

# Aktuelle Aspekte der Osseointegration

*Zum Erreichen der Osseointegration wurde eine ausreichende Einheilzeit und die Verwendung eines bioinerten Materials von den ersten wissenschaftlich erprobten Implantatsystemen gefordert. Die aktuellen Grundlagenuntersuchungen bei der Anwendung moderner Implantatoberflächen zeigen wesentlich komplexere Vorgänge bei der ossären Einheilung, die eine spezifische Konditionierung der Implantatoberfläche erfordern.*

DR. JÖRG NEUGEBAUER, DR. VIKTÖR E. KARAPETIAN,  
DR. DR. MARTIN SCHEER, UNIV.-PROF. DR. DR. JOACHIM E. ZÖLLER/KÖLN\*

## Historie

Zu Beginn der modernen Implantologie wurde von den Inauguratoren<sup>1-3</sup> der osseointegrierten Implantate die Einheilzeit von drei Monaten im Unterkiefer und bis sechs Monate im Oberkiefer als Regel postuliert, ohne dass zu dieser Zeit Grundlagenuntersuchungen zum zeitlichen Ablauf der Osseointegration durchgeführt wurden. Die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Integration der Implantate wurde im Wesentlichen in der Auswahl eines bioinerten Materials<sup>1,2</sup> und der mechanischen Immobilisation mit der Vermeidung von Mikrobewegungen über 100 µm<sup>4,5</sup> begründet. Die Verwendung von rauen Oberflächen, vor allem titanplasmabeschichtete Implantate, wurde damit erklärt, dass durch eine Vergrößerung<sup>6</sup> der Implantatoberfläche eine erhöhte Knochenanlagerung zu erreichen sei. Diese sehr mechanischen Betrachtungen wurden durch die Beschreibungen von DAVIES<sup>7,8</sup> relativiert, der durch die raue Implantatoberfläche eine Stabilisierung des Fibrinnetzwerkes als Grundlage für die initiale Knochenanlagerung postulierte. Klinisch zeigten die Implantate mit einer rauen Oberfläche wesentlich bessere Erfolgsraten, auch bei Indikationen mit Einschränkungen des Knochenstoffwechsels oder der Sofortbelastung, als Implantate mit einer glatten Oberfläche.<sup>9-13</sup>

## Biologie der Osseointegration

Untersuchungen zum biochemischen Ablauf der Knochenneubildung haben gezeigt, dass nach der initialen Hydratation durch Körperflüssigkeit es zu einer Einlagerung von Calcium- und Phosphat-Ionen in den oberflächlichen Titan-Oxidschichten kommt. Die Veränderung des dynamischen Kontaktwinkels beschreibt die Benetzungscharakteristik und gibt den Umfang dieser initialen Ioneneinlagerung an.<sup>14</sup> Diese biochemische Veränderung der Oberfläche ermöglicht dann die Adhäsion von nicht-kollagenen Proteinen wie Sialo-Pontin und Osteo-Pontin,<sup>7</sup> welche als initiale Voraussetzung für die Kontakt-Osteogenese gelten.

Eine Knochenneubildung, die weit gehend von der Implantatoberfläche ausgeht, wird als Kontakt-Osteogenese beschrieben. Erfolgt die Implantateinheilung durch ein Heranwachsen des Knochens von der Implantatkapazität aus, liegt eine Distanz-Osteogenese vor. Die Kontakt-Osteogenese zeichnet sich durch einen hohen Knochen-Implantat-Kontaktwert aus, während bei der Distanz-Osteogenese mehr Markräume am Übergang vom Implantat zum Knochen zu finden ist.

Durch die chemische Veränderung bei der Proteineinlagerung an der Oberfläche wird eine Grundlage für die Stabilisierung des Blut-Koagulums an der Implantatoberfläche geschaffen. Dieser initiale Teil der Wundheilungskaskade<sup>7</sup> ermöglicht den Osteoblasten eine Anlagerung an die Implantatoberfläche. Sofern die Osteoblasten auf Grund der Mikromorphologie mit einer gleichmäßigen Porenstruktur mechanische Verankerungsmöglichkeiten vorfinden, können sich diese dann weiter differenzieren.<sup>15</sup> Die Osteoblastendifferenzierung findet in vier Stufen statt, die durch die Anhaftung mittels dünner Zellausläufer den so genannten Filiaepodiae beginnt und dann sich in breitere Laminaepodiae aufspreizen. In der dritten Stufe der Differenzierung zeigen sich zirkuläre Zellausläufer, die sich dann zu glatten Zelllagen im Stadium 4 ausdehnen. Die aktuellen Untersuchungen von SAMMONS haben gezeigt, dass die höchste Anzahl voll ausdifferenzierter Osteoblasten für Oberflächen mit einer homogenen mikroporösen Oberfläche durch Korundstrahlen und Hochtemperaturätzen erreicht werden konnten. Mikroporöse Oberflächen mit glatten Bereichen zwischen den Poren zeigten einen geringeren Anteil von voll ausdifferenzierten Osteoblasten.<sup>16</sup>

Das Remodelling findet nicht wie in der Vergangenheit oftmals beschrieben erst nach Erreichen der Osseointegration statt, sondern ist Bestandteil der knöchernen Einheilung der Implantate durch die Umbauprozesse während der Mineralisation des neu gebildeten Knochens.

## Klinische Relevanz

In einer Pilotstudie für den Vergleich von sofortbelasteten Implantaten mit verschiedenen Gewindedesigns und Oberflächen konnte gezeigt werden, dass die Oberflächen mit einer homogenen mikroporösen Oberfläche, die gemessenen Knochen-zu-Implantat-Kon-

\* Klinik und Poliklinik für Zahnärztliche Chirurgie und Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, Direktor Univ.-Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller, Universität zu Köln, Deutschland