

## Evaluation eines Bioimpedanz-EMG-Messsystems zur Schluckererkennung während der pharyngealen Schluckphase

*Corinna Schultheiss<sup>1</sup>, Holger Nahrstaedt<sup>2</sup>,  
Thomas Schauer<sup>2</sup> & Rainer O. Seidl<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Klinik für Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde, Unfallkrankenhaus Berlin

<sup>2</sup> Fachbereich Regelungssysteme, Technische Universität Berlin

### 1 Einleitung

Schluckstörungen erfordern eine schnelle und sichere Diagnostik. Die als Goldstandard angesehenen instrumentellen Untersuchungsmethoden Videofluoroskopie (VFSS) und fiberoptisch-endoskopische Schluckuntersuchung (FEES), erreichen bei kritischer Sicht der Literatur eine Reproduzierbarkeit von 60 % (Kelly, Leslie, Beale, Payten & Drinnan, 2006; McCullough et al., 2001; Tohara et al., 2010). Die Interrater-Reliabilität beträgt sogar nur 50 %. Dabei zeigte sich eine hohe Abhängigkeit der Reliabilität von der Erfahrung des Untersuchers und der zu beurteilenden Merkmale. Beispiele dafür sind die laryngeale Penetration mit 56 % oder die tracheale Aspiration mit 71 % (Leder, Acton, Lisitano & Murray, 2005). Die klinischen Eingangsdagnostiken, ob Wasserschlucktest (Daniels, Ballo, Mahoney & Foundas, 2000; DePippo, Holas & Reding, 1992) oder Bolus-schlucktest (Schultheiss, Nusser-Müller-Busch & Seidl, 2011; Trapl et al., 2007) haben eine gute bis sehr gute Reproduzierbarkeit und werden vor allem von nicht-ärztlichem Personal durchgeführt. Die Beurteilung eines Schlucks erfolgt hier über das Auftreten von klinischen Prädiktoren, wie Husten, Irritation der Atem-Schluck-Koordination oder eine veränderte Stimme („wet voice“). Eine Identifikation der sog. „stillen“ Aspiration ist nicht möglich.

Im Rahmen des Verbundprojektes BigDysPro<sup>1</sup> ([www.bigdyspro.de](http://www.bigdyspro.de)) wurde die Machbarkeit einer Schluckneuroprothese geprüft. Für die Regelung einer solchen Prothese war es notwendig, ein einfaches implantierbares Messsystem zu entwickeln, das in der Lage ist, Schlucken zu erfassen und zu beurteilen. So wurde ein Bioimpedanz-EMG-Messsystem entwickelt (Nahrstaedt, Schauer & Seidl, 2010; Nahrstaedt, Schultheiss, Seidl & Schauer, 2012), das diesen Ansprüchen genügen sollte. Das Messsystem sollte in der Lage sein, online myoelektrische Signale (messbare Signale durch Kontraktion der submentalen Muskulatur, EMG) und Veränderungen der Bioimpedanz (Veränderung des elektrischen Widerstandes im Halsbereich durch Verengung des Rachenraumes beim Schlucken) zu erfassen. Durch die Entwicklung geeigneter Software war es möglich, die Messsignale der Bioimpedanz und des EMGs basierend auf physiologischen Kriterien (z. B. ausreichend EMG-Aktivität, Abfall in der Bioimpedanz) automatisiert auszuwerten. In ausgewählten Zeitabschnitten wurden Kurvenmerkmale extrahiert, die es einem Klassifikator ermöglichen, automatisch die Zeitabschnitte zu finden, in denen ein Schluck stattfand. Vor dem Einsatz am Menschen sollte das Messsystem evaluiert werden.

## 2 Fragestellung

Ist das Messsignal der Bioimpedanz reproduzierbar? Durch welche Faktoren wird das Messsignal beeinflusst? Ermöglicht das Bioimpedanzmesssignal eine Unterscheidung von Schluck- und Kopfbewegungen? Können aus dem Messsignal schluckspezifische Merkmale extrahiert werden?

---

<sup>1</sup> Gefördert durch das BMBF, Gewinner des Innovationswettbewerbes Medizintechnik 2009.

### 3 Methode

Die Evaluation des Messsystems wurde an insgesamt 31 gesunden Probanden mit 1650 Schlucken durchgeführt. Die Intrarater-Reliabilität wurde anhand von vier Messwiederholungen durch einen Untersucher an 15 Probanden (689 Schlucke) und die Interrater-Reliabilität wurde durch vier unabhängige Untersucher an neun Probanden (119 Schlucke) geprüft. Die Reproduzierbarkeit wurde mit einer flüssigen Konsistenz (20 ml) untersucht. Der Vergleich von Schluck- und Kopfbewegungen und die Beeinflussung des Messsignals durch die genannten Faktoren wurden anhand von 20 Probanden (228 Schlucke, 81 Kopfbewegungen) überprüft. Die zu untersuchenden Kopfbewegungen (z. B. Kopf heben, sprechen, Zunge an Gaumen pressen usw.) sowie die Mengen (flüssig: 5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml), Konsistenzen (Speichel, flüssig, passiert und fest) und die unterschiedlichen Leitfähigkeiten der Flüssigkeiten mit je 20 ml (physiologische Kochsalzlösung, Mischung 1:1 Kochsalzlösung und destilliertes Wasser, destilliertes Wasser und Mineralwasser) wurden randomisiert vorgegeben und vom Probanden selbst zum Mund geführt.

### 4 Ergebnisse

Die vier Messwiederholungen wurden genutzt, um die Berechnung der Korrelation innerhalb der Regressionsanalyse zwischen den einzelnen Bioimpedanzmesssignalen vorzunehmen. Der mittlere Korrelationskoeffizient für die Intrarater-Reliabilität lag bei einem Wert von 0.994, wobei die einzelnen Korrelationskoeffizienten bei über 0.8 lagen. Die Interrater-Reliabilität wurde mit der Intraklassen-Korrelation berechnet. Der mittlere Koeffizient erreichte über alle Probanden einen Wert von 0.846.

Bezogen auf die Merkmale Dauer und Ausmaß der Kehlkopfhebung, maximale Kehlkopfhebung und die Geschwindigkeit der Kehlkopfhebung konnten beim Vergleich von Schluck- und Kopfbewegungen signifikante Unterschiede nachgewiesen werden.

Das Messsignal der Bioimpedanz wurde dabei durch die Menge und Konsistenz der Nahrung beeinflusst. Eine signifikante Beeinflussung des Messsignals durch das Geschlecht der Probanden und durch die Leitfähigkeit der zu schluckenden Nahrung wurde nicht gefunden.

## 5 Diskussion

Die sichere Diagnostik von Schluckstörungen stellt im klinischen Alltag eine besondere Herausforderung dar. Die als Goldstandard genutzten instrumentellen Untersuchungsmethoden, VFSS und FEES, weisen eine schlechte Reproduzierbarkeit (ca. 60 %) auf und können nicht automatisch ausgewertet werden. Das Bioimpedanz-EMG-Messsystem weist eine deutlich höhere Reproduzierbarkeit (ca. 80 %) auf. Die Schlucke können automatisch erkannt und ausgewertet werden.

Es hat bereits Versuche gegeben, die Bewegung des Kehlkopfes durch die Ableitung der Bioimpedanz darzustellen. Die Gruppe um Yamamoto (Yamamoto et al., 2000) nutzten die Impedanz-Pharyngographie (IPG). Sie konnten zeigen, dass eine Unterscheidung von Patienten mit Schluckstörungen und Gesunden möglich ist. Das vorliegende Messsystem ist, im Gegensatz zu dem bisher vorgestellten Messsystem, zusätzlich in der Lage, bei gesunden Probanden Schluck- von Kopfbewegungen zu unterscheiden.

Die in der Literatur beschriebene Beeinflussung des Schlucks durch die Menge oder Konsistenz der Nahrung konnte in den eigenen Untersuchungen bestätigt werden. Die Testung von kleineren Mengen (>20 ml) ermöglicht eine Aussage über die Reinigungsfähigkeit, d. h. eine Aussage über die Effizienz und Symmetrie der pharyngealen Kontraktion und die zeitliche Koordination des Kehlkopfverschlusses (Kahrilas & Logemann, 1993). Reimers-Neils, Logemann und Larson (1994) konnten eine Zunahme der Schluckdauer von flüssig über dünn passiert zu fest nachweisen. In Bezug auf die Bioimpedanz fanden Ward, McCullagh und Cichero (2007) eine Zunahme der

Voraktivität der Zunge bei zunehmender Konsistenz des zu schluckenden Bolus. In der vorliegenden Studie konnte eine Veränderung der Geschwindigkeit der Kehlkopfhebung über die unterschiedlichen Mengen und Konsistenzen in der Ableitung der Bioimpedanz nachgewiesen werden.

Das vorgestellte Diagnostikinstrument, das entgegen der bisher als Goldstandard genutzten instrumentellen Untersuchungsverfahren auch durch nicht-ärztliches Personal genutzt werden kann, ermöglicht eine einfache Erfassung von durch Schlucken erzeugten Veränderungen des Pharynx. Es kann zukünftig vielleicht einen Teil der instrumentellen ärztlichen Diagnostik ersetzen. Es scheint dazu geeignet zu sein, als Sensor für die Regelung einer Schluckneuroprothese zu dienen.

## 6 Literatur

- Daniels, S. K., Ballo, L. A., Mahoney, M. C. & Foundas, A. L. (2000). Clinical predictors of dysphagia and aspiration risk: outcome measures in acute stroke patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81 (8), 1030–1033.
- DePippo, K. L., Holas, M. A. & Reding, M. J. (1992). Validation of the 3-oz water swallow test for aspiration following stroke. *Archives of Neurology*, 49 (12), 1259–1261.
- Kahrilas, P. J. & Logemann, J. A. (1993). Volume Accommodation during Swallowing. *Dysphagia*, 8, 259–265.
- Kelly, A. M., Leslie, P., Beale, T., Payten, C. & Drinnan, M. J. (2006). Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing and videofluoroscopy: does examination type influence perception of pharyngeal residue severity? *Clinical Otolaryngology*, 31(5), 425–432.

- Leder, S. B., Acton, L. M., Lisitano, H. L. & Murray, J. T. (2005). Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing (FEES) with and without blue-dyed food. *Dysphagia*, *20*(2), 157–162.
- McCullough, G. H., Wertz, R. T., Rosenbek, J. C., Mills, R. H., Webb, W. G. & Ross, K. B. (2001). Inter- and intrajudge reliability for videofluoroscopic swallowing evaluation measures. *Dysphagia*, *16*, 110–118.
- Nahrstaedt, H., Schauer, T. & Seidl, R. O. (2010). *Bioimpedance based measurement system for a controlled swallowing neuroprosthesis*. Paper presented at the 15th Annual International FES Society Conference and 10th Vienna Int. Workshop on FES, Wien.
- Nahrstaedt, H., Schultheiss, C., Seidl, R. O. & Schauer, T. (2012). *Swallow Detection Algorithm Based on Bioimpedance and EMG Measurements*. Paper presented at the 8th IFAC Symposium on Biological and Medical Systems, Budapest.
- Reimers-Neils, L., Logemann, J. A. & Larson, C. (1994). Viscosity Effects on EMG Activity in Normal Swallow. *Dysphagia*, *9*, 101–106.
- Schultheiss, C., Nusser-Müller-Busch, R. & Seidl, R. O. (2011). The semisolid bolus swallow test for clinical diagnosis of oropharyngeal dysphagia: a prospective randomised study. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, *268*, 1837–1844.
- Tohara, H., Nakane, A., Murata, S., Mikushi, S., Ouchi, Y., Wakasugi, Y. & Uematsu, H. (2010). Inter- and intra-rater reliability in fibroptic endoscopic evaluation of swallowing. *Journal of Oral Rehabilitation*, *37*(12), 884–891.
- Trapl, M., Enderle, P., Nowotny, M., Teuschl, Y., Matz, K., Dachenhausen, A. & Brainin, M. (2007). Dysphagia bedside screening for acute-stroke patients. *Stroke*, *38*(11), 2948–2952.

- Ward, L. C., McCullagh, W. A. & Cichero, J. (2007). The use of bioimpedance analysis for the study of dysphagia. *IFMBE Proceedings*, 17, 683–686.
- Yamamoto, Y., Nakamura, T., Seki, Y., Utsuyama, K., Akashi, K. & Jikuya, K. (2000). Neck Electrical Impedance for Measurement of Swallowing. *Electrical Engineering in Japan*, 130, 210–217.

**Kontakt**

Corinna Schultheiss

*corinnaschultheiss@gmail.com*