

Was waren die Zielstellungen bei der Beschaffung der 3D-Röntgen-Flouroskopie-Anlage?

Mit über 500.000 Eingriffen pro Jahr in Deutschland stellt der Gelenkersatz (Hüftgelenk, Kniegelenk und Wirbelsäule) eine der häufigsten und erfolgreichsten chirurgischen Eingriffe dar. Ziel der Intervention ist neben der Schmerzfreiheit, die schnelle Wiederherstellung von Bewegung und Funktion am Bewegungsapparat. Allerdings, steigen die Anforderungen an die Operationen: Patienten erwarten neben der schmerzfreien Funktion das Fortführen eines aktiven Lebensstils, zum Teil inklusive sportlicher Aktivitäten.

Hersteller von Implantaten und Anbieter von Rehabilitationskonzepten müssen sich diesen neuen Herausforderungen bei der Neu- und Weiterentwicklung ihrer Produkte stellen. Aus diesem Grund ist es notwendig, die unmittelbare und möglichst genaue Erfassung der physiologischen Funktion des Gelenks vor und nach Operationen oder Trainingsinterventionen verfügbar zu machen. Damit würde ein wesentliches Kriterium für die erfolgreiche Entwicklung von Implantaten verfügbar gemacht werden.

Die physiologische Gelenkfunktion beinhaltet Translationen und Rotationen, wie zum Beispiel die dreidimensionale tibio-femorale Bewegung, die für die gesunde Gelenkfunktion relevant sind. Orthopädische Erkrankungen, wie Arthrose, stehen häufig im Zusammenhang mit Störungen der Gelenkfunktion. Veränderungen von Bewegungsmustern weisen auf Pathologien und Instabilitäten hin. Chirurgische Behandlungen, wie Gelenkersatz, beinhalten häufig Korrekturen, die einen dramatische Effekt auf die Gelenkinematik haben können. Vorangegangene Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Veränderungen der Gelenkinematik auf eine Millimeter Skala zu messen sind.



Um eine effektive Evaluation der Effekte von konservativen Behandlungen, wie Physiotherapie, als auch von invasiven chirurgischen und orthopädischen Eingriffen, wie Gelenkersatz, zu untersuchen, ist die Entwicklung akkurater Bewegungsmessmethoden von höchster Wichtigkeit.

Welche Probleme, Herausforderungen oder Wünsche sollten damit gelöst und umgesetzt werden?

Die am häufigsten angewendete Messmethode bei der Untersuchung von dynamischen Gelenkbewegungen ist die 3-D-Bewegungsanalyse, die auf dem optischen Marker-Tracking von reflektierenden Hautmarkern basiert. Diese ‚konventionelle‘ Methode ist für die Bewegungsanalyse von Körper-Segmenten geeignet. Die mit dieser Technik gemessene Gelenkbewegung ist aber anfällig für Hautartefakte, die durch die unvermeidbaren Bewegungen des Markers auf der Haut entstehen.



Um diese Limitationen überwinden zu können, wurden verschiedenen Methoden, die auf dynamischer Radiographie basieren, entwickelt. Die dynamische Radiographie nutzt wie herkömmliche Röntgenbilder, Röntgenstrahlung um Bilder von Knochen bzw. röntgendichten Objekten zu gewinnen. Die Kinematik von Knochen und Implantaten wird mittels Registrierung dreidimensionaler Knochen- und Implantatmodelle, auf den Röntgenbildern gemessen. Knochenmodelle können aus Kernspin- oder Computertomographie-Aufnahmen erstellt werden, während für Implantate CAD (Computer Aided Design) Modelle zum Einsatz kommen. Dynamische Radiographie erfasst eine Bilderreihe, die die Bewegung von Objekten innerhalb verschiedener Ebenen ermöglicht.

Ein zweidimensionaler Ansatz dieser Methode ist heute schon im klinischen Alltag etabliert und wird beispielsweise intraoperativ als visuelle Führung in der Positionierung von Instrumenten und Implantaten genutzt. Klassische am Markt verfügbare Fluoroskopische -Systeme haben eine C-Bogen Struktur, mit einer starren Verbindung zwischen der Röntgenquelle und Röntgenempfänger/Bildverstärker. Diese werden schon heute für die Analyse der individuellen Gelenkinematik in gesunden Probanden und Patienten mit orthopädischen Erkrankungen verwendet. Allerdings, haben diese Systeme ein sehr eingeschränktes Blickfeld (Field of View) und die Aufnahmefrequenz von maximal 30 Bilder/s ist für die Erfassung von schnellen Alltagsaktivitäten unzureichend. Eine weitere Einschränkung dieser Systeme ist die sogenannte „Single Plane Technik“, welche nur Aufnahme in einer Bildebene im Millimeter Bereich erlaubt.

Die zusätzliche Nutzung eines weiteren fluoroskopischen Systems, ermöglicht eine Erhöhung der Genauigkeit in der zweiten Ebene und somit für die dreidimensionale Analyse der Gelenktranslation und –rotation. Die Anwendung von zwei Fluoroskopischen Systemen als Biplane- oder Stereo-Fluoroskopie genannt. Diese Technologie ermöglicht eine genauere, insbesondere dreidimensionale Analyse von funktionellen Bewegungen. Jedoch ist aufgrund des starren C-Bogen-Designs, die individuell möglichen Probandenbewegungen sehr eingeschränkt.

Um diese Ziele zu erreichen wird am Julius Wolff Institut, Charité Universitätsmedizin Berlin, ein 3-D fluoroskopisches System entwickelt - das **OrthoLoadLab (finanziert durch EFRE Aktion 1.9 – Infrastruktur für Wissenschaft und Forschung – Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft)**.

Welche Untersuchungen sind damit geplant?

Das OrthoLoadLab soll Wissenschaftlern, klinischen Partnern und mittelständischen Unternehmen den Zugang zu biomechanischen Funktionsanalysen vor und nach einem orthopädischen Eingriff ermöglichen. Neben der Implantat-Belastung spielt die Gelenk-Kinematik eine entscheidende Rolle für den Outcome eines Gelenkersatzes, das mittels fluoroskopischer Aufnahmen und Bewegungsanalysen quantifiziert werden kann. Inwieweit die gewünschte Funktion des Implantats tatsächlich erreicht wird, kann so im klinischen Umfeld direkt überprüft werden. Weiterhin kann eine frühzeitige Implantat-Lockerung bzw. -Migration zwischen Implantat und Knochen erkannt werden.

Wissenschaftliche Schwerpunkte:

- Knie - Kinematik und Gelenkbelastungen
- Analyse kinematischer Parameter unterschiedlicher Implantat-Design und deren Benefit für den Patienten
- Definition von Kriterien für die Implantat-Optimierung
- Übertragung und Durchführung von in Silico Analysen am Knie
- Analyse des postoperativen Outcomes nach Ligamentverletzung
- Analyse Zusammenhang der postoperativen Patella-Belastung und –Kinematik

Unsere Fragen beantwortete:



Dr.-Ing. Philippe Moewis, PostDoc
Julius Wolff Institut, Charité – Universitätsmedizin Berlin
Gelenkbelastung und Muskel-Skelett-Analyse

Wir bedanken uns herzlichst bei Herrn Dr.-Ing. Moewis für seine Zeit & seine ausführlichen und informativen Antworten zu diesem Projekt!