

3D-Plotten von Calciumphosphat-Zementpasten: ein neues Verfahren zur Herstellung von Biokeramiken mit definierten Geometrien

3D plotting of calcium phosphate cement pastes: a novel method for manufacturing of bio-ceramics with defined geometries

Einleitung

Der Ansatz, Implantate mit einer definierten inneren und äußeren Geometrie mittels Rapid Prototyping-Verfahren zu erzeugen, wird seit einigen Jahren von vielen Arbeitsgruppen mit wachsendem Erfolg vorangetrieben [1]. Für die Verarbeitung von Calciumphosphaten, welche für die Herstellung von Implantaten für den Knochenersatz von großem Interesse sind, wurden bislang vor allem die Verfahren des Lasersinterns und des 3D-Pulverdrucks [2] verwendet. Calciumphosphat-Knochenzemente, die während der Zementierungsreaktion zu nanokristallinem Hydroxylapatit (HA) abbinden und damit der Mineralphase des natürlichen Knochens besonders nahekommen, ließen sich bislang mit Rapid Prototyping-Verfahren nicht verarbeiten, da diese Materialien nach dem Anmischen zu schnell aushärten. Durch die Verwendung von langzeitstabilen Calciumphosphat-Zementpasten [3] in Verbindung mit einem neuartigen 3D-Plotsystem konnten nun mittels eines bei Raumtemperatur ablaufenden Prozesses poröse 3D-Scaffolds aus nanokristallinem HA erzeugt werden, welche interessante patientenindividuelle Implantatmaterialien für den Knochenersatz darstellen.

Material und Methoden

Als Ausgangsmaterial für die Herstellung der langzeitstabilen Zementpasten diente das unter der Bezeichnung ‚Biozement D‘ in der Literatur eingeführte, α -TCP-basierte System. Die feste Zementprekursorphase wurde in einem biokompatiblen und degradablen Öl (Miglyol) suspendiert und ist in dieser Form über Wochen lagerfähig [3]. Durch pneumatisch gesteuerte Extrusion aus einer Spritze, welche mit einem computergesteuerten 3-Achs-System präzise positioniert wird, lassen sich Scaffolds mit definierter äußerer und innerer Geometrie (Porosität) erzeugen, welche nach Kontakt mit Wasser oder wässrigen Lösungen innerhalb weniger Minuten zu HA abbinden. Durch Variation der Plotparameter und einiger Kenngrößen des Pastenzementes wurden die minimalen und maximalen Strangdurchmesser sowie die Grenzen der erzeugbaren Poren ermittelt. Die erhaltenen Scaffolds wurden mechanisch charakterisiert und nach Gamma-Sterilisation durch Besiedlung mit humanen mesenchymalen Stammzellen in Bezug auf ihre Biokompatibilität untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Untersuchungen wurden bislang einfache Gittergeometrien (Abb. 1) als Muster realisiert. Mit den bisher untersuchten Pastenzementen konnten minimale Strangdurchmesser von 600 μm erzeugt werden; die offenporige Geometrie blieb hierbei während des Abbindens unter wässrigen Bedingungen erhalten.

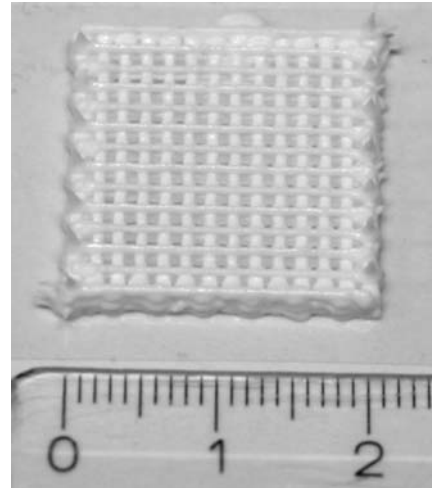


Abb. 1: Durch 3D-Plotten aus einem Calciumphosphat-Pastenzement erzeugter poröser Scaffold (Scala: cm)

Humane mesenchymale Stammzellen adhärten und proliferierten auf den porösen Scaffoldmaterialien und ließen sich in osteogenem Medium zu Osteoblasten differenzieren (Anstieg der spezifischen Aktivität des Marker-Enzyms Alkalische Phosphatase). Die Scaffoldherstellung aus Pastenzementen erfordert keine nachträgliche Wärmebehandlung und kann unter sterilen Bedingungen erfolgen, was die Möglichkeit eröffnet, simultan lebende Zellen zu verarbeiten. Diese Studie wird von der AiF unterstützt.

Literatur

- [1] D. W. Hutmacher *et al.*: Scaffold-based tissue engineering: rationale for computer-aided design and solid free-form fabrication systems. *Trends Biotechnol.* **2004**, 22, 354-362.
- [2] U. Gbureck *et al.*: Preparation of tricalcium phosphate/calcium pyrophosphate structures via rapid prototyping. *J. Mater. Sci. Mater. Med.* **2008**, 19, 1559-1563.
- [3] B. Nies *et al.*: Calciumphosphatzemente als langzeitstabile Pasten mit einstellbarer Porosität. *Biomaterialien* **2007**, 8, 178.

Korrespondenzanschrift

Dr. Michael Gelinsky*, Dr. Anja Lode

E-Mail: michael.gelinsky@tu-dresden.de

Technische Universität Dresden, Institut für Werkstoffwissenschaft und Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien, Budapester Straße 27, D-01069 Dresden

K. Meißner, F. Sonntag. Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), D-01277 Dresden

S. Glorius, Dr. B. Nies. InnoTERE GmbH, D-01307 Dresden