

## Kann das pharyngeale Schlucken willentlich gesteuert werden?

Dr. Katharina Winiker<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Schweizer Hochschule für Logopädie Rorschach

Vorliegender Fachartikel basiert auf folgender Promotionsarbeit: Winiker K. (2019): Assessment and behavioural modulation of the upper oesophageal sphincter in healthy swallowing. Canterbury, Christchurch.

### Abstract

Schlucken ist eine hochkomplexe Funktion, die nicht nur vom Hirnstamm, sondern von diversen Hirnstrukturen gesteuert wird. Da subkortikale und kortikale Strukturen in der neuronalen Kontrolle des Schluckens involviert sind, stellt sich die für die Therapie von Schluckstörungen relevante Frage, ob und inwieweit das pharyngeale Schlucken willentlich verändert werden kann. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass es möglich ist, die pharyngeale Schluckphase durch Kraftsteigerung oder durch eine zeitliche Verlängerung des Schluckprozesses in ihrer Gesamtheit, das heisst einschliesslich der Biomechanik und der pharyngealen Drucke, zu verändern. Es ist jedoch noch wenig erforscht, ob auch einzelne Aspekte des pharyngealen Schluckens willentlich moduliert werden können. Vorliegender Beitrag stellt Studien vor, welche die willentliche Modulierung einzelner Aspekte des pharyngealen Schluckens, wie beispielsweise die Druckerzeugung im oberen Ösophagusphinkter, untersucht haben.

Swallowing is a highly complex function that is controlled not only by the brainstem but by diverse brain structures. As subcortical and cortical structures are involved in neural control of swallowing, the capacity for purposeful modulation of pharyngeal swallowing is of therapeutic interest. Numerous studies have shown that the pharyngeal phase in its entirety, including biomechanics and pharyngeal pressure, can be behaviourally manipulated primarily through alteration of effort or by increasing the duration of swallowing. However, there is little known whether single aspects of the swallowing response can be volitionally altered. This work presents studies focusing on behavioural modulation of single aspects of pharyngeal swallowing, including pressure generation at the upper oesophageal sphincter.

## 1 Die zentrale Kontrolle des Schluckens

Historisch betrachtet, wurde das pharyngeale Schlucken als ein vom Hirnstamm gesteuerter Reflex verstanden (vgl. Ertekin & Aydogdu 2003; Humbert & German 2013). Das Verständnis eines vom Hirnstamm kontrollierten Schluckreflexes beruhte mehrheitlich auf Experimenten mit Tieren, sowie auf Studien mit Menschen, die intra-operativ durchgeführt wurden (vgl. Neuhuber & Bieger 2013; Vasant & Hamdy 2013). In Tierexperimenten wird das Schlucken oft elektrisch stimuliert. Zudem ist die Anwendung von Anästhesien in solchen Experimenten üblich. Diese zwei Faktoren können zu einer signifikanten Veränderung des Schluckens führen und müssen daher in der Interpretation der Daten berücksichtigt werden (vgl. Lang 2009).

Heute ist es unbestritten, dass das Schlucken eine hochkomplexe und dynamische Funktion ist, die nicht nur vom Hirnstamm, sondern auch von verschiedenen kortikalen und subkortikalen Strukturen kontrolliert wird (vgl. Ertekin & Aydogdu 2003; Humbert & German 2013; Miller 2013). Technologien wie beispielsweise die Magnetresonanztomographie (vgl. Gonzalez-Fernandez et al. 2008), die funktionelle Magnetresonanztomographie (vgl. Hamdy 1999), die Positronen-Emissions-Tomographie (vgl. Zald & Pardo 1999) und die Magnetoenzephalographie (vgl. Dziewas 2009) lieferten bezüglich des heutigen Verständnisses der neuronalen Kontrolle des Schluckens wichtige Erkenntnisse. Zudem war es möglich, mittels der transkraniellen magnetischen Stimulation, die neuronalen Bahnen, die beim Schlucken involviert sind, zu untersuchen (vgl. Hamdy 1996). Auch zeigten Studien mit Patientinnen und Patienten nach Schlaganfall (vgl. Martin & Sessle 1993; Michou & Hamdy 2009), mit Alzheimer (vgl. Humbert et al. 2010) oder mit Amyotropher Lateralsklerose (vgl. Teismann et al. 2011) die wichtige Rolle des Kortex bei der Steuerung des Schluckens auf. Obwohl Forschungsdaten zur neuronalen Kontrolle des Schluckens zunehmen, bestehen noch Unklarheiten bezüglich der komplexen Interaktionen innerhalb des ausgedehnten neuronalen Netzwerkes.

## 2 Die willentliche Veränderung der pharyngealen Schluckphase

In Anbetracht der kortikalen und subkortikalen Strukturen, die in die neuronale Kontrolle des Schluckens involviert sind (vgl. Humbert & German 2013; Michou & Hamdy 2009), stellt sich die Frage, inwieweit das

pharyngeale Schlucken willentlich verändert werden kann (vgl. Robbins et al. 2008). Zahlreiche Studien untersuchten die willentliche Manipulation des Schluckens durch die Anwendung verschiedener Schluckmanöver. Es wurde beispielsweise gezeigt, dass der Schluckvorgang durch eine gesteigerte Kraftanwendung (kräftiges Schlucken) (vgl. Bülow et al. 1999; Doeltgen et al. 2017; Hind et al. 2001; Hiss & Huckabee 2005; Hoffman et al. 2012; Huckabee et al. 2005; Witte et al. 2008) oder über eine zeitliche Verlängerung (Mendelsohn Manöver) (vgl. Bodén et al. 2006; Doeltgen et al. 2017; Inamoto et al. 2018) verändert werden kann. Wichtig zu beachten ist, dass sowohl für das kräftige Schlucken, wie auch für die Mendelsohn Schlucktechnik eine Veränderung des Schluckens der pharyngealen Biomechanik (vgl. Bülow et al. 1999; McCullough & Kim 2013) und der pharyngealen Druckgenerierung (vgl. Doeltgen et al. 2017; Hoffman et al. 2012; Huckabee et al. 2005; Witte et al. 2008) dokumentiert wurde. Dies bedeutet, dass beide Schlucktechniken eine Veränderung des pharyngealen Schluckens in seiner Gesamtheit bewirken. Ob und inwiefern jedoch einzelne Aspekte der pharyngealen Schluckphase willentlich verändert werden können, ist bisher weitgehend ungeklärt.

## 3 Die willentliche Veränderung einzelner Aspekte des pharyngealen Schluckens

Es ist zentral zu erforschen, ob auch einzelne Aspekte des pharyngealen Schluckens moduliert werden können, da eine Veränderung der gesamten pharyngealen Schluckphase möglicherweise negative Effekte auf die Schluckfunktion haben kann (vgl. Garcia et al. 2004). Bislang befassten sich erst vereinzelt Studien mit dieser Frage. In einer Studie konnte gezeigt werden, dass gesunde Erwachsene (n=16) während einer einzelnen Sitzung, unterstützt durch visuelles Biofeedback mittels Videofluoroskopie und mithilfe von verbalem Feedback, den Verschluss des Larynxeingangs während des Schluckens willentlich verlängern können (vgl. Macrae et al. 2014). Huckabee et al. (2014) untersuchten, ob Menschen, bei denen sich beim Schlucken ein pathologisches pharyngeales Druckmuster zeigt, die Fähigkeit haben, dieses Druckmuster willentlich zu verändern. In einer manometrischen Abklärung wurde bei den 16 an der Studie teilnehmenden Patientinnen und Patienten ein sogenanntes «pharyngeal mis-sequencing» diagnostiziert. Dies bedeutet, dass anstelle einer physiologischen Druckwelle, die sich im Pharynx von proximal zu distal bewegt, im oberen

und unteren Pharynx simultan Druck generiert wird. Dieses pathologische Druckmuster kann, unter anderem, zu einem gestörten Bolustransport im Pharynx, zu nasaler Penetration und zu Aspiration führen. In der Studie erhielten die Probandinnen und Probanden während mindestens einer Woche täglich zwei Mal Biofeedback mittels Low-Resolution-Manometrie. Somit konnten sie die von ihnen erzeugten Drucke im Pharynx in Form von Wellen unmittelbar auf einem Bildschirm sehen. In der Therapie wurden sie gebeten, die Zeitspanne zwischen den Druckpeaks im oberen und im unteren Pharynx zu verlängern, das heisst, die Druckspitze im unteren Pharynx zeitlich zu verzögern. Die Studie ergab, dass durch das intensive Trainingsprogramm die zeitliche Separierung verlängert werden konnte.

Basierend auf dieser Studie haben Lamvik et al. (2015) untersucht, ob gesunde Probandinnen und Probanden (n=6) ohne Dysphagie willentlich ein pathologisches Druckmuster, entsprechend des «pharyngealen missequencing», erzeugen können. Sie wollten herausfinden, ob ein «einzelner» Aspekt des Schluckens, nämlich das Timing der pharyngealen Druckgenerierung, von Gesunden willentlich moduliert werden kann. Die Probandinnen und Probanden absolvierten, wie in der vorher beschriebenen Studie, während zwei Wochen ein tägliches manometrisches Biofeedback-Training. Die Studienresultate zeigten, dass die Probandinnen und Probanden während des Trainings die Zeitdauer zwischen der Druckgenerierung im oberen und unteren Pharynxbereich verkürzen konnten. Diese Veränderung wurde jedoch mehrheitlich durch ein schnelleres Schlucken und nicht durch die isolierte Modulation des Timings der Druckgenerierung erreicht.

Winiker et al. (2020) erforschten, ob gesunde Erwachsene unterschiedlichen Alters ohne Dysphagie den Ruhedruck im oberen Ösophagusphinkter willentlich modulieren können. Sechs Probandinnen und Probanden absolvierten täglich während zwei Wochen (10 Lektionen) ein einstündiges manometrisches Biofeedback-Training. Als Biofeedback-Modalität wurde die Hochauflösungsmanometrie verwendet. Im Vergleich zur Low-Resolution-Manometrie können in der Hochauflösungsmanometrie Drucke nicht nur

mittels Wellenform, sondern auch als farbige Plots dargestellt werden. Hohe Drucke werden dabei durch wärmere Farben (beispielsweise rot) und tiefere Drucke durch kältere Farben (beispielsweise blau) dargestellt. Die Probandinnen und Probanden wurden dazu aufgefordert, die Drucke im Bereich des oberen Ösophagusphinkters im Wechsel zu erhöhen, indem sie versuchten eine wärmere Farbe in der Bildgebung zu erreichen und sie zu verringern, indem sie eine kältere Farbe zu erwirken versuchten. Eine Anleitung, wie diese Druckmodulierung erreicht werden sollte, wurde nicht vermittelt. Die Resultate dieser

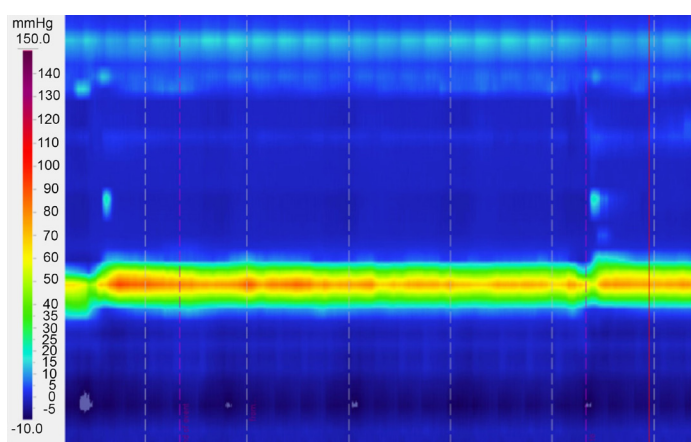


Abb. 1a

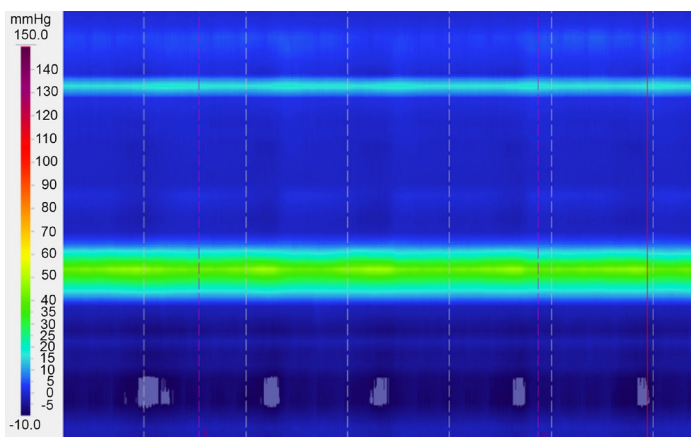


Abb. 1b:

Hochauflösungsmanometrisches Biofeedback des Ruhedrucks im oberen Ösophagusphinkter. Abb. 1a zeigt die Druckmessungen einer Probandin während des Versuchs die Drucke zu erhöhen und Abb. 1 b während des Versuchs die Drucke zu reduzieren. [Nachdruck und Übersetzung mit Genehmigung von Springer Nature Service Centre GmbH: Springer Nature, Dysphagia, Potential for volitional control of resting pressure at the upper oesophageal sphincter in healthy individuals, Winiker et al, Copyright [2020]].

Studie zeigten, dass gesunde Erwachsene den Ruhedruck im oberen Ösophagus sphinkter willentlich erhöhen, nicht aber reduzieren können. Diese Daten deuten darauf hin, dass die Muskelkontraktion im oberen Ösophagus sphinkter durch intensives Training willentlich verstärkt werden kann. Es sind verschiedene Gründe denkbar, wieso die Probandinnen und Probanden den Ruhedruck nicht willentlich senken konnten. Beispielsweise könnte die Druckgenerierung aufgrund der Muskeleigenschaften des Sphinkters ein Grund sein. Auch kann ein Einfluss auf die Drucke durch den intraluminalen Manometrie-Katheter nicht ausgeschlossen werden.

Eine Parallelstudie erforschte, ob gesunde Probandinnen und Probanden die Druckverhältnisse im oberen Ösophagus sphinkter während des Schluckens verändern können (vgl. Winiker et al. 2021). Beim Schlucken kommt es im Rahmen der oberen Ösophagus sphinkteröffnung zu einem Druckabfall, der für eine erfolgreiche Boluspassage vom Pharynx in den Ösophagus notwendig ist. In dieser Studie wurde bei sechs Probandinnen und Probanden unterschiedlichen Alters untersucht, ob die Zeitdauer des Druckabfalls mit Hilfe von hochauflösungsmanometrischem Biofeedback willentlich verlängert werden kann. Die Dauer des Druckabfalls wurde stellvertretend für die Sphinkteröffnungsdauer gemessen. Die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer wurden dazu aufgefordert, die Öffnungsdauer, dargestellt als eine Phase von «blauen Drucken» zu verlängern, indem sie die Sphinktermuskeln zu kontrollieren versuchten ohne dabei die Kopfhaltung zu verändern oder andere Muskeln zu aktivieren. Die Resultate zeigten, dass die Dauer des Druckabfalls bei der ersten Messung vor Trainingsbeginn verlängert werden konnte, aber durch das zweiwöchige Intensivtraining keine weiteren Fortschritte erzielt wurden. Dies deutet auf eine angeborene Fähigkeit hin, die Dauer des Druckabfalls zu verlängern. Ein Training ist hierfür nicht notwendig. Der Deckeneffekt könnte damit erklärt werden, dass die Fähigkeit diese Dauer zu verlängern eingeschränkt ist, da die Ösophagus sphinkteröffnung im Rahmen des pharyngealen Schluckens teilweise von den «Central Pattern Generators» im Hirnstamm gesteuert wird.

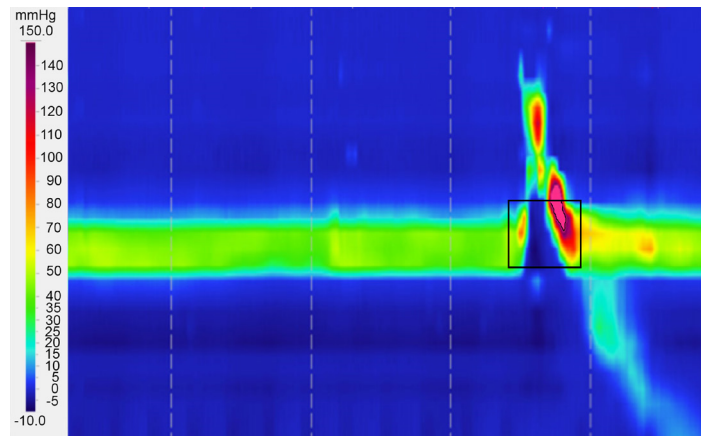


Abb. 2:

Hochauflösungsmanometrisches Biofeedback der Dauer des Druckabfalls in der Region des oberen Ösophagus sphinkters während der Manipulation. Das schwarze Quadrat kennzeichnet die Dauer des Druckabfalls. [Nachdruck und Übersetzung mit Genehmigung von Springer Nature Service Centre GmbH: Springer Nature, Dysphagia, Potential for behavioural pressure modulation at the upper oesophageal sphincter in healthy swallowing, Winiker et al., Copyright (2021)].

#### 4 Diskussion und Ausblick

Die Erweiterung unseres Verständnisses, welche Rolle kortikale und subkortikale Strukturen in der neuronalen Kontrolle des Schluckens spielen, ist insbesondere in Hinblick auf die Frage, inwiefern das Schlucken willentlich verändert werden kann, zentral. Dieses Wissen ist Grundlage für die zukünftige (Weiter-) Entwicklung von Therapieansätzen für Menschen mit einer Dysphagie (vgl. Humbert & German 2013). Grosse Bedeutung kommt der weiteren Erforschung darüber zu, ob einzelne Aspekte des pharyngealen Schluckens willentlich moduliert werden können. Da verschiedene Komponenten des pharyngealen Schluckens unterschiedlich innerviert sind, wird für einzelne Komponenten individuell untersucht werden müssen, ob sie willentlich moduliert werden können. Studien mit gesunden Probandinnen und Probanden liefern wichtige Hinweise, ob die willentliche Modulation des Schluckens ohne neurologische Veränderungen nach einer Schädigung, beispielsweise nach einem Schlaganfall oder nach der neuronalen Reorganisation nach einem neurologischen Ereignis, möglich ist. Es ist jedoch wichtig zu bedenken, dass die Möglichkeit zur willentlichen Veränderung des pharyngealen Schluckens bei gesunden Probandinnen und Probanden, im Vergleich zu Menschen mit einer Dysphagie, möglicherweise geringer ist. So konnten beispielsweise die gesunden Probandinnen

und Probanden in der Studie von Lamvik et al. (2015) die zeitliche Separierung zwischen der Druckerzeugung im oberen und im unteren Bereich des Pharynx nicht isoliert verändern, während es den Patientinnen und Patienten in der Studie von Huckabee et al. (2014) möglich war. Dies könnte bedeuten, dass eine

Veränderung einer gesunden Schluckfunktion, das heisst eines maximal funktionalen Prozesses, eine mögliche Gefährdung der Funktion bedeuten würde. Weitere Daten sind daher für gesunde Probandinnen und Probanden sowie für Menschen mit einer Dysphagie notwendig.

## Literatur

- Bodén, K. Bodén, K., Hallgren, Å. & Hedström, H. W. (2006): Effects of three different swallow maneuvers analyzed by videomanometry. In: *Acta Radiologica*, 47(7), 628-633.
- Bülöw, M., Olsson, R. & Ekberg, O. (1999): Videomanometric analysis of supraglottic swallow, effortful swallow, and chin tuck in healthy Volunteers. In: *Dysphagia*, 14(2), 67-72.
- Daniels, S. K. & Huckabee, M. L. (2014): *Dysphagia following stroke*. 2. Auflage. San Diego, United States of America: Plural Publishing.
- Doeltgen, S. H., Ong, E., Scholten, I., Cock, C. & Omari, T. (2017): Biomechanical quantification of Mendelsohn maneuver and effortful swallowing on pharyngoesophageal function. In: *Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 1-8.
- Dziewas, R. (2009): Cortical compensation associated with dysphagia caused by selective degeneration of bulbar motor neurons. In: *Human Brain Mapping*, 30(4), 1352-1360.
- Ertekin, C. & Aydogdu, I. (2003): Neurophysiology of swallowing. In: *Clinical Neurophysiology*, 114(12), 2226-2244.
- Garcia, J. M., Hakel, M. & Lazarus, C. (2004): Unexpected consequence of effortful swallowing: Case study report. In: *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 12(2), 59-66.
- Gonzalez-Fernandez, M., Kleinman, J. T., Ky, P. K. S., Palmer, J. B. & Hillis, A. E. (2008): Supratentorial regions of acute ischemia associated with clinically important swallowing disorders: A pilot study. In: *Stroke*, 39(11), 3022.
- Hamdy, S. (1999): Cortical activation during human volitional swallowing: An event-related fMRI study. In: *American Journal of Physiology*, 277(1)(1 Pt 1), G219-G225.
- Hamdy, S., Aziz, Q., Rothwell, J. C., Singh, K. D., Barlow, J., Hughes, D. G. & Thompson, D. G. (1996): The cortical topography of human swallowing musculature in health and disease. In: *Nature Medicine*, 2(11), 1217-1224.
- Hind, J. A., Nicosia, M. A., Roecker, E. B., Carnes, M. L. & Robbins, J. (2001): Comparison of effortful and noneffortful swallows in healthy middle-aged and older adults. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(12), 1661-1665.
- Hiss, S. G. & Huckabee, M. L. (2005): Timing of pharyngeal and upper esophageal sphincter pressures as a function of normal and effortful swallowing in young healthy adults. In: *Dysphagia*, 20(2), 149-156.
- Hoffman, M. R., Mielens, J. D., Ciucci, M. R., Jones, C. A., Jiang, J. J. & McCulloch, T. M. (2012): High-resolution manometry of pharyngeal swallow pressure events associated with effortful swallow and the Mendelsohn Maneuver. In: *Dysphagia*, 27(3), 418-426.
- Huckabee, M. L., Butler, S. G., Barclay, M. & Jit, S. (2005): Submental surface electromyographic measurement and pharyngeal pressures during normal and effortful swallowing. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(11), 2144-2149.
- Huckabee, M. L., Lamvik, K. & Jones, R. (2014): Pharyngeal missequencing in dysphagia: Characteristics, rehabilitative response, and etiological speculation. In: *Journal of the Neurological Sciences*, 343(1), 153-158.
- Humbert, I. A. & German, R. Z. (2013): New directions for understanding neural control in swallowing: The potential and promise of motor learning. In: *Dysphagia*, 28(1), 1-10.
- Humbert, I. A., McLaren, D. G., Kosmatka, K., Fitzgerald, M., Johnson, S., Porcaro, E. & Robbins, J. (2010): Early deficits in cortical control of swallowing in Alzheimer's disease. In: *Journal of Alzheimer's Disease*, 19(4), 1185-1197.
- Inamoto, Y., Saitoh, E., Ito, Y., Kagaya, H., Aoyagi, Y., Shibata, S. & Palmer, J. B. (2018): The Mendelsohn maneuver and its effects on swallowing: Kinematic analysis in three dimensions using dynamic area detector CT. In: *Dysphagia*, 33(4), 419-430.
- Lamvik, K., Jones, R., Sauer, S., Erfmann, K. & Huckabee, M. L. (2015): The capacity for volitional control of pharyngeal swallowing in healthy adults. In: *Physiology and Behavior*, 152(Pt A), 257-263.
- Lang, I. M. (2009): Brain stem control of the phases of swallowing. In: *Dysphagia*, 24 (3), 333-348.
- Macrae, P. R., Anderson, C., Taylor-Kamara, I. & Humbert, I. (2014): The effects of feedback on volitional manipulation of airway protection during swallowing. In: *Journal of Motor Behavior*, 46 (2), 133-139.
- Martin, R. E. & Sessle, B. J. (1993): The role of the cerebral cortex in swallowing. In: *Dysphagia*, 8 (3), 195-202.
- McCullough, G. H. & Kim, Y. (2013): Effects of the Mendelsohn maneuver on extent of hyoid movement and UES opening post-stroke. In: *Dysphagia*, 28 (4), 511-519.
- Michou, E. & Hamdy, S. (2009): Cortical input in control of swallowing. In: *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 17 (3), 166-171.
- Miller, A. J. (2013): Overview of deglutition and digestion. In: Shaker, R., Belafsky, P., Postma, G. & Easterling, C. (Hrsg.): *Principles of deglutition. A multidisciplinary text for swallowing and its disorders*. New York: Springer, 3-17.
- Neuhuber, W. & Bieger, D. (2013): Brainstem control of deglutition: Brainstem neural circuits and mediators regulating swallowing. In: Shaker, R., Belafsky, P., Postma, G. & Easterling, C. (Hrsg.): *Principles of deglutition. A multidisciplinary text for swallowing and its disorders*. New York: Springer, 89-113.
- Robbins, J., Butler, S. G., Daniels, S. K., Diez Gross, R., Langmore, S., Lazarus, C. L. & Rosenbek, J. C. (2008): Swallowing and dysphagia rehabilitation: Translating principles of neural plasticity into clinically oriented evidence. In: *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51 (1), 276-300.
- Teismann, I. K., Warnecke, T., Suntrup, S., Steinsträter, O., Kronenberg, L., Ringelstein, E. B. & Dziewas, R. (2011): Cortical processing of swallowing in ALS patients with progressive dysphagia – a magnetoencephalographic study. In: *PLoS One*, 6 (5), e19987.
- Vasant, D. H. & Hamdy, S. (2013): Cerebral cortical control of deglutition. In Shaker R., Belafsky P., Postma G., & Easterling C. (Hrsgs): *Principles of deglutition. A multidisciplinary text for swallowing and its disorder*. New York: Springer, 55-65.
- Winker, K., Gozdzikowska, K., Guiu Hernandez, E., Kwong, S. L., Macrae, P. & Huckabee, M.-L. (2020): Potential for volitional control of resting pressure at the upper oesophageal sphincter in healthy individuals. In: *Dysphagia*, 36, 374-383.
- Winker, K., Gozdzikowska, K., Guiu Hernandez, E., Kwong, S. L., Macrae, P. & Huckabee, M.-L. (2021): Potential for behavioural pressure modulation at the upper oesophageal sphincter in healthy swallowing. In: *Dysphagia*.
- Witte, U., Huckabee, M. L., Doeltgen, S. H., Gumbley, F. & Robb, M. (2008): The effect of effortful swallow on pharyngeal manometric measurements during saliva and water swallowing in healthy participants. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89 (5), 822-828.
- Zald, D. H. & Pardo, J. V. (1999): The functional neuroanatomy of voluntary swallowing. In: *Annals of Neurology*, 46 (3), 281-286.