

Implantate

Elektroden verbinden Mensch und Technik

, den 28. August 2006 Bei Haustieren ist ein implantierter Chip bereits Usus. Wollen Sie mit Ihrem Hund beispielsweise nach Italien fahren, so darf er nur mit, wenn er gechipt ist. Mit der Transpondernummer, die auf dem RFID-Chip gespeichert ist, kann der vierbeinige Liebling eindeutig identifiziert werden. Auch Informationen über Impfungen, zu behandelnde Krankheiten sowie die Adresse des Besitzers hält der Chip bereit – und das bei der Größe eines Reiskorns. Dafür genügt bei uns Menschen der Personalausweis und die Versichertenkarte der Krankenkasse. Doch die Möglichkeit, miniaturisierte Elektronik in unsere Körper zu pflanzen, bewirkt bei uns viel mehr, als nur den Nachweis einer Tötungsimpfung. Durch sie ist es möglich, dem Körper Funktionen wiederzugeben, die er durch Unfälle oder Krankheiten verloren oder nie besessen hat.

Das Reutlinger Medizintechnik-Unternehmen Retina Implant hat einen Schaltkreis entwickelt, der im Auge unter die Netzhaut implantiert wird und dadurch Blinden einen Teil ihres Sehvermögens zurückgeben soll. Ende letzten Jahres wurden erstmals zwei – bis dato vollkommen blinde – Patienten erfolgreich operiert. Nachdem ihnen ein subretinales Implantat eingepflanzt wurde, konnten sie in Tests bereits Lichtpunkte und sogar Muster korrekt hinsichtlich ihrer Lokalisation und Richtung erkennen. Die Wissenschaftler von Retina Implant entwickeln die Netzhautimplantate in erster Linie für Patienten mit Retinitis Pigmentosa, einer erblichen Krankheit, die im Laufe des Lebens zur völligen Erblindung führt. Herzstück der Entwicklung ist ein Silizium-Chip mit winzigen Fotosensoren, die eine elektronische Schaltung steuern, sodass – je nach Helligkeit – die Nervenzellen der Netzhaut (Retina) mehr oder weniger stark elektrisch stimuliert werden. Diese senden Impulse über den Sehnerv an das Gehirn. Das Gehirn generiert aus diesen Signalen ein Bildmuster.

In der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützten klinischen Pilotstudie, die Prof. Dr. Eberhart Zrenner von der Uniklinik Tübingen leitet, wurden die so genannte chronische Implantation und die subretinale Direktstimulation erstmals beim Menschen durchgeführt. Mittels eines vier-mal-vier-Feldes identischer Elektroden an der Spitze der Implantat-Zunge kann eine Direktstimulation (DS) erfolgen. Chip und DS-Feld, aufgebracht auf einer schmalen subretinalen Polyimid-Folie, wurden bei den zwei blinden Patienten in der Nähe der Makula, der so genannten Sehgrube, implantiert. Die Stromversorgung erfolgt durch die Aderhaut des Auges mithilfe von Leiterbahnen in einem dünnen Kabel unter der Haut, die an einem funkgesteuerten, batteriebetriebenen Empfänger enden.

Hören und Sehen ist mit
Implantaten wieder möglich

Nicht nur Blinden kann die Elektronik helfen. Taube profitieren ebenfalls von den technischen Möglichkeiten in Form eines Cochlea-Implantats. Dieses kommt dann in Frage, wenn der Patient hochgradig schwerhörig oder ertaubt ist, d.h. wenn eine apparative Versorgung mit einem Hörgerät nicht mehr möglich ist. Dieses Implantat kann jedoch nur dann eingesetzt werden, wenn der Hörnerv intakt und funktionsfähig ist. Das Cochlea-Implantat soll tauben Patienten mit genetisch bedingter Taubheit in 45 bis 50% der Fälle ihr Gehör zurückgeben. Bei Fällen von post-infektiöser Taubheit, Hörverlust ausgelöst durch Medikamententoxikation oder Problemen während der Schwangerschaft – beispielsweise viralen Erkrankungen der Mutter im ersten Schwangerschaftsdrittel – soll das Implantat bei 25 bis 30% der Betroffenen helfen.

Ein Cochlea-Implantat besteht aus Mikrophon, Sprachprozessor, Sendespule, Empfangsspule und Elektrode. Die beiden letzten Teile werden implantiert. Das Mikrophon wird wie ein normales Hörgerät hinter dem Ohr getragen. Es nimmt Schallwellen auf und wandelt diese in elektrische Signale um. Über ein Kabel werden diese Signale an den Sprachprozessor geleitet. Dort werden die Schallimpulse elektronisch bearbeitet und durch ein weiteres Kabel an die Sendespule weitergegeben. Die Sendespule wird von einem Magneten hinter dem Ohr gehalten und ist der einzig



sichtbare Teil. Ihr Gegenstück, die Empfangsspule, befindet sich unter der Haut und ist direkt mit dem eigentlichen Implantat verbunden. Die Sendespule gibt die Signale drahtlos an die Empfangsspule weiter. Diese leitet die elektrischen Impulse zu dem Implantat im Innenohr, welches die entsprechenden Signale an den Hörnerv weitergibt, der sie in die Hörzentren des Gehirns transportiert.

Ist der Hörnerv allerdings geschädigt, kommt ein Hirnstamm-Implantat zum Einsatz. Im Gegensatz zum Cochlea-Implantat wird nicht das Innenohr (Cochlea) elektrisch stimuliert, sondern der erste Hörkern im Hirnstamm. Hierzu wird das eigentliche Implantat unter die Haut hinter die Ohrmuschel eingepflanzt; die Stimulationselektrode wird auf den ersten Hörkern, den Nucleus cochlearis, positioniert. Diese Elektrode besteht aus insgesamt 21 Knopfelektroden. Im Implantat werden die digitalen Signale empfangen und in einen winzigen Stromfluss durch die Elektroden im Hirnstamm umgesetzt.

Es gibt zahlreiche biomedizinische Mikrosysteme für die Neuroprothetik. Auch wenn es Medizinern schon gelungen ist, eine Hand zu transplantieren, heißt das nicht, dass Neuroprothesen zum Greifen nicht mehr gebraucht werden. Einige Patienten leiden psychisch so sehr unter dem Verlust einer Extremität, dass sie beispielsweise die Tatsache, die Hand eines bereits Verstorbenen nun als Teil ihres Körpers betrachten sollen, mental nicht verkraften würden. Sicherlich ist eine Neuroprothese ein Fremdkörper – doch die Gewissheit, dass diese etwas „Eigenes“ und „Unbenutztes“ ist, ist für manche Menschen leichter zu akzeptieren.

Modulieren, überbrücken, ersetzen

Alle Neuroprothesen brauchen eine Schnittstelle zwischen dem technischen und dem biologischen Gewebe – die Elektroden. Wie das Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik (IBMT) in der Zeitschrift inno (in Ausgabe 31, 2005), einer Publikation des Fachverbandes für Mikrotechnik (IVAM), erläutert, dienen drei Elektrodentypen als Schnittstelle zum peripheren Nerv. Sie lösen die technische Herausforderung, durch Stimulation die gestörte oder verloren gegangene neuronale Struktur oder Funktion zu modulieren, zu überbrücken oder zu ersetzen.

Cluff-Elektroden werden wie Manschetten um den Nerv gelegt. Sie bestehen aus mehreren Reihen von Einzelelektroden und lassen sich zur Stimulation und Ableitung einsetzen. Multiple Kontakte ermöglichen eine Selektivität. Allerdings lassen sich damit tiefer gelegene Nervenfasern nur schwer aktivieren. In den peripheren Nerv eingestochen wird die Schaft-Elektrode. Mit ihr kann man in das Nerveninnere eindringen, ohne diesen zu trennen. Dieser Elektrodentyp verfügt über Einzelelektroden, die longitudinal – optional auch beidseitig – auf dem Trägermaterial angebracht sind. Diese Art der Mikroelektrode wird für die Ableitung eingesetzt, sie lässt sich aber auch auf kortikalen (die Rinde eines Organs betreffenden) Strukturen anwenden. Mit einer Sieb-Elektrode lassen sich motorische und sensible Fasern selektiv koppeln. Die Elektrode wird zwischen zwei Nervenstümpfe platziert, welche durch eine Silikonröhre fixiert werden. Die einzelnen Elektroden sind auf einem Sieb angebracht, durch das die beiden Nervenstümpfe während der Regeneration aussprossen. Auch dieser Elektrodentyp lässt sich sowohl für die Stimulation als auch für die Ableitung einsetzen.

Je mehr Möglichkeiten die Neuroimplantologie bietet, desto lauter werden aber auch die ethischen Einwände und die Ängste der Menschen. Viele Konsequenzen aus den Implantaten können noch nicht sicher und vollständig abgeschätzt werden. Gibt es irreversible Folgen? Kann sich ein Implantat im - Gehirn auf die Psyche auswirken? Wo sind die Gefahren, wenn das Kommando für eine Reaktion des Körpers nicht mehr direkt vom Gehirn gesendet wird, sondern diese Kommandos von einer Elektrode stammen, die es nur weiterleitet? Kriminalität ist im Zusammenhang mit RFID-Chips ebenfalls eine Gefahr. Nie wäre es so leicht, die Identität einer anderen Person anzunehmen, wenn man nur deren Chip in sich zu tragen bräuchte. Zuverlässigkeit und Datensicherheit werden wohl in den kommenden Jahren zum Schwerpunkt weiterer Forschungen werden.