

Ersatzteile ohne Gewähr

Kunstgelenke kann der Körper nicht selbst in Schuss halten. Wenn mit der Zeit winzige Teilchen von ihrer Oberfläche abgeschleudert werden, lockert sich die Prothese. Ein Universalrezept, wie sich künstliche Gelenke auf Dauer verankern lassen, haben bisher weder Ärzte noch Ingenieure.

Autorin: Sabine Goldhahn
Erscheinungsdatum: 28. September 2001

Manuskript

Künstlichen Scharnier- und Kugelgelenken fehlt das, was bei jeder Maschine selbstverständlich ist: die Schmiere. Denn bei der Implantation einer Prothese entfernen die Ärzte auch die Gelenkkapsel, die normalerweise eine schützende Flüssigkeit bildet. Die Folge: Hüftpfanne und -köpfe reiben ständig aneinander. Mit jedem Schritt raspeln sie tausende winzige Teilchen ab, einige rund, andere eckig, manche länglich und gezackt.

„Zunächst wandern alle Partikel über die Gelenkkapsel in das lymphatische System“, erklärt Markus Wimmer, Biomechaniker am Forschungsinstitut der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen in Davos. Seine neuesten Forschungen haben ergeben, dass die Teilchen ihre Reise durch den ganzen Körper machen. „Wir fanden sie vor allem in der Milz, aber auch in Leber, Lunge und in der Herzmuskulatur.“

Der Orthopäde Robert Urban vom Rush Arthritis and Orthopedic Institute in Chicago wies jüngst die Partikel auch in den Organen verstorbener Menschen nach. Bei zwei Dritteln dieser Kunstgelenkträger fand Urban die Teilchen in den Lymphknoten nahe der Körperschlagader und bei einem Drittel in Leber und Milz. Dabei hatte sich sowohl Abrieb aus Polyethylen und Titan als auch aus Kobalt-Chrom-Molybdän und Eisen-Chrom-Nickel eingenistet. Von Nickel ist bekannt, dass es allergische Reaktionen hervorruft, Kobalt und Chrom gelten als Zellgift.

„Bislang ist unklar, ob und wie der Abrieb die Körperzellen schädigt“, betont Wimmer. „Einige Partikel sind mit wenigen Nanometern Größe selbst für die Raster-Elektronenmikroskopie zu klein, um erkannt zu werden“, erklärt er die Probleme bei der Suche nach den Winzlingen, „andere stellen sich aufgrund ihrer Materialeigenschaften nur im Polarisationsmikroskop dar.“ Wenn zu viele Mikroteilchen anfallen, die das Lymphsystem nicht mehr abtransportieren kann, treten Fresszellen auf den Plan. Sie wollen die Partikel beseitigen, indem sie sie „verdauen“. Doch bei Teilchen wie Polyethylen aus der Hüftpfanne geht das nicht so einfach. Wimmer: „Die Makrophagen beißen sich die Zähne daran aus.“ Mit tausenden Polyethylen-Krümeln intus schütten die Fresszellen aggressive Substanzen wie Interleukin 1 und den Tumor-Nekrose-Faktor Alpha aus, was den Knochenabbau in Implantatnähe fördert. Durch diese Stoffe werden die Knochen bildenden Zellen gehemmt, die Aktivität der Knochen abbauenden Zellen aber nimmt zu.

Der New Yorker Immunologe Tapas Sengupta von der Cornell University hat jetzt nachgewiesen, dass die aggressiven Substanzen nicht nur den Knochenverfall einleiten, sondern auch schützende Stoffe blockieren. Einer davon, das Interleukin 6, wird durch Abriebteilchen aus Knochenzement gehemmt, mit dem einige Kunstgelenke verankert werden. Am Ende zieht sich der Knochen, in dem das Ersatzteil steckt, zurück. Die Prothese beginnt zu wackeln.

Neben biologischen begünstigen auch mechanische Ursachen die Lockerung. Belastungen, die sich mit jedem Schritt ändern, verformen den Knochen. Seine Knochenbälkchen reagieren auf Druck und Zug und richten sich so aus, dass die Kräfte optimal übertragen werden. Bei einem künstlichen Hüftkopf fehlt dem Knochen an dieser Stelle sein Stimulus. Und ohne den Reiz von außen wird der Knochen immer dünner, bis sich die Prothese aus der knöchernen Verankerung löst, schmerzhaft spürbar für ihren Träger.

Kein Wunder also, dass die Lebensdauer moderner Kunstgelenke in der Regel 15 Jahre nicht übersteigt. Dann muss die Prothese raus. Damit Ersatzteil Nummer zwei überhaupt noch hält, wählen es die Ärzte meistens größer als das erste. Doch auch hier kann sich der Knochen wieder zurückziehen.

Ein Universalrezept zur Verankerung auf Dauer haben weder Ärzte noch Ingenieure. Daher wollen die Forscher den Verschleiß minimieren und suchen nach dem „besten“ der schlechten Teilchen, jenem Partikel, der weder zu klein noch zu groß ist, einem winzigen Krümel, der sogar biologisch verträglich ist und sich womöglich vom Organismus problemlos entsorgen lässt. Die besten Karten haben derzeit reine Keramikprothesen, weiß Markus Wimmer. Denn ihr Abrieb wird vom Körper sehr gut verkräftet. Die Schattenseite: Die teuren Keramikprothesen sind spröde und daher bruchgefährdet. Und wenn ein Hüftkopf aus Keramik bricht, gelangen mit einem Mal tausende winzigste Keramikbröckchen in das Gewebe. Da sich die Partikel nicht entfernen lassen, entsteht Drittkörperverschleiß. Und ein neuer Kopf aus Keramik lässt sich nur sehr schwer auf dem metallenen Prothesenschaft befestigen, denn die Partikel haben sich so um die Prothese verteilt, dass diese zwischen dem Schaftkonus und aufgesteckter Kugel kräftig reiben. Ausgeprägter metallischer Verschleiß oder ein erneuter Bruch sind die Folgen. Einen Ausweg aus dem Dilemma sucht auch der Immunologe Tapas Sengupta. Er will dem Knochen selbst helfen. Mit dem Medikament Alendronat aktivierte er jenes Interleukin 6, das die Knochen abbauenden Zellen hemmt. Jetzt testen amerikanische Ärzte das Osteoporose-Mittel auch gegen die Implantatlockerung – mit Erfolg, wie erste Ergebnisse zeigen.

Table

Welcher Werkstoff ist der Richtige? – Mögliche Materialkombinationen

Metall-Polyethylen (PE): Der Metallkopf besteht meist aus einer Kobalt-Basislegierung ($\text{CoCr}_3\text{OMo}_6$), selten aus Titan-Legierungen oder Chrom-Nickel-Stahl. Die PE-Pfanne ist aus ultrahochmolekularem Polyethylen (UHMWPE) und neuerdings auch vernetzt erhältlich, wodurch weniger Abriebpartikel entstehen, aber die mechanischen Eigenschaften nachlassen.

- Vorteil: die meiste klinische Erfahrung, Metall bricht nicht, ist robust, PE nimmt Deformationen auf;
- Nachteil: relativ hoher Abrieb, bis zu $100 \text{ mm}^3/\text{Jahr}$.

Keramik-PE: Keramik aus Aluminiumoxid oder Zirkondioxid.

- Vorteil: halb so viel Abrieb wie bei Metall-PE;
- Nachteil: Keramik ist teurer, Bruchgefahr; eine von 1000 bis 10 000 Prothesen bricht, auch wenn sich die Qualität stetig verbessert.

Metall-Metall: Kobalt-Basislegierung mit sich selbst gepaart.

- Vorteil: geringes Abriebvolumen, genaue Fertigungstoleranzen erlauben hydrodynamischen Schmierfilm;
- Nachteil: kleine Partikel, aber hohe Partikelzahl, Teilchen werden durch den ganzen Körper transportiert, Auswirkungen unbekannt.

Keramik-Keramik: Aluminiumoxid oder Zirkondioxid.

- Vorteil: geringes Abriebvolumen, besonders bioverträglich;
- Nachteil: Bruchgefahr der Keramik, vor allem im Pfannenrandbereich, diffiziles System, das exaktes Arbeiten des Operateurs erfordert.