ADVANCE® Medial-Pivot

Kinematik

Das Ziel einer Kniegelenk-Totalendoprothese

ist es immer, dem Patienten eine dauerhafte Lösung gegen seine Knieschmerzen zu bieten. Da die Erwartungen der Patienten jedoch ständig steigen, sind sie entsprechend schwerer zufrieden zu stellen; sie wünschen ein Implantat, das die Funktion des natürlichen Kniegelenks optimal nachvollziehen kann. Zahlreiche Studien haben die Bewegung des normalen Kniegelenks beschrieben und verdeutlicht, dass es bei zunehmender Flexion zu einer größeren posterioren Translation des lateralen Kondylus gegenüber dem medialen Kondylus kommt.[1,2] Das natürliche Kniegelenk kann ein breiteres aktives und passives Flexionsspektrum erreichen als ein klassisches Kniegelenkimplantat.[3] Daher ist es notwendig und erstrebenswert, ein langlebiges Kniesystem bieten zu können, welches die Kinematik des natürlichen Kniegelenks erreicht, über den gesamten Bewegungsbereich stabil bleibt und dessen Merkmale zu einer Maximierung der zulässigen Knieflexion beitragen.

Das klassische Kniegelenkimplantat ist so konzipiert, dass es sich entweder auf Weichteile oder auf einen Zapfen-Steg-Mechanismus stützt, um berechenbar zurückzurollen, wodurch sich in Flexion eine posteriore Translation des Femurs auf der Tibia ergibt. Viele Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass sich das Rollback-Phänomen bei zahlreichen herkömmlichen Implantatdesigns nicht einstellt, insbesondere bei Implantaten, die mit einem symmetrischen Tibia-Einsatz ausgestattet sind. Solche Implantate zeigen eine „paradoxe Bewegung", bei der die Femurkomponente zu Beginn der Flexion nach vorne gleitet, statt zurückzurollen.[3-8] Diese Bewegung wurde von Patienten als ein Gefühl „wie auf Eis zu laufen" beschrieben. Das ist zugleich eines der Hauptprobleme, die von der Medial-Pivot-Philosophie mit dem Kugelgelenkmechanismus gelöst werden.[9]

Um das Konzept der Medial-Pivot-Kugelgelenk-Philosophie besser zu verstehen, ist sicher ein kurzer Hinweis auf die dem natürlichen Kniegelenk Stabilität verleihenden anatomischen Gegebenheiten hilfreich. Die normalen anatomischen Strukturen verleihen dem Kniegelenk medial Stabilität und erlauben ein beweglicheres laterales Kompartiment. Der größere mediale Meniskus bietet zusätzliche Stabilität, was beim lateralen Meniskus nicht der Fall ist. Dies ist weitgehend darauf zurückzuführen, dass der mediale Meniskus fest mit der proximalen Tibia verbunden ist und großflächig an der Gelenkkapsel und dem größeren Innenband anliegt. Der laterale Meniskus, der nicht in gleichem Maße fest anliegt, ist beweglicher und kann sich um bis zu 1 cm verschieben.[10] Außerdem wirken die im Knie vorhandenen Bänder stabilisierend auf das Kniegelenk. Das vordere Kreuzband (VKB) verhindert die posteriore Translation des Femurs auf der Tibia und das hintere Kreuzband (HKB) gilt als

Hauptstabilisator des Knies. Da es fast doppelt so stark ist wie das VKB, kann das HKB die posteriore Translation der Tibia auf dem Femur verhindern. Außerdem ist das Innenband wesentlich größer als das Außenband und bleibt über den gesamten Bewegungsumfang straff gespannt. Das Außenband bleibt im natürlichen Kniegelenk nur in Extension gespannt und entspannt sich schon zu Beginn der Flexion.[10] **ABBILDUNG 1**

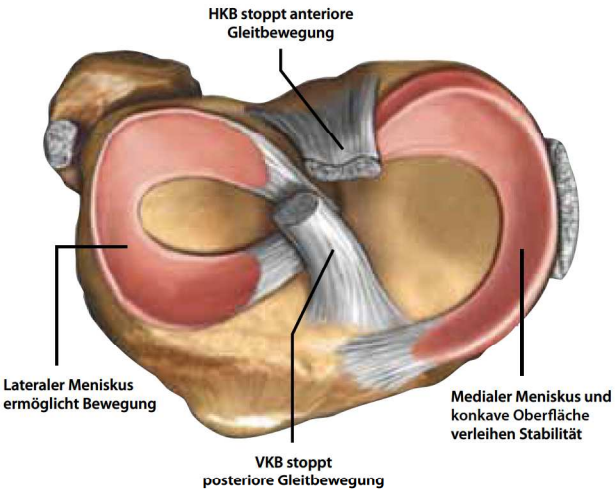

ABBILDUNG 1 | Anatomie des natürlichen Kniegelenks

Bei der Primärendoprothetik des Kniegelenks sind diese Strukturelemente alle betroffen und die meisten werden entfernt. Zur Wiederherstellung der natürlichen Kniefunktion müssen die Funktionen der betroffenen Elemente nachgeahmt werden. Das ist das fundamentale Prinzip der Kugelgelenk-Philosophie. Zwar haben sämtliche herkömmlichen Kniegelenk-Totalendoprothesen eine Schmerzlinderung zum Ziel, aber nicht alle stellen auch die Funktionen des natürlichen Kniegelenks wieder her. Das ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystem repliziert die Funktionen des natürlichen Kniegelenks, indem es ein „stabiles" mediales Kompartiment schafft und dabei ein mobiles laterales Kompartiment zulässt.

Das „Kugelelement" des Kugelgelenkprinzips liegt mittig auf den sphärischen Kondylen der distalen Femurkomponente auf. Die Kondylen des Femurimplantats im ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystem sind kugelförmig ausgebildet, um sicherzustellen, dass die Extensions- der Flexionsgeometrie entspricht. **ABBILDUNG 2**

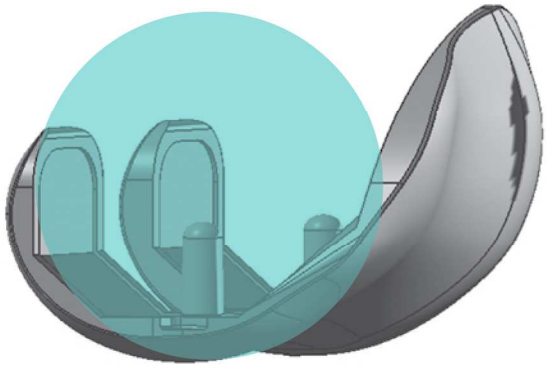

ABBILDUNG 2 | Die „Kugel" des ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystems

Diese mediale Meniskus-„Fassung" verleiht dem ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystem seine besondere Stabilität. Das System verfügt aber auch noch über andere Merkmale, die zu der hohen Formschlüssigkeit dieses Designs beitragen. Der mediale anteriore Rand wirkt als Ersatz für das HKB und minimiert die anteriore Gleitbewegung des Femurs, während der posteriore Rand das VKB ersetzt, indem er die posteriore Gleitbewegung abfängt. **ABBILDUNG 3**

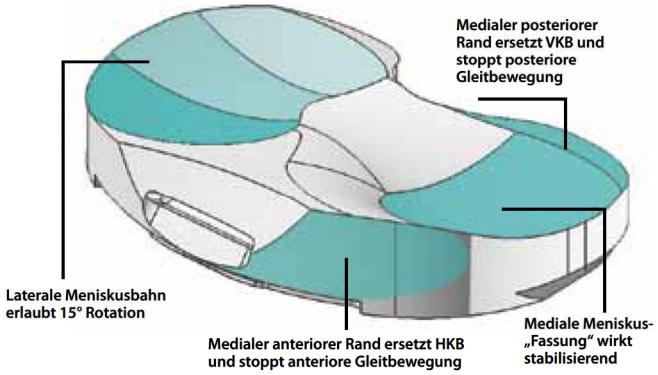

ABBILDUNG 3 | Die „Fassungen" des ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystems

In Kombination mit der „Fassung" des implantierten Tibia-Einsatzes sorgt dieses Kugelgelenk genauso wie beim natürlichen Knie für ein stabiles mediales Kompartiment über den gesamten Bewegungsumfang. Das offenere laterale Kompartiment erlaubt lateral mehr Bewegungsfreiheit, was ebenfalls dem natürlichen Knie nachempfunden ist.[11]

In vivo durchgeführte Kinematikstudien haben klinisch erfolgreiche Kniegelenk-Totalendoprothesen bewertet, indem sie das ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystem mit herkömmlichen, das hintere Kreuzband erhaltenden Implantaten verglichen haben. Die während der Standphase des Gangs analysierte Kinematik der Kniebewegung zeigte, dass das Medial-Pivot-Knie ebenso wie das natürliche Knie eine mediale Dreh-Schwenk-Bewegung vollführt, die das hintere Kreuzband erhaltenden Implantate hingegen ein paradoxes Nachvornerollen der Tibia auf dem Femur ausführten.[11]

Das vornehmliche Ziel der Kniegelenkersatzchirurgie besteht zwar in der Schmerzlinderung und Funktionswiederherstellung, aber die Patienten haben immer höhere Erwartungen. Langzeiterfahrungen in den Kliniken haben gezeigt, dass Knieprothesen benötigt wurden, die im Durchschnitt eine maximale Flexion von zwischen 110 und 115° ermöglichen.[12] Inzwischen gelten diese Prothesen aber als veraltet, da die neuesten Erkenntnisse der Forschung langsam die Mechanismen offenlegen, die einer Maximierung des Flexionspotenzials von Kniegelenkimplantaten zugrunde liegen. Nicht die Fachkreise haben gefordert, dass durchschnittlich 110 bis 115° Flexion zur Maximierung der Implantatüberlebensrate benötigt würden, sondern die Nachfrage der Patienten war ausschlaggebend für die steigenden Verkaufszahlen bei den Implantaten mit besonders hohem Flexionsgrad.

Viele Hersteller haben versucht, „High-flex"-Kniegelenkimplantate zu entwickeln, indem sie die posterioren Kondylen dicker gestalteten. Auf diese Weise entlastet man die Gelenksgeometrie im posterioren Kompartiment, um zusätzlichen posterioren Kondylenversatz zu gewinnen, so dass eine stärkere Flexion möglich wird. In letzter Zeit konnten klinische Studien jedoch im Hinblick auf die aktive Flexion keine wesentlichen Unterschiede zwischen „High-flex"-Implantaten und ihren herkömmlichen Alternativen feststellen.[13,14] Selbst für herkömmliche PS-„High-flex"-Implantate gibt es ähnliche klinische Beobachtungen, in denen maximale aktive Flexionswinkel von um die 112° angeführt werden.[15]

Diverse Studien haben Informationen über die Faktoren erbracht, die sich signifikant auf die maximale Flexion auswirken.[14-16] **ABBILDUNGEN 5 und 6**

Wie in **ABBILDUNG 5** dargestellt, sollten folgende Merkmale den Flexionswinkel bis zum Einsetzen des Impingements maximieren: Vermeidung von posterior freiliegendem Knochen auf den Schnittflächen des lateralen und des medialen Femurkondylus, Beibehaltung der weit genug hinten liegenden tibiofemoralen Kontaktpunkte und Wahl eines Designs mit hoch herausragenden posterioren Kondylen, die über genügend posterioren Versatz verfügen. Beim ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystem wurden diese Merkmale in das Design aufgenommen, um Flexionswerte zu erzielen, die mit denen von Standard-PS-Kniedesigns vergleichbar sind.[17]

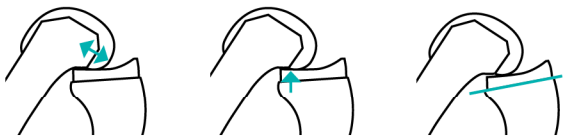

ABBILDUNG 5 | Variablen, die die maximale Flexion erhöhen

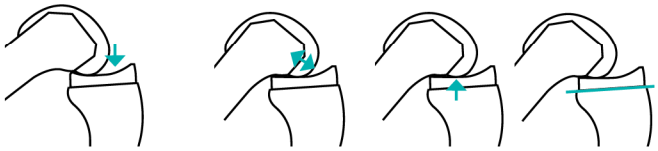

ABBILDUNG 6 | Variablen, die die maximale Flexion verringern

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Kniekinematik ist der Stabilitätserhalt der Komponente bei Flexion – und diesen Pluspunkt bietet die Kugelgelenk-Philosophie. Die Gelenkgeometrie aller Tibia-Einsätze im ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystem enthält eine „Fassung", die eine anteriore Translation des Femurs verhindert. Die Kondylen aller Femurimplantate im ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystem sind sphärisch (kugelförmig) ausgebildet, um sicherzustellen, dass die Extensions- der Flexionsgeometrie entspricht.

Beim modernen Implantat wird die Kontaktfläche häufig mit zunehmender Flexion kleiner, weil der Radius der Femurkrümmung abnimmt. Mit dem ADVANCE®-Tibia-Einsatz dagegen bleibt die Kontaktfläche in der Flexion konstant, da die Femurkomponente über einen konstanten Radius verfügt.[18]

Das ADVANCE® Medial-Pivot-Kniesystem ist so konzipiert, dass es eine bessere Kontaktfläche während der Flexion erzeugt. **ABBILDUNG 10**

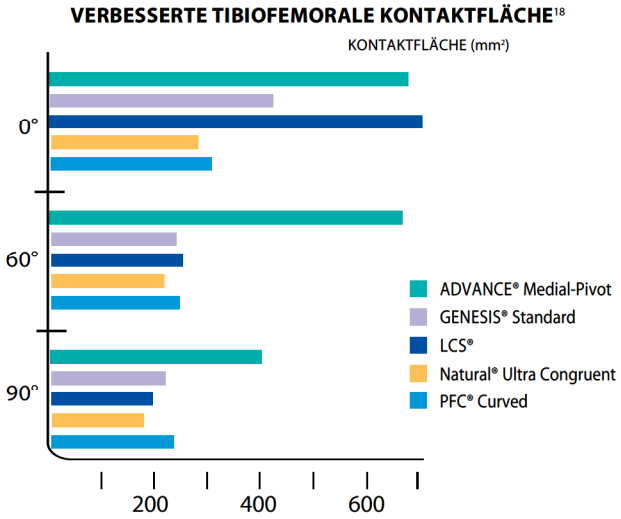

ABBILDUNG 10 | Vergleich der Kontaktflächen

Das Kugelgelenkprinzip wird bereits seit geraumer Zeit klinisch eingesetzt. Die mittelfristige klinische Verlaufskontrolle des ADVANCE® Kniesystems erwies eine 96,9-%ige Überlebensrate des Implantats nach zehn Jahren.[19] Aus einer anderen ADVANCE®-Überlebensstudie mit Nachsorgekontrollen nach acht Jahren wurde zudem berichtet, dass alle Patienten mittelfristig „objektiv" als stabil zu bezeichnen sind und eine statistisch signifikante Verbesserung bei sämtlichen objektiven und subjektiven Auswertungen der klinischen Ergebnisse zeigten.[20]

Diverse Veröffentlichungen untermauern zwei grundlegende Schlussfolgerungen:

Herkömmlicher Kniegelenkersatz zeigt bei Flexion keinen „Rollback"-Effekt,

UND

Das natürliche Knie erlaubt bei zunehmender Flexion mehr posteriore Translation des lateralen Kompartiments.[1,5-8]

QUELLENNACHWEISE

1. *Komistek, D. In vivo fluoroscopic analysis of the normal human knee. Clin Orthop Relat Res. 2003;410:69-81.*
2. *Freeman MAR. The movement of the normal tibiofemoral joint. J Biomechanics. 2005;38:197-208.*
3. *Dennis D. Range of motion after total knee arthroplasty: the effect of implant design and weight-bearing conditions. J Arthroplasty. 1998;13(7):748-52.*
4. *Dennis D. In vivo fluoroscopic analysis of fixed-bearing total knee replacements. Clin Orthop Relat Res. 2003;410:114-21.*
5. *Uvehammer J. In vivo kinematics of total knee arthroplasty: flat compared with concave tibial joint surface. J Orthop Res. 2000;18:856-64.*
6. *Banks S. In vivo kinematics of cruciate-retaining and –substituting knee arthroplasties. J Arthroplasty. 1997;12(3):297-303.*
7. *Uvehammer J. In vivo kinematics of total knee arthroplasty: concave vs. posterior-stabilized tibial joint surface. JBJS. 2000;82(4):499-505.*
8. *Most E. Femoral rollback after cruciate-retaining and –stabilizing total knee arthroplasty. Clin Orthop Relat Res. 2003;410:101-13.*
9. *Blaha J. The rationale for a total knee implant that confers anteroposterior stability throughout range of motion. J Arthroplasty. 2004;1 (4):22-26.*
10. *Scott W. Surgery of the knee, Fourth Edition, Volume 1. 2006.*
11. *Schmidt R et al "Fluoroscopic analyses of cruciate-retaining and medial-pivot knee implants" COOR, 410: 139-147*
12. *Banks S. Knee motions during maximum flexion in fixed and mobile bearing arthroplasties. Clin Orthop Relat Res. 2003;410:131-8.*
13. *Minoda Y. Range of motion of standard and high-flexion cruciate retaining total knee prostheses. J Arthroplasty. 2009;24(5):674-80.*
14. *Kim YH. Range of motion of standard and high-flexion posterior cruciate-retaining total knee prostheses: a prospective randomized study. JBJS. 2009;91:1874-81.*
15. *Suggs JF. Patient function after a posterior stabilizing total knee arthroplasty: cam-post engagement and knee kinematics. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2008;16:290-6.*
16. *Bellemans J. Fluoroscopic analysis of the kinematics of deep flexion in total knee arthroplasty. JBJS. 2002;84(1):50-3.*
17. *Shakespeare et al "Flexion after total knee replacement. A comparison between the medial-pivot knee and a posterior stabilised implant" The Knee 13 (2006): 371-73*
18. *Wright Medical Technology Engineering Report, ER97-0059*
19. *2010 Danish Knee Arthroplasty Register*
20. *Karachalios T. A mid-term clinical outcome study of the ADVANCE® Medial-Pivot Knee arthroplasty. The Knee. 2009;16(6):484-8*