

Ulrike Müller

Dr. sc. hum.

Einflussfaktoren auf die Stabilität und das Korrosionsverhalten von Konusverbindungen in der Hüftendoprothetik

Fach/Einrichtung: Orthopädie

Doktorvater: Prof. Dr. J. Philippe Kretzer

Der Ersatz des natürlichen Hüftgelenks durch ein sogenanntes Kunstgelenk ist in der heutigen Chirurgie eine Routineoperation zur Erlangung von Schmerz- und Bewegungsfreiheit geworden. Moderne Hüftprothesen sind modular aufgebaut, so dass verschiedene Implantatkomponenten durch konische Steckverbindungen miteinander kombiniert werden können, um die anatomischen Verhältnisse des Patienten so gut wie möglich wiederherzustellen.

Allerdings wird in der jüngeren Vergangenheit vermehrt über Probleme an Konusverbindungen berichtet, die meist mit Korrosion und Abrieb einhergehen. Diese Schnittstelle unterliegt enormen Belastungen, wodurch Mikrobewegungen zwischen den Komponenten entstehen können, die zu korrosiven Prozessen bis hin zum Materialversagen führen können.

Ziel dieser Arbeit war die Identifizierung und Bewertung von Geometrie- und Topographieparametern, die Betrachtung des Einflusses operativer Randbedingungen sowie der Materialeigenschaften der Konusverbindung, die sich zum einen auf die Verbindungsstabilität und zum anderen auf das Korrosionsverhalten auswirken.

Zur Ermittlung der Stabilität der Konusverbindung wurde die Torsionsfestigkeit experimentell bestimmt. Die Anwendung dieser etablierten Methode ermöglicht die Untersuchung einer großen Anzahl von Parametern in einem vertretbaren Zeit- und Kostenaufwand.

Hingegen wurden aufgrund des hohen experimentellen und zeitlichen Aufwands die Korrosionsuntersuchungen nur für ausgewählte Parameter durchgeführt, um sich im Wesentlichen auf die Geometrie- und Topographieparameter zu fokussieren. Da für Korrosionsuntersuchungen keine einheitliche Referenzmethode existiert, wurden im Rahmen

dieser Untersuchung verschiedene Methoden hinsichtlich ihrer Selektivität und Robustheit betrachtet.

Der erste Teil der Arbeit widmete sich der Ermittlung herstellerbedingter Varianzen in Bezug auf geometrische und topographische Konusmerkmale marktüblicher Implantate. Hierbei zeigte sich, dass sich die analysierten Konusverbindungen verschiedener Hersteller in ihrer Geometrie und ihrer Oberflächenbeschaffenheit teilweise erheblich unterscheiden. Die größte Varianz zwischen den Herstellern wurde bei der Konuslänge gesehen, sowohl bei den Köpfen als auch bei den Schäften. Die Öffnungsdurchmesser variierten hingegen am geringsten, wobei die Streuung bei den Köpfen ausgeprägter war. Die Topographie der Schaftkonus unterschied sich deutlich zwischen den Herstellern, während sie bei den Kopfkonus recht ähnlich war. Zudem wurde ein Klassifizierungssystem für die Oberflächentopographie etabliert.

Im zweiten Teil wurden Untersuchungen zur Verbindungsstabilität der Konusverbindungen durchgeführt. Einerseits wurde der Effekt der Kombination von Implantatkomponenten verschiedener Hersteller betrachtet. Hierbei zeigte sich, dass die Stabilität der Konusverbindung sowohl positiv als auch negativ durch Mix&Match beeinflusst werden kann. Andererseits wurde in einer Untersuchung der Einfluss isolierter Parameter auf die Verbindungsstabilität experimentell geprüft. Dabei wurde festgestellt, dass die Fügekraft die stärkste Auswirkung auf die Stabilität der Konusverbindung hat, gefolgt von der Fügungsart und dem Kopfmaterial. Weiterhin ergab die Untersuchung, dass die Kontaktsituation die Stabilität zu beeinflussen scheint, während die Oberflächentopographie des Schaftkonus keinen relevanten Einfluss hat.

Im letzten Teil der Arbeit erfolgte die Konzeption und Entwicklung eines Prüfstandes zur Untersuchung des Korrosionsverhaltens von Konusverbindungen und es wurde der Einfluss spezifischer Designmerkmale auf das Korrosionsverhalten bewertet. Die Kontaktsituation hatte hierbei einen deutlichen Einfluss auf die Korrosion. Es hat sich gezeigt, dass die distale Kontaktsituation eine korrosionsmindernde Wirkung hat. Weiterhin schien die Topographie des Schaftkonus einen größeren Einfluss auf das Korrosionsverhalten zu haben als auf die Verbindungsstabilität. In diesem Zusammenhang erwies sich die glatte Konusoberfläche als vorteilhaft. In Bezug auf die Untersuchungsmethoden erwies sich die Metallionenanalyse als robuste und selektive Methode zur Quantifizierung von Korrosionsprozessen. Der gravimetrisch ermittelte Materialverlust und der Korrosionsstrom waren ebenfalls gut geeignete Parameter, die allerdings im Vergleich zur Metallionenanalyse eine geringere

Genauigkeit aufwiesen. Andere Parameter wie Imprinting oder die semi-qualitative visuelle Korrosionsbewertung erschienen weniger geeignet, unterschiedliche Korrosionsausprägungen zuverlässig zu detektieren.

Aus der Arbeit lässt sich schlussfolgern, dass sich die Konusgeometrie und die Topographie der verschiedenen Hersteller in diversen Aspekten erheblich unterscheiden. Es ist wichtig, dass die Operateure sich dessen bewusst sind und die Kombination von Komponenten verschiedener Hersteller vermeiden sollten, um eine sichere Anwendung für den Patienten zu gewährleisten.

Um Korrosion in der Schnittstelle der Konusverbindung bei metallischen Köpfen zu minimieren, muss das Design der Komponenten berücksichtigt werden. Diese Arbeit zeigt, dass Verbindungen mit einem distalen Kontakt und einer glatten Konusoberfläche Korrosion hinsichtlich der Freisetzung von Abrieb und korrosiven Produkten minimieren können. Dieser Aspekt sollte Implantatherstellern und den relevanten Zulassungsbehörden von Medizinprodukten bewusst sein.

Die Ergebnisse der Arbeit ermöglichen ein besseres Verständnis der Korrosions- und Versagensmechanismen in modularen Verbindungen in der Hüftendoprothetik und verdeutlichen auch die Relevanz für den klinischen Anwender. Einerseits können Fragen nach geeigneten aber auch zulässigen Fügebedingungen beantwortet werden und andererseits lassen sich Aspekte zur Definition vorteilhafter Geometrien und Topographien der Konusverbindungen formulieren. Die gewonnenen Ergebnisse tragen langfristig dazu bei, bessere klinische Ergebnisse für den endoprothetisch versorgten Patienten zu erreichen.