

Tissue Engineering

Knochen aus dem Drucker

Unfälle oder die Folgen von Knochentumoren können zu größeren Knochendefekten führen. Die effektivste Art, solche »Löcher« zu schließen, bieten körpereigene Zellen. Implantate aus Knochenersatzmaterial helfen, die Zellen an den richtigen Einsatzort zu lenken. Solche Implantate zu entwickeln, ist Ziel des Forschungsverbunds »Tissue Engineering and Rapid Prototyping« (FORTEPRO). Zu dem interdisziplinären Forschungsteam aus Medizinern, Informatikern, Materialwissenschaftlern, Pharmazeuten, Chemikern und Ingenieuren der Universitäten Passau, München, Regensburg und Bayreuth sowie Industriepartnern gehört auch der Lehrstuhl für Feingerätebau und Mikrotechnik der TUM in Garching (Prof. Joachim Heinzl).



Dreidimensionaler Datensatz eines Kiefertumors



Kieferimplantat aus Hydroxylapatit, hergestellt über ein 3D-Druckverfahren. Foto: Ralph Pelzer

Implantate aus Knochenersatzmaterial, die körpereigenen Zellen als Leitschiene dienen, sollen später im Körper abgebaut werden. Das Material muss daher biokompatibel und resorbierbar sein, wobei das Abbauverhalten dem Zellwachstum angepasst werden muss, um die notwendige Stabilität zu gewährleisten. Außerdem muss das Implantat exakt in die Defektstelle passen und ein definiertes Porensystem aufweisen, damit körpereigene Zellen es besiedeln können. Das beschleunigt den Heilungsprozess, weil sich im ganzen Implantat neues Knochengewebe bilden kann.

Am Beispiel eines Kieferimplantats lässt sich der prinzipielle Ablauf des Verfahrens beschreiben: Ein Computertomograph erstellt einen dreidimensionalen Datensatz des Unterkiefers mit dem diagnostizierten Tumor. Präoperativ wird die zu erwartende Defektstelle ermittelt und mit einem am Computer erzeugten dreidimensionalen Datensatz, der eine spezielle Porenstruktur vorgibt, passgenau gefüllt. Die Porenstruktur ermöglicht die Besiedlung

mit körpereigenen Zellen des Patienten; der angrenzende Knochen kann so in das Implantat einwachsen.

Die Umsetzung des Datensatzes in ein Bauteil erfolgt über ein dreidimensionales Druckverfahren, das auf der schichtweisen Verfestigung von Pulver durch das Aufbringen eines flüssigen Bindemittels basiert: Eine Modellplattform wird gleichmäßig mit Pulver bedeckt und darauf mit einem Druckkopf flüssiges Bindemittel gegeben. Der Binder härtet aus und bildet mit dem Pulver einen Festkörper. Nach dem Bedrucken einer Schicht wird die Modellplattform um eine Schichtdicke gesenkt, erneut eine Schicht Pulver aufgebracht und mit Binder ausgehärtet. Diesen Vorgang wiederholt man so oft, bis das vollständige Implantat vorliegt. Anschließend wird das lose Pulver vom Bauteil entfernt. Bei diesem generellen, in vielen technischen Bereichen angewendeten Verfahren dienen als Pulver zumeist Gips oder Stärke. In der Medizin verwendet man andere Materialien, im speziellen Fall des Kieferimplantats Hydroxylapatit.

Ein großer Vorteil dieses Verfahrens ist die enorme Freiheit in der Formgebung, vor allem die Generierung unterschiedlicher poröser Strukturen, die mit abformenden Verfahren nicht möglich ist, weil es dabei zu Hinterschneidungen kommt. Das neue Verfahren ermöglicht exakte patienten- und anwendungsindividuelle Formen und Strukturen. Beim Erstellen der inneren Strukturen ist lediglich darauf zu achten, dass loses Pulver aus den Hohlräumen entfernt werden kann. In einem abschließenden Prozess wird der Binder ausgebrannt und das Pulver bei 1 250°C gesintert, um dem Implantat eine Festigkeit zu verleihen, die natürlichem Knochen entspricht. An der TUM wurde dieses Verfahren so weiterentwickelt, dass der Knochenersatzwerkstoff Hydroxylapatit verwendbar ist. Diese Substanz kann mit Zellen besiedelt werden und ist wegen ihrer Ähnlichkeit zu natürlichem Knochenmaterial resorbierbar - nach einer gewissen Zeit wird das Implantat abgebaut und durch natürliches Knochengewebe ersetzt.

Ralph Pelzer

Kontakt:

Dipl.-Ing. (FH) Ralph Pelzer
Lehrstuhl für Feingerätebau
und Mikrotechnik
Tel.: 089/289-15165
Pelzer@fgb.mw.tum.de