

Neue Möglichkeiten in der Dysphagietherapie mit Rehalngest

Messinstrument für die logopädische Praxis ermöglicht Langzeitschluckmessung und Biofeedback-Übungen

Corinna Schultheiss & Rainer O. Seidl

ZUSAMMENFASSUNG. In der Diagnostik und Therapie von Schluckstörungen fehlen einfache Messinstrumente. Erstmals bietet Rehalngest Unterstützung in der Diagnostik und Therapie von Schluckstörungen. Dank einfacher Anleitung lässt sich Rehalngest in sehr kurzer Zeit in Betrieb nehmen, sodass die Therapiezeit optimal genutzt werden kann. Rehalngest stellt die Messsignale (Bioimpedanz, Elektromyografie und Atmung) übersichtlich dar und bietet automatische Schluckererkennung und eine automatische Bewertung der Schlucke. Die integrierte Patientenverwaltung, verschiedene Auswertungstools (Zusammenfassung, detaillierte Übersicht, Verlaufskontrolle, Berichte) und Messoptionen (Live-Messung, Langzeitmessung, therapeutischer Anwendungsbereich) sorgen für eine komfortable Nutzung. Schlüsselwörter: Schluckstörung – Therapie – Diagnostik – Biofeedback – Bioimpedanz – Elektromyografie

Motiv und Zielsetzung

LogopädInnen hatten in der Therapie bisher nur wenige Möglichkeiten, ihre Arbeit verifizierbar zu machen. Untersuchungsverfahren wie die Endoskopie und die Röntgenuntersuchung dürfen aus rechtlichen Gründen nur Ärzte durchführen, obwohl Therapeuten bereits vielfach Endoskopien vornehmen.

Bislang gab es verschiedene Ansätze, Schlucken auch für Therapeuten überprüfbar zu machen. Dazu gehören die Oberflächen-Elektromyografie (EMG) und die Auskultation. Die Ergebnisse dieser Verfahren sind für den klinischen Alltag jedoch ungeeignet.

Eine Arbeitsgruppe aus Vertretern der Technischen Universität Berlin und des Unfallkrankenhauses Berlin als klinischem Partner arbeitet seit 2009 an einem einfachen Verfahren, Schlucken auch für TherapeutInnen überprüfbar zu machen. Die Motivation zu Beginn war, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem Therapien bei Schluckstörungen nachprüfbar werden, um die Evidenz der Therapieverfahren zu erhöhen. Inzwischen kann das Verfahren für die Therapie genutzt werden.

Evaluation/Grundlagen

Grundlage des entwickelten Messsystems ist die Messung der Bioimpedanz (BI) in Höhe des Kehlkopfingangs durch die Haut (Schultheiss 2013). Bioimpedanz misst den Durchfluss von Strom durch Gewebe und ist damit abhängig von dem Gewebe. Da Luft

Strom schlecht leitet, ändert sich zwischen Atmung und Schlucken die Bioimpedanz in Höhe des Kehlkopfes.

Um dies zu bestätigen, wurden sowohl die Videofluoroskopie (VFS) als auch die endoskopische Schluckuntersuchung (FEES) herangezogen. So konnten zeitliche Übereinstimmungen zwischen den Bildern aus VFS, FEES und dem Verlauf des EMG und der BI nachgewiesen werden. Instrumentelle Schluckuntersuchungen wurden darüber hinaus genutzt, um schluckspezifische Parameter aus der BI zu identifizieren: Höhe, Geschwindigkeit und Dauer der Kehlkopfhebung.

In verschiedenen Untersuchungen wurde die Reproduzierbarkeit der Messungen geprüft. Dabei konnte eine hohe Intrarater-Reliabilität ($r > 0,7$) und eine hohe Interrater-Reliabilität ($ICC > 0,7$) nachgewiesen werden. Das bedeutet: Unabhängig vom Untersuchenden und vom Untersuchungstag werden vergleichbare Ergebnisse gemessen.

In einem weiteren Teil der Arbeit wurden möglich Einflussfaktoren auf die Messsignale geprüft: Leitfähigkeit, Menge und Konsistenz des zu schluckenden Mediums, Geschlecht der Probanden, Kopfbewegungen und Elektrodenart.

Die Leitfähigkeit des geschluckten Mediums hatte keinen Einfluss auf das EMG oder die BI. Unterschiede zeigen sich hingegen zwischen den zu schluckenden Konsistenzen (Speichel, flüssig, passiert, fest) und den ge-

Dr. phil. Corinna Schultheiss

ist Pathologin und derzeit wissenschaftliche Mitarbeiterin im Duden Institut Potsdam. In ihrer Dissertation an der Universität Potsdam hat sie das Rehalngest zugrunde liegende Messverfahren evaluiert.



PD Dr. med. Rainer O. Seidl

ist Stellvertretender Klinikdirektor der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde am Unfallkrankenhause Berlin. Er beschäftigt sich seit mehr als 20 Jahren in Veröffentlichungen, Büchern und Veranstaltungen mit dem Thema Schluckstörungen.



prüften Mengen (5, 10, 20 bzw. 30 Milliliter). Dieses Phänomen ist auch aus radiologischen Untersuchungen bekannt. Je fester die Konsistenz, die geschluckt wird, desto kräftiger müssen Menschen schlucken. Diese Übereinstimmung bestätigte das Messprinzip.

Bei der Untersuchung gesunder Probanden wurden keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Geschlechtern nachgewiesen. Kopfbewegungen beeinflussen dagegen beide Messsignale, wobei es deutliche Unterschiede zwischen einem Schluck und einer Kopfbewegung gibt. Da Schluckuntersuchungen oder Schlucktherapien in einer kontrollierten Umgebung stattfinden, können diese Unterschiede vernachlässigt werden. Zuletzt wurden Nadelelektroden mit Oberflächen-elektroden verglichen: Dabei ergaben sich keine Unterschiede, sodass eine Untersuchung mit Oberflächen-Elektroden möglich ist.

Neben der Bioimpedanz wird auch das EMG der Zungengrundmuskulatur gemessen. Diese ist für die Bewertung des Schlucks nicht notwendig, ermöglicht aber einen Schluck zu erkennen. Nachdem deutlich wurde, dass die Bioimpedanz Schlucken gut abbildet und typische Kurven zeigt, entstand die Idee, die

Erkennung und Bewertung von Schlucken zu automatisieren (Nahrstaedt 2017).

Mit einfachen Aussagen wie „die Kurve hebt sich, das ist ein Schluck“ wäre das nicht möglich. Denn die Kurve ändert sich auch bei Kopfbewegungen. Inzwischen gibt es sogenannte Künstliche-Intelligenz-Verfahren (KI-Verfahren), die Muster wesentlich besser und schneller erkennen als Menschen. Wird ein solches Verfahren, in diesem Fall ein Klassifikator, allein auf die Bioimpedanzkurve angesetzt, werden sehr viele Artefakte ausgewiesen, die kein Schluck sind, so auch Kopfbewegungen.

In Kombination mit dem EMG werden die Ergebnisse deutlich besser. Kein Mensch kann ohne Muskelaktivität schlucken. Klassifikatoren müssen angelernt werden. Diese können nur so gut sein wie die Menge, an der sie angelernt wurden. Derzeit werden für das Anlernen zirka 10.000 Schlucke eingesetzt. Obwohl inzwischen mehr als 90 Prozent der Schlucke richtig erkannt werden, gibt es noch Schlucke, die nicht erkannt werden. Die Lösung dieses Problems wird noch etwas Zeit in Anspruch nehmen. Grundsätzlich wird es immer einige Schlucke geben, die vom System nicht erkannt werden. Auch TherapeutInnen sind sich nicht immer sicher, ob der Patient schluckt. Bei solchen Patienten kann auch das System den TherapeutInnen die Entscheidung nicht abnehmen.

Inzwischen haben wir einen Partner gefunden, der das Messverfahren in einem Gerät zur Verfügung stellt. Dabei war die Motivation, das Gerät so einfach wie möglich zu gestalten, sodass für die Bedienung und Auswertungen keine Zeit verloren geht, die für die Therapien zur Verfügung steht.

Um Schlucke darzustellen und gleichzeitig einzuschätzen, wurde ein Ampelsystem entwickelt. Die Ampelfarben beschreiben die Streuung der Schlucke gesunder Probanden. Grün bedeutet, ein Großteil der Gesunden schluckte in diesem Bereich. Gelb bezeichnet einen Schluck mit einer kontrollbedürftigen Einschränkung, die rote Farbe kennzeichnet den Gefährdungsbereich.

Zurzeit wird daran gearbeitet, das System um die Darstellung der Atmung zu erweitern. Denn die Atem-Schluck-Koordination ist integraler Bestandteil der Schlucktherapie. Doch das Wissen über den Einfluss der Atmung bei Patienten mit einer Schluckstörung ist noch sehr eingeschränkt. Idealerweise schlucken Menschen in einer Atempause (Schultheiss et al. 2015). Tatsächlich ist nur sehr wenig über die Atem-Schluck-Koordination bei Patienten z.B. mit einer Trachealkanüle bekannt.

Welchen Einfluss das auf die Therapie hat, ist noch nicht klar, obwohl Schluckmanö-

ver wie das supraglottische Schlucken nicht selten zum Einsatz kommen. Inzwischen wurden zwei Studien zu diesem Thema begonnen. Gleiches gilt für die Frage nach der Atem-Schluck-Koordination bei Neu- und Frühgeborenen, die zurzeit mit Rehalngest untersucht wird. In Endoskopie-Untersuchungen zeigt sich bereits, dass auch Neugeborene – entgegen vieler Vorstellungen – eine Atempause haben.

Aufbau und Design

Erste Untersuchungen für die Entwicklung und Evaluation des Messverfahrens erfolgten durch ein selbstgebautes und zugelassenes Gerät im Rahmen eines BMBF-Projekts (Bundesministerium für Bildung und Forschung). Nach anfänglicher Euphorie der Entwickler gestaltete sich die Suche nach einem Partner in der Wirtschaft zunächst schwierig. Mit der HASOMED GmbH aus Magdeburg und im Rahmen eines weiteren, vom BMWI (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) geförderten Forschungsprojekts konnte das Vorhaben jedoch realisiert werden.

Dabei sollte die Technik so weit vereinfacht werden, dass sie gut in Kliniken und Praxen eingesetzt werden kann. Die Software sollte so gestaltet sein, dass sich der Nutzer nicht mit den komplexen technischen Bedingungen auseinandersetzen muss, sondern dies selbsterklärend ist. Das Ergebnis der Zusammenarbeit ist „Rehalngest“ (Abb. 1).

Patientenverwaltung

Rehalngest bietet mit seiner Patientenverwaltung einen Überblick über alle untersuch-

ten Patienten. Im Vordergrund steht die Auswertbarkeit der verschiedenen Messungen, ob Diagnostik oder Therapie, über einen kurzen oder längeren Zeitraum hinweg. Damit kann die Therapie z.B. als Verlauf dargestellt und verständlich visualisiert werden.

Der Menü-Aufbau ermöglicht problemlose Wechsel zwischen einzelnen Patienten und Untersuchungen. Für jeden Patienten wird ein Überblick über die durchgeführten Messungen, Therapien und Dokumente bereitgestellt und es kann ein Stamblatt angelegt werden.

Auswertung

Während der Messung mit Rehalngest können die unterschiedlichen Verfahren zur Schluckdiagnostik eingesetzt werden. Durch vorgegebene und individuelle Markierungen ist es möglich, die Konsistenzen und Beobachtungen während und nach dem Schluck zu dokumentieren. Je nach Einrichtung können diese Beobachtungen variieren. Für die Bewertung der Schlucke stehen die Messwerte für Höhe, Geschwindigkeit und Dauer der Kehlkopfhebung zur Verfügung.

Die Bewertung wird mittels des beschriebenen Ampelsystems dargestellt: Grün bedeutet ein sicherer Schluck. Gelb bedeutet, dass der Schluck nicht ausreichend sicher ist und eine weiterführende Beobachtung/Intervention erforderlich ist. Rot signalisiert ein hohes Gefährdungspotenzial für den Patienten und verdeutlicht, dass eine Intervention bzw. eine weiterführende Diagnostik erforderlich ist.

Im Bereich „Ergebnisse“ findet sich eine kurze Zusammenfassung der Messung/Therapie. Sofern in der Messung angegeben, wird hier

- **Abb. 1: Ein Messmodul (re.) überträgt die Daten auf ein Tablet. Rehalngest identifiziert die Änderungen von Elektromyografie (EMG) und Bioimpedanz (BI) und kann diese als Schluck erkennen und bewerten.**



■ **Abb. 2:** Die Ableitung der Messwerte erfolgt über Klebeelektroden an Kopf und Hals



die Konsistenz der Schlucke aufgeführt. Darüber hinaus werden die Anzahl der Schlucke und die Mittelwerte für die Höhe und die Geschwindigkeit der Kehlkopfhebung angegeben.

Ausführlichere Ergebnisse sind in den *detaillierten Messergebnissen* zu finden – einschließlich Untersuchungsdatum, Patientenzustand und – sofern angegeben – die Mittelwerte der schluckspezifischen Parameter, die Schluckfrequenz pro fünf Minuten sowie die einzelnen Schlucke der Messung mit den schluckspezifischen Parametern. Wurde die Konsistenz während der Messung angegeben, werden einzelne Schlucke nach Konsistenzen sortiert.

Notwendig für die Einschätzung des Therapieverlaufs ist die *Verlaufsansicht*. Wurden mehrere Messungen/Trainings mit einem Patienten durchgeführt, bietet der Verlauf die Möglichkeit, diese miteinander zu vergleichen. Einzelne Messungen stehen mit Datum, Anzahl der Schlucke und der Einschätzung der Parameter zur Verfügung. Die Mittelwerte für Höhe und Geschwindigkeit der Kehlkopfhebung für Messungen und Trainings werden in unterschiedlichen Farben visualisiert. Aus den Messergebnissen kann ein *Bericht* erstellt werden.

Messoptionen

Live-Messung

Mit wenigen Handgriffen lässt sich der Patient verkabeln, sodass das Schluckverhalten direkt aufgezeichnet und ausgewertet werden kann (Abb. 2). Für niedergelassene LogopädInnen ist folgende Fragestellung besonders wichtig: Wie schluckt der Patient und welche Manöver sind besonders erfolgreich? Die Aufzeichnung und die schnelle Auswertung sind „live“ also direkt in Echtzeit sichtbar und können durch den Patienten umgesetzt werden (siehe auch Biofeedback).

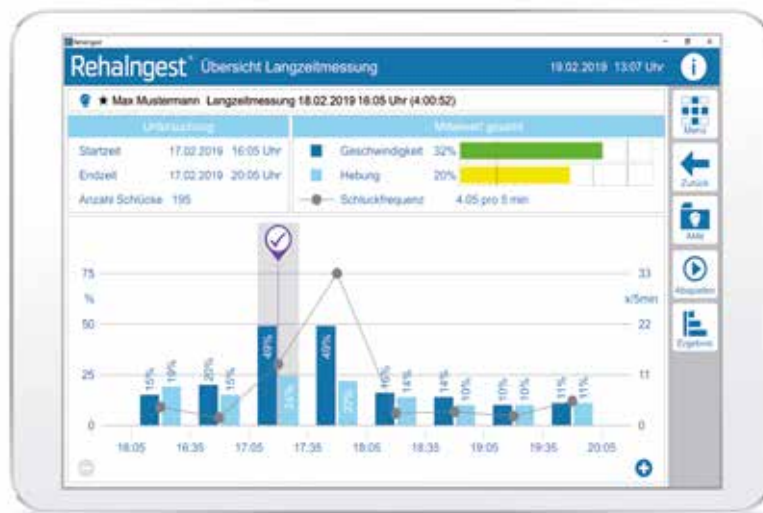
Überwachung der Schluckfunktion (Langzeitmessung)

Eine logopädische Therapie dauert in der Regel 30 bis 45 Minuten. In dieser Zeit versuchen Therapeuten, die Fähigkeiten des Patienten zu erkunden und durch Therapieverfahren dessen Schlucken zu beeinflussen. In der übrigen Zeit eines Tages oder einer Woche bleibt der Patient unbeobachtet. Bisher gab es keine Möglichkeit zu beurteilen, wie der Patient in dieser Zeit schluckt. Für viele Entscheidungen bedeutet das ein erhebliches Risiko.

Rehalgest bietet die Möglichkeit, Messungen auch über einen längeren Zeitraum (bis zu acht Stunden) aufzuzeichnen, Schlucke automatisiert zu erkennen und zu bewerten. Somit besteht die Chance, die Fähigkeiten eines Patienten auch außerhalb der direkten Therapie besser einzuschätzen (Abb. 3). Dadurch können Phasen erkannt werden, in denen der Patient nicht oder nur unvollständig schluckt.

Zurzeit besteht nur eine sehr eingeschränkte Vorstellung davon, wie oft ein gesunder Mensch schluckt. Bisherige Zahlen beruhen auf ungenauen Beobachtungen. Eigene Untersuchungen haben z.B. gezeigt, dass auch

■ **Abb. 3:** Langzeitmessung



Gesunde in der Nacht bis zu 45 Minuten nicht schlucken. Verschiedene Studien untersuchen diese Frage inzwischen intensiver.

Trachealkanülen-Management

Für das Trachealkanülen-Management hält die Langzeitmessung neue Möglichkeiten bereit. Einerseits lässt sich prüfen, ob der Patient schon für einen Wechsel der Trachealkanüle bereit ist. Andererseits kann nach dem Wechsel mit einer Langzeitmessung geprüft werden, ob der Wechsel eine nicht zu hohe Gefährdung bedeutet. Dabei hat die Langzeitmessung erhebliche Vorteile gegenüber einer endoskopischen Untersuchung. Letztere berücksichtigt nur einen kurzen Zeitraum, beobachtete Fähigkeiten werden durch die Anwesenheit der Untersuchenden weiter verfälscht. Die Vigilanz wird in einer solchen Situation gesteigert sein. Dabei ist der Patient aber insbesondere in den Ruhephasen, in denen ihn niemand anregt, für z.B. eine Speichelaspiration gefährdet. Langzeitmessungen erhöhen die Sicherheit in der Entscheidung.

Therapie

Schlucke in Echtzeit zu erkennen und zu bewerten, eröffnete die Möglichkeit, Verfahren zu entwickeln, in denen dem Patienten während der Therapie die eigenen Fähigkeiten visuell einfach dargestellt werden.

Biofeedback

Wichtige Biofeedbackmodule wurden für die Schlucktherapie konzipiert. Über Skill- und Strength-Training kann der Patient grafische Objekte z.B. über Hindernisse schlucken (Abb. 4). Ein Mendelsohn-Manöver lässt sich entsprechend einfach und verständ-

■ **Abb. 4: Biofeedback**



lich erlernen. Der Patient erhält unmittelbar Feedback, indem sich das grafische Objekt in Echtzeit über das Hindernis hebt (und gehalten wird) oder nicht. Ein Aspekt des Biofeedbacks ist für den therapeutischen Erfolg entscheidend: Der Patient hat mittels dieser spielerischen Form und Dank der Belohnung Freude an der Therapie und ist hochmotiviert. Erfolge werden schneller erzielt und sind langanhaltender. Zusätzliche Bausteine des Biofeedbacks sind „Entspannung“ und „Atemtraining“. Über einen Atemgurt können Atemfrequenzen und Atemtiefe wechselseitig trainiert werden. Hochmotiviert steuert der Patient über seine Atmung ein grafisches Objekt, das z.B. Sterne einsammelt.

Ausblick

Das hier vorgestellte Verfahren eröffnet neue Möglichkeiten in der Diagnostik und Therapie von Schluckstörungen, die aufgrund fehlender Messverfahren bisher nicht möglich waren. Es verdeutlicht zudem, dass viele Fragen bisher nicht beantwortet werden konnten – z.B. die Atem-Schluck-Koordination. Dies gilt auch für die Therapie von Schluckstörungen. Es ist möglich, Therapieverfahren zu überwachen und zu bewerten. Das war der Ausgangspunkt der Entwicklung: Es sollte ein Instrument verfügbar gemacht werden, mit dem der Effekt von z.B. F.O.T.T. validier-

bar wurde (Jakobson et al. im Druck).

Die Möglichkeit, Feedback in die Therapie einzufügen, wird die Überlegungen zu Therapieansätzen verändern. Der kutanen Stimulation ermöglicht dies einen neuen Ansatz. Bisherige Stimulationsverfahren waren nicht in der Lage, den Effekt der Stimulation gleichzeitig zu messen und die Stimulation daran anzupassen. Wir haben dies bereits in einer kutanen

Stimulation getestet. Damit eröffnet sich auch der Zugang zu einem Therapieansatz mittels Neuroprothese für die Therapie von Schluckstörungen. Mithilfe der DFG konnten die Forschungsarbeiten begonnen werden.

Fazit

Mit Rehalngest steht ein neuartiges Messinstrument zur Verfügung, das durch seine Einfachheit in der Anwendung und vielfältigen Einsatzmöglichkeiten die Therapie von Patienten mit Schluckstörungen wirkungsvoll unterstützen kann. Die Evidenz von Therapieansätzen kann geprüft und dargestellt werden und wird mit Rehalngest vergleichbar. Patienten und TherapeutInnen erhalten zeitnah eine Auswertung der Therapie bzw. des Trainings. Zugleich können sie unsere Forschung mit ihrer Arbeit unterstützen und Rehalngest weiter verbessern.

LITERATUR

- Jakobson, D., Poulson, I., Riberholt, C., Peterson, T.H., Schultheiss, C. & Seidl, R.O. (im Druck). *The effect of intensified nonverbal facilitation of swallowing on dysphagia after severe acquired brain injury: a randomised controlled pilot study.*
- Nahrstaedt, H. (2017). *Automatic detection and assessment of swallowing based on bioimpedance and electromyography measurements.* Technische Universität Berlin
- Schultheiss, C. (2013). *Die Bewertung der pharyngealen Schluckphase mittels Bioimpedanz – Evaluation eines Mess- und Diagnostikverfahrens.* Potsdam: Universitätsverlag Potsdam
- Schultheiss, C., Wolter, S., Schauer, T., Nahrstaedt, H. & Seidl, R.O. (2015). Einfluss der Körperposition auf die Atem-Schluck-Koordination. *HNO* 63 (6), 439-446

DOI dieses Beitrags (www.doi.org)

10.2443/skv-s-2019-53020190503

Korrespondenzanschrift

PD Dr. med. Rainer O. Seidl
Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
Unfallkrankenhaus Berlin
Warener Str. 7
12683 Berlin
rainer.seidl@ukb.de

SUMMARY. New possibilities in dysphagia therapy with Rehalngest

Simple measuring instruments are missing in the diagnosis and therapy of swallowing disorders. For the first time Rehalngest offers support in the diagnosis and therapy of swallowing disorders. Thanks to simple instructions, Rehalngest can be put into operation in a very short time so that the therapy time can be used optimally. Rehalngest displays the measurement signals (bioimpedance, electromyography and respiration) and offers automatic swallow detection and automatic evaluation of swallowing. The integrated patient administration, various evaluation tools (summary, detailed overview, progress monitoring, reports) and measurement options (live measurement, long-term measurement, biofeedback) ensure convenient use.

KEYWORDS: Swallowing disorder – therapy – diagnostics – biofeedback – bioimpedance – electromyography