

SCHNITTSTELLE.

Hörschnecken und Implantate – Röntgen in 3D mit DORIS III

Gehörlosen, deren Hörnerv noch funktioniert, kann mit so genannten Cochlearimplantaten geholfen werden. Herkömmliche Hörgeräte verstärken zwar den Schall, nützen den Betroffenen jedoch wenig, wenn die Hörschnecke im Innenohr – die Cochlea – die Töne nicht weiterverarbeiten kann. Ein Cochlearimplantat umgeht dagegen den nicht funktionsfähigen Teil der Hörschnecke und übermittelt die Tonsignale direkt an den Hörnerv. Dazu wird eine lange Reihe von Elektroden in den schneckenförmigen Hohlraum der Cochlea eingeführt. Die Elektroden geben den per Mikrofon aufgenommenen Schall mit Hilfe eines digitalen Signalprozessors als elektrische Impulse unmittelbar an die Sinneszellen beziehungsweise den Hörnerv weiter.

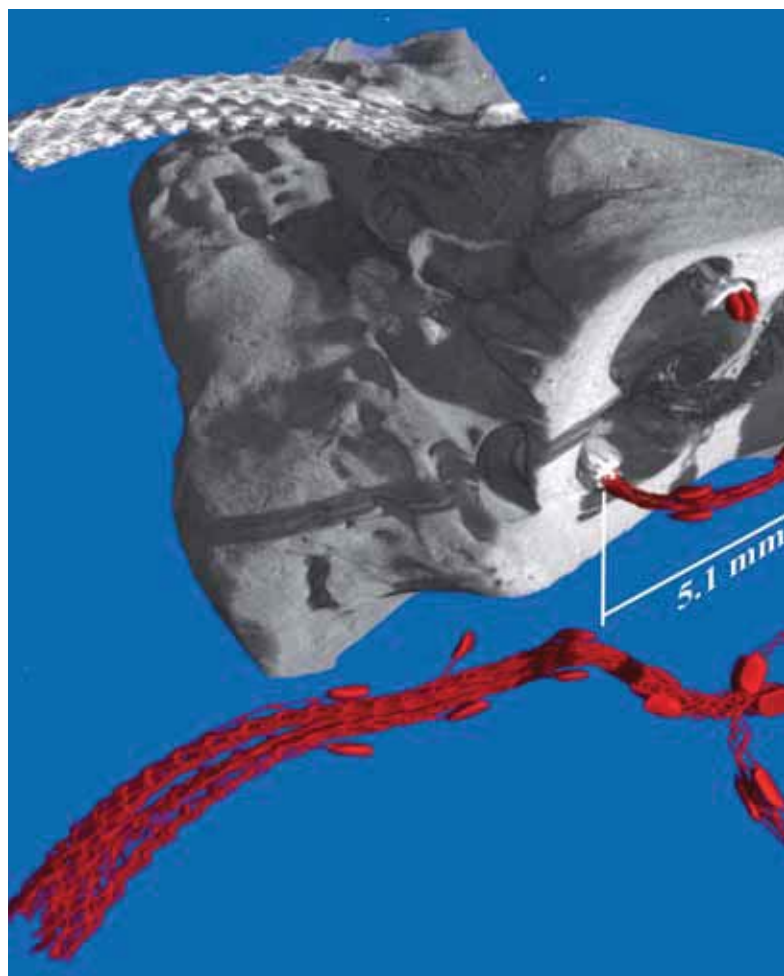
Für Ärzte ist es sehr schwierig, zuverlässige Daten über die Integration der Elektroden in den Knochen des Innenohrs – den härtesten Knochen im menschlichen Körper – zu erhalten. Herkömmliche histologische Untersuchungen, bei denen mikrometerdünne Gewebeschnitte am Mikroskop beurteilt werden, liefern nur begrenzte Informationen, da die Elektroden entfernt werden müssen, bevor die Schnitte angefertigt werden können. Mit Hilfe der Mikrotomographie mit Synchrotronstrahlung gelang es einem Wissenschaftlerteam erstmals, das gesamte Elektrodensystem eines Cochlearimplantats, die Struktur des Innenohrs und das Schläfenbein gleichzeitig sichtbar zu machen – zerstörungsfrei und in 3D.

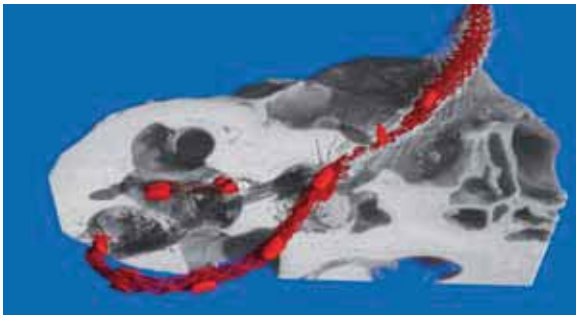
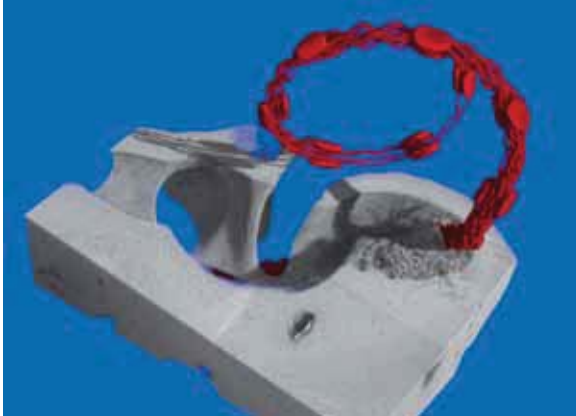
Dazu entfernten die Forscher das Implantat zusammen mit dem umliegenden Gewebe nach dem Tod des Patienten, fixierten die Probe und färbten sie ein, um die Dichteauflösung der weichen Gewebeteile zu verbessern. Dann untersuchten sie die Probe mit Hilfe der Röntgenstrahlung aus dem Speicherring DORIS III. Per Computer wurden die aufgenommenen Tomogramme schließlich zu einem dreidimensionalen Bild zusammengesetzt.

Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Deutlich sind auf dem 3D-Bild die 12 Elektrodenpaare, die entsprechenden Platindrähte sowie die Silikonmatrix, in die sie eingelassen sind, zu erkennen. Der umliegende Knochen kann graduell immer transparenter dargestellt werden, so dass sich die Schnittstelle von Knochen und Implantat genau studieren lässt und die komplexe, charakteristische Form der Elektrodenanordnung zutage tritt. Diese folgt dem spiralförmigen Verlauf der Cochlea, die beim Menschen zweieinhalb Windungen besitzt. Anhand der 3D-Abbildung lässt sich die Position des Implantats im Innenohr genau bestimmen und von allen Seiten betrachten. Zudem erlaubt der dreidimensionale Datensatz, der völlig zerstörungsfrei erhalten wurde, virtuelle Schnitte der Probe in jede beliebige Richtung anzufertigen. Damit lässt sich eine spätere histologische Untersuchung optimal vorbereiten.



Die Mikrotomographie mit Synchrotronstrahlung macht das Elektrodensystem eines Cochlearimplantats, die Struktur des Innenohrs und das Schläfenbein gleichzeitig sichtbar. Die 3D-Bilder zeigen nicht nur die exakte Platzierung des Implantats, auch neu gebildete Knochen lassen sich genau erkennen.





Die Mikrotomographie mit Synchrotronstrahlung erweist sich somit als einzigartige Untersuchungsmethode für komplexe dreidimensionale Strukturen, die aus unterschiedlichen, harten und weichen Geweben bestehen. Die Auflösung von wenigen Mikrometern ermöglicht es, die Strukturen des Innenohrs im Detail zu analysieren und die Elektrodenanordnung des Implantats mit hoher Präzision zu lokalisieren. Die Methode erlaubt zudem, die Bildung von Knochen und Weichteilen zu visualisieren, die die Funktion von Cochlearimplantaten beeinträchtigen können. Damit bilden die erhaltenen Daten eine wichtige Grundlage, um realistische Modelle für die Ausbreitung des vom Implantat erzeugten Stroms zu entwickeln und somit das Design der Cochlearimplantate zu verbessern.

-
- > Biomaterials Science Center (BMC), Universität Basel, Schweiz
 - > Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Materialforschung und Küstenforschung, Deutschland
 - > MED-EL, Innsbruck, Österreich
 - > Medizinische Universität, Innsbruck, Österreich
-

Mikrotomographie – 3D-Röntgen im Kleinen

In den Krankenhäusern sind dreidimensionale Röntgenbilder heute Standard. Das Prinzip der Computertomographie: Der Patient liegt in einer Röhre; ein Röntgenapparat dreht sich um ihn und nimmt Schicht für Schicht eine Reihe von Einzelbildern des Körpers auf. Anschließend kombiniert ein Computer die Aufnahmen und rekonstruiert daraus ein räumliches Abbild des Körperinneren.

Die Forscher am Speicherring DORIS III treiben dieses Verfahren auf die Spitze. Bei der Mikrotomographie mit Synchrotronstrahlung nehmen sie – ähnlich wie bei der klinischen Computertomographie – eine Reihe von zweidimensionalen Absorptionsbildern einer Probe auf. Diese Schattenwürfe fügt der Rechner zu einem 3D-Bild zusammen. Dabei erreichen die Wissenschaftler eine tausendmal höhere Auflösung als ein herkömmlicher Computertomograph: Während Krankenhausgeräte die Details mit einer Genauigkeit von weniger als einem Millimeter sichtbar machen, lässt diese Methode Einzelheiten bis auf weniger als einen Mikrometer genau erkennen. Ermöglicht wird die hohe Bildauflösung durch die Synchrotronstrahlung. Denn für die Mikrotomographie benötigt man auf minimalem Raum maximale Lichtintensität – wie sie der gebündelte und extrem helle Röntgenstrahl aus dem Beschleuniger DORIS III liefert.