

7. Zusammenfassung

Da die derzeit auf dem Markt erhältlichen, in Chirurgie und Orthopädie eingesetzten, konventionellen PMMA-Knochenzemente auf Methylmethacrylatbasis erhebliche Nachteile hinsichtlich ihrer Biokompatibilität, Verarbeitbarkeit und deren werkstoffkundliche Eigenschaften aufweisen, war das Ziel dieser Arbeit ein Knochenersatzmaterial zu entwickeln, welches den handelsüblichen Knochenzementen grundsätzlich entspricht, diese aber in den Eigenschaften, insbesondere im Hinblick auf Biokompatibilität, Verträglichkeit und Verarbeitung übertrifft.

Es sollte eine entsprechende Rezeptur, auf der Basis eines säurezahlmodifizierten PMMA-Lösungsmittels in Verbindung mit einem Biokeramik-Pulver-Gemisch gefunden werden. Verschiedene Variationen wurden hinsichtlich ihrer werkstoffkundlichen Eigenschaften untersucht. Ein besonderes Augenmerk galt der Überprüfung der Zellverträglichkeit.

Der experimentelle Knochenzement ist ein Zweikomponentensystem. Er besteht aus einem in Lösungsmittel vollständig gelöstem Polymer. Das Lösungsmittel ist ein Ethanol-Acetessigsäureethylester-Gemisch. Bei dem Polymer handelt es sich um ein in der Säurezahl modifiziertes PMMA. Die Pulverkomponente besteht aus einem Biokeramik-Pulvergemisch, welches gleichermaßen als Füllstoff und Initiator dient. Damit kann die Festigkeit gesteigert bzw. variiert werden.

Die Knochenneubildung wird über die Freisetzung dafür benötigter Substanzen unterstützt.

Es ergeben sich folgende Vorteile gegenüber herkömmlichen PMMA-Knochenzementen.

Durch die Umgehung der radikalischen Polymerisation tritt keinerlei Wärmeentwicklung auf. Das Polymer liegt bereits in der Ausgangslösung vor. Es wird als Lösungsmittel gefällt und härtet aus. Der experimentelle Knochenzement ist ebenfalls in der Lage, Antibiotikum freizusetzen, wobei dieses in geringerer Konzentration vorliegen und so die Zusatzbelastung für den Gesamtorganismus reduziert werden kann.

Durch die Porengröße von bis zu 250µm, besteht für die umgebenden Knochenzellen die Möglichkeit, in die Substanz hinein zu wachsen.

Alle in den konventionellen PMMA-Knochenzementen verwendeten toxischen Substanzen sind im experimentellen Knochenzement nicht enthalten.

Der experimentelle Knochenzement hat konstante Materialeigenschaften, da das Polymer bereits in der Ausgangslösung vorliegt. Somit besteht die Möglichkeit, die Kettenlänge je nach Anforderung zu bestimmen.

Die Verarbeitungszeit ist aufgrund des von konventionellen Knochenzementen abweichenden Reaktionsmechanismus deutlich höher (bis zu 10min) und kann durch Variation des Pulver-Flüssigkeits-Verhältnisses individuell eingestellt werden. Durch die cremige Konsistenz besteht die Möglichkeit der Spritzenapplikation. Damit können auch sehr enge Stellen erreicht werden. So kann sich gegenüber den konventionellen PMMA-Knochenzementen eine größere Haftungsfläche ergeben.

Die Belastung des Patienten könnte damit bei gleichem Aufwand erheblich reduziert werden. Der experimentelle Knochenzement zeigt sowohl unter trockenen als auch feuchten Bedingungen eine gute Haftung zu metallischen Oberflächen.

Die Hauptschwäche des experimentellen Knochenzementes liegt in der geringeren Biegebruchfestigkeit. Mit einem Wert von ca. 8 MPa liegt er deutlich unter der Norm von 50MPa. Allerdings dürfte zur Bewältigung der an einen Knochenzement gestellten Anforderungen, die Erfüllung dieser Norm nicht unbedingt zwingend erforderlich sein. Mit dem Zement wird grundsätzlich nur ein kleiner Spalt zwischen Knochen und Implantat ausgefüllt. Damit liegt die Hauptbelastung auf dem Implantat und dem Knochen. Von der Gewährleistung der Primärstabilität kann in jedem Fall ausgegangen werden. Bedeutsamer scheint die Frage, wie flexibel der jeweilige Zement sein sollte. Herkömmliche PMMA-Knochenzemente sind nach dem Aushärten sehr starr und neigen, bedingt durch diese Unflexibilität, verstärkt zur Rissbildung. Der experimentelle Knochenzement ist wesentlich flexibler, es entstehen keine Risse.

Die eingesetzten Lösungsmittel entziehen den umliegenden Zellen Wasser, dies wirkt gleichzeitig desinfizierend und wird durch die körpereigenen Substanzen verdünnt. Die an Lösungsmittel zugesetzte Menge ist bei den Eingriffen relativ gering, wodurch die toxische Wirkung als vernachlässigbar eingestuft werden kann.

Trotz der erreichten Ergebnisse müssen weiterführende Untersuchungen erfolgen, um den vorgesehenen Einsatz des Materials zu ermöglichen. Um die langfristige klinische Bewährung des Materials beurteilen zu können, sind eine Vielzahl von Faktoren bedeutsam. Die unter Laborbedingungen erzielten Ergebnisse ergeben zum jetzigen Zeitpunkt noch keine endgültige Einschätzung des Materials.