

Stefan Schröder

Dr. sc. hum.

Experimentelle Verschleißuntersuchung kinematisch ausgerichteter Knieendoprothesen

Fach/Einrichtung: Orthopädie

Doktorvater: Prof. Dr. sc. hum. Jan Philippe Kretzer

Die kinematische Ausrichtung von Knieendoprothesen stellt ein alternatives orthopädisches Verfahren zur standardmäßig verwendeten mechanischen Ausrichtung dar, wobei das Ziel darin besteht, den präarthrotischen Zustand eines Kniegelenks zu rekonstruieren. Die kinematische Ausrichtung führt klinisch im mittleren Verlauf zu vergleichbaren Revisionsraten wie die mechanische Ausrichtung, wobei eine verbesserte Funktionalität kinematisch ausgerichteter Kniegelenke nachgewiesen werden konnte. Bei der kinematischen Ausrichtung kommt es jedoch gehäuft zu einer Inklinations der Implantatkomponenten hinsichtlich der mechanischen Achse, wobei die Tibiakomponente eher varisch und die Femurkomponente eher valgisch implantiert wird. Aufgrund der daraus resultierenden geneigten Gelenkachse befürchten Kritiker des Konzepts der kinematischen Ausrichtung, dass eine veränderte Druckverteilung zwischen dem medialen und dem lateralen Kompartiment des Polyethyleninsets auftritt und dadurch ein erhöhter Polyethylenverschleiß an der Knieendoprothese entstehen kann. Ein erhöhter Polyethylenverschleiß kann zu starken biologischen Reaktionen im periprotetischen Gewebe führen, die wiederum eine Lockerung der Implantatkomponenten begünstigen können. Daher bestand das Ziel dieser Promotionsarbeit darin, das Verschleißverhalten sowie die damit verbundenen Parameter, wie die Gelenkkinematik, die Partikelcharakteristika sowie die Druckverteilung kinematisch ausgerichteter Knieendoprothesen im Rahmen einer In-vitro-Verschleißsimulation zu untersuchen. Durch eine präklinische Evaluierung der Ausrichtungsmethoden können verschleißbedingte Probleme frühzeitig erkannt und diese Erkenntnisse in die klinische Praxis überführt werden. Da bisher noch keine Methode sowie kein Verschleißsimulator existiert, um das Verschleißverhalten kinematisch ausgerichteter Knieendoprothesen zu untersuchen, wurde zunächst ein Verschleißsimulator konstruktiv erweitert, um dieses Verfahren zu simulieren. Da es sich bei der kinematischen Ausrichtung um ein patientenindividuelles Verfahren handelt und die Ausrichtungsmöglichkeiten entsprechend variabel sind, war es notwendig, sich auf eine begrenzte Anzahl an Bedingungen festzulegen. Hierbei wurde einerseits eine varische Neigung der Gelenkachse um 4° gewählt, da sich diese knapp außerhalb der Safe-Zone von $\pm 3^\circ$ befindet. Zudem wurde eine starke varische Neigung der Gelenkachse um 8° untersucht. Des Weiteren bestand ein Ziel im Rahmen

dieser Promotionsarbeit darin, festzustellen, ob sich die kinematische Ausrichtung einer Knieendoprothese von einer Fehlausrichtung mit identischer Neigung unterscheidet. Hierzu sollte ein Konzept entwickelt werden, eine Fehlausrichtung um 4° zu simulieren, um diese Bedingung direkt mit der kinematischen Ausrichtung um 4° zu vergleichen. Das Konzept der kinematischen Ausrichtung bestand darin, eine Neigung der Gelenkachsen mitsamt der Simulatorachsen um den Winkel von 4° bzw. 8° durchzuführen. Zur Simulation der Fehlausrichtung wurde lediglich eine Neigung der Implantatachse um 4° durchgeführt, ohne eine Neigung der Simulatorachsen zu berücksichtigen. Zur Simulation der mechanischen Ausrichtung (als Referenz) wurde weder eine Neigung der Gelenkachse noch eine Neigung der Simulatorachse durchgeführt. Mithilfe des konstruktiven Umbaus des Simulators wurden diese vier Ausrichtungen anhand von zwei verschiedenen kreuzbänderhaltenden Implantatsystemen hinsichtlich des Verschleißverhaltens untersucht. Die kinematische Ausrichtung um 4° zeigte hierbei eine vergleichbare Verschleißrate und Verschleißareale auf dem Polyethyleninsert, wie die mechanische Ausrichtung um 0° . Die kinematische Ausrichtung um 8° sowie die Fehlausrichtung um 4° zeigten hingegen eine geringere Verschleißrate als die anderen beiden Bedingungen, aber auch kleinere Verschleißareale. Hinsichtlich der Kinematik und der Partikelcharakteristika konnten keine Unterschiede zwischen den vier Ausrichtungen festgestellt werden. Die Ergebnisse weisen auf keine klinisch bedenklichen Verschleißmengen bei sämtlichen Ausrichtungen hin. Zudem sind die auftretenden Druckbelastungen aus materialwissenschaftlicher Sicht ebenfalls unbedenklich, sofern neuartige quervernetzte Polyethyleninserts verwendet werden. Zwischen den Implantattypen konnten Unterschiede im Verschleißverhalten und den damit verbundenen Parametern festgestellt werden, die hinsichtlich der klinischen Relevanz jedoch vernachlässigbar sind. Die in dieser Promotionsarbeit entwickelte Methode sowie der konzipierte Prüfaufbau bieten die Möglichkeit, weitere Bedingungen der kinematischen Ausrichtung einer Knieendoprothese zu simulieren und das resultierende Verschleißverhalten zu bestimmen. Klinische Studien und Registerdaten, die verschleißbedingte Revisionen von kinematisch ausgerichteten Knieendoprothesen über einen langfristigen Zeitraum verfolgen, sind weiterhin notwendig, um die Patientensicherheit dieses vielversprechenden Operationsverfahrens zu gewährleisten.