

7. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit dem biomechanischen Verhalten ventro-dorsaler Spondylodesen mit Wirbelkörperersatz. Um bei der Komplexität des Themas möglichst alle Einflußfaktoren berücksichtigen zu können, wurde die Studie in drei Einzelschritten durchgeführt.

Zunächst erfolgte die biomechanische Prüfung zweier unterschiedlicher dorsaler transpedikulärer Spondylodese-Instrumentarien. Hierbei zeigten der geprüfte Stabfixateur und der Druckplattenfixateur ein unterschiedliches Steifigkeitsverhalten. Das Steifigkeitsverhalten Plattenfixateurs hängt wesentlich von der Positionierung der Pedikelschrauben in den Plattenschlitzten abhängt. Werden die Pedikelschrauben im mittleren Schlitzbereich positioniert, so weist der Druckplattenfixateur eine in dem Faktor 10 geringere Steifigkeit auf. Bei Positionierung der Pedikelschrauben im äußersten Schlitzbereich kommt es durch größere Reibkräfte zu einer höheren Steifigkeit, die in der Größenordnung des Stabfixateurs liegt.

Der zweite Teil der Studie beschäftigt sich mit dem Einsinkverhalten der unterschiedlichen Cage-Modelle in humane Kadaverwirbelkörper. Als Vergleichsparameter wurden zum einen die Einsinktiefen der Cages bei 800N, zum anderen die Maximalkraft, die zum Einbruch der Cages in die Wirbelkörper führt, herangezogen. Es zeigt sich, daß das Migrationsverhalten bei einer physiologischen axialen Last von 800N im wesentlichen von der Höhe der Cage-Spitzen abhängt. So ist die Einsinktiefe nahezu identisch mit der Höhe der Cage-Spitzen. Das Design der Cage-Spitzen spielt hierfür keine wesentliche Rolle. Die Maximalkraft, die zum Einbruch der Cages in die Wirbelkörper führt, wurde in Beziehung gesetzt zur Auflagefläche der Cages. Obwohl die Auflageflächen zwischen 66mm² und 630mm² liegen, fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Maximalkräften. Dies ist unseres Erachtens im wesentlichen auf das Design der Cage-Spitzen zurückzuführen. Das VBR-System zeigt trotz geringer Auflagefläche eine hohe Maximalkraft. Im Vergleich zu den beiden übrigen getesteten Cages ist das Design der Cage-Spitzen völlig anders. Beim VBR-System kommen scharfe Spitzen, die weit auseinander liegen, zur Anwendung. Ein Stanzeffekt an der Wirbelkörperdeck- und -endplatte wird hierdurch vermieden. Somit werden trotz geringer Auflagefläche hohe Maximalkräfte erreicht.

Der dritte Schritt der biomechanischen Testung war die Prüfung der Implantate in kompletter Instrumentation einer humanen Kadaverwirbelsäule. Über eine neu entwickelte Testvorrichtung ließen sich unter einer definierend axialen Vorlast freie Momente in den drei Hauptrichtungen aufbringen. Es folgte die schrittweise Prüfung der Bewegungsumfänge am Nativpräparat, nach dorsaler Spondylodese, nach Laminektomie (bei der Hälfte der Präparate) sowie abschließend nach Wirbelkörperresektion und -ersatz durch 3 unterschiedliche Implantate. Bei Extension, Flexion und Seitneigung werden die Bewegungsumfänge auf 10% bis 20% des Nativpräparates reduziert. Laminektomie und Wirbelkörperersatz führen zu keiner wesentlichen Erhöhung der Bewegungsumfänge, statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Cage-Modellen lassen sich hierbei nicht feststellen. Der Bewegungsumfang bei Torsion läßt sich durch die dorsale Spondylodese lediglich um 40% bis 60% reduzieren. Die Laminektomie hat auch hier keinen wesentlichen Einfluß auf den Bewegungsumfang. Der abschließende Wirbelkörperersatz führt, je nach Cage-Modell, zu einer Zunahme der Bewegungsumfänge zwischen 90% und 280% des Ausgangswertes. Die beste Torsionssicherung läßt sich mit Cage "A" erreichen. Die größten Bewe-

gungsumfänge sind bei Wirbelkörperersatz mittels Cage "C" zu verzeichnen. Der ovale Querschnitt von "A" läßt eine bessere Torsionssicherung zu als die kreisförmigen Querschnitte von "B" und "C". Die Höhe der Cage-Spitzen bei "C" scheint außerdem nicht auszureichen, um eine ausreichende Fixierung des Cages in Grund- und Deckplatte und somit eine Torsionssicherung zu gewährleisten.

Das Cage-Design ist weiterhin veränderungsbedürftig. Im Vordergrund steht hierbei, daß ein Ausstanzeffekt durch die Cage-Spitzen nicht stattfinden sollte, ein ausreichend tiefes Einsinken der Spitzen aber zur Dislokationssicherung gewährleistet sein muß. Dabei muß ein gutes intraoperatives Handling und eine geringe Größe auch im Hinblick auf neue minimal-invasive Zugangswege berücksichtigt werden.

Neu zu entwickelnde aufspreizbare Cage-Modelle könnten diese Forderungen erfüllen. Der Aufspreizmechanismus sollte ein vollständiges Einsinken der Cagespitzen bereits intraoperativ gewährleisten, ohne dabei die Deck- bzw. Grundplatte zu schwächen. Ein postoperativer Verlust der Vorspannung und eine stärkere Belastung der dorsalen Instrumentation wird dadurch vermieden.