

# Moderne Knieprothetik = Les prothèses actuelles du genou

Autor(en): **Christen, Bernhard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Physioactive**

Band (Jahr): **51 (2015)**

Heft 3

PDF erstellt am: **28.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-928981>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Moderne Knieprothetik

### Les prothèses actuelles du genou

DR. MED. BERNHARD CHRISTEN

Neue Operationstechniken und Prothesenmodelle haben die Resultate von Knieprothesen nicht wie erwartet verbessert. Hingegen verzeichnet man heute nach solchen Operationen weniger Schmerzen, weniger Blutungen und deswegen eine schnellere Rehabilitation. Ein Update aus orthopädischer Sicht.

**I**mmer mehr Leute benötigen eine Knieprothese. Ein Teil dieser Entwicklung ist der zunehmenden Lebenserwartung und dem damit verbundenen Gelenkverschleiss zuzuschreiben. Ausserdem führen Übergewicht oder exzessive Belastungen und Unfallfolgen zu einer Zunahme der Kniearthrose. Dadurch – und wegen der guten Erfolge – werden künstliche Kniegelenke immer mehr auch bei jüngeren Patienten eingesetzt.

Berechtigerweise haben Patienten heute an eine Knieotalprothese deutlich höhere Ansprüche als noch vor 20 oder 30 Jahren. Schmerzfreiheit und Gehen, Aufstehen aus dem Sitzen sind angesichts der gemachten Fortschritte längst Minimalerwartungen und genügen den heutigen Anforderungen nicht mehr. Die Patienten möchten ihr Knie wieder gut beugen können, und sie möchten leichten sportlichen Aktivitäten wie Wandern, Walken, Schwimmen oder Velofahren nachgehen können. Die Prothese sollte dabei trotzdem länger halten als Vorgängermodelle.

All dies mag erklären, warum 25 bis 30 Prozent der Patienten mit dem erreichten Resultat nicht zufrieden sind. Dabei spielen Restbeschwerden, funktionelle Einschränkungen und nicht erfüllte Erwartungen eine entscheidende Rolle.

#### Viel Innovation und noch mehr offene Fragen

Die letzten Jahre waren gekennzeichnet von vielen Innovationen bei den Instrumenten und Prothesenmodellen sowie deren Material. Letztlich artikuliert jedoch auch nach über 40 Jahren Entwicklung und Forschung immer noch ein Stück Metall auf Kunststoff (Polyäthylen).

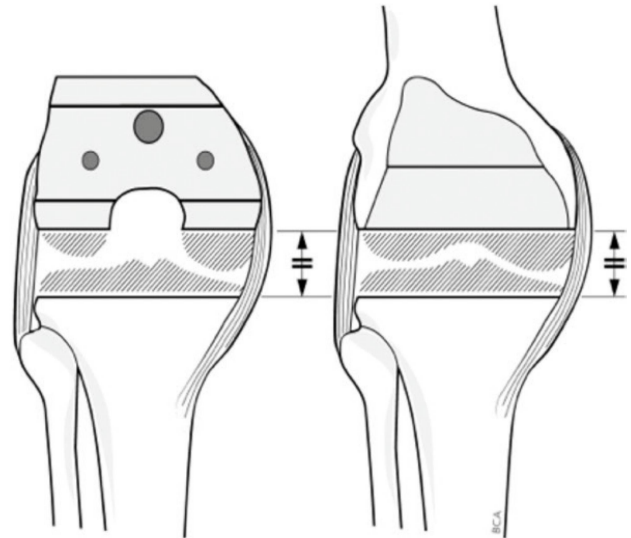
Les nouvelles techniques opératoires et les nouveaux modèles de prothèses n'ont pas amélioré comme escompté les résultats des prothèses du genou. Aujourd'hui, on enregistre cependant moins de douleurs, moins de saignements et, par conséquent, une réadaptation plus rapide après ce type d'opérations. Une mise à jour à la lueur de l'orthopédie.

**T**oujours plus de personnes ont besoin d'une prothèse du genou. Cette évolution est partiellement due à une augmentation de l'espérance de vie et à l'usure articulaire liée à cette dernière. Par ailleurs, le surpoids, ainsi que les charges excessives et les suites d'accident entraînent une augmentation des arthroses du genou. Pour ces raisons et au vu des



**Die Patienten möchten wieder leichten sportlichen Aktivitäten wie Wandern, Walken, Schwimmen oder Velofahren nachgehen können. | Les patients souhaiteraient exercer de nouveau des activités sportives légères, telle que la randonnée, la marche, la natation ou le vélo.**

**Abbildung 1:** Heute gilt immer noch der Grundsatz, dass Beuge- und Streckspalte rektangulär und untereinander gleich sein müssen. | Illustration 1: Le principe selon lequel les colonnes de flexion et d'extension doivent être rectangulaires et égales l'une à l'autre vaut encore aujourd'hui.



Viele zentrale Fragen der Knieprothetik sind nach wie vor nicht schlüssig beantwortet: Welche Achse muss das neue Kniegelenk aufweisen? Wie ist die Rotation der femoralen oder tibialen Komponente zu bestimmen? Soll die Kniescheibenrückfläche ersetzt werden oder belassen bleiben? Wie hoch ist die physiologische Bandspannung bei einem arthrotischen Knie und wie hoch sollte sie bei einer Prothese sein?

### Grundsätzliche Prinzipien der Knieprothese

Der Erfolg einer Knieprothese beginnt bei ihrer Indikation. Nur bei fortgeschrittener Arthrose, bei der alle konservativen Möglichkeiten ausgeschöpft worden sind, kommt ein operativer Eingriff überhaupt in Betracht. Die Knie-Totalprothese stellt dabei die letzte und endgültigste Art der operativen Behandlung dar. Alternativen wie eine einfache Arthroskopie, eine Achsumstellung oder eine Teilprothese müssen sorgfältig geprüft werden.

Bei der Operation selber geht es darum, konfektionierte Prothesenteile so einzusetzen, dass das individuelle Kniegelenk spannungsfrei und doch mit guter Stabilität funktioniert. Dabei werden die ehemaligen Gelenkoberflächen an Ober- und Unterschenkel und gegebenenfalls an der Kniescheibe durch Metall und Kunststoff (Polyäthylen) – unter Berücksichtigung der verschleissbedingten Verluste an Knorpel und Knochen – möglichst genau ersetzt [1].

Das neue Kniegelenk soll gleichzeitig in frontaler (mediolateral) sowie in sagittaler Ebene stabil sein. Für eine einwandfreie Funktion im Alltag, aber noch mehr bei leichten sportlichen Aktivitäten wie Wandern, Walken, Velofahren, Langlauf, Golf, Skifahren, ist eine korrekte Stabilität unabdingbar (Abbildung 1).

bons résultats obtenus, des articulations artificielles du genou sont posées de plus en plus souvent, même à de jeunes patients.

Il est légitime que les patients aient des exigences plus élevées envers les prothèses totales du genou qu'il y a 20 ou 30 ans. Au vu des progrès réalisés, l'absence de douleurs, la marche et le passage de la position assise à la position debout constituent depuis longtemps des exigences minimales. Mais elles ne suffisent plus aux attentes actuelles. Les patients souhaiteraient pouvoir plier correctement leur genou et exercer des activités sportives légères, telles que la randonnée, la marche, la natation ou le vélo. Ils s'attendent malgré tout à ce que la prothèse tienne plus longtemps que les anciens modèles.

Cela explique peut-être pourquoi 25 à 30 pour cent des patients ne sont pas satisfaits du résultat obtenu. Les troubles résiduels, les limitations fonctionnelles et les attentes non réalisées jouent un rôle décisif dans leur déception.

### De nombreuses innovations et encore plus de questions ouvertes

Ces dernières années ont été marquées par de nombreuses innovations en matière d'instruments et de modèles de prothèses ainsi qu'en ce concerne les matériaux utilisés. Cependant, après plus de 40 ans de développement et de recherche, les articulations sont toujours faites d'une pièce en métal qui s'articule sur une pièce en plastique (polyéthylène).

De nombreuses questions centrales en matière de prothèses du genou n'ont pas encore trouvé de réponse concluante. Quel axe doit avoir la nouvelle articulation du genou? Comment déterminer la rotation des composants fémoraux

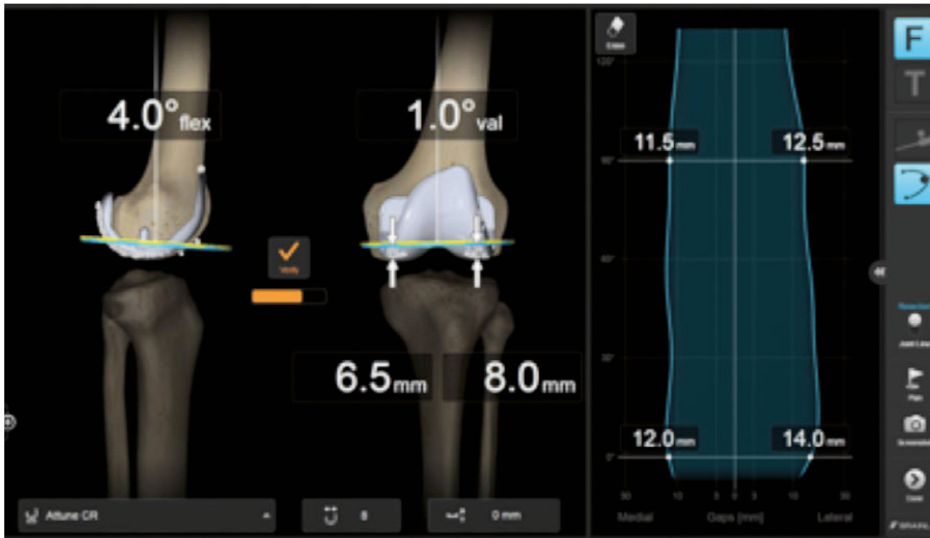


Abbildung 2: Moderne Computernavigation mit Winkel- und Millimeterangaben sowie einer Simulation der Weichteilspannung (rechter Bildrand). | Illustration 2: Navigation informatisée moderne avec indications angulaires et millimétriques ainsi qu'une simulation de tension ligamentaire (côté droit de l'image).

### Prothesendesign, Material und Instrumente

In den letzten zehn Jahren waren viele Orthopäden, der Autor eingeschlossen, der Auffassung, dass neue, der Natur angenäherte Prothesenmodelle zu besseren Resultaten führen würden. Inzwischen konnten in Prothesenregisterdaten und auch in Studien die hohen Erwartungen nicht bestätigt werden. Die neuen Prothesen führen zu sehr ähnlichen Resultaten wie die herkömmlichen, ziehen aber eher mehr Komplikationen nach sich.

Mittlerweile ist sich die internationale oder zumindest europäische Expertengemeinschaft einig, dass die Implantate zwar alles andere als anatomisch, aber doch zuverlässig sind und dass auch die Instrumente den heutigen Anforderungen genügen. Viele Fragen zur optimalen Operationstechnik bleiben unbeantwortet, da dreidimensionale Achsen intraoperativ nicht sicher auszumachen oder anatomische Landmarken nicht zuverlässig reproduziert werden können.

### Computernavigation

Die Verwendung der intraoperativen Computernavigation bleibt umstritten, in der Schweiz werden etwa 20 Prozent der Knieprothesen mit Computernavigation eingesetzt (Abbildung 2). Die Prothesen können präziser implantiert werden als mit konventionellen Methoden (mit weniger Streubreite). Bisher hatte dies aber noch keinen sicheren Einfluss auf die Resultate [2]. Das australische Prothesenregister zeigt nun 2013 erstmals anhand von über 40000 navigierten Prothesen, dass nach neun Jahren die Revisionsrate bei unter 65-jährigen Patienten geringer ist als bei konventionell implantierten Knieprothesen.

ou tibiaux? La surface antérieure de la rotule devrait-elle être remplacée ou laissée telle quelle? Quelle devrait être la tension ligamentaire d'un genou arthrosique et quelle devrait être celle d'une prothèse?

### Principes fondamentaux de la prothèse du genou

Le succès d'une prothèse du genou commence avec son indication. Une opération n'est envisageable qu'en cas d'arthrose avancée et lorsque toutes les options conservatrices sont épuisées. La prothèse totale du genou constitue alors le dernier type de traitement opératoire et le plus définitif. Des alternatives, telle qu'une simple arthroscopie, un changement d'axe ou une prothèse partielle doivent être soigneusement examinées.

L'objectif de l'opération elle-même est de poser des parties de prothèse confectionnées de manière à ce que l'articulation du genou puisse fonctionner sans tension et néanmoins de manière stable. Les anciennes surfaces d'articulation de la cuisse et de la jambe, ainsi qu'éventuellement de la rotule, sont remplacées le plus précisément possible par du métal ou du plastique (polyéthylène) en tenant compte des pertes en cartilage et en os dues à l'usure [1]. La nouvelle articulation doit être stable aussi bien au niveau frontal (médo-latéral) que sagittal. Une bonne stabilité est indispensable pour que la prothèse fonctionne de manière impeccable au quotidien et d'autant plus lors d'activités sportives légères, telles que la marche, le vélo, le ski de fond, le golf ou le ski (illustration 1).

### Design des prothèses, matériaux et instruments

Au cours des dix dernières années, de nombreux orthopédistes, y compris l'auteur, étaient d'avis que de nouveaux modèles de prothèses, inspirés de la nature, amèneraient de

### Patientenspezifische Schnittblöcke

Die seit gut 10 Jahren erhältlichen, patientenspezifischen Schnittblöcke PSI (*Abbildung 3*), welche auf präoperativen CT- oder MRI-Untersuchungen basieren, konnten die hohen Erwartungen bisher nicht erfüllen [3]. Offensichtlich reichen präzise Knochenschnitte nicht aus, um ein gutes Resultat zu erzielen. Ähnlich wie bei der Computernavigation hat die präzisere Implantation der Prothese im Vergleich zur konventionellen Technik bisher keine besseren Resultate gebracht.

### Operateur

In der gesamten Behandlungskette ist es der Operateur, der die Grundlagen schafft für ein gutes oder eben auch schlechtes Resultat nach der Knieprothese: Nicht nur, dass er den richtigen Patienten für die richtige Behandlung und den idealen Zeitpunkt selektionieren muss. Er ist auch für die möglichst genaue Implantation der Knieprothese [1] und die Nachbehandlung verantwortlich. Insofern kommt der Aus- und Weiterbildung der Chirurgen und deren Erfahrungen die entscheidende Bedeutung zu.

Was hat sich denn nun wirklich verbessert bei den Knieprothesen-Operationen in den letzten Jahren?

### Weniger Schmerzen

Noch vor Kurzem galten Knieprothesen-Operationen als sehr schmerzhaft eingriffe. Durch den Einsatz von individuell kombinierten Analgetika sind vor allem die Schmerzen früh nach der Operation erträglicher geworden. Noch entscheidender ist der systematische Einsatz von intraoperativ ins Kniegelenk eingespritzten Medikamenten, genannt «local infiltration analgesia» (LIA). Mit einer Kombination verschiedener Wirkstoffe wird erreicht, dass Lokalanästhetika lokal länger wirken und gleichzeitig die Blutungsneigung abnimmt. Es entfällt damit auch die gefürchtete Negativspirale mit Blutdruckanstieg im Zusammenhang mit den Schmerzen und der damit verbundenen vermehrten Einblutung ins Gewebe.

### Weniger Blutung

Durch Einsatz von Tranexamsäure systemisch (intravenös) und lokal (zusammen mit LIA) lässt sich der Blutverlust bei einer Knieprothese drastisch reduzieren, laut diversen Studien auf die Hälfte [4]. Massnahmen wie die Verwendung von künstlichem Knochenwachs, die flektierte Lagerung der Knie früh postoperativ [5] und das Weglassen der Redon-Drainagen reduzieren den Blutverlust zusätzlich. Die Transfusion von Fremdblut nach Knieprothesen wird zur Seltenheit.

meilleurs résultats. Depuis, ni les données du registre des prothèses ni les études n'ont su répondre à ces attentes élevées. Les nouvelles prothèses aboutissent à des résultats très similaires à ceux des prothèses conventionnelles et entraînent même davantage de complications.

La communauté internationale ou du moins européenne des experts est d'avis que les implants, bien que tout sauf anatomiques, sont tout de même fiables et que les instruments répondent également aux exigences actuelles. Cependant, de nombreuses questions relatives à la technique opératoire restent sans réponse: les axes tridimensionnels ne peuvent être identifiés avec certitude pendant l'opération et certains repères anatomiques ne peuvent être reproduits de manière fiable.

### Navigation informatisée

L'utilisation d'une navigation informatisée pendant l'opération reste controversée. En Suisse, près de 20 pour cent des prothèses du genou sont posées à l'aide d'une navigation informatisée (*Illustration 2*). Les prothèses peuvent être implantées de manière plus précise qu'avec des méthodes conventionnelles (moins de variabilité). Jusqu'ici, cette méthode n'a pas encore eu d'effet certain sur les résultats [2]. Ce n'est qu'en 2013 que le registre australien des prothèses a montré pour la première fois, en se basant sur plus de 40 000 prothèses implantées avec l'aide d'une assistance informatique, que le taux de révision après neuf ans chez les patients de moins de 65 ans est inférieur à celui de prothèses implantées de manière conventionnelle.

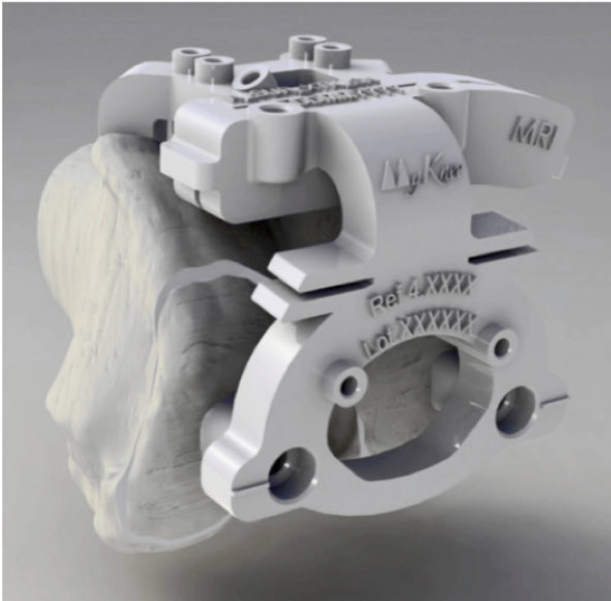
### Blocs de coupe spécifiques au patient

Les blocs de coupe spécifiques au patient (*illustration 3*), disponibles depuis 10 ans et basés sur des examens CT ou IRM préopératoires, n'ont pas répondu aux attentes [3]. Manifestement, des coupes osseuses précises ne suffisent pas pour atteindre un bon résultat. À l'instar de la navigation informatisée, l'implantation plus précise de la prothèse par rapport à la technique conventionnelle n'a pas amené de meilleurs résultats.

### Opérateur

Dans toute la chaîne de traitement, c'est l'opérateur qui crée les bases d'un bon ou d'un mauvais résultat après la pose de la prothèse du genou. Il doit choisir le bon traitement pour le bon patient au bon moment, mais il est également responsable de l'implantation aussi précise que possible de la prothèse [1] et du suivi thérapeutique. Dans ce sens, ce sont la formation et la formation continue des chirurgiens qui font la différence.

Quelles sont les véritables améliorations qu'ont connues les opérations de prothèses du genou au cours de ces dernières années?



**Abbildung 3: Beispiel eines patientenspezifischen Schnittblocks aus Nylon für die femoralen Sägeschnitte. | Illustration 3: Exemple d'un bloc de coupe en nylon spécifique au patient pour les traits de scie fémoraux.**

### Schnellere Rehabilitation

Grundsätzlich können frisch operierte Knieprothesen (mit zementierten Komponenten) sofort voll belastet und passiv sowie aktiv frei bewegt werden, sofern keine zusätzlichen Schritte, beispielsweise eine Osteotomie der Tuberositas tibiae, erforderlich waren.

Geringe Blutung und weniger Schmerzen lassen nun die Umsetzung einer raschen Rehabilitation auch beim älteren Menschen mit Nebendiagnosen zu.

Eine qualitativ gute postoperative Physiotherapie ist deswegen zentraler Bestandteil in der Behandlungskette nach Knieprothesen, damit die Patienten die neue Funktion und die mögliche Belastbarkeit zeitlich gestaffelt auch umsetzen können.

### Verbesserung durch Teamapproach

Um weitere Verbesserungen zu erzielen, ist wahrscheinlich ein Teamapproach nötig, wie er in Kliniken in Nachbarländern und zum Teil in der Schweiz Einzug gehalten hat.

Die Patienten, die für eine Knieprothese vorgesehen sind, werden dabei nicht nur während, sondern auch vor und nach dem Spitalaufenthalt intensiver und im Team betreut. Neben den beteiligten Ärzten ist der Einbezug der Pflege, der Patientenadministration, eventuell des Sozialdienstes und der Physiotherapie zentral. Die Patienten erfahren vor dem Spital-eintritt mehr über die Operation, die Vorbereitung und die Nachbehandlung. Sie lernen beispielsweise Übungen, die

### Moins de douleurs

Encore récemment, les implantations de prothèses du genou étaient considérées comme très douloureuses. L'utilisation d'analgésiques combinés individuellement a notamment permis de rendre les douleurs rapidement supportables après l'opération. Nommée «local infiltration analgesia» (LIA), l'utilisation systématique de médicaments injectés dans le genou durant l'opération, est encore plus décisive. La combinaison de différentes substances actives permet de prolonger l'effet d'une anesthésie locale et de réduire les saignements. Elle permet également d'éliminer la spirale négative tant redoutée consistant en une augmentation de la pression artérielle associée à la douleur et à l'augmentation du saignement dans le tissu qui y est relié.

### Moins de saignements

L'utilisation systémique (intraveineuse) et locale (en combinaison avec LIA) d'acide tranexamique permet de réduire drastiquement, de moitié selon diverses études, la perte de sang lors de la pose d'une prothèse du genou [4]. Des mesures telle que l'utilisation de cire à os artificielle, la mise en position fléchie du genou anticipée après l'opération [5] et l'abandon des drainages de redon réduisent encore la perte de sang. La transfusion de sang hétérogène après une pose de prothèse du genou se fait de plus en plus rare.

### Réadaptation plus rapide

En principe, les prothèses du genou avec des composants cimentés qui viennent d'être posées peuvent immédiatement supporter une charge totale et bouger librement, aussi bien activement que passivement, dans la mesure où aucune autre étape, comme par exemple une ostéotomie de la tubérosité tibiale, n'ait été nécessaire.

Un faible saignement et des douleurs réduites permettent également la mise en œuvre d'une réadaptation rapide, même chez les personnes âgées qui présentent des comorbidités.

Une physiothérapie postopératoire de bonne qualité constitue ainsi un élément central de la chaîne du traitement après la pose d'une prothèse du genou. Elle permet aux patients d'utiliser progressivement la nouvelle fonction et les possibilités de charge de leur prothèse.

### Amélioration par une approche en équipe

Une approche en équipe, telle qu'elle est pratiquée dans les cliniques de pays voisins et, partiellement, en Suisse, est probablement nécessaire afin de réaliser d'autres améliorations. Les patients pour lesquels la pose d'une prothèse du genou est prévue sont accompagnés intensivement par une équipe,

nach der Operation verlangt werden. Unklarheiten bezüglich Voruntersuchungen werden ebenso beseitigt wie Fragen zur Anästhesie oder zur Schmerzbehandlung.

Entscheidend für den kurz- und langfristigen Erfolg eines derartigen Prozesses ist es, das gesamte Team einzubinden, welches Leistungen am Patienten erbringt. Es ist gut nachvollziehbar, dass sich diese Anstrengungen nur ab einem gewissen Patientenaufkommen lohnen. Zudem müssen die Beteiligten für eine Standardisierung ihrer Prozesse und Leistungen offen sein.

### Wie geht es weiter?

Die vielen offenen Fragen zur Knieprothetik gilt es möglichst zu beantworten. Dazu ist ein Verständnis der Grundlagen zur Anatomie des normalen, arthrotisch veränderten oder durch Prothese ersetzten Kniegelenks erforderlich. Dieses Wissen muss durch Grundlagenforschung und klinische Studien erarbeitet werden.

Neue Trends wie patientenspezifische Instrumente, Prothesen auf Mass sowie neue Materialien sind kritisch zu prüfen und zu hinterfragen. Nur wenn neue Produkte oder Instrumente besser sind als die herkömmlichen, können – vor dem Hintergrund der politisch geforderten Kosteneinsparungen im Gesundheitswesen – die Behandlungskosten gerechtfertigt und adäquate Preise eingefordert werden. |



Dr. med. **Bernhard Christen**, Facharzt für Orthopädische Chirurgie und Traumatologie des Bewegungsapparates, M.H.A. (Master of Health Administration), ist Belegarzt mit eigener Praxis am Salemspital Bern. Der Beitrag wurde im Auftrag der Expertengruppe Knie von «swiss orthopaedics» (Schweizerische Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie, [www.swiss-orthopaedics.ch](http://www.swiss-orthopaedics.ch)) verfasst.

Dr **Bernhard Christen**, médecin agrégé, spécialiste en chirurgie orthopédique et traumatologie de l'appareil locomoteur, M.H.A. (Master of Health Administration), possède son propre cabinet au Salemspital à Berne. L'article a été rédigé sur ordre du groupe d'experts du genou de «swiss orthopaedics» (Société suisse d'orthopédie et de traumatologie, [www.swissorthopaedics.ch](http://www.swissorthopaedics.ch)).

aussi bien avant, pendant, qu'après leur séjour à l'hôpital. En plus des médecins, il est primordial d'impliquer le personnel soignant, l'administration et éventuellement les services sociaux et la physiothérapie. Avant d'entrer à l'hôpital, les patients apprennent ainsi davantage sur l'opération, sur la préparation et sur le suivi postopératoire. Ils découvrent par exemple des exercices à effectuer après l'opération. Les incertitudes quant aux examens préalables sont éliminées au même titre que les questions relatives à l'anesthésie ou au traitement de la douleur.

Pour le succès d'un tel processus à court ou long terme, il est primordial d'impliquer toute l'équipe qui effectue des prestations pour le patient. On comprendra bien que ces efforts ne valent la peine qu'à partir d'un certain nombre de patients. Cependant, les intéressés doivent être ouverts à une standardisation de leurs processus et de leurs prestations.

### Quelles sont les prochaines étapes?

Il s'agit de répondre aux nombreuses questions relatives aux prothèses du genou encore en suspens. Cela nécessite une compréhension des bases anatomiques de l'articulation du genou normale, arthrosique et remplacée par une prothèse. Ce savoir doit être acquis par le biais d'une recherche fondamentale et d'études cliniques.

Les nouvelles tendances, tels que les instruments spécifiques au patient, les prothèses sur mesure et les nouveaux matériaux doivent être examinés et évalués de manière critique. Dans le contexte des incitations politiques aux économies dans le système de la santé, seuls les nouveaux produits et instruments qui sont meilleurs que ce qui se fait de manière conventionnelle permettront de justifier les frais de traitement et d'obtenir des prix adéquats. |

### Literatur | Bibliographie

1. Victor J et al., How precise can bony landmarks be determined on a CT of the knee, *The Knee* 16: 258–65, 2009.
2. Young-Hoo Kim et al., Computer-Navigated versus conventional total knee arthroplasty, a prospective randomized trial, *J Bone Joint Surg Am* 94: 2017–24, 2012.
3. Thienpont E et al., A systematic review and meta-analysis of patient-specific instrumentation for improving alignment of the components in total knee replacement, *Bone Joint J* 9-B: 1052–61, 2014.
4. Alshryda S et al., A systematic review and meta-analysis of the topical administration of tranexamic acid in total hip and knee replacement, *Bone Joint J* 96-B: 1005–15, 2014.
5. Napier RJ et al., The influence of immediate knee flexion on blood loss and other parameters following total knee replacement, *Bone Joint J* 96-B: 201–9, 2014.