

### 3 Operation

Die Operation beginnt mit der Planung. Sowohl in der Hüft- als auch in der Knieendoprothetik gibt es keinen Konsens darüber, welche Implantatposition optimal ist. In Zusammenfassung der Literatur lassen sich nur Grenzen definieren, innerhalb derer eine Implantatpositionierung korrekt sein soll (6,21,38,41,56,64). Es ist zu postulieren, dass es keine ideale Implantatposition für alle Patienten gibt, sondern dass innerhalb definierter Grenzen ein individueller Kompromiss zwischen unterschiedlichen, teilweise widersprüchlichen Forderungen eingegangen werden muss.

So wird ein weiter luxationssicherer Bereich für die Inklination und Antetorsion einer Hüftpfanne angegeben. Innerhalb dieser so genannten sicheren Zone entbehrt die Empfehlung eines konkreten Winkels einer wissenschaftlichen Grundlage (6,38,56). Ähnlich verhält es sich für das Drehzentrum einer Hüftendoprothese. Es ist unklar, ob es sinnvoll ist, die präoperative biomechanische Situation wiederherzustellen, da eben diese möglicherweise selbst pathologisch war und zur Entstehung der Arthrose beigetragen hat. So kann auch hier ein Bereich durch ein Volumen graphisch definiert werden, innerhalb dessen das Drehzentrum liegen sollte (80). Zur Analyse und Prognose unterschiedlicher Implantatpositionierungen wurde daher in unserer Arbeitsgruppe ein biomechanisches Simulationsmodell etabliert und validiert (85). Hier konnte gezeigt werden, dass eine Medialisation des Hüftdrehzentrums zu einer Reduktion der Hüftkontaktkraft führt. Gerade bei der Versorgung der Dysplasiekoxarthrose erscheint dieses Ergebnis verwertbar. Eine Rekonstruktion des Drehzentrums findet hier aufgrund des osteopenen und dyslastischen Azetabulums durch Revisionsimplantate (77,89) oder Knochentransplantate (39) statt. Als Alternative mit schlechteren funktionellen Ergebnissen ist die Kranialisation des Drehzentrums beschrieben (86). In der Arbeit 3.1 wird daher untersucht, ob bei bewusster Medialisation des Drehzentrums zur Reduktion der Hüftkontaktkraft Dysplasiekoxarthrosen auch mit einem Primärimplantat ohne zusätzliche Knochenplastik mit gutem Langzeitergebnis versorgt werden können.

Für die Knieendoprothetik konnte gezeigt werden, dass Implantationsfehler die häufigste vermeidbare Ursache schmerzhafter Gelenke sind. In einer Übersichtsarbeit wurde eine Analyse häufiger Fehler sowie ein diagnostischer und therapeutischer Algorithmus vorgestellt (71). Als Hauptursachen für Fehlpositionierungen der Implantate konnten unberücksichtigte intra- und extraartikuläre Deformitäten sowie ligamentäre Instabilitäten und Kontrakturen identifiziert werden. Moderne Instrumentarien, konventionell wie computerassistent, orientieren sich an knöchernen Landmarken und/oder der

ligamentären Balance, so dass das Wissen um die zugrunde liegende Pathologie der Gonarthrose Schlüssel zur Vermeidung von Fehlpositionierungen ist. Dieser Prämisse muss sich auch die Navigation unterordnen, die den Anspruch erhebt, das Implantatalignement zu verbessern. Bisherige Untersuchungen konnten das für die Frontalebene anhand von Röntgenaufnahmen belegen. Die für das funktionelle Ergebnis entscheidendere Rotation der Implantate wurde aufgrund der aufwendigeren Methodik bislang nur von wenigen Autoren adressiert, teilweise unter Verwendung unterschiedlicher Landmarken zwischen navigierten und konventionellen Gelenken (17,92) oder unzulänglicher Landmarken in der Auswertung (68). In **3.2** werden daher erstmals Implantatalignement und -rotation navigiert implantierter Knieendoprothesen unter Verwendung derselben Landmarken wie in der konventionellen Technik unter mathematischer Korrektur von Projektionsfehlern bestimmt.

Zur Fehleranalyse der Navigation wird in der Arbeit **3.3** die Genauigkeit der funktionellen Bestimmung des Hüftkopfzentrums als einzige nicht durch den Operateur definierte Landmarke bestimmt. Es wird gezeigt, dass die Genauigkeit der *Maschine* durch bessere Eingabe gesteigert werden kann. Die Fehleranalyse wird in **3.4** auf die Bestimmung knöcherner Landmarken durch den *Operateur* am Beispiel der Epikondylenachse fortgesetzt.

### **3.1 Perka C, Fischer U, Taylor WR, Matziolis G**

**[Die endoprothetische Versorgung der Dysplasiekoxarthrose mit zementfreiem Geradschaft und Schraubpfanne.]**

**Developmental hip dysplasia treated with total hip arthroplasty with a straight stem and a threaded cup.**

**J Bone Joint Surg Am. 2004 Feb;86-A(2):312-9**

Die endoprothetische Versorgung der Dysplasiekoxarthrose ist aufgrund des kleinen Durchmessers des Azetabulums und der anterolateralen Defektsituation schwierig (16,31,69,90). Daher ist weitüberwiegend die Verwendung kleiner Prothesenkomponenten mit entsprechend dünnem Polyethyleinsatz notwendig. Die zu versorgenden Patienten sind zudem überwiegend jung und aktiv, so dass der Polyethylenabrieb ein wesentliches Risiko für das Langzeitüberleben der implantierten Prothesen darstellt (30).

In der vorliegenden Arbeit wurden die Ergebnisse der azetabulären Rekonstruktion mit medialisierter Implantation einer zementfreien Schraubpfanne ohne zusätzliche Knochenplastik des defizitären superolateralen Pfannenrandes klinisch und radiologisch mit einem durchschnittlichen follow-up von 9,3 Jahren evaluiert. Es wurden 121 konsekutive Fälle mit sekundärer Koxarthrose auf dem Boden einer Hüft dysplasie eingeschlossen.

Die Pfanne wies eine Überlebensrate von 97,5 %, der Schaft von 100 % auf, der Harris-Hip-Score konnte von präoperativ durchschnittlich 34 auf 84 Punkte verbessert werden.

Die medialisierte Implantation einer kleinen Schraubpfanne bei Dysplasiekoxarthrose zeigte hervorragende radiologische und funktionelle Langzeitergebnisse. Die Operationstechnik ist dabei einfach, zuverlässig und reproduzierbar und kann daher empfohlen werden, wenn trotz der azetabulären Defektsituation eine hinreichende Primärstabilität mit einer Schraubpfanne erzielt werden kann.

Perka C, Fischer U, Taylor WR, Matziolis G: Developmental hip dysplasia treated with total hip arthroplasty with a straight stem and a threaded cup. J Bone Joint Surg Am. 2004 Feb;86-A(2):312-9















### **3.2 Matziolis G, Krockner D, Weiss U, Tohtz S, Perka C**

**[Eine prospektive, randomisierte Studie zur computerassistierten und konventionellen Knieendoprothetik: 3-dimensionale Evaluation von Implantatalignment und -rotation.]**

**A prospective, randomized study of computer assisted and conventional total knee arthroplasty: Threedimensional evaluation of implant alignment and rotation.**

**J Bone and Joint Surg Am. 2007 Feb;89(2):236-43**

Die vorliegende Studie sollte klären, ob die navigierte Implantation von Knieendoprothesen der konventionellen Operationstechnik hinsichtlich der Präzision der Implantatpositionierung in der mechanischen Achse sowie der Rotation der Komponenten überlegen ist. In die prospektive randomisierte Studie wurden 60 Patienten eingeschlossen, von denen 32 navigiert und 28 konventionell knieendoprothetisch versorgt wurden. Nach computertomographischer Erfassung der gesamten unteren Extremität wurde die Achsausrichtung für das tibiale und femorale Implantat getrennt bestimmt und nach virtueller Derotierung und Vollstreckung des Kniegelenks die mechanische Gesamtachse ermittelt. Die Rotation des Femurteils wurde relativ zu der chirurgischen Epikondylenachse, nach der in allen Fällen die intraoperative Ausrichtung des Implantates erfolgte, bestimmt. Die tibiale Rotation wurde relativ zur Achse durch Tuberositas und Tibiaschaftzentrum ermittelt.

Die mechanische Gesamtachse zeigte in der Frontalebene für konventionell implantierte Endoprothesen eine Streuung zwischen 4,8° valgus und 6,6° varus ( $2,6^\circ \pm 1,7^\circ$ ), für navigiert eingebrachte eine Streuung zwischen 2,9° valgus und 3,1° varus ( $1,4^\circ \pm 0,8^\circ$ ),  $p=0,004$ . Bezogen auf das tibiale Implantat betrug die Abweichung bei konventioneller Operationstechnik  $2,0^\circ \pm 1,7^\circ$ , bei navigierter Implantation  $1,4^\circ \pm 0,9^\circ$  (n.s.). Das femorale Implantat zeigte eine Abweichung von  $2,2^\circ \pm 3,2^\circ$  bei konventioneller Implantationstechnik und  $1,0^\circ \pm 0,6^\circ$  bei Einsatz der Navigation ( $p=0,008$ ). Die Rotationsfehlstellung des Femurteils wies bei konventioneller Implantationstechnik eine Abweichung zwischen 3,3° Innenrotation und 5,0° Außenrotation mit einem Mittel von  $0,1^\circ \pm 2,2^\circ$  auf. Navigiert eingebrachte Femurteile zeigten eine Abweichung zwischen 4,7° Innenrotation und 2,2° Außenrotation mit einem Mittel von  $0,3^\circ \pm 1,4^\circ$  (n.s.).

Es konnte erstmals unter Ausblendung projektionsbedingter Abbildungsfehler gezeigt werden, dass die navigierte Implantation hinsichtlich der Positionierung der femoralen Komponente und damit auch der gesamten mechanischen Achse der konventionellen Operationstechnik überlegen ist. Weder die Positionierung der tibialen Komponente noch die rotatorische Ausrichtung der Implantate konnte durch Einsatz der Navigation verbessert werden.

Matziolis G, Krockner D, Weiss U, Tohtz S, Perka C: A prospective, randomized study of computer assisted and conventional total knee arthroplasty: Three-dimensional evaluation of implant alignment and rotation. *J Bone and Joint Surg Am.* 2007 Feb;89(2):236-43















**3.3 Matziolis G, Krockner D, Tohtz S, Weiss U, Perka C**  
**Genauigkeit der Bestimmung des Hüftgelenkszentrums bei der**  
**Kniegelenksnavigation.**  
**Z Orthop Ihre Grenzgeb. 2006 Jul-Aug;144(4):362-6**

Bei der navigierten Implantation einer Knieendoprothese wird das Hüftgelenkzentrum (HGZ) durch kreisende Bewegung des Femurs bestimmt (Pivotieren). Es ist unklar, wie groß der Fehler dieser funktionellen HGZ-Bestimmung *in vivo* ist. In der vorliegenden Arbeit sollte daher erstmals die Genauigkeit des Pivotierens untersucht werden.

25 Patienten wurden bei primärer Gonarthrose Knieendoprothesen (TC Plus, Endoplus) navigiert implantiert (Galileo, PI Systems). Die Position des Femurteils und des HGZ wurde postoperativ computertomographisch bestimmt. Dazu wurden die geometrischen Zentren der femoralen Fixationspins in den CT-Schichten als Raumkoordinaten ermittelt. Das Alignment des Femurteils ergab sich als Ausgleichsgerade dieser Punktwolken. Durch Vergleich mit den intraoperativ dokumentierten Daten wurde die Abweichung des HGZ in der Frontal- und Sagittalebene berechnet. Der Arthrosegrad des Hüftgelenks wurde anhand der präoperativen Röntgenbilder nach Kellgren bestimmt.

Der durchschnittliche Fehler der Hüftzentrumsbestimmung betrug in der Frontalebene  $1,0^\circ \pm 0,7^\circ$ , in der Sagittalebene  $2,5^\circ \pm 1,6^\circ$  ( $p=0,002$ ) entsprechend einer durchschnittlichen Abweichung von  $20 \pm 10$ mm. Es zeigte sich eine kontinuierliche, statistisch nicht-normale Verteilung ohne Ausreißer. Der Koxarthrosegrad korrelierte nicht mit der Genauigkeit des Pivotierens.

Mit zunehmendem Bewegungsausmaß des Beines während des Pivotierens in der Frontal- und Sagittalebene wurde die Bestimmung des HGZ ungenauer.

In der Summe ergibt sich ein empfehlenswerter Bereich zwischen  $20^\circ$  und  $30^\circ$  in der Sagittalebene und  $30^\circ$  und  $40^\circ$  in der Frontalebene. Eine Koxarthrose stellt keine Kontraindikation für eine funktionelle Bestimmung des HGZ dar.

Matziolis G, Krockner D, Tohtz S, Weiss U, Perka C: Genauigkeit der Bestimmung des Hüftgelenkszentrums bei der Kniegelenksnavigation. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 2006 Jul-Aug;144(4):362-6









**3.4 Matziolis G, Krockner D, Tohtz S, Perka C**  
**Varianz der Epikondylenerfassung bei der navigierten**  
**Knieendoprothesenimplantation.**  
**Der Orthopäde. 2006 Aug;35(8):848-52**

In der Arbeit 3.7 konnte gezeigt werden, dass der Einsatz der Navigation keinen Vorteil in der Bestimmung der Rotation des Femurteils bei Verwendung der chirurgischen Epikondylenachse als einzige Landmarke bietet. Ziel dieser Arbeit war es daher, den Fehler in der Erfassung der chirurgischen Epikondylenachse (EA) bei navigierter Knieendoprothesenimplantation zu bestimmen und Einflussfaktoren auf diesen Fehler zu identifizieren.

32 Patienten wurden navigiert knieendoprothetisch versorgt und die chirurgische EA aufgenommen. Der Operateur stand während der Operation stets auf der rechten Seite, d.h. lateral bei rechten und medial bei linken Kniegelenken.

Postoperativ wurden CTs durchgeführt und die Abweichung zur computertomographisch identifizierten chirurgischen EA bestimmt. Als mögliche Einflussfaktoren wurden Geschlecht, präoperative Fehlstellung, Stabilität und Bewegungsumfang, operierte Seite, Komponentengröße und Body-Mass-Index dokumentiert.

Die absolute Abweichung betrug  $1,4^\circ \pm 1,3^\circ$ . Eine Orientierung des Femurteils nach der intraoperativ erfassten EA hätte 3 Ausreißer ( $>3^\circ$  Abweichung) zur Folge. Die operierte Seite zeigte als einziger Faktor einen signifikanten Zusammenhang zur Genauigkeit der Bestimmung der EA. Der Fehler betrug bei linken Kniegelenken  $0,9^\circ \pm 0,7^\circ$  (max.  $2,4^\circ$ ), bei rechten  $2,0^\circ \pm 1,5^\circ$  (max.  $5^\circ$ ,  $p=0,021$ ).

Aufgrund des hier gezeigten kleineren Fehlers bei linken Kniegelenken ist eine mediale Position des Operateurs zum Kniegelenk während der Erfassung der EA zu empfehlen.

Die Ausrichtung der femoralen Komponente allein nach der intraoperativ erfassten EA erscheint bei 3 Ausreißern von 32 Patienten nicht sicher. Bei der Bestimmung der femoralen Rotation sollten weitere knöcherne und funktionelle Landmarken (z.B. Whiteside Line, dorsale Kondylenachse und Flexionsspalt) berücksichtigt werden.

Matziolis G, Krockner D, Tohtz S, Perka C: Varianz der Epikondylenerfassung bei der navigierten Knieendoprothesenimplantation. Der Orthopäde. 2006 Aug;35(8):848-52







