

Prof. H.-P. Wiesmann
Vorlesung „Werkstoffwissenschaft“

Seminar: Biomaterialien

(1 DS)

Inhalt:

Was sind Biomaterialien?

‘Biomaterial’ ist ein generischer Begriff, der ein weites Feld von sehr unterschiedlichen Materialien mit ebenso unterschiedlichen Anwendungen und Anforderungsprofilen umfasst. Unabhängig von Materialart oder Anwendung ist das verbindende Element in allen Fällen die Tatsache, dass das Material in direkten Kontakt mit dem Körper tritt, gewöhnlich um fehlerhaftes ‚biologisches Material‘ in seiner Funktion zu unterstützen oder zu ersetzen. Die Hauptanwendung von Biomaterialien ist demzufolge medizinischer Art und reicht von Hautpflastern, Zahnfüllungen und Kontaktlinsen bis hin zu Stents, Endoprothesen und Organersatz.

Biomaterialien können einen biologischen Ursprung haben, wie Herzklappen, Venen- oder Arterienersatz tierischen Ursprungs, oder das vielfach für Scaffolds verwendete Protein Kollagen; viele bestehen aber auch aus synthetischen Materialien wie Metallen, Keramiken, Gläsern, Polymeren oder Verbundwerkstoffen. Ein wichtiger Unterschied der Materialklassen ist unter anderem die Abbaubarkeit in vivo, die für natürliche Materialien und einige synthetische Polymere gegeben ist, ein weiterer ist die Stabilität. Aufgrund dieser Eigenschaft werden beispielsweise Metalle wie Titan- und Kobalt-Chrom-Legierungen vielfach für den Ersatz von Knochen und Gelenken verwendet, während die Polymere eher mit der Rekonstruktion von Weichgewebe assoziiert werden wie kardiovaskuläre Implantate oder Hautersatz in Fällen großflächiger Verbrennungen. Die Übergänge sind dabei fließend; viele Biomaterialien sind Kombinationen verschiedener Werkstoffe.

Durch die Anwendung im Körper werden an die Materialien besondere Ansprüche gestellt. Sie müssen sie nicht nur die mechanischen oder physikalischen Erfordernisse erfüllen, sondern gleichzeitig als Mindestanforderung chemisch und biologisch inert sein, um keine negativen Prozesse wie Entzündungen, allergische Reaktionen oder Abstoßungsreaktionen hervorzurufen. Diese Eigenschaft ist die Biokompatibilität. Eine Reihe von Metallen, Keramiken, Gläsern und Polymeren (z.B. Titan und seine Legierungen, Kobalt-Chrom-Legierungen, rostfreie Stähle, Silikon, PEEK, Polyethylen, Acrylpolymer, einige Polyester, Dextrane, Chitosan) zeigen ein entsprechendes Verhalten und können als Biomaterialien eingesetzt werden.

Die vorrangig auf Inertheit beruhende passive Biokompatibilität wird den Anforderungen der medizinischen Therapien aber nur in begrenztem Maße gerecht. Von den Materialien und insbesondere der Oberflächen wird in zunehmendem Maß eine Interaktion mit den Zellen des Zielgewebes verlangt. Dies kann der gezielte Abbau durch Zellen und der nachfolgende Ersatz durch körpereigenes Gewebe sein (Biodegradabilität), oder die aktive Beeinflussung der Gewebezellen, zum Beispiel mit dem Ziel, die Einheilung zu verbessern (Biofunktionalität).

Biomaterialien im Knochen

Knochen besteht neben einer kollagenen Grundmatrix zum überwiegenden Teil aus Hydroxylapatit. In nicht lasttragenden Bereichen des Knochens, z. B. zum Auffüllen von durch Tumore hervorgerufenen Defekten, werden daher Calciumphosphatmaterialien und -Zemente sowie Polymere verwendet. Die Polymere können synthetisch sein oder wie das Kollagen einen natürlichen Ursprung haben. Besonders interessant sind in diesem Zusammenhang die biomimetischen (also dem Knochen in Struktur und Zusammensetzung nachempfundenen) Materialien wie Kollagen/Hydroxylapatit-Komposite.

In den belasteten Bereichen wie beispielsweise im Gelenkersatz können diese Materialien aufgrund ihrer mangelnden Stabilität nicht eingesetzt werden. Hier finden vorrangig mechanisch belastbare Materialien wie Metalle ihre Anwendung, gepaart mit Keramiken oder Polymeren als Gleitlager.

Vorbereitung:

Es sollen Randbedingungen diskutiert werden, die bei der Entwicklung eines Gelenkersatzes entwickelt werden:

1. Zielort: Knochen

Wie ist der Knochen aufgebaut? Welche Materialeigenschaften hat er, und wie verhält er sich unter Last? Was unterscheidet den Knochen von einem vergleichbaren, unbelebten Material? Was könnte sich positiv, was negativ auf die Stabilität und Funktionalität eines Implantates auswirken?

2. Materialien: Gelenkersatz

Welche Möglichkeiten gibt es für einen Gelenkersatz? Welche Materialien kommen in Frage? Welche Eigenschaften (chemisch, mechanisch) müssen sie aufweisen, welche Rolle spielen Form und Struktur?

3. Implantation: Biokompatibilität

Welche Ereignisse finden unmittelbar nach der Implantation statt? Kann man jedes Material implantieren? Wenn nicht, warum? Welche Eigenschaften muss ein Biomaterial zusätzlich zu anderen Materialien aufweisen? Wie kann man das prüfen? Welche Rolle spielt die Oberfläche?

4. Langzeitstabilität: Osseointegration und Biokorrosion

Was passiert mit einem Implantat im Knochen in den folgenden Wochen und Monaten? Welchen Bedingungen ist es im Körper ausgesetzt, und wie kann sich das auf die Implantatstabilität auswirken? Wie wird das Implantat im Knochen verankert?

Aufgabe:

Diese Fragestellungen sollen in Gruppenarbeit unter Zuhilfenahme von Internet und Fachliteratur bearbeitet werden. Die Ergebnisse werden anschließend den anderen Gruppen vorgestellt.

Literatur:

- 1) Metals as Biomaterials, Edited by Helsen Breme, Wiley, 1998.
- 2) Biomaterials Science, Edited by Ratner et al., Elsevier, 2004.
- 3) Titanium in Medicine, Edited by Brunette et al., Springer, 2001.