

Elektroden im Gehirn: Ein Überblick zur Tiefenhirn- stimulation

November 2017

Iris Straszewski

Einleitung:

Elektronische Chips im Gehirn, die direkt mit den Nervenzellen interagieren und Informationen austauschen, gelten als eine Vision der Zukunft.

Eine andere Art von Implantaten ist jedoch keine Vision mehr, sondern eine etablierte Methode zur Behandlung von Bewegungsstörungen: Der Einsatz von Elektroden zur Tiefenhirnstimulation.

Zwei Aspekte erschweren die Behandlung neurologischer Krankheitsbilder:

1. Der Zugang zum Gehirn ist aufgrund der anatomischen Struktur nur eingeschränkt möglich.
2. Beeinträchtigungen in der Funktionalität liegen häufig Netzwerkstörungen und nicht Störungen einzelner Hirnregionen zugrunde.

Neuroimplantate stellen hier eine vielversprechende Behandlungsoption dar, da sie – im Gegensatz zu systemischer Behandlung durch Medikamente – eine zielgenaue Therapie in den betroffenen Netzwerken ermöglichen. Des Weiteren gelten sie aufgrund ihrer präzisen Funktionsweise und der Möglichkeit zur reversiblen Behandlung durch Entfernung als attraktiv für die Behandlungssicherheit der Patienten. Dies, zusammen mit technischen Weiterentwicklungen, sind zwei Gründe, weshalb medizinische Neuroimplantate als Therapieoption an Bedeutung gewinnen.

Jedoch führt die anatomische Struktur des Schädels und des Gehirns auch bei Neuroimplantaten zu Beschränkungen: Je kleiner das Implantat, desto besser. Dies hat zur Folge, dass beispielsweise bei den am häufigsten implantierten Systemen – der Tiefenhirnstimulation (THS) – nur ein Teil des Systems, die Elektroden, direkt ins Gehirn implantiert werden. Die anderen Geräteteile (Elektronik, Energieversorgung) werden in anderes Gewebe implantiert und subkutan mit den im Gehirn sitzenden Elektroden verbunden.

Was ist die Tiefenhirnstimulation?

Bei der Tiefenhirnstimulation (THS) werden Elektroden in das Gehirn implantiert, die eine kontinuierliche hochfrequente elektrische Stimulation des umliegenden neuronalen Gewebes ermöglichen. Im englischen wird die THS als Deep Brain Stimulation (DBS) bezeichnet, umgangssprachlich wird auch von „Hirnschrittmachern“ gesprochen.

Die Tiefenhirnstimulation ist ein etabliertes Verfahren zur Therapie von neurologisch bedingten Bewegungsstörungen. Es wird geschätzt, dass im Jahre 2013 bereits mehr als 100.000 Patienten weltweit mit

IN DIESER AUSGABE

Iris Straszewski

Elektroden im Gehirn:
Ein Überblick zur Tiefenhirnstimulation

Gerald Spyra

Rechtliche Aspekte der
Health Data Security aus Betreibersicht

Bernd Schütze

Health Data Security –
Rechte und Pflichten von Herstellern

Marcin Meyer

Tragbare Elektronik –
Medizintechnik der Zukunft

Iris Straszewski

„Die Tiefenhirnstimulation ist ein etabliertes Verfahren zur Therapie von neurologisch bedingten Bewegungsstörungen.“

KONTAKT

VDE

VERBAND DER ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK e.V.

Telefon +49 69 6308-348

E-Mail: dgbmt@vde.com

www.vde.com/health

invasiven Gehirntechnologien wie der Tiefenhirnstimulation behandelt wurden. Am häufigsten kommt THS zur Symptomkontrolle bei Patienten mit Morbus Parkinson, Dystonie und essentiellen Tremor zum Einsatz. Weitere Einsatzfelder finden sich bei Zwangsstörungen, schwerer Depression und chronischem Schmerz, wenn Behandlungsmöglichkeiten durch Medikamente ausgeschöpft oder unzureichend sind. Die experimentelle Anwendung wird unter anderem bei der Behandlung des Tourette Syndroms, bei Chorea Huntington, der Epilepsie, der Schizophrenie und zur Suchttherapie erforscht. Die FDA hat die THS für Morbus Parkinson, Dystonie und Zwangsstörungen zugelassen.

Grundlage für die Entwicklung der THS als Therapieoption war die Pionierarbeit der Gruppe um Alim Louis Benabid Ende der 80er Jahre. Die Arbeiten dieser Forscher an Tieren zeigten, dass hochfrequente elektrische Stimulation durch implantierte Elektroden in speziellen Zielregionen einen vergleichbaren Effekt haben kann wie irreversible Läsionen, das heißt die dauerhafte Zerstörung von Gewebe. Diese ursprünglich in der Tierforschung gewonnenen Ergebnisse legten den Grundstein für die Weiterentwicklung der Tiefenhirnstimulation und letztlich ihrer breiten Anwendung beim Menschen.

Das THS-System

Die Gerätekomponenten bestehen aus mindestens einer Elektrodenleitung mit vier Elektroden und einem Impulsgeber.

Die Elektroden werden stereotaktisch, das heißt unter Einsatz von bildgesteuerten und computerassistierter Zielführungssystemen, durch ein Bohrloch in der Zielregion (z. B. dem linken und rechten Nucleus subthalamicus bei Patienten mit M. Parkinson) platziert und am Schädel befestigt. Die Elektrodenleitung verläuft anschließend unter der Kopfhaut über den Schädel und wird dann hinter dem Ohr entlang zum Impulsgeber geführt, der in der Regel unter dem Schlüsselbein ins Gewebe implantiert wird.

Um die Zielposition der Elektrode zu bestimmen gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten.

Dazu gehört neben dem komplementären Einsatz der stereotaktischen Magnetresonanztomographie und intraoperativer elektrophysiologischer Ableitungen vor allem auch die klinische Testung, das heißt die klinische Untersuchung der Krankheitssymptome und möglicher unerwünschter Wirkungen.

Ablauf der neurochirurgischen Operation

Während des Eingriffs wird ein spezieller stereotaktischer Rahmen am Kopf des Patienten angebracht, um die Bestimmung der Koordinaten zur Platzierung zu unterstützen. Dazu wird anschließend eine Computertomographie des Kopfes veranlasst, die dann mit zuvor erhobenen Daten aus dem Magnetresonanztomographen in Übereinstimmung gebracht werden. Dies ermöglicht, die genaue Auflösung des Bildes aus dem Magnetresonanztomographen mit dem stereotaktischen Ring kombinieren zu können, um dann den Zugangsweg zu den jeweiligen Zielregionen unter Berücksichtigung der Gefäßverläufe zu planen.



Zur Person

Dr. rer. nat. Iris Straszewski ist Normungsmanagerin Health bei der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE. Zuvor leitete sie ein europäisches Kooperationsprojekt zur Entwicklung von Versorgungsstandards im Bereich der Neonatologie.

Iris Straszewski studierte Kognitive Linguistik an der Goethe-Universität in Frankfurt, Brain and Mind Sciences am University College London sowie Neurowissenschaften an den Universitäten Université Pierre et Marie Curie und der École Normale Supérieure d'Ulm in Paris. Anschließend forschte sie am Max Planck Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig und wurde an der Universität Leipzig zum Dr. rer. nat. promoviert.

Anschließend werden Mikroelektroden implantiert, über die auch die Teststimulation erfolgt. Dies ist notwendig, um die Auswirkung der Stimulation auf die jeweiligen Symptome zu untersuchen, den optimalen Stimulationsort zu identifizieren und die endgültige Stimulationselektrode zu platzieren. Dieser Teil der Operation erfolgt unter lokaler Anästhesie. Im zweiten Teil der Operation, der unter Vollnarkose durchgeführt wird, werden dem Patienten die Kabel und der Impulsgeber eingesetzt. Dieser kann durch die Haut hindurch mittels Funk- oder Bluetoothübertragung programmiert werden und wird einige Tage nach der Operation erstmalig angeschaltet. Anschließend erfolgt die Anpassung der Stimulationsparameter bis eine bestmögliche Symptomkontrolle erreicht ist.

Zur Funktionsweise der THS

Der Impulsgeber gibt Impulse ab, die als elektrische Signale ins Hirn gelangen und je nach Platzierung der Elektroden die dortige Zielregion stimulieren.

Die exakten Mechanismen, durch die die elektrische Stimulation in neurophysiologische und klinische Effekte umgewandelt wird, sind noch nicht geklärt, jedoch wird angenommen, dass längere Pulsweiten das Zellsoma (Zellkörper) beeinflussen, während sich kürzere Pulsweiten hauptsächlich auf die Funktion von Axone (Nervenfortsätze) auswirken. Durch die Stimulation werden dysfunktionale neuronale Netzwerke moduliert. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Modulation größtenteils reversibel ist. Das heißt, die Effekte sind zeitlich an die Stimulation gekoppelt und verschwinden, wenn die Stimulation ausgeschaltet wird.

Aus diesem Grund wird die THS als symptomatische Behandlung eingeordnet: Nach heutigem Kenntnisstand können Symptome durch die Stimulation kontrolliert werden, nicht aber das Vorhandensein oder Fortschreiten der zugrundeliegenden Ursache der Erkrankung, so dass im Verlauf trotz der Möglichkeit einer Anpassung der Stimulationsparameter eine Symptomprogredienz auftreten kann.

Dass THS eine weitestgehend reversible Methode darstellt, liegt auch daran, dass der Impulsgeber ausgeschaltet und die Elektroden bei Bedarf wieder entfernt werden können.

Weiterentwicklungen

Obwohl die Kernmerkmale des THS-System über die letzten 20 Jahre stabil geblieben sind, gab es einige Weiterentwicklungen. Diese betreffen neben dem Einsatz der Methode die Größe der Elektroden und die Impulsstärke.

Während die Tiefenhirnstimulation in der Vergangenheit bei fortgeschrittenem Krankheitsverlauf oder dem erfolglosen beziehungsweise nicht mehr zum Erfolg führenden Einsatz anderer Therapieoptionen in Betracht gezogen wurde, wird sie mittlerweile auch immer häufiger als frühe Behandlungsmethode eingesetzt. Diese Vorgehensweise kann die Behandlung der betroffenen Patienten deutlich verändern, besonders da es eine Behandlungsergänzung zur medikamentösen Therapie darstellt und die durch Medikamenteneinnahme verursachten Nebenwirkungen vermindert werden können.

Aufgrund der Größe der elektrischen Impulse kann es dazu kommen, dass die Impulse nicht nur die Zielregion, sondern auch umliegendes Gewebe stimulieren und damit auch durch die Stimulation selbst unerwünschte Wirkungen verursacht werden.

Mittlerweile wurden Systeme entwickelt, die eine präzisere Stimulation erlauben. Bei den sogenannten direktionalen Systemen gibt es für jede Elektrode eine individuell programmierbare Stromquelle. Dies ermöglicht eine verbesserte Systemkontrolle. Die Impulse können gezielt gesteuert werden, so dass die Elektroden die Impulse nicht in alle Richtungen senden, sondern gezielt direktional stimulieren. Dies ermöglicht eine größere örtliche Präzision sowie die Verwendung einer geringeren Impulsstärke. Das Stimulationsmuster kann individuell an den Patienten und den Verlauf der Erkrankung angepasst werden.

Aktuelle Forschung

Aktuelle Forschung zur Weiterentwicklung der THS beschäftigt sich mit der Entwicklung adaptiver Systeme, der Anwendung niederfrequenter Stimulation sowie der Kombination von Stimulation mit lokaler Zuführung von Medikamenten oder neurorestorativer Stoffe.

Bei adaptiven Systemen, sogenannten closed loop Systemen, handelt es sich um Systeme, die die Stimulation in Abhängigkeit des gemessenen Signals in der Zielregion – des Biomarkers – anpassen. Dabei kann es sich um einen bioelektrischen, einen physiologischen oder biochemischen Biomarker handeln. Die Stimulation erfolgt nur dann, wenn der Biomarker einen unerwünschten Zustand indiziert, und wird basierend auf dem Biomarker automatisch und dynamisch angepasst. Vorteile dieses Ansatzes liegen unter anderem in der Vermeidung von Überstimulation und einer längeren Batterielebenszeit durch niedrigeren Energieverbrauch.

Ein Beispiel für die Kombination von Stimulation und lokaler Therapie besteht in der Erforschung, ob durch die Führungsröhrchen, die zum Platzieren der Elektroden genutzt werden, auch neurotrophe Faktoren oder andere Stoffe zur Unterstützung der Hirnfunktion direkt im Gehirn appliziert werden können.



**BMT
2018**

AACHEN

**52nd DGBMT ANNUAL CONFERENCE
September 26-28, 2018**

SAVE THE DATE

VDE