

Jan Philippe Kretzer
Dr. sc. hum.

Entwicklung eines neuen Messverfahrens zur experimentellen Bestimmung des Verschleißverhaltens von Metall-Metall-Gleitpaarungen in der Hüftendoprothetik

Geboren am 10. Juni 1978 in Leer
Diplom der Fachrichtung Feinwerktechnik (Medizintechnik) an der FH Wilhelmshaven

Promotionsfach: Orthopädie
Doktorvater: Prof. Dr. med. M. Thomsen

In den vergangenen Jahren wurden vermehrt Hart-Hart-Gelenkpaarungen in der Hüftendoprothetik eingesetzt, um den Polyethylenverschleiß als Hauptverursacher aseptischer Prothesenlockerungen aus dem Gelenk zu eliminieren.

Durch Simulatorstudien konnten diverse Einflussfaktoren auf das Verschleißverhalten von Hart-Hart-Gelenkpaarungen bestimmt werden.

Durch eine intensive Literaturrecherche und anschließende Metaanalyse konnte im Rahmen dieser Arbeit gezeigt werden, dass der Verschleiß von Hart-Hart-Paarungen im Simulator bisher allerdings nur mit großen Messungenauigkeiten bestimmt werden konnte, was zu einer begrenzten Aussagekraft dieser Studien führt. Über die Länge der Einlaufphase, in der am meisten Verschleiß entsteht, liegen kaum Daten vor. Mit den herkömmlichen Messverfahren sind lange Untersuchungszeiten notwendig, und die Ergebnisse unterliegen teilweise starken Schwankungen. Daraufhin wurde eine neue, hochpräzise Messmethode zur Verschleißbestimmung entwickelt, mit der bei modernen Metall-Metall-Gleitpaarungen minimaler Verschleiß im Simulator präzise detektiert werden kann. Unter Verwendung eines hochauflösenden Massenspektrometers (HR-ICP-MS) werden bei diesem Verfahren die während der Simulation entstehenden Verschleißprodukte durch eine Messung der Elementkonzentration im Umgebungsmedium analysiert. Nach Abschluss diverser Optimierungen (wie z.B. der Eliminierung von Störeinflüssen) wurden die konstruktiven Voraussetzungen für eine präzise Verschleißbestimmung im Simulator geschaffen.

In einer ausführlichen Validierung wurde das Verfahren mit der konventionellen Methode zur Verschleißbestimmung verglichen und die Nachweisstärke untersucht. Abschließend wurde eine Verschleißstudie an vier Oberflächenersatzprothesen im Hüftsimulator durchgeführt. Der Verschleiß und die Dauer der Verschleißphasen konnte genau bestimmt werden und eine hohe Übereinstimmung mit in-vivo Studien wurde gefunden. In der abschließenden Verschleißstudie konnten anhand der neuen Messmethode bereits an einem kleinen Kollektiv besondere Effekte festgestellt werden. So wurde ein weitgehend unbekanntes Verschleißphänomen, die Verzögerung der Einlaufverschleißphase entdeckt. Ferner wurden herstellungsbedingte Effekte festgestellt, die das Verschleißverhalten der Implantate möglicherweise beeinflussen. Es zeigte sich, dass die neue Messmethode über eine enorme Nachweisstärke verfügt und hervorragend zur Verschleißbestimmung von Metall-Metall-Gelenkpaarungen im Simulator und zur präzisen Charakterisierung verschiedener Verschleißphänomene geeignet ist.

Die Fehleranfälligkeit ist geringer als bei der Standardmethode, die Messintervalle können beliebig gewählt werden und das Verfahren liefert einen genauen Aufschluss über die chemische Zusammensetzung der Verschleißprodukte. Weil während der Simulation der Ausbau und die Reinigung der Implantate entfallen, werden tribologische Veränderungen wie z.B. eine Schichtbildung auf den Gleitflächen während der Simulation toleriert und die gesamte Simulationsdauer kann verkürzt werden.

Die Reduktion des Verschleißes erhöht klinisch die Lebensdauer der Prothese. Dies kommt im Besonderen den heute immer jünger werdenden und aktiveren Patienten zugute und vermindert das Risiko für einen Revisionseingriff. Dabei ist die Minimierung des Verschleißes während der Einlaufphase der effektivste Ansatz, den Gesamtverschleiß einer Gleitpaarung zu reduzieren und bedarf daher weiterer intensiver Forschungsarbeit.

Mit der neuen Methode zur Verschleißbestimmung wird ein Verfahren vorgestellt, mit dem sich spezifische Verschleißphänomene auch an weiteren modernen Gleitpaarungen präzise charakterisieren lassen. Von besonderem Interesse dürfte die Verschleißbestimmung bei Keramikgleitpaarungen oder beschichteten Gleitpaarungen sein, deren Verschleißverhalten sich mit heutigen Messmethoden aufgrund des geringen Verschleißes kaum beschreiben lässt.