

Machine Learning gegen Schwerhörigkeit

Vorhersage des Erfolgs bei Cochlea-Implantat-Versorgung

Sogenannte Cochlea-Implantate sind unter Menschen mit Schwerhörigkeit noch nicht sehr weit verbreitet, unter anderem, weil sich das Ausmaß des Sprachverstehens mit dem Implantat vor der Operation schwer einschätzen lässt.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH), der Technischen Universität Braunschweig und des Forschungszentrums L3S wollen in einem von der VW-Stiftung geförderten Projekt Patientendaten auswerten, um den Erfolg von Cochlea-Implantaten besser bestimmen zu können.



Schwerhörigkeit ist die häufigste chronische neurosensorische Erkrankung. In den Industriestaaten sind mehr als 17 Prozent der Bevölkerung betroffen – mit erheblicher Einschränkung der Lebensqualität bis hin zur sozialen Isolation. Bei leichter bis mittelgradiger Hörstörung können Hörgeräte dieses Defizit üblicherweise ausgleichen. Doch schon bei mittelgradiger und insbesondere hochgradiger Schwerhörigkeit können häufig nur noch Hörimplantate helfen. Sie übernehmen im Innenohr die Funktion der Hörschnecke (Cochlea). Dank der enormen technischen Entwicklung und der Fortschritte in der Chirurgie sind **Cochlea-Implantate (CI)** für immer mehr hörgeschädigte Menschen geeignet.

Allein in Deutschland könnten damit mehr als eine Million Menschen ihr Hörvermögen deutlich verbessern. Tatsächlich sind aber erst etwa 40.000 Menschen mit einem derartigen System versorgt. Der Grund: Viele potenzielle CI-Kandidaten sind unsicher oder haben Angst vor dem operativen Eingriff, zumal die Hörresultate mit dem Cochlea-Implantat von Patient zu Patient sehr unterschiedlich sein können. Warum das so ist, wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH), der TU Braunschweig und des L3S nun mit aktuellen Methoden der künstlichen Intelligenz in einem von der VW-Stiftung geförderten Projekt herausfinden. In dem Forschungsverbund haben sich

mehr als 20 Forscherinnen und Forscher aus den Bereichen HNO-Heilkunde, Humangenetik, Bioinformatik, Medizinische Informatik und Data Science zusammengeschlossen, um gemeinsam zum besseren Verständnis des Hörerfolgs mit CI beizutragen.

Die Gründe für die individuellen Unterschiede beim Hörerfolg mit einem Cochlea-Implantat sind vielfältig und werden bis jetzt nur unzureichend verstanden. Sie reichen von Faktoren wie der Dauer der vollständigen Ertaubung, über das Ausmaß eventuell noch vorhandenen Restgehörs und kognitive Fähigkeiten bis hin zu Begleiterkrankungen, die parallel zur eigentlichen Ursache des Hörverlusts diagnostiziert werden. So ist zum

Abbildung 1
Ein Modell, das Ärzte bei der optimalen Versorgung hörgeschädigter Patienten mit einem Hörsystem unterstützt: Das erhoffen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in einem Projektverbund von TU Braunschweig, MHH und L3S.
Quelle: Forschungszentrum L3S/ TU Braunschweig

Beispiel bekannt, dass sich Nierenerkrankungen oder psychologische Nebenerkrankungen negativ auf das Hörvermögen auswirken können. Nicht zuletzt haben die individuelle Anatomie der Cochlea und die Elektrodenposition signifikante Auswirkungen auf die Ergebnisse, die mit den eingesetzten Cochlea-Implantaten erzielt werden.

Es gibt eine Reihe früherer Studien, die die Zusammenhänge zwischen dem Ergebnis der Cochlea-Implantation und einem breiten Spektrum demographischer, klinischer, audiologischer und psychologischer Faktoren bei implantierten Patienten analysieren. Allerdings wurden diese Analysen auf relativ kleinen Datensätzen durchgeführt. Die Ergebnisse sind daher selten signifikant, teilweise sogar widersprüchlich. Beispielsweise haben einige Studien gezeigt, dass höheres Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation das Ergebnis negativ beeinflusst, während andere einen geringen oder gar keinen Effekt feststellen. Dies kann an der Diversität der Patientenkohorten und/oder der Lockerung der Patienteneinschlusskriterien im Laufe der Zeit liegen.

Genetische Faktoren spielen ebenfalls eine große Rolle bei Hörverlust und seiner Manifestation bei jüngeren Menschen. Ungefähr 80 Prozent der prälingualen Taubheitsfälle, das heißt bei Kindern, die entweder taub zur Welt kommen oder vor dem Spracherwerb ertauben, lassen sich auf einen Defekt in einem einzelnen Gen zurückverfolgen. Außerdem ist anzunehmen, dass die Genetik auch bei älteren Menschen eine wichtige Rolle bei der Ausprägung und dem Verlauf von altersbedingter Schwerhörigkeit spielt.

Ein weiterer Ansatz zur Bestimmung der Ursachen von

Schwerhörigkeit ist das Gebiet der Metabolomik, das sich mit der Untersuchung des Stoffwechsels befasst. Aus kleinsten Proben von Flüssigkeit aus dem Innenohr kann mit Hilfe von modernsten massenspektrometrischen Verfahren eine umfassende Momentaufnahme des Stoffwechszustandes des Innenohres angefertigt werden. Häufig sind genetische Faktoren mit Stoffwechselprozessen verbunden, die

mäßig sprach- und tonaudiometrische Daten vor und nach der Implantation erhoben. Außerdem verfügt das DHZ über 3D-Röntgenaufnahmen der Cochlea vor und nach Implantation. Diese können von den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern genutzt werden, um herauszufinden, welchen Einfluss die Position des Elektrodenträgers in der Cochlea auf den Hörerfolg hat. Im Rahmen des Projekts



Abbildung 2
Entnahme von Perilymphe während einer Cochlea-Implantation: Im Rahmen des Projekts sollen unter anderem diese Perilympheproben untersucht werden, um Biomarker zu finden, aus denen sich Rückschlüsse über die Ursachen des Hörverlusts ziehen lassen.

Quelle: Schmitt et al.: Proteome Analysis of Human Perilymph Using an Intraoperative Sampling Method, *J. Proteom. Res.* 2017, 16, 1911-1923

sich in den metabolischen Profilen von Körperflüssigkeiten manifestieren. Durch den hohen Informationsgehalt der Metabolomik-Daten können aus diesen Profilen Biomarker abgeleitet werden, aus denen sich Rückschlüsse über die Ursachen des Hörverlusts ziehen lassen, und die die Prognose des Hörerfolgs mit einem Cochlea-Implantat erleichtern.

Das Deutsche Hörzentrum (DHZ) an der MHH ist das größte CI-Zentrum weltweit. Seit 1984 wurden hier fast 10.000 CIs implantiert. Damit bietet das DHZ dem Projektverbund aus MHH, TU Braunschweig und L3S die Möglichkeit, mit einer bisher einzigartigen Menge an Daten zu arbeiten. Im Rahmen der CI-Versorgung werden routine-

sollern zusätzlich Blut- und Perilympheproben der CI-Patienten entnommen werden. Diese können dann zur genetischen und metabolischen Analyse herangezogen werden, um weitere Indikatoren für den Hörerfolg mit CI zu identifizieren.

Diese für den CI-Bereich einmalige Menge an Daten machen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Projektverbund zunutze, um mittels datenintensiver Technologien und Methoden des maschinellen Lernens ein Vorhersagemodell für den Hörerfolg mit einem Implantat zu entwickeln. Dieses Modell soll in der Lage sein, den Ärzten dabei zu helfen, für jeden Patienten individuell das optimale Hörsystem zu fin-

den. Dafür werden zunächst die möglichen Einflussfaktoren (zum Beispiel Alter, Biomarker, etc.) separat auf ihre statistischen Eigenschaften und ihren Einfluss auf die Zielgröße, also das Sprachverstehen mit dem Implantat, untersucht. Um die Einflussfaktoren dann zu einem Gesamtmodell zu kombinieren, werden selbstlernende Algorithmen angewandt. Dabei wird den Algorithmen ein Großteil der verfügbaren Daten zur Verfügung gestellt, um daraus automatisch die Gewichtung der Einflussfaktoren und die Zusammenhänge zur Zielgröße zu lernen.

Auf dem verbleibenden Teil der Daten können die daraus resultierenden Modelle dann auf ihre Allgemeingültigkeit überprüft werden. Eine Optimierung der Parameter, also der Rahmenbedingungen für die Algorithmen, kann für eine weitere Verbesserung der Modellgenauigkeit sorgen.

Durch eine zuverlässige Ergebnissvorhersage hätte ein solches „Machine Learning“-Modell das Potenzial, das Vertrauen von Hörgeschädigten in die Versorgung mit einem CI deutlich zu erhöhen. Zusätzlich könnte das Modell dazu verwendet werden, den

Verlauf der Hörleistung nach der Operation zu kontrollieren. Patienten, bei denen die Hörleistung mit dem CI zu stark von der Prognose abweicht, könnten dann zu einer genaueren Untersuchung einbestellt werden. Die Hoffnung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ist es, dass durch ihre Arbeit in diesem Projekt die Zahl der erfolgreich mit einem CI versorgten Patienten deutlich erhöht werden kann und dass damit weniger Menschen unter den Folgen eines unbehandelten Hörverlusts zu leiden haben.



Prof. Dr. techn. Wolfgang Nejd
Jahrgang 1960, leitet das Forschungszentrum L3S und forscht unter anderem in den Bereichen Suche und Information-Retrieval, Data-Mining, Data-Science und Semantic Web. Kontakt: nejdl@l3s.de



Prof. Prof. h.c. Dr. med. Thomas Lenarz
Jahrgang 1956, ist seit 1993 Direktor der Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde der Medizinischen Hochschule Hannover. Seine Forschungsschwerpunkte sind Ursache, Diagnostik und Therapie von Hörstörungen mit einem besonderen Fokus auf die Entwicklung und Testung auditorischer Implantate, wie das Cochlea-Implantat, implantierbare Hörgeräte und zentral-auditorische Implantate. Kontakt: lenarz.thomas@mh-hannover.de



Prof. Dr. Dipl.-Inf. Andreas Büchner
Jahrgang 1967, ist wissenschaftlicher Leiter des Deutschen Hörzentrums der Medizinischen Hochschule Hannover. Er arbeitet an der Optimierung von Signalverarbeitungsstrategien für Cochlea-Implantate und befasst sich mit objektiven Anpassungsstrategien für die entsprechenden Systeme. Kontakt: buechner.andreas@mh-hannover.de

Dr. Maria Koutraki

geboren 1987, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Forschungszentrum L3S und forscht im Bereich Datenbanken und Semantic Web. Kontakt: koutraki@l3s.de

Dr. Tobias Weller

geboren 1984, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Deutschen Hörzentrum der Medizinischen Hochschule Hannover. Kontakt: weller.tobias@mh-hannover.de