



Kurzbericht
zum
Verbundforschungsprojekt

**„Bioverträgliche Schädelimplantate aus leichtem und
wenig wärmeleitendem Keramikfaserverbundwerkstoff“
(FiberBone)**

Förderzeitraum: 2.2.2011 – 1.2.2013

- gefördert durch das
Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg -

1. Aufgabenstellung und Ziel des Vorhabens:

Oftmals können Knochendefekte nach Unfällen oder knochenzerstörenden Krankheiten nicht durch körpereigenen Knochen geschlossen werden. Dann kommen Implantate zum Einsatz, die derzeit überwiegend aus Titan bestehen. Vor allem bei dünnwandigen Implantaten für den menschlichen Schädel sind die materialwissenschaftlichen Anforderungen an die Implantate sehr hoch. Gewünscht ist ein Material, das sowohl bezüglich mechanischer Festigkeit und spezifischem Gewicht, als auch bezüglich der Wärmeleitfähigkeit dem menschlichen Knochen ähnlich ist. Für Materialien wie Titan und Glaskeramik trifft dies nur bedingt zu.

Als etablierter Knochenersatz dienen derzeit anatomisch formgetreu angefertigte Titan-Implantate. Klinisch erfolgreich und bereits etabliert ist die Herstellung individueller Implantate aus Titan bei großen knöchernen Defekten im Bereich der Schädeldecke. Die großen Nachteile der Titan-Implantate vor allem im Gesichts- und Schädelbereich sind allerdings darin zu sehen, dass das Gewicht der Metallstrukturen eine dauerhafte Belastung für den Patienten darstellt. Zusätzlich wird durch die hohe Wärmeleitfähigkeit der Implantate die Umgebungstemperatur bei sehr hohen oder niedrigen Temperaturen als sehr unangenehm bis schmerzhaft empfunden.

Es ist daher wünschenswert, die Titanimplantate durch alternative Materialien mit geringem Gewicht bei trotzdem hoher Festigkeit und gleichzeitig niedriger Wärmeleitfähigkeit zu ersetzen.

Ziel des Projektes war es, ein bioverträgliches Material auf Basis von keramikfaserverstärkter Keramik zu entwickeln, aus dem Implantate für den Schädelbereich hergestellt werden können. Bekanntermaßen besitzen Faserkeramiken hervorragende mechanische Eigenschaften (kein Spröbruchverhalten) und eignen sich deshalb ideal zur Herstellung sehr stabiler, dünnwandiger Keramiken. Im Verlauf des Projektes sollten aus diesem Material Modell-Implantate hergestellt und bezüglich Biokompatibilität und anderer relevanter Eigenschaften untersucht werden.

2. Angaben zur Durchführung des Projektes und zum Beitrag der beteiligten Unternehmen:

Im Verbundvorhaben wurden die Kompetenzen des ITCF Denkendorf ideal durch die vier beteiligten Unternehmen ergänzt. Im Projekt wurde die komplette Herstellungskette für keramische Verbundwerkstoffe inklusive der mechanischen und biologischen Prüfungen abgebildet. Folgende Arbeitspakete wurden bearbeitet:

AP1: (Alle Partner) Projektabstimmung / Zielvorgaben Kenngrößen

AP2: (ITCF) Entwicklung von Korund-Keramikfasern im Labormaßstab

AP3: (Unternehmen 1) Herstellung von 2D-Probekörpern aus Korund-Fasern und Korund/Zirkoniumoxid-Matrix

AP4: (ITCF) Prüfung der mechanischen Eigenschaften der 2D-Probekörper

AP5: (ITCF) Prüfung und Optimierung der Faser-Matrix-Struktur

AP6: (Unternehmen 2) Herstellung von Korund-Keramikfasern im technischen Maßstab

AP7: (Unternehmen 3) Überprüfung der Zytotoxizität der Korundfasern bzw. der keramischen Verbundwerkstoffe durch Zelltests

AP8: (Unternehmen 1) Herstellung von 3D-Probekörpern

AP9: (Unternehmen 4) Eigenschaftsprüfungen (Mechanik, Struktur)

AP10: (ITCF) Mikroskopische Charakterisierung der CMC-Oberfläche

AP11: (Unternehmen 3) Überprüfung der Bioverträglichkeit der CMC's

Alle im Projektantrag geplanten Arbeitsschritte wurden durchgeführt und die Ergebnisse wurden unter den beteiligten Partner kommuniziert sowie in regelmäßigen Projekttreffen abgestimmt.

3. Erzielte Ergebnisse:

Im Rahmen des Projektes ist es gelungen, dünnwandige Modellimplantate aus keramischen Verbundwerkstoffen herzustellen, die bezüglich mechanischer Stabilität und biologischen Eigenschaften (Zytotoxizität und Biokompatibilität) als sehr gut zu bezeichnen sind.

Die zusammen mit den beteiligten Unternehmen erarbeiteten Ergebnisse zeigen, dass der untersuchte Al_2O_3 -Faser/ $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrO}_2$ -Werkstoff großes Potenzial für den angestrebten Einsatzzweck aufweist. Das Material ist als biokompatibel einzustufen und zeigt auch ohne weitere Vorbehandlung sehr gute Eigenschaften im Hinblick auf die Besiedlung mit Knochenzellen. Durch die Einlagerung der keramischen Fasern in das Matrixmaterial können die Implantate im ungebrannten Zustand endkonturnah hergestellt werden und weisen beim Brennvorgang nur einen vernachlässigbaren

Schrumpf auf. Durch die Anordnung der Faserlagen im Implantat kann der Verbundwerkstoff an die zu erwartenden Belastungssituationen angepasst werden. Die Ergebnisse des Projektes bilden die Ausgangsbasis für weiter klinische Untersuchungen, die einen Transfer der Technologie in die Praxis ermöglichen.



Implantate für den Bereich Jochbein und Augenhöhle, die im Rahmen des Projektes hergestellt wurden.

4. Mögliche Anwendungsfelder:

Entsprechend dem Projektziel können die entwickelten keramischen Verbundwerkstoffe nach entsprechenden klinischen Untersuchungen als neue Materialien im Bereich der Knochenersatzmaterialien eingesetzt werden. Dabei stehen vor allen dünnwandige Strukturen im Vordergrund wie sie im Bereich des Schädels vorkommen. Prinzipiell ist nach weiteren Vorarbeiten die Ausweitung des Einsatzgebietes auf andere Frakturen im Bereich des Skelettes denkbar.

5. Ansprechpartner:

Institut für Textilchemie und Chemiefasern (ITCF Denkendorf)
der Deutschen Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
Dr. Bernd Clauß
Tel.: 0711 9340-126
Fax.: 0711 9340-185
Mail: bernd.clauss@itcf-denkendorf.de