

Mechanismen der knöchernen Integration: Biotechnologie für eine beschleunigte Osteogenese

Für das Verständnis, wie Implantatwerkstoffe die Knochenbildung in vivo beeinflussen, ist es notwendig, die zellulären Reaktionen auf der Implantatoberfläche unter Berücksichtigung der Wundheilung genau zu untersuchen. Vier zusammenhängende Eigenschaften der Implantatoberfläche haben einen direkten Einfluss auf die Reaktionen der osteogenetischen Zellen: die chemische Zusammensetzung, die Energie, die Rauigkeit und die Morphologie der Oberfläche.

DR. MED. DENT. PETER GEHRKE/MANNHEIM

Die initiale Migration von Zellen, ihre Anhaftung, Proliferation und Differenzierung werden durch eine oder mehrere dieser Eigenschaften modifiziert. Umfassende Einsichten in die Grundmechanismen der Osseointegration sowie das kontinuierliche Bestreben, Materialeigenschaften von Implantaten zu vervollkommen, haben zu einem neuen Standard in der Entwicklung von Oberflächen geführt. Eine wachstumsaktivierende Mikrostruktur auf Implantatoberflächen führt zu einer Verbesserung der Benetzungseigenschaften, der Osteoblastenanhaftung sowie der Knochenquantität und -qualität.

Der Langzeiterfolg einer Implantattherapie wird von multiplen Faktoren bestimmt. Neben der individuellen Anamnese des Patienten, der knöchernen Aufbereitungstechnik und der Hart- und Weichgewebebehandlung während der Implantation stellen auch Qualität, Dichte und Physiologie des Knochenlagers relevante Faktoren dar. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Mechanismen an der Grenzfläche zwischen Knochen und Implantat sowie die chemisch-physikalischen und morphologischen Oberflächeneigenschaften. In der Implantologie bereits millionenfach bewährt, hat sich Titan als am besten geeigneter Werkstoff erwiesen. Seine Qualitäten hinsichtlich mechanischer Festigkeit und Bio-

kompatibilität machen es zum Implantatmaterial der Wahl, auch bei der Realisierung mikrostrukturierter Oberflächen. Die biologischen Eigenschaften von Titan als Implantatwerkstoff werden durch seine Titandioxidoberfläche und nicht durch das Metall selbst bestimmt. Durch die Bindung von Sauerstoff aus der Umgebungsluft bildet sich die Titandioxidschicht spontan, innerhalb von Nanosekunden. Die Dicke dieses Dioxidfilms beträgt zwischen drei und fünf Nanometern oder rund zwanzig Atomlagen. Dass die Titandioxid-Körperflüssigkeits-Grenzschicht von größter Bedeutung für den Einsatz von Titan in der Implantologie ist, wurde indes vielfach dokumentiert (BRUNETTE et al. 2001¹).

Knochenphysiologie und Knochenheilung

Die Knochenneubildung geht von den Osteoblasten der Knochenoberfläche aus, die das Implantat umgibt. In jedem Osseointegrationsmodell können prinzipiell zweierlei Arten der Osteogenese (DAVIES 2000²) stattfinden. Bei der Distanz-Osteogenese lagern sich die knochenbildenden Zellen am ortständigen Knochen an. Es findet keine Zellapposition an der Implantatoberfläche statt. Der Kontakt zur Implantatoberfläche wird durch

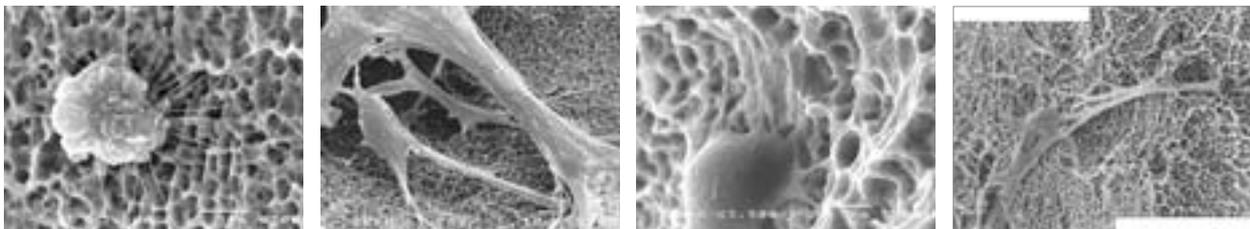


Abb. 1: Initialer Kontakt: Eine Osteoblastenzelle verankert sich mit fadenförmigen Zellfortsätzen (Filopodia) auf der FRIADENT® CELLplus Oberfläche. Mit freundlicher Genehmigung von R. Sammons. – Abb. 2: Zellen bilden weit verzweigte, multifokale Kontakte auf CELLplus. Zellextensionen verbinden sich miteinander und überbrücken Oberflächenporen und Kavitäten. Die Zellketten bestehen aus drei bis sechs Zellen von jeweils ca. 30 µm Länge. Mit freundlicher Genehmigung von R. Sammons. – Abb. 3: Osteoblast im Stadium 2: Lamellenartige Fortsätze (Lamellipodia) legen sich eng an die CELLplus Oberfläche. Filopodia dringen in die miteinander verbundenen Poren. Mit freundlicher Genehmigung von R. Sammons. – Abb. 4: Das zusammengesetzte REM-Bild zeigt die typische „Brückenbildung“ der Osteoblasten auf CELLplus (Originalvergrößerung x 1.000; Balken = 10 µm). Mit freundlicher Genehmigung von R. Sammons.