

Guido Pape

Dr. med.

Bestimmung der Temperatur- und Druckverhältnisse bei der zementierten Schultergelenkpfanne

Geboren am 03.11.1971 in Hildesheim

Staatsexamen am 18.05.2006 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach: Orthopädie

Doktorvater: Herr Priv.-Doz. Dr. med. Markus Rickert

Die Schulterendoprothetik gewinnt mit der steigenden Lebenserwartung der Bevölkerung zunehmend an Bedeutung. Die aseptische Lockerung stellt nach wie vor den limitierenden Faktor für die Standzeit einer Totalendoprothese dar. Dabei gelten das Auftreten einer radiologisch sichtbaren Aufhellungslinie als ein Warnsignal und eine Zunahme dieser Linie in Größe und Umfang als ein Frühsignal für eine spätere Lockerung der Glenoidkomponente. Vielfältige Ursachen für diese Aufhellungslinien werden bis heute zum Teil kontrovers diskutiert. In dieser Arbeit wurden zwei mögliche Faktoren für das Auftreten von radiologischen Aufhellungslinien genauer betrachtet. Zum einen wurden thermisch bedingte Schädigungen am Knochen, verursacht durch den Polymerisationsvorgang des Zementes, untersucht und zum anderen der Zementpenetrationsdruck in den spongiosen Knochen. Damit wurden erstmalig die intraossären Temperatur- und Druckverhältnisse während der Implantation einer Schulterpfanne bestimmt. Zwei unterschiedliche Prothesentypen wurden nach einem standardisierten Protokoll in humane Scapulae implantiert. Anschließend wurden die Zementeindringtiefen sowie die Zementverteilung anhand neu definierter Kriterien bestimmt. Zur Anwendung kamen eine Polyethylenpfanne mit zentralem Kiel sowie eine Polyethylenpfanne mit vier Verankerungsstiften. Zur radiologischen Auswertung wurde neben einer konventionellen Radiographie eine Mikro-CT Untersuchung angewendet. Die Mikro-CT Untersuchung stellt hierbei ein neues und hochsensitives Verfahren zur Lockerungsdiagnostik im in vitro Modell dar.

Im experimentellen Operationssaal der Stiftung Orthopädische Universitätsklinik Heidelberg wurden von einem erfahrenen Schulterchirurgen acht Stiftprothesen und acht Kielprothesen in Leichenschulterblätter implantiert. Von allen Schulterblättern wurde vor der Implantation die Knochendichte in der Region unterhalb der Gelenkfläche gemessen. Vor Beginn einer Versuchsreihe wurden die Schulterblätter gemäß dem Ergebnis einer vorher durchgeführten Temperaturmessung am lebenden Patienten auf 29°C erwärmt. Es konnten von allen Spendern jeweils beide Schulterblätter verwendet werden, wobei auf eine Seite eine Kielprothese und auf die andere Seite eine Stiftprothese implantiert wurde. Dieser Versuchsaufbau garantierte eine vergleichbare Ausgangssituation für beide Prothesentypen. Die Temperatur- und Druckverhältnisse wurden direkt am Zement-Knochenübergang gemessen. Anschließend wurden die Schulterblätter am Skapulahals osteotomiert und im Mikrotomographen bei einer Auflösung von 36µm ausgewertet.

Es konnte gezeigt werden, dass sich die Temperatur- und Druckverhältnisse signifikant nach Prothesentyp unterschieden. Die Kielprothese zeigte einen höheren Temperaturanstieg ($p = 0,022$), während die Stiftprothese einen deutlich höheren Zementpenetrationsdruck aufwies ($p = 0,009$). Die Mikro-CT Untersuchung erbrachte im Mittelwert eine horizontale Zementausbreitung von 2,4 mm bei der Kielprothese und von 2,1 mm bei der Stiftprothese. Die mittlere vertikale Eindringtiefe lag mit 6,5 mm bei der Kielprothese und mit 5,55 mm bei der Stiftprothese deutlich über der horizontalen Zementausbreitung. Die Zementpenetrationsfläche betrug im Mittelwert 107,93 mm² bei der Stiftprothese und 128,27 mm² bei der Kielprothese. In der vorliegenden Arbeit ließ sich kein signifikanter Unterschied in der Zementverteilung zwischen Kiel- und Stiftprothese finden.

Die bei der Implantation einer Schultergelenkpfanne auftretenden Temperaturen im Zement-Knochenübergang differieren beträchtlich von den Temperaturen bei der Knie- und Hüftendoprothetik. Die Temperaturen in der vorliegenden Arbeit liegen unterhalb der in der Literatur beschriebenen Grenze für thermisch bedingte Knochennekrosen und somit kann nahezu ausgeschlossen werden, dass die radiologisch sichtbaren Aufhellungslinien durch thermische Schäden verursacht werden. Die bei der Implantation auftretenden Zementpenetrationsdrücke liegen oberhalb der Drücke, die bei der Knie- und Hüftendoprothetik auftreten. Sollte der

Penetrationsdruck für die Aufhellungslinien verantwortlich sein, so müssten die Stiftprothesen eine höhere Rate an Aufhellungslinien aufweisen als die Kielprothesen, da der Penetrationsdruck bei der Stiftvariante über dem Druck der Kielvariante lag. Dies konnte jedoch durch die Mikro-CT Untersuchung widerlegt werden. Nach den Erkenntnissen dieser Studie können thermisch induzierte Schäden, verursacht durch den Polymerisationsvorgang, sowie der Zementpenetrationsdruck als Ursache für die radiologisch sichtbaren Aufhellungslinien ausgeschlossen werden.