

Zusammenfassung

Große segmentale Knochendefekte stellen eine erhebliche Herausforderung in der orthopädischen Versorgung dar, da sie die kritische Größe für eine spontane Knochenheilung überschreiten. Knochengewebetechnologie (BTE) -Gerüste haben sich als vielversprechende Lösung zur Bewältigung solcher komplexer Defekte herausgestellt. Gerüste, die die Struktur des menschlichen Knochens nachahmen und gleichzeitig über ausreichende mechanische Festigkeit und Biokompatibilität verfügen, sind entscheidend für eine effektive Knochengeweberegeneration. Die meisten bestehenden BTE-Gerüste sind jedoch nicht in der Lage, die komplexe hierarchische Struktur des menschlichen Knochens zu replizieren, was ihre praktische Anwendung einschränkt. Diese Dissertation beschäftigt sich mit dieser Herausforderung, indem sie knochenimitierende Biokeramik-Gerüste auf Basis von kupferdotiertem Diopsid ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) entwickelt, einem Material, das für seine mechanische Festigkeit und Bioaktivität bekannt ist. Fortgeschrittene rotierende 3D-Drucktechniken wurden eingesetzt, um Gerüste herzustellen, die der menschlichen Knochenstruktur sehr nahe kommen, was zu hoher Porosität und Druckfestigkeit führt, die mit der des menschlichen Knochens vergleichbar ist. Darüber hinaus zeigen diese Gerüste eine ausgezeichnete Biokompatibilität. Insgesamt stellt diese Dissertation einen neuartigen Ansatz zur Herstellung hochgradig knochenimitierender Gerüste vor, deren Druckfestigkeit, Biokompatibilität und Funktionalität mit menschlichem Knochen vergleichbar sind und somit bedeutendes Potenzial für die Reparatur großer Knochendefekte bieten.

Abstract

Large segmental bone defects pose significant challenges in orthopedic care, as they exceed the critical size threshold for spontaneous bone healing. Bone tissue engineering (BTE) scaffolds have emerged as a promising solution for addressing such complex defects. Scaffolds that mimic the structure of human bone, while possessing adequate mechanical strength and biocompatibility, are crucial for effective bone tissue regeneration. However, most existing BTE scaffolds fail to replicate the intricate hierarchical structure of human bone, which limits their practical application. This dissertation addresses this challenge by developing bone-mimetic bioceramic scaffolds based on copper-doped diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$), a material known for its mechanical strength and bioactivity. Advanced rotational 3D printing techniques were employed to fabricate scaffolds that closely mimic the human bone structure, resulting in high porosity and compressive strength comparable to that of human bone. Additionally, these scaffolds exhibit excellent biocompatibility. Overall, this dissertation presents a novel approach to fabricating high-fidelity bone-mimetic scaffolds with compressive strength, biocompatibility, and functionality on par with human bone, offering significant potential for the repair of large bone defects.