

VORTEILE UND NACHTEILE DER ANWENDUNG VON METALL - UND KERAMIKIMPLANTATE IN DER MEDIZIN

A.A. Proskyrin, E. A. Sysa

Wissenschaftlicher Betreuer: E. A. Sysa

Tomsker polytechnische Universität, Russland, Tomsk, Lenin Prospekt, 30, 634050

E-mail: Shuor@sibmail.com

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ИМПЛАНТАНТОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ В МЕДИЦИНЕ

A.A. Проскурин, E.A. Сыса

Научный руководитель: E.A. Сыса

Томский политехнический университет, Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: Shuor@sibmail.com

Данная статья посвящена преимуществам и недостаткам металлических и керамических имплантатов применяемых в медицине. Подробно описываются особенности кальций-фосфатного покрытия на основе гидроксиапатита.

Implantate unterschiedlichster Werkstoffgruppen findet man heutzutage in fast allen medizinischen Bereichen. Sie ersetzen fehlerhafte Herzklappen, ergänzen bzw. unterstützen das Gebiss und helfen Unfallopfern wieder ein normales Leben zu führen. In diesem Zusammenhang stoßen Biowerkstoffe aus Calciumphosphaten bei Biologen, Werkstoffwissenschaftlern, Chemikern und Medizinern auf großes Interesse [5].

Mit biokompatiblen Werkstoffen kann man vielen kranken Menschen wieder ein normales Leben ermöglichen. Jedoch ist der Einsatz eingeschränkt. Eine vollständige funktionelle Substitution des menschlichen Körpers wird es wohl nicht geben, da viele körpereigene Bauteile viel zu komplex aufgebaut sind [2].

Das Ziel der Arbeit ist Vorteile und Nachteile von Metall -und Keramikimplantate in der Medizin zu behandeln.

Metalle werden schon lange in der Medizin als Implantat-Werkstoffe verwendet. Erste Metallimplantate gab es im 18. Jahrhundert; in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden zunehmend Silberdrähte zur Fixierung eingesetzt.

Besonders gute vorteilhafte Eigenschaften der Metalle sind [4]:

- hohe mechanische Stabilität;
- Elastizität;
- Gute Verarbeitbarkeit, im Gegensatz zu Keramiken;
- Einfache und vergleichsweise kostengünstige Herstellung.

Nachteilig sind unter Umständen:

- die Abwesenheit einer Biodegradierbarkeit (je nach Anwendung ist dies ein Vorteil [Zahnimplantate] oder ein Nachteil [Knochenersatz]);
- ein möglicher Abbau durch Korrosion, mechanischen Verschleiß und Ermüdung, der zur Freisetzung toxischer oder allergen Ionen führen kann, oder Abwehrreaktionen auf mikroskopische Partikel hervorrufen kann;

- die Gefahr einer Sensibilisierung.

Folgende Reaktionen können nach einer Implantation auftreten [1]:

- eine direkte Reaktion des Gewebes auf das Implantat oder Korrosionsprodukte, die z.B. zu lokalen Entzündungen führen kann;
- eine indirekte Reaktion auf das Implantat oder Korrosionsprodukte durch Transport und Anreicherung von Metall Ionen im Körper. Beim Überschreiten kritischer Konzentrationen kann es zu Krankheiten und Allergien führen;
- Durch Korrosion und die damit verbundenen elektrochemischen Prozesse kann es zu massiven Störungen des Elektrolythaushaltes in der Implantat Umgebung kommen.

Das Ziel ist, die Osteointegration und dadurch die Fixation einzementierter Implantate im Knochen zu verbessern. Das Hauptaugenmerk der Arbeit richtet sich auf die Werkstoffgruppe der Biokeramiken, die nachfolgend näher erläutert wird [7].

Wichtige Stoffklasse der Biomaterialien sind die Keramiken. Man kann eine Keramik als “anorganischen, nichtmetallischen Werkstoff” definieren. Die stoffliche Vielfalt ist groß; jedoch werden nur wenige Keramiken tatsächlich in der Medizin eingesetzt.

Im Wesentlichen kann man zwei Klassen unterscheiden: Bioinerte Hartkeramiken wie Al_2O_3 und ZrO_2 , bei denen die guten mechanischen Eigenschaften im Vordergrund stehen, und Biodegradierbarkeit der Keramiken, die in erster Linie im Knochenbereich eingesetzt wird. Daher ist bei letzteren die gute Interaktion mit dem umgebenden Gewebe wichtig, d.h. ein gutes Anwachs- und Durchbauverhalten im Knochenkontakt [4].

Calciumphosphatbasierte Biokeramik hat aufgrund der positiven klinischen Erfahrungen als Werkstoffgruppe eine größere Bedeutung gegenüber den anderen Werkstoffen [7].

Hydroxylapatit gehört zur Gruppe der Calciumphosphate, im Sinne von Keramik mit unterschiedlichen Anteilen an Calcium und Phosphor. Im Speziellen für HA $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$.

Hydroxylapatit ist ein resorbierbares Biomaterial, das sich als Werkstoff für Knochenersatz in der Praxis bereits viel facht bewährt hat und in diesem Zusammenhang überwiegend als Beschichtungsmaterial eingesetzt wird, um von den Vorteilen seiner osteoinduktiven und osteokonduktiven Wirkung Gebrauch zu machen [6].

Motivation zur Entwicklung des HA als Biokeramik war es, eine möglichst originalgetreue Kopie des natürlichen anorganischen Knochengewebes zu erhalten. Speziell in der Orthopädie, z.B. als Hüftgelenkersatz, dient HA vorerst nicht als Trägermaterial, sondern wird zum Beschichten von oben erwähnten Oxidkeramiken oder anderen biokompatiblen Werkstoffen mit höherer mechanischer Festigkeit verwendet. Ändern könnte sich dies in Zukunft mit der Entwicklung von nanokristallinem HA, welcher in Eigenschaft und Struktur dem menschlichen Knochen immer näher kommt.

Bei der Beschichtung mit HA wird eine relative geringe Kristallinität angestrebt um Stoffwechselreaktionen zu begünstigen, was zu einer Erhöhung der Bioaktivität führt. Das Ziel einer Beschichtung liegt darin dem Patienten ein zementfreies Implantat zu ermöglichen, welches weiterhin durch seine Bioaktivität eine festere Verbindung zwischen Implantat und Gewebe gewährleistet. Mögliche Verfahren zum Auftragen der Beschichtung sind thermische Spritzverfahren, Sintern, elektrophoretische Abscheidung und Abscheiden aus übersättigter Lösung, wobei ersteres am häufigsten zur Anwendung kommt [3].

Der Einsatz von Keramiken beschränkt sich im Wesentlichen auf kompakte, steife und nicht bruchgefährdete Implantatkomponenten. Grundsätzlich stost man jedoch mit den gegenwärtig zur Verfügung stehenden,

bearbeitbaren Volumenwerkstoffen auf prinzipielle Restriktionen, um alle geforderten Eigenschaften für ein sicher integrierendes, langzeitstabiles Implantat zu erfüllen. Oberflächenbeschichtungen bieten die Möglichkeit, günstige mechanische Eigenschaften des Grundmaterials mit ausgezeichneten biologischen Werten der Beschichtung zu kombinieren [8].

Bevor ein biokeramischer Werkstoff zum Einsatz kommt, muss er neben den üblichen mechanischen Eigenschaften auch den Test auf Biokompatibilität bestehen. Das heißt möglichst lange und stark belastbare und höchste Verträglichkeit mit dem Empfängergewebe. Um diesen hohen Ansprüchen gerecht zu werden ist es das Primärziel der modernen Forschung die vollständige Imitation des entsprechenden natürlichen Gewebes. Größtes Potential sieht man heutzutage in der Verwendung von Hydroxylapatit (HA) im nicht-lasttragenden Bereich. Moderne Verfahren ermöglichen die Herstellung von nanokristallinem HA, welcher den menschlichen Gewebestrukturen bisher am nächsten kommt. Nicht nur aufgrund der Ausbildung, sondern auch wegen der Möglichkeit zur Anwendung in Zell-Werkstoff-Verbunden, der neuesten Generation an biokompatiblen Werkstoffen. Da diese Entwicklungen jedoch noch nicht reif genug für eine Anwendung im menschlichen Körper sind, besitzen die mittlerweile konservativen Biokeramiken, wie verschiedenste Oxidkeramiken, Biogläser, Glaskeramiken, weiterhin eine große Bedeutung. Forschung lohnt sich natürlich auch mit diesen Materialien, da auch hier noch großes Potential besteht. Nicht zuletzt aus dem Grund, dass diese Biokeramiken selbstverständlich auch im Verbund mit z.B. HA ausgezeichnete mechanische und biochemische Eigenschaften besitzen.

LITERATUR

1. Abke Jochen (2003). Verbesserung der Biokompatibilität metallischer Implantate durch kovalente Anbindung einer quervernetzten Kollagenschicht.
2. Baldauf M (2003). Biokeramische Werkstoffe. Freiberg.
3. Dorozhkin Sergey, Epple Matthias. Die Biologische und medizinische Bedeutung von Calciumphosphaten [Электронный ресурс]. – режим доступа: [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1521-3757\(20020902\)114:17%3C3260::AID-ANGE3260%3E3.0.CO;2-S/full](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1521-3757(20020902)114:17%3C3260::AID-ANGE3260%3E3.0.CO;2-S/full) – 25.02.14
4. Epple Matthias (2003). Biomaterialien und Biomineralisation, Wiesbaden.
5. Link, Helmut D. Partially degradable scaffolds for biomedical applications. Patentansprüche. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.sumobrain.com/patents/wipo/Method-producing-implant-coating-corresponding/WO2012163950.html>- 25.02.14
6. Repenning. Beschichtungen auf Implantaten. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://omt.de/download/beschichtungen-auf-implantaten.pdf> – 29.02.14
7. Riess Guido. Implantologie (Implantate) – Hintergrund. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.medfuehrer.de/Zahnmedizin-Zahnarzt/Behandlungen/Implantologie-Hintergrund.html> - 29.02.14
8. Hitzegrad Frank (2009). Präparation von poröser calciumphosphat-basierter Biokeramik für die Implantologie und das Tissue Engineering. Berlin.