared test was used to compare categorical variables. Age, body mass index (BMI), sex and preoperative HKAA were adjusted between both groups by using propensity score matching in SPSS. Subsequently, the propensity score-matched cohort consisted of 90 patients, with 45 in each group. All group comparisons between the lateral and medial approaches were performed for both the overall cohort and the propensity score-matched cohort. All statistical tests were two-sided, with a predefined significance level set at  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTS

### Preoperative radiographic and functional assessment

The overall cohort comprised 204 patients, with 131 patients in the lateral approach group for TKA and 73 patients in the medial approach group. There were no significant differences between the two groups in terms of age, BMI or sex distribution. However, the preoperative HKAA was shifted toward a more pronounced valgus deformity in the lateral approach group, indicated by a significantly more negative HKAA (Table 1) ( $-11.5 \pm 4.3$  vs.  $-6.7 \pm 2.5$ , mean difference [MD] = 4.8, [95% confidence interval (CI) 3.7–5.9],  $p < 0.001$ ). Despite this, all patients in both groups were categorized as valgus aligned. Additionally, the classification of patella shape differed between approaches, with a higher proportion of Wiberg Type C patellae in the lateral approach group compared to the medial approach group, and a higher proportion of Wiberg Type B patellae in the medial approach group compared to the lateral approach group ( $p = 0.013$ , Supporting Information S1: Table 1). Resurfacing of the patella was performed in 91 patients (44.6%) with no differences across the approaches (45.0%,  $n = 59$  vs. 43.8%,  $n = 32$ ,  $p = 0.868$ ). The preoperative OKS showed no significant difference between the two groups and the comorbidities assessed by the ASA score also revealed no significant differences (Table 1, Supporting Information S1: Table 2). Rheumatoid arthritis was present in eight patients of the entire cohort, five of which were treated by the lateral



**TABLE 1** Demographic information and preoperative radiographic and functional assessment comparing the lateral and medial approach in the overall and propensity score-matched study cohort.

	Overall cohort		Propensity score-matched cohort					
	Overall (n = 204)	Lateral approach (n = 131)	Medial approach (n = 73)	p Value	Overall (n = 90)	Lateral approach (n = 45)	Medial approach (n = 45)	p Value
Age (mean, SD)	70.5 (9.9)	70.5 (9.7)	70.5 (10.4)	0.964	69.8 (9.8)	69.6 (9.5)	70.1 (10.1)	0.787
Body mass index (mean, SD)	29.3 (5.2)	28.8 (4.7)	30.2 (5.8)	0.171	29.3 (5.2)	29.0 (4.9)	29.7 (5.4)	0.541
Females (n, %)	150, 73.5%	97, 74.0%	53, 72.6%	0.823	66, 73.3%	32, 71.1%	34, 75.6%	0.634
HKAA (mean, SD)	-9.8 (4.4)	-11.5 (4.3)	-6.7 (2.5)	<b>&lt;0.001</b>	-7.6 (2.5)	-7.6 (2.3)	-7.6 (2.7)	0.883
Varus (>3°)	0	0	0	>0.999	0	0	0	>0.999
Neutral (-3° to 3°)	0	0	0	>0.999	0	0	0	>0.999
Valgus (<-3°)	204, 100%	131, 100%	73, 100%	>0.999	90	45	45	>0.999
Preoperative patella tilt angle (mean, SD)	-5.8 (4.3)	-7.4 (3.7)	-3.0 (3.9)	<b>&lt;0.001</b>	-4.9 (4.4)	-6.6 (4.5)	-3.1 (3.4)	<b>&lt;0.001</b>
Patella height (mean, SD)	0.9 (0.2)	0.9 (0.2)	0.9 (0.2)	0.848	0.9 (0.2)	0.9 (0.2)	0.9 (0.2)	0.855
Sulcus angle (mean, SD)	135.8 (5.5)	136.9 (5.5)	133.8 (5.0)	<b>&lt;0.001</b>	134.9 (5.7)	136.7 (6.0)	133.1 (4.8)	<b>0.002</b>
Oxford knee score (mean, SD)	18.8 (3.9)	19.0 (3.7)	18.4 (4.3)	0.258	18.8 (3.9)	19.5 (3.8)	18.1 (4.0)	0.091

Note: Bold values indicate statistical significance ( $p < 0.05$ ).

Abbreviations: HKAA, hip-knee-ankle angle; SD, standard deviation.

approach. Due to the differences in preoperative HKAA between the two groups, propensity score matching was performed to adjust for this variable. The matched cohort consisted of 90 patients (45 per group), with no significant differences in age, BMI, sex distribution or preoperative HKAA between the groups.

### The lateral approach achieves comparable radiographic and clinical postoperative results

At a mean follow-up of  $18.4 \pm 17.7$  months in the overall cohort, the postoperative HKAA ( $-2.3 \pm 2.3$  vs.  $-1.4 \pm 2.5$ , MD = 0.9, [95% CI 0.2–1.6]  $p = 0.003$ ) was found to be more negative in patients who underwent the lateral approach, while there was no difference regarding the postoperatively measured patella tilt angle (Table 2). Additionally, no differences were detected regarding these parameters in the matched cohort. When evaluating the difference between the postoperative and preoperative HKAA, the overall cohort showed a significantly greater axis correction in the lateral than in the medial approach group ( $9.2 \pm 4.1$  vs.  $5.3 \pm 2.8$ , MD =  $-3.9$ , [95% CI  $-5.0$  to  $-2.9$ ],  $p < 0.001$ ) but no difference in the analysis of the matched cohort (Table 3). Similarly, the difference between the postoperative and preoperative patella tilt angle showed a significantly greater difference in the lateral approach than in the medial approach groups, both in the overall cohort ( $5.9 \pm 4.5$  vs.  $1.0 \pm 5.0$ , MD =  $-4.9$ , [95% CI  $-6.3$  to  $-3.6$ ],  $p < 0.001$ ) as well as in the matched cohort ( $4.9 \pm 4.7$  vs.  $0.9 \pm 4.4$ , MD =  $-4.0$ , [95% CI  $-5.9$  to  $-2.1$ ],  $p < 0.001$ ) (Table 3). The OKS revealed similar results in the overall cohort or the matched cohort, indicating similar postoperative functional results between the two groups, as well as similar improvement when considering the difference between postoperative and preoperative results in both the overall cohort and in the propensity score-matched cohort (Tables 2 and 3). Furthermore, there was no difference in the proportion of patients achieving the MCID in the overall and propensity score-matched cohort (Supporting Information S1: Table 3). The length of stay was also not different in both cohorts (Table 2).

### Increased prevalence of wound healing disorders in the lateral approach

Complications, a major contributing factor to the length of stay, showed no differences between the overall and matched cohorts regarding complications in general (Supporting Information S1: Table 4). Three patients suffered from periprosthetic fractures after severe trauma (Supporting Information S1: Table 4). Importantly, wound healing disorders showed a tendency to

be more prevalent in patients who underwent the lateral approach in the overall cohort (6.1%,  $n = 8$  vs. 0.0%,  $n = 0$ ,  $p = 0.053$ ) but not in the propensity score-matched cohort ( $p = 0.494$ ). The patients with impaired wound healing in the lateral approach group had a severe valgus deformity with preoperative HKAA of  $-13.6 \pm 6.7^\circ$ ; additionally, two of these patients had rheumatoid arthritis. Further analysis of specific complications revealed no differences between the groups (Supporting Information S1: Table 4).

### Soft tissue release

Finally, the performed soft tissue releases revealed significant differences, with more releases generally performed in the lateral approach group in both the overall ( $p < 0.001$ ) and matched cohorts ( $p < 0.001$ ) (Supporting Information S1: Table 5). Specifically, lateral soft tissue releases were more commonly performed in the lateral approach group (both unmatched and matched).

## DISCUSSION

The present study confirmed the hypothesis that the lateral approach without a TTO achieves comparable radiological and clinical results to the medial approach for the implantation of surface replacement endoprostheses with a rotating platform in valgus knee OA.

The knee joints with more severe preoperative valgus deformities and patellar tilt angles were found in the lateral approach group, suggesting that the lateral approach was regularly chosen for more extreme valgus angles and patellar tilt angles. This provides an explanation for the more negative postoperative HKAA observed in the lateral approach group within the overall cohort. However, the achieved correction of the HKAA was greater in the overall cohort with the lateral approach compared to the medial approach, resulting in an HKAA within the normal range ( $0 \pm 3$ ) for the majority of patients in both groups. Notably, the lateral approach without a TTO allowed for greater correction of the patella tilt angle in both the overall and matched cohorts, indicating that this approach may be particularly suitable for patients where patellar instability and maltracking are anticipated. This finding may be explained by the fact that the lateral patellar release is part of the lateral approach and aligns with the results of previous research, which reported better patellar tilt angle correction with the lateral approach [29].

With regard to complications, our study showed that both approaches resulted in similar and comparable complication rates. Nonetheless, wound healing disorders marginally failed to reach statistical significance



TABLE 2 Postoperative radiographic and functional assessment comparing the lateral and medial approach in the overall and propensity score-matched study cohort.

	Overall cohort		Propensity score-matched cohort			
	Overall (n = 204)		Lateral approach (n = 131)	Medial approach (n = 73)	p Value	
Follow-up in months (mean, SD)	18.4 (17.7)		17.5 (16.4)	20.1 (19.8)	0.473	0.157
HKAA (mean, SD)	-2.0 (2.4)		-2.3 (2.3)	-1.4 (2.5)	<b>0.003</b>	0.385
Patella tilt angle (mean, SD)	-1.7 (3.3)		-1.5 (3.2)	-2.0 (3.4)	0.100	0.209
Patella height (mean, SD)	0.8 (0.2)		0.8 (0.2)	0.8 (0.2)	0.665	0.523
Varus (>3°)	4, 2.0%		2, 1.5%	2, 2.7%	0.619	>0.999
Neutral (-3° to 3°)	168, 82.4%		104, 79.4%	64, 87.7%	0.180	0.266
Valgus (<-3°)	32, 15.7%		25, 19.1%	7, 9.6%	0.107	0.203
Oxford knee score (mean, SD)	35.7 (3.9)		35.7 (3.9)	35.6 (3.9)	0.833	0.676
Surgery time in minutes (mean, SD)	82.4 (12.1)		82.2 (11.8)	82.8 (12.8)	0.728	0.572
Length of hospital stay in days (mean, SD)	9.4 (4.1)		9.6 (3.9)	9.4 (4.5)	0.124	0.157

Note: Bold values indicate statistical significance ( $p < 0.05$ ).

Abbreviations: HKAA, hip-knee-ankle angle; SD, standard deviation.

**TABLE 3** Differences between postoperative and preoperative radiographic and functional assessment in the overall and propensity score-matched study cohort.

	Overall cohort		Propensity score-matched cohort						
	Overall (n = 204)		Lateral approach (n = 131)	Medial approach (n = 73)	p Value	Overall (n = 90)	Lateral approach (n = 45)	Medial approach (n = 45)	p Value
ΔHKAA (mean, SD)	7.8 (4.1)		9.2 (4.1)	5.3 (2.8)	<0.001	-3.9 (2.0)	-3.6 (1.9)	-4.1 (2.1)	0.385
ΔPatella tilt angle (mean, SD)	4.1 (5.2)		5.9 (4.5)	1.0 (5.0)	<0.001	2.9 (5.0)	4.9 (4.7)	0.9 (4.4)	<0.001
ΔOxford knee score (mean, SD)	16.9 (5.6)		16.7 (5.6)	17.2 (5.6)	0.555	16.7 (5.6)	16.1 (5.3)	17.2 (6.0)	0.383

Note: Bold values indicate statistical significance ( $p < 0.05$ ).

Abbreviations: HKAA, hip-knee-ankle angle; SD, standard deviation.

but tended to occur more frequently in the lateral approach group within the overall cohort. However, this trend was not evident in the matched cohort. This may be explained by the more extreme valgus deformities and the greater axial corrections required in the lateral approach group within the overall cohort. Additionally, wound closure is generally more challenging with the lateral approach due to reduced soft tissue coverage, and therefore, some authors consider the risk of wound healing disorders to be higher after an axis correction with this approach, which aligns with our findings [9, 13]. Given the potential challenges of wound closure in the lateral approach due to reduced soft tissue coverage, some authors recommend performing a TTO [3, 18]. However, previous studies have found that a TTO using the lateral approach is associated with higher complication and revision rates compared to the medial approach [14, 16, 24, 28]. However, in a previous trial where no TTO was performed, the findings were similar to those from our matched-pair analysis, showing no differences in outcomes without the use of TTO [29]. Nonetheless, the increased risk of wound healing disorders is a major concern and should be considered and adequately addressed when informing patients about the lateral approach. TTO may be considered to address this issue, but the risks and complications of TTO should also be taken into account. Further research is needed to develop adequate measures to address the challenges of wound closure in the lateral approach and to mitigate the risk of wound healing disorders.

Our study has several limitations. First, as a retrospective study, it inherently carries a higher risk of bias. Future prospective randomized controlled trials are needed to investigate the comparative results of the lateral approach in cases with severe valgus deformities. Additionally, our study is limited by the fact that the lateral approach was primarily used for patients with more pronounced valgus malalignment and contract valgus deformity, potentially introducing selection bias. To address this, propensity score matching was performed to partially mitigate this limitation. Despite these efforts, residual confounding factors may still be present. Moreover, as propensity score matching only controls for selected variables, any hidden bias due to latent variables may remain after matching. Moreover, matching resulted in a reduction of the sample size from 204 to 90 patients, leading to a decreased ability to detect differences. Furthermore, the study's follow-up period may not be sufficient to fully capture long-term outcomes and complications. The strength of this study lies in the homogeneity within the groups. Only bicondylar prostheses with a rotating platform were used, ensuring that no different types of prostheses with varying degrees of constraint were included, unlike in previous studies [8, 20]. However, this approach limits generalizability, and future studies should



investigate different types of prostheses to validate or challenge our findings. Additionally, there was no combination of patients with and without TTO in the lateral approach group, as seen in previous research [13, 23].

In conclusion, this study confirms the hypothesis that in TKA performed for the same degree of valgus malalignment, the lateral approach can achieve comparable results to the medial approach in terms of HKAA correction, patellar tilt and complications. In cases of pronounced valgus malalignment, the lateral approach also reliably achieved good axial correction and patellar tilt correction without the need for a TTO. While the lateral approach may be preferred for the treatment of severe valgus deformities, it is important to note that the risk of wound healing disorders appears to be higher in these cases.

### AUTHOR CONTRIBUTIONS

**Maamoun Alsalloum:** Conceptualization; methodology; formal analysis and investigation; writing—original draft preparation; writing—review and editing. **Assil-Ramin Alimy:** Formal analysis and investigation; methodology; writing—original draft preparation; writing—review and editing. **Jan Hubert:** Supervision; methodology; writing—review and editing. **Tim Rolvien:** Conceptualization; methodology; writing—original draft preparation; writing—review and editing; supervision. **Bernd Fink:** Conceptualization; methodology; writing—original draft preparation; writing—review and editing; supervision.

### CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare no conflict of interest.

### DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data that support the findings of this study are available from the corresponding authors upon reasonable request.

### ETHICS STATEMENT

This study was approved by the local ethics committee (Ethikkommission Ärztekammer 2021-300036-WF) and complied with the Declaration of Helsinki. Informed consent was obtained from the patients.

### ORCID

Assil-Ramin Alimy  <https://orcid.org/0000-0002-2013-4212>

Jan Hubert  <https://orcid.org/0000-0001-6457-9195>

Tim Rolvien  <http://orcid.org/0000-0003-1058-1307>

Bernd Fink  <https://orcid.org/0000-0002-7485-3941>

### REFERENCES

1. Apostolopoulos, A.P., Nikolopoulos, D.D., Polyzois, I., Nakos, A., Liarakis, S., Stefanakis, G. et al. (2010) Total knee arthroplasty in severe valgus deformity: interest of combining a lateral approach with a tibial tubercle osteotomy. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 96, 777–784. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.06.008>
2. Boyer, P., Boubill, D., Magrino, B., Massin, P. & Hutten, D. (2009) Total knee replacement in the fixed valgus deformity using a lateral approach: role of the automatic iliotibial band release for a successful balancing. *International Orthopaedics*, 33, 1577–1583. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00264-008-0698-5>
3. Buechel, F.F. (1990) A sequential three-step lateral release for correcting fixed valgus knee deformities during total knee arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 260, 170–175. Available from: <https://doi.org/10.1097/00003086-199011000-00028>
4. Caton, J., Deschamps, G., Chambat, P., Lerat, J.L. & Dejour, H. (1982) [Patella infera. Apropos of 128 cases]. *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de l'Appareil Moteur*, 68, 317–325.
5. Clement, N.D., MacDonald, D. & Simpson, A.H.R.W. (2014) The minimal clinically important difference in the Oxford knee score and Short Form 12 score after total knee arthroplasty. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22, 1933–1939. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2776-5>
6. Dahlmann, S., Ziegeler, K., Mau-Möller, A., Mittelmeier, W. & Bergschmidt, P. (2022) Patellar tracking in total knee arthroplasty-influence on clinical and functional outcome. *Diagnostics*, 12, 1082. Available from: <https://doi.org/10.3390/diagnostics12051082>
7. Davies, A.P., Costa, M.L., Donnell, S.T., Glasgow, M.M. & Shepstone, L. (2000) The sulcus angle and malalignment of the extensor mechanism of the knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 82, 1162–1166. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.82B8.0821162>
8. Dudek, P., Marczyk, D., Okoń, T., Grzelecki, D., Sznajder, J. & Kowalczyński, J. (2022) Lateral or medial parapatellar surgical approach to the valgus osteoarthritic knee? A retrospective single-center study. *Journal of Clinical Medicine*, 11, 5953. Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm11195953>
9. Fiddian, N.J., Blakeway, C. & Kumar, A. (1998) Replacement arthroplasty of the valgus knee. A modified lateral capsular approach with repositioning of vastus lateralis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 80, 859–861. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.80B5.0800859>
10. Giellis, W.P., Rayegan, H., Arbabi, V., Ahmadi Brooghani, S.Y., Lindner, C., Cootes, T.F. et al. (2020) Predicting the mechanical hip-knee-ankle angle accurately from standard knee radiographs: a cross-validation experiment in 100 patients. *Acta Orthopaedica*, 91, 732–737. Available from: <https://doi.org/10.1080/17453674.2020.1779516>
11. Gonzalez, M.H. & Mekhail, A.O. (2004) The failed total knee arthroplasty: evaluation and etiology. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 12, 436–446. Available from: <https://doi.org/10.5435/00124635-200411000-00008>
12. Greenberg, A., Kandel, L., Liebergall, M., Mattan, Y. & Rivkin, G. (2020) Total knee arthroplasty for valgus deformity via a lateral approach: clinical results, comparison to medial approach, and review of recent literature. *The Journal of Arthroplasty*, 35, 2076–2083. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.03.037>
13. Gunst, S., Villa, V., Magnussen, R., Servien, E., Lustig, S. & Neyret, P. (2016) Equivalent results of medial and lateral parapatellar approach for total knee arthroplasty in mild valgus deformities. *International Orthopaedics*, 40, 945–951. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2893-5>
14. Hay, G.C., Kampshoff, J. & Kuster, M.S. (2010) Lateral subvastus approach with osteotomy of the tibial tubercle for total knee replacement: a two-year prospective, randomised, blinded

- controlled trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 92, 862–866. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.92B6.24027>
15. Hinckel, B.B. & Arendt, E.A. (2015) Lateral retinaculum lengthening or release. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 23, 100–106. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.otsm.2015.02.012>
  16. Hirschmann, M.T., Hoffmann, M., Krause, R., Jenabzadeh, R.A., Arnold, M.P. & Friederich, N.F. (2010) Anterolateral approach with tibial tubercle osteotomy versus standard medial approach for primary total knee arthroplasty: does it matter? *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11, 167. Available from: <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-167>
  17. Karachalios, T., Sarangi, P. & Newman, J. (1994) Severe varus and valgus deformities treated by total knee arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 76–B, 938–942. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.76B6.7983123>
  18. Keblish, P.A. (1991) The lateral approach to the valgus knee. Surgical technique and analysis of 53 cases with over two-year follow-up evaluation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 271, 52–62. Available from: <https://doi.org/10.1097/00003086-199110000-00008>
  19. Konrads, C., Grosse, L.C., Ahmad, S.S., Springer, F., Schreiner, A.J., Schmidutz, F. et al. (2021) Reliability of a Caton-Deschamps-derived patella height index for knee arthroplasty. *International Orthopaedics*, 45, 2001–2005. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00264-020-04931-0>
  20. Kornilov, N., Kulyaba, T., Petukhov, A., Ignatenko, V. & Thienpont, E. (2015) Computer navigation helps achieving appropriate gap balancing and restoration of alignment in total knee arthroplasty for fixed valgus knee osteoarthritis irrespective of the surgical approach. *Acta Orthopaedica Belgica*, 81, 673–681.
  21. Murray, D.W., Fitzpatrick, R., Rogers, K., Pandit, H., Beard, D.J., Carr, A.J. et al. (2007) The use of the Oxford hip and knee scores. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 89, 1010–1014. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.89B8.19424>
  22. Niki, Y., Matsumoto, H., Hakozaiki, A., Kanagawa, H., Toyama, Y. & Suda, Y. (2011) Clinical and radiographic outcomes of minimally invasive total knee arthroplasty through a lateral approach. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19, 973–979. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1323-x>
  23. Nikolopoulos, D.D., Polyzois, I., Apostolopoulos, A.P., Rossas, C., Moutsios-Rentzos, A. & Michos, I.V. (2011) Total knee arthroplasty in severe valgus knee deformity: comparison of a standard medial parapatellar approach combined with tibial tubercle osteotomy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19, 1834–1842. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1474-4>
  24. Piedade, S.R., Pinaroli, A., Servien, E. & Neyret, P. (2008) Tibial tubercle osteotomy in primary total knee arthroplasty: a safe procedure or not? *The Knee*, 15, 439–446. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.knee.2008.06.006>
  25. Ranawat, A.S., Ranawat, C.S., Elkus, M., Rasquinha, V.J., Rossi, R., Babhulkar, S. et al. (2005) Total knee arthroplasty for severe valgus deformity. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, 87(Suppl 1), 271–284. Available from: <https://doi.org/10.2106/00004623-200509001-00010>
  26. Rawal, J., Devany, A.J. & Jeffery, J.A. (2015) Arthroplasty in the valgus knee: comparison and discussion of lateral vs medial parapatellar approaches and implant selection. *The Open Orthopaedics Journal*, 9, 94–97. Available from: <https://doi.org/10.2174/1874325001509010094>
  27. Scheibel, M.T., Thomas, M. & Von Salis-Soglio, G. (2002) Operative Zugangswege in der Primärendoprothetik des Kniegelenks. *Der Orthopäde*, 31, 934–946. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00132-002-0383-0>
  28. Sekiya, H., Takatoku, K., Takada, H., Sugimoto, N. & Hoshino, Y. (2014) Lateral approach is advantageous in total knee arthroplasty for valgus deformed knee. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 24, 111–115. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1137-2>
  29. Tonelli Filho, J.R., Passarelli, M.C., Brito, J.A.S., Campos, G.C., Zorzi, A.R. & Miranda, J.B. (2016) Acesso lateral de Keblish melhora a inclinação da patela na artroplastia do joelho valgo. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 51, 680–686. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rbo.2016.02.010>
  30. Whiteside, L.A. (1999) Selective ligament release in total knee arthroplasty of the knee in valgus. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 367, 130–140. Available from: <https://doi.org/10.1097/00003086-199910000-00016>
  31. Wiberg, G. (1941) Roentgenographic and anatomic studies on the femoropatellar joint. With special reference to chondromalacia patellae. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 12, 319–410.
  32. Xu, G., Fu, X., Tian, P., Bahat, D., Huang, Y. & Li, Z. (2020) The lateral and medial approach in total arthroplasty for valgus knee: a meta-analysis of current literature. *Journal of Comparative Effectiveness Research*, 9, 35–44. Available from: <https://doi.org/10.2217/ce-2019-0111>
  33. Zayni, R. & Bonnin, M. (2012) The lateral approach in the valgus knee. In: Bonnin, M., Amendola, A., Bellemans, J., MacDonald, S. & Ménétrey, J. (Eds.), *The knee joint: surgical techniques and strategies*. 1st edition, Paris: Springer, pp. 901–906.
  34. Zonnenberg, C., Lisowski, L., van den Bekerom, M. & Nolte, P. (2010) Tuberositas osteotomy for total knee arthroplasty: a review of the literature. *Journal of Knee Surgery*, 23, 121–130. Available from: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1267472>

## SUPPORTING INFORMATION

Additional supporting information can be found online in the Supporting Information section at the end of this article.

**How to cite this article:** Alsalloum, M., Alimy, A.-R., Hubert, J., Rolvien, T. & Fink, B. (2024) The lateral approach for total knee arthroplasty in valgus osteoarthritis provides similar clinical and radiological results compared with the medial approach. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1–9. <https://doi.org/10.1002/ksa.12526>



### 3. Zusammenfassung

Die vorliegende Doktorarbeit verglich den lateralen und medialen Zugang bei der Knie totalendoprothese bei Patienten mit Valgusgonarthrose, um weitere Erkenntnisse für die Wahl des chirurgischen Zugangs zu gewinnen. Retrospektiv wurden 204 Patienten ausgewertet, die zwischen 2018 und 2019 mit Oberflächenersatzprothesen mit rotierenden Plattformen ohne Tuberositas-tibiae-Osteotomie behandelt wurden. Im Fokus standen die Korrektur der Beinachse, der Patella-Tilt, Schmerzreduktion, funktionelle Ergebnisse und Komplikationsraten. Die Auswertung zeigte, dass der laterale Zugang insbesondere bei schweren Fehlstellungen deutliche Vorteile bei der Korrektur des Hüft-Knie-Sprunggelenk-Winkels und der Patella-Tilt bietet, während die funktionellen Ergebnisse (gemessen mit Oxford Knee Score), und die Krankenhausaufenthaltsdauer zwischen beiden Gruppen vergleichbar waren. Allerdings trat bei Patienten mit lateralen Zugängen, insbesondere bei schwereren Fehlstellungen und begleitender rheumatoider Arthritis, häufiger eine verzögerte Wundheilung auf. Diese Ergebnisse machen deutlich, dass der laterale Zugang bei ausgeprägten Valgusgonarthrosen klinische Vorteile bietet, jedoch mit einem erhöhten Risiko für Wundheilungsstörungen verbunden sein kann. Für Patienten mit moderateren Fehlstellungen lieferten beide Zugänge ähnliche Resultate. Die Erkenntnisse der Studie unterstreichen die Bedeutung einer individuellen chirurgischen Planung und sorgfältigen Nachsorge, insbesondere bei komplexen anatomischen Ausgangssituationen. Um die Ergebnisse langfristig zu untermauern, bedarf es der Durchführung prospektiver, randomisierter Studien mit längerer Nachbeobachtungszeit.

#### Summary

This study compared the lateral and medial approaches in total knee arthroplasty for patients with valgus osteoarthritis, aiming to provide evidence-based recommendations for surgical access selection. A retrospective analysis was conducted on 204 patients who underwent total knee replacement between 2018 and 2019, without the use of tibial tubercle osteotomy (TTO). The primary outcomes included correction of the mechanical axis, pain reduction, functional outcomes, and complication rates. The analysis revealed that the lateral approach demonstrated significant advantages in correcting the hip-knee-ankle angle and patellar alignment, particularly in cases of severe deformities. Functional outcomes, assessed by the Oxford Knee Score, as well as the duration of hospital stay, were comparable between both groups. However, delayed wound healing was more frequently observed in patients undergoing the lateral approach, particularly those with severe preoperative deformities or comorbid rheumatoid arthritis. These findings highlight that the lateral approach offers clinical

advantages for addressing pronounced valgus deformities but may carry an increased risk of specific complications. In contrast, for moderate deformities, both approaches yielded equivalent results. The study underscores the importance of tailored surgical planning and meticulous postoperative management, particularly in complex anatomical cases. To further validate these findings, prospective randomized studies with extended follow-up periods are recommended.

## 4. Literaturverzeichnis

1. Apostolopoulos, A.P., Nikolopoulos, D.D., Polyzois, I., Nakos, A., Liarakis, S., Stefanakis, G. et al. (2010) Total knee arthroplasty in severe valgus deformity: interest of combining a lateral approach with a tibial tubercle osteotomy. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 96, 777–784. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2010.06.008>
2. Boyer, P., Boubilil, D., Magrino, B., Massin, P. & Hutten, D. (2009) Total knee replacement in the fixed valgus deformity using a lateral approach: role of the automatic iliotibial band release for a successful balancing. *International Orthopaedics*, 33, 1577–1583. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00264-008-0698-5>
3. Buechel, F.F. (1990) A sequential three-step lateral release for correcting fixed valgus knee deformities during total knee arthroplasty. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 260, 170–175. Available from: <https://doi.org/10.1097/00003086-199011000-00028>
4. Caton, J., Deschamps, G., Chambat, P., Lerat, J.L. & Dejour, H. (1982) [Patella infera. Apropos of 128 cases]. *Revue de Chirurgie Orthopedique et Reparatrice de l'Appareil Moteur*, 68, 317–325.
5. Clement, N.D., MacDonald, D. & Simpson, A.H.R.W. (2014) The minimal clinically important difference in the Oxford knee score and Short Form 12 score after total knee arthroplasty. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22, 1933–1939. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2776-5>
5. Clement, N.D., MacDonald, D. & Simpson, A.H.R.W. (2014) The minimal clinically important difference in the Oxford knee score and Short Form 12 score after total knee arthroplasty. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22, 1933–1939. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2776-5>
6. Dahlmann, S., Ziegeler, K., Mau-Möller, A., Mittelmeier, W. & Bergschmidt, P. (2022) Patellar tracking in total knee arthroplasty-influence on clinical and functional outcome. *Diagnostics*, 12, 1082. Available from: <https://doi.org/10.3390/diagnostics12051082>
7. Davies, A.P., Costa, M.L., Donnell, S.T., Glasgow, M.M. & Shepstone, L. (2000) The sulcus angle and malalignment of the extensor mechanism of the knee. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 82, 1162–1166. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.82B8.0821162>
8. Dudek, P., Marczak, D., Okoń, T., Grzelecki, D., Szneider, J. & Kowalczewski, J. (2022) Lateral or medial parapatellar surgical approach to the valgus osteoarthritic knee? A retrospective single-center study. *Journal of Clinical Medicine*, 11, 5953. Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm11195953>
9. Fiddian, N.J., Blakeway, C. & Kumar, A. (1998) Replacement arthroplasty of the valgus knee. A modified lateral capsular approach with repositioning of vastus lateralis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 80, 859–861. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.80B5.0800859>
10. Gielis, W.P., Rayegan, H., Arbabi, V., Ahmadi Brooghani, S.Y., Lindner, C., Cootes, T.F. et al. (2020) Predicting the mechanical hip-knee-ankle angle accurately from standard knee

radiographs: a cross-validation experiment in 100 patients. *Acta Orthopaedica*, 91, 732–737. Available from: <https://doi.org/10.1080/17453674.2020.1779516>

11. Grimberg A., Kirschner S., Lützner J., Melsheimer O., Morlock M., Steinbrück A. (2024) EPRD Jahresbericht 2024. Available from: [https://www.eprd.de/fileadmin/user\\_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/Kurzpräsentation-Jahresbericht2024\\_2024-10-22\\_F.pdf](https://www.eprd.de/fileadmin/user_upload/Dateien/Publikationen/Berichte/Kurzpräsentation-Jahresbericht2024_2024-10-22_F.pdf)

12. Gonzalez, M.H. & Mekhail, A.O. (2004) The failed total knee arthroplasty: evaluation and etiology. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 12, 436–446. Available from: <https://doi.org/10.5435/00124635-200411000-00008>

13. Greenberg, A., Kandel, L., Liebergall, M., Mattan, Y. & Rivkin, G. (2020) Total knee arthroplasty for valgus deformity via a lateral approach: clinical results, comparison to medial approach, and review of recent literature. *The Journal of Arthroplasty*, 35, 2076–2083. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.03.037>

14. Gunst, S., Villa, V., Magnussen, R., Servien, E., Lustig, S. & Neyret, P. (2016) Equivalent results of medial and lateral parapatellar approach for total knee arthroplasty in mild valgus deformities. *International Orthopaedics*, 40, 945–951. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2893-5>

15. Hay, G.C., Kampshoff, J. & Kuster, M.S. (2010) Lateral subvastus approach with osteotomy of the tibial tubercle for total knee replacement: a two-year prospective, randomised, blinded controlled trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 92, 862–866. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.92B6.24027>

16. Hinckel, B.B. & Arendt, E.A. (2015) Lateral retinaculum lengthening or release. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 23, 100–106. Available from: <https://doi.org/10.1053/j.otsm.2015.02.012>

17. Hirschmann, M.T., Hoffmann, M., Krause, R., Jenabzadeh, R.A., Arnold, M.P. & Friederich, N.F. (2010) Anterolateral approach with tibial tubercle osteotomy versus standard medial approach for primary total knee arthroplasty: does it matter? *BMC Musculoskeletal Disorders*, 11, 167. Available from: <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-167>

18. Karachalios, T., Sarangi, P. & Newman, J. (1994) Severe varus and valgus deformities treated by total knee arthroplasty. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 76–B, 938–942. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.76B6.7983123>

19. Katz J.N., Arant K.R., Loeser R.F. (2021) Diagnosis and Treatment of Hip and Knee Osteoarthritis. *JAMA* 325(6):568. Available from: <https://doi.org/10.1001/jama.2020.22171>

20. Keblish, P.A. (1991) The lateral approach to the valgus knee. Surgical technique and analysis of 53 cases with over two-year follow-up evaluation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 271, 52–62. Available from: <https://doi.org/10.1097/00003086-199110000-00008>

21. Konrads, C., Grosse, L.C., Ahmad, S.S., Springer, F., Schreiner, A.J., Schmidutz, F. et al. (2021) Reliability of a Caton-Deschamps-derived patella height index for knee arthroplasty.



International Orthopaedics, 45, 2001–2005. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00264-020-04931-0>

22. Kornilov, N., Kulyaba, T., Petukhov, A., Ignatenko, V. & Thienpont, E. (2015) Computer navigation helps achieving appropriate gap balancing and restoration of alignment in total knee arthroplasty for fixed valgus knee osteoarthritis irrespective of the surgical approach. *Acta Orthopaedica Belgica*, 81, 673–681.

23. McAlindon T.E., Bannuru R.R., Sullivan M.C., Arden N.K., Berenbaum F., Bierma-Zeinstra S.M., Hawker G.A., Henrotin Y., Hunter D.J., Kawaguchi H., Kwoh K., Lohmander S., Rannou F., Roos E.M., Underwood M. (2014) OARSI guidelines for the non-surgical management of knee osteoarthritis. *Osteoarthritis And Cartilage* 22(3):363–388. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.joca.2014.01.003>

24. Murray, D.W., Fitzpatrick, R., Rogers, K., Pandit, H., Beard, D.J., Carr, A.J. et al. (2007) The use of the Oxford hip and knee scores. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 89, 1010–1014. Available from: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.89B8.19424>

25. Niki, Y., Matsumoto, H., Hakozaki, A., Kanagawa, H., Toyama, Y. & Suda, Y. (2011) Clinical and radiographic out- comes of minimally invasive total knee arthroplasty through a lateral approach. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19, 973–979. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1323-x>

26. Nikolopoulos, D.D., Polyzois, I., Apostolopoulos, A.P., Rossas, C., Moutsios-Rentzos, A. & Michos, I.V. (2011) Total knee arthroplasty in severe valgus knee deformity: comparison of a standard medial parapatellar approach combined with tibial tubercle osteotomy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19, 1834–1842. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1474-4>

27. Piedade, S.R., Pinaroli, A., Servien, E. & Neyret, P. (2008) Tibial tubercle osteotomy in primary total knee arthroplasty: a safe procedure or not? *The Knee*, 15, 439–446. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.knee.2008.06.006>

28. Ranawat, A.S., Ranawat, C.S., Elkus, M., Rasquinha, V.J., Rossi, R., Babhulkar, S. et al. (2005) Total knee arthroplasty for severe valgus deformity. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, 87(Suppl 1), 271–284. Available from: <https://doi.org/10.2106/00004623-200509001-00010>

29. Rawal, J., Devany, A.J. & Jeffery, J.A. (2015) Arthroplasty in the valgus knee: comparison and discussion of lateral vs medial parapatellar approaches and implant selection. *The Open Orthopaedics Journal*, 9, 94–97. Available from: <https://doi.org/10.2174/1874325001509010094>

30. Scheibel, M.T., Thomas, M. & Von Salis-Soglio, G. (2002) Operative Zugangswege in der Primärendoprothetik des Kniegelenks. *Der Orthopäde*, 31, 934–946. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00132-002-0383-0>

31. Sekiya, H., Takatoku, K., Takada, H., Sugimoto, N. & Hoshino, Y. (2014) Lateral approach is advantageous in total knee arthroplasty for valgus deformed knee. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 24, 111–115. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1137-2>

32. Tonelli Filho, J.R., Passarelli, M.C., Brito, J.A.S., Campos, G.C., Zorzi, A.R. & Miranda, J.B. (2016) Acesso lateral de Keblish melhora a inclinação da patela na artroplastia do joelho valgo. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 51, 680–686. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rbo.2016.02.010>
33. Whiteside, L.A. (1999) Selective ligament release in total knee arthroplasty of the knee in valgus. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 367, 130–140. Available from: <https://doi.org/10.1097/00003086-199910000-00016>
34. Wiberg, G. (1941) Roentgenographic and anatomic studies on the femoropatellar joint. With special reference to chondromalacia patellae. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 12, 319–410.
32. Xu, G., Fu, X., Tian, P., Bahat, D., Huang, Y. & Li, Z. (2020) The lateral and medial approach in total arthroplasty for valgus knee: a meta-analysis of current literature. *Journal of Comparative Effectiveness Research*, 9, 35–44. Available from: <https://doi.org/10.2217/cer-2019-0111>
35. Xu, G., Fu, X., Tian, P., Bahat, D., Huang, Y. & Li, Z. (2020) The lateral and medial approach in total arthroplasty for valgus knee: a meta-analysis of current literature. *Journal of Comparative Effectiveness Research*, 9, 35–44. Available from: <https://doi.org/10.2217/cer-2019-0111>
36. Zayni, R. & Bonnin, M. (2012) The lateral approach in the valgus knee. In: Bonnin, M., Amendola, A., Bellemans, J., MacDonald, S. & Ménétreay, J. (Eds.), *The knee joint: surgical techniques and strategies*. 1st edition, Paris: Springer, pp. 901–906.
37. Zonnenberg, C., Lisowski, L., van den Bekerom, M. & Nolte, P. (2010) Tuberositas osteotomy for total knee arthroplasty: a review of the literature. *Journal of Knee Surgery*, 23, 121–130. Available from: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1267472>

## 5. Abkürzungsverzeichnis

KTEP	Knietotalendoprothese
ITB	Iliotibialband
TTO	Tuberositas-tibiae-Osteotomie
HKAA	Hüft-Knie-Sprunggelenk-Winkel
OKS	Oxford Knee Score
BMI	Body Mass Index
MD	Mittelwertdifferenz
CI	Konfidenzintervall
MCID	minimal clinically important difference
SD	Standardabweichung (englisch standard deviation)

## 6. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Prä- und postoperative Röntgenbilder eines Patienten mit Valgusgonarthrose, der mit dem Innex-System über einen lateralen Zugang versorgt wurde. Es erfolgte eine Korrektur der Beinachse (HKAA) von  $-17^{\circ}$  auf  $-1^{\circ}$  sowie eine Verbesserung des Patella-Tilt-Winkels von  $-3^{\circ}$  auf  $-2^{\circ}$  .....6

Abbildung 2: Prä- und postoperative Röntgenbilder eines Patienten mit Valgusgonarthrose, der mit dem Emotion-System über einen lateralen Zugang versorgt wurde. Es erfolgte eine Korrektur der Beinachse (HKAA) von  $-8^{\circ}$  auf  $-2^{\circ}$  sowie eine Verbesserung des Patella-Tilt-Winkels von  $-11^{\circ}$  auf  $-3^{\circ}$  .....7

## 7. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Demografische Daten und präoperative radiografische sowie funktionelle Bewertung im Vergleich zwischen dem lateralen und medialen Zugang in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte .....	9
Tabelle 2: Klassifikation der Patellaform nach Wiberg in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.....	10
Tabelle 3: Physiologischer Status in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.....	11
Tabelle 4: Postoperative radiografische und funktionelle Bewertung im Vergleich zwischen dem lateralen und medialen Zugang in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.....	12
Tabelle 5: Unterschiede zwischen postoperativer und präoperativer radiografischen und funktionellen Bewertung in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.....	13
Tabelle 6: Anteil der Patienten, die die minimale klinisch relevante Veränderung im Oxford Knie Score erreichen, in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.....	14
Tabelle 7: Analyse von Komplikationen im Vergleich zwischen dem lateralen und medialen Zugang in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.....	15
Tabelle 8: Weichteillösungen im Vergleich zwischen dem lateralen und medialen Zugang in der gesamten und der Propensity-Score-gematchten Studienkohorte.....	16

## 8. Erklärung des Eigenanteils

Mein Beitrag zur vorliegenden Publikation umfasste die Entwicklung des Publikationskonzepts, bei dem ich die zentralen Fragestellungen identifizierte, die Zielsetzungen formulierte und die methodische Herangehensweise plante. Zudem war ich maßgeblich an der Optimierung der Datenerhebungsmethoden beteiligt.

Die Datenerhebung erfolgte ausschließlich durch mich. Anschließend analysierte ich die gesammelten Daten gemeinsam mit dem Co-Erstautor Herrn Dr. Assil-Ramin Alimy. Dabei ging es nicht nur um eine quantitative Auswertung, sondern auch um die kritische Reflexion der Ergebnisse im Hinblick auf die übergeordneten Fragestellungen.

Ich erstellte den ersten Entwurf des Manuskripts und arbeitete die wesentlichen inhaltlichen Abschnitte eigenständig aus. Auch bei der Überarbeitung und Korrektur des Manuskripts war ich intensiv eingebunden, insbesondere bei der strukturellen Optimierung des Textes.

Neben dieser zusammenfassenden Dissertation habe ich die Publikation unter Anleitung meines Betreuers selbstständig verfasst, eingereicht und den gesamten Begutachtungsprozess begleitet. Mein individueller Beitrag ist in der Originalpublikation auch unter der Rubrik „AUTHOR CONTRIBUTIONS“ zu finden.

Die Beiträge der Ko-Autoren waren eine wertvolle Ergänzung, insbesondere bei der Diskussion methodischer Details sowie der allgemeinen Betreuung des Projekts.

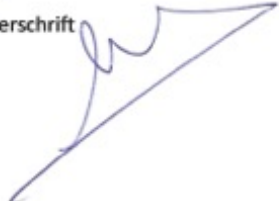
## 9. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe, insbesondere ohne entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- und Beratungsdiensten, verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe. Das gilt insbesondere auch für alle Informationen aus Internetquellen.

Soweit beim Verfassen der Dissertation KI-basierte Tools („Chatbots“) verwendet wurden, versichere ich ausdrücklich, den daraus generierten Anteil deutlich kenntlich gemacht zu haben. Die „Stellungnahme des Präsidiums der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zum Einfluss generativer Modelle für die Text- und Bilderstellung auf die Wissenschaften und das Förderhandeln der DFG“ aus September 2023 wurde dabei beachtet.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Harmon Alsalami  
Unterschrift 

## 10. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen aufrichtigen Dank den folgenden Personen aussprechen, ohne deren Unterstützung und Mitwirkung die Entstehung dieser Promotionsschrift nicht möglich gewesen wäre:

Mein besonderer Dank gilt zunächst Herrn Prof. Dr. Bernd Fink, der mich mit außergewöhnlichem Engagement und fachlicher Expertise durch diese anspruchsvolle Zeit begleitet hat. Seine fundierten wissenschaftlichen Ratschläge, seine konstruktiven Anregungen und sein kontinuierliches, kritisches Feedback waren von unschätzbarem Wert für den Fortschritt und die Qualität dieser Arbeit. Ohne seine Unterstützung wäre das Gelingen dieses Projekts nicht denkbar gewesen.

Ebenso möchte ich Herrn PD Dr. Jan Hubert meinen Dank aussprechen. Seine wertvollen Perspektiven und präzisen Hinweise haben maßgeblich zur Weiterentwicklung dieser Arbeit beigetragen und mir wichtige Impulse für die methodische und inhaltliche Ausrichtung gegeben.

Ein herzlicher Dank gilt auch Herrn PD Dr. Tim Rolvien und Herrn Dr. Assil-Ramin Alimy. Die Zusammenarbeit mit ihnen war stets äußerst bereichernd. Der intensive Austausch von Ideen, die produktiven Diskussionen und die gemeinsame Arbeit an den Inhalten haben sowohl den wissenschaftlichen Prozess als auch meine persönliche Entwicklung während dieser Zeit maßgeblich bereichert.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mir während dieser Zeit Rückhalt gegeben haben. Eure Unterstützung, Geduld und Ermutigung haben mir geholfen, auch in schwierigen Momenten den Fokus zu bewahren.

Allen, die auf unterschiedliche Weise zu dieser Arbeit beigetragen haben, möchte ich an dieser Stelle meinen tiefen Dank aussprechen.