

Automatische Erkennung und Bewertung des Schluckvorgangs durch ein kombiniertes EMG-Bioimpedanzmesssystem

A. Coordes¹, H. Nahrstaedt², T. Schauer², C. Schultheiss², R.O. Seidl¹

¹ Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Krankheiten, Unfallkrankenhaus Berlin

² Fachgebiet Regelungssysteme, TU Berlin

Einleitung:

Im Rahmen eines BMBF-geförderten Forschungsprojektes wurde ein kombiniertes EMG- und Bioimpedanzmesssystem¹ entwickelt, das in der Lage sein soll, Schluckvorgänge automatisiert zu erkennen, um automatisierte Auswertungen und Stimulationen im Rahmen der Therapie von Schluckstörungen zu ermöglichen (Abb. 1).

Erste Untersuchungen zeigten ein reproduzierbares Messsignal, das physiologischen Veränderungen während des Schluckvorgangs, wie Kehlkopfhebung und Pharynxverschluss, abbildet (Abb. 2).

Es soll nun geprüft werden, ob an Hand definierter Kriterien eine automatisierte Erkennung von Schluckvorgängen möglich ist.

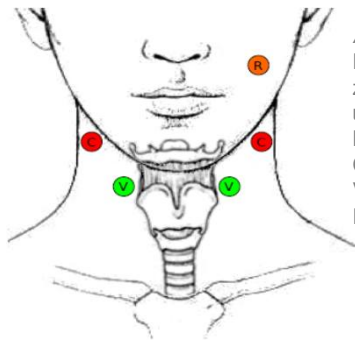


Abb. 1: Messsystem:

Das Messsystem umfasst jeweils zwei unabhängige Bioimpedanz- und EMG-Messungen über vier Kanäle.

C – Strom-Elektroden,

V – Spannungs-Mess-Elektroden,

R - Referenzelektroden

Methoden:

Mit dem selbst entwickelten kombinierten EMG- und BI-Messsystem Physiosense wurden bei 30 Personen normale Mahlzeiten mit allen Begleitbewegungen (Sprechen etc.) aufgezeichnet. Die Probanden markierten jeden Schluck mit einem Handschalter (6000 Schlucke).

Die erhaltenen EMG- und Bioimpedanzdaten wurden gefiltert und approximiert (Abb. 2). Anschließend wurden sie verarbeitet, so dass eine automatische Erkennung eines EMG-Beginns (EMG_{start} , EMG_{max} , EMG_{end}) und von Bioimpedanztälern (BI_{start} , BI_{min}) möglich wurde. Da kein Schluck ohne Muskelaktivität möglich ist und der Pharynxverschluss durch ein charakteristisches BI-Minimum beschrieben werden kann, wurden die Messdaten auf diese beiden Kriterien hin untersucht.

Um eine weitere Differenzierung dieses Abschnitts zu ermöglichen, wurde zusätzlich eine Supportvektormaschine² (SVM) eingesetzt, die automatisiert die Kurven untersucht und selbstständig charakterisiert. Dafür benötigt sie einen Testdatensatz, mit dem sie ein typisches Merkmalsmuster erstellt. Anhand dieses Musters wurden die Messdaten untersucht.

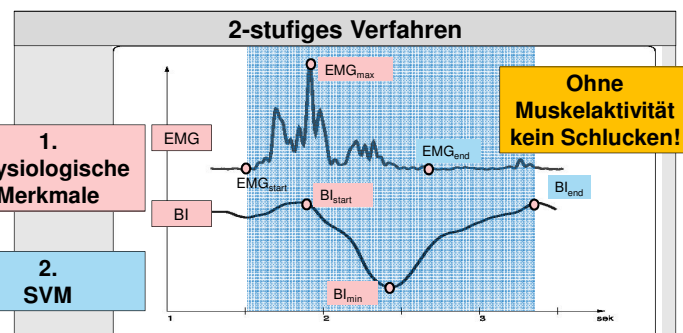


Abb. 2: Algorithmus für die Erkennung eines Schluckvorgangs: Kombination der Abfolge des physiologischen Merkmale (EMG-Aktivität und BI-Änderung) und Supportvektormaschine (SVM).

Ergebnisse:

Mit dem Algorithmus, der die Abfolge der physiologischen Merkmale (EMG-Beginn und BI-Abfall) prüfte, betrug die Sensitivität 99% (1609 von 1625 Schlucken wurden erkannt). Bei 5542 falsch positiven Ergebnissen war der Algorithmus für eine automatische Erkennung nicht ausreichend.

Physiologische Kriterien (EMG und BI-Änderungen)		
1625	Schluck	Kein Schluck
positiv	1609	16
negativ	5542	

**Sensitivität: 99%,
doch:
5542 falsch pos.
Ergebnisse**

Eine Verbesserung der Erkennungsraten des Schluckvorgangs konnten mit einer Supportvektormaschine erreicht werden. Die Sensitivität betrug 96% und die Spezifität 97%.

Supportvektormaschine kombiniert mit EMG und BI-Änderungen: Schlucken		
	Schluck	Kein Schluck
positiv	636	49
negativ	26	1646

**Sensitivität: 96,1%
Spezifität: 97,1%**

Bei der Bewertung der Schlucke wurden mit dem beschriebenen 2-stufigen System die Schlucke von Speichel mit einer Sensitivität von 79% und die Schlucke von Nahrung mit einer Sensitivität von 76% erkannt.

Supportvektormaschine kombiniert mit EMG und BI-Änderungen: Nahrungskonsistenz		
	Speichel	Nahrung
positiv	184	96
negativ	47	308

**Sensitivität
Speichel: 79,1%
Nahrung: 76,2%**

Schlussfolgerungen:

- Der vorgestellte 2-stufige Algorithmus ermöglicht die sichere Erkennung eines Schluckvorgangs.
- Mit diesem Verfahren können Speichelschlucke von Nahrungsschlucken unterschieden werden.
- Für eine differenziertere Untersuchung auf Pathologien (Penetration, Aspiration) sind größere Datenmengen notwendig.

Literatur:

- [1] Nahrstaedt, H., Schauer, T. and Seidl, R.O. (2010). Bioimpedance based measurement system for a controlled swallowing neuro-prosthesis. In Proc. of 15th Annual International FES Society Conference and 10th Vienna Int. Workshop on FES, 49–51.
- [2] Chang, C.C. and Lin, C.J. (2011). LIBSVM: A library for support vector machines. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2, 27:1 (27:27). Software available at <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>.

Finanziell gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung