

Abschlussarbeit im Rahmen des ÖÄK Diplomlehrganges für Geriatrie 2020

**„Innovativer Ansatz zur Therapie der Dysphagie mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie basiertem Neurofeedback Training“**

Eingereicht von Dr. Evelin Gremsl

September 2020

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ZIELSETZUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>3. THEORETISCHE GRUNDLAGEN .....</b>	<b>4</b>
3.1. Physiologie des Schluckens .....	4
3.2. Der gestörte Schluckakt .....	6
3.2.1. Häufigkeit von Schluckstörungen .....	6
3.2.2. Ursachen von Schluckstörungen .....	6
3.2.3. Diagnostik .....	9
3.2.4. Allgemeine Therapie neurogener Dysphagien.....	10
3.2.4.1. Logopädische Therapie .....	10
3.2.4.2. Medikamentöse Therapie .....	10
3.2.4.3. Chirurgische Therapie .....	11
3.3. Am Schlucken beteiligte Hirnareale .....	11
3.4. Neuroplastizität.....	12
3.5. Mentales Vorstellen .....	13
3.6. NIRS.....	14
3.7. Relevante Vorstudien .....	15
<b>4. METHODE .....</b>	<b>16</b>
4.1. Auswahl der Studienteilnehmer .....	17
4.2. NIRS-Gerät.....	17
4.3. Durchgeführte Untersuchungen .....	19
4.4. Auswertung der Ergebnisse .....	20
<b>5. ERGEBNISSE UND DISKUSSION .....</b>	<b>21</b>
<b>6. SCHLUSSFOLGERUNG.....</b>	<b>24</b>
<b>7. ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>24</b>
<b>8. LITERATURANGABEN .....</b>	<b>26</b>
<b>9. ANHANG.....</b>	<b>30</b>

Zur besseren Lesbarkeit wurde für Patienten und Teilnehmer die maskuline Form benutzt. Selbstverständlich sind jeweils Personen beider Geschlechter gemeint.

## 1. Einleitung

Schlucken ist ein hoch komplexer Bewegungsablauf, der teils willentlich gesteuert wird und teils reflexartig abläuft. Im Wachzustand schluckt der gesunde Mensch außerhalb der Mahlzeiten in Abhängigkeit von der Speichelproduktion etwa einmal pro Minute, im Tiefschlaf sistieren Speichelfluss und Schlucken nahezu vollständig. Die Schluckfrequenz steigt auf drei pro Minute, wenn ein Bonbon gelutscht wird und für eine kleine Mahlzeit werden etwa 30 Schlucke benötigt (Martin et al. 1994). Binnen eines Tages schluckt ein gesunder Mensch etwa 1000-mal (Dodds 1989).

Der gestörte Schluckakt wird medizinisch als Dysphagie bezeichnet. Der Begriff Dysphagie leitet sich von der altgriechischen Vorsilbe dys = „gestört“ sowie dem Verb phagein = „essen“ ab, bedeutet wörtlich also „Störung des Essens“. (Warnecke, Dziewas 2018)

Die Folgen einer Schluckstörung reichen von Gewichtsverlust, Dehydratation, Unter- bzw. Fehlernährung, Appetitlosigkeit, Aspirationspneumonien bis hin zur Abhängigkeit von Sondennahrung. Bei sehr schweren Dysphagien kann zum Schutz vor Aspiration ein Luftröhrenschnitt (Tracheotomie) mit Einsatz einer Trachealkanüle erforderlich werden. Darüber hinaus stellen aus Dysphagien resultierende Aspirationspneumonien bei vielen neurologischen Erkrankungen die häufigste oder eine der häufigsten Todesursachen dar. (Warnecke, Dziewas 2018)

Aber häufig leiden die Betroffenen nicht nur an den körperlichen Folgen einer Schluckstörung, auch die psychischen und sozialen Folgen dürfen nicht übersehen werden. In Studien wurde gezeigt, dass die Dysphagie zu einer verminderten Lebensqualität, einer erhöhten Ängstlichkeit und einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Depression führen kann. (Ekberg, Hamdy, Woisard, Wuttge-Hannig & Ortega, 2002; Eslick & Talley, 2008; Sura et al., 2012; Verdonschot et al., 2013). So empfinden Betroffene Mahlzeiten oft nicht mehr als angenehme Angelegenheit oder erleiden sogar Angst oder Panik während des Essens. (Ekberg et al. 2002).

Im Zeitraum von Juni 2019 bis Jänner 2020 führte Sina Kristin Völker im Rahmen ihrer Masterarbeit mit dem Titel „Einsatz von Neurofeedbacktraining zur Verbesserung von Schluckbewegungen bei PatientInnen mit Dysphagie“ Testungen an der Albert-Schweitzer-Klinik in Graz durch, in denen ein neuer, alternativer Ansatz zur Therapie der Dysphagie erstmals an mehreren Patienten erprobt wurde. Mittels Neurofeedbacktraining sollten die Patienten lernen, für das Schlucken notwendige Hirnareale willentlich zu beeinflussen, um dadurch letztlich eine Verbesserung der Schluckfunktion und damit Lebensqualität zu erreichen.

## **2. Zielsetzung**

In dieser Arbeit soll dieser neue, alternative Ansatz zur Therapie der Dysphagie vorgestellt werden.

## **3. Theoretische Grundlagen**

### **3.1. Physiologie des Schluckens**

Der physiologische Schluckvorgang wird in der Regel in 4 Phasen unterteilt, wobei diese Phasen nicht in sich abgeschlossen sind, sondern ineinander übergehen. Man unterscheidet:

-orale Vorbereitungsphase: Diese Phase umfasst Vorgänge, die dem eigentlichen Schluckakt vorausgehen, wie die Nahrungsaufnahme in den Mund, das Kauen fester Nahrungskonsistenzen, Speichelzugabe, Formung eines Bolus und Platzierung des Bolus auf der Zunge zum Schlucken.

-orale Phase: In dieser Phase wird der Bolus durch sequenzielle Wellenbewegungen der Zunge in den Pharynx gebracht.

Die orale Vorbereitungsphase sowie die orale Phase können willentlich gesteuert werden. Bei jungen Menschen löst der Bolus bei Berührung der vorderen Gaumenbögen den Schluckreflex und damit den Übergang zur pharyngealen Phase

aus; bei älteren Menschen verlagern sich die Hauptauslösezonen des Schluckreflexes nach dorso-kaudal in Richtung Zungenbasis.

Damit endet der willkürliche Zugriff auf die zeitlich wie räumlich fein aufeinander abgestimmten Bewegungen der nachfolgenden Schluckphasen.

-pharyngeale Phase: Diese Phase wird als kritischste Phase im Schluckablauf angesehen. Der Bolus wird durch ein Zusammenspiel der Zungen- und Rachenmuskulatur weiter in Richtung Eingang der Speiseröhre (oberer Ösophagussphinkter) transportiert. In dieser sensiblen Phase des Schluckvorganges werden die Atemwege durch die Stimmbänder, die Taschenfalten sowie die Epiglottis dreifach verschlossen. Der obere Ösophagussphinkter wird nach Entspannung des M. cricopharyngeus passiv durch die Hebung des Kehlkopfes sowie durch den Druck des zu schluckenden Bolus aufgedehnt. Die pharyngeale Phase dauert ca. 0,7s.

-ösophageale Phase: nach Durchtritt der Speise durch den geöffneten oberen Ösophagussphinkter in die Speiseröhre schließt sich der obere Sphinkter wieder. Peristaltische Bewegungen (und beim aufrechten Sitzen die Schwerkraft) bewegen den Bolus durch die Speiseröhre und den reflektorisch geöffneten unteren Ösophagussphinkter in den Magen, was je nach Nahrungskonsistenz bis zu 10 Sekunden dauern kann. (Gröne [Hrsg.], 2009; Warnecke, Dziewas 2018)

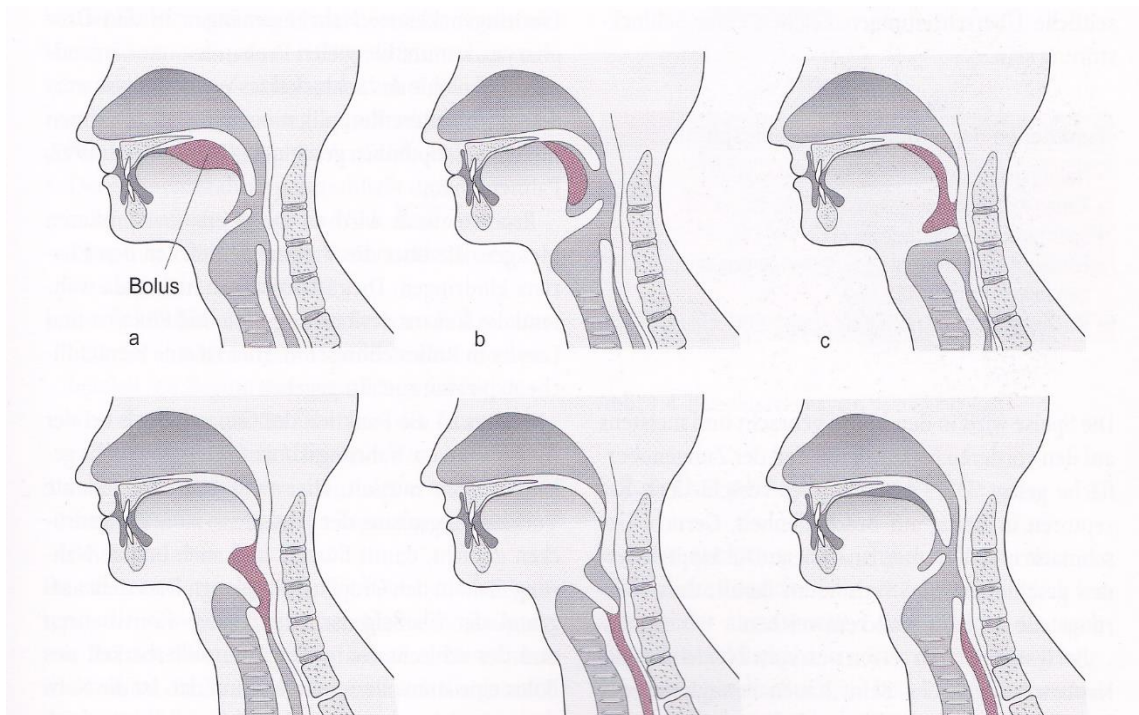


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Schluckaktes (Gröne, B. (Hrsg.), 2009)

Insgesamt erfordert der stereotyp erscheinende, aber hoch komplexe Schluckakt die bilaterale, koordinierte Aktivierung und Inhibition von mehr als 25 Muskelpaaren in Mundhöhle, Rachen, Kehlkopf und Speiseröhre. (Warnecke, Dziewas 2018)

### **3.2. Der gestörte Schluckakt**

Grundsätzlich werden oropharyngeale (Schluckstörung im Bereich des oberen Mund-Rachen-Raumes) von ösophagealen Dysphagien (Beschwerden eher nach dem eigentlichen Schlucken im Bereich der Speiseröhre) unterschieden.

#### **3.2.1. Häufigkeit von Schluckstörungen**

Wie Warnecke und Dziewas in ihrem Buch „neurogene Dysphagien“ beschreiben, kommen oropharyngeale Dysphagien häufiger vor als ösophageale Dysphagien und betreffen 13% der Gesamtbevölkerung ab einem Lebensalter von 65 Jahren und höher. Die Prävalenz steigt mit zunehmendem Alter, so beträgt die Prävalenz bei unabhängig lebenden Menschen im Alter zwischen 70 und 79 Jahren 16%, während sie in der Altersgruppe über 80 Jahren auf 33% ansteigt. In Pflegeheimen liegt die Prävalenz wesentlich höher. So leiden etwa 50 % der Pflegeheimbewohner und ca. 70 % aller im Krankenhaus behandelten geriatrischen Patienten an einer Dysphagie. Trotz dieser hohen Prävalenz werden Schluckstörungen nur von einem kleinen Teil der Patienten aktiv berichtet. Das liegt einerseits daran, dass viele ältere Menschen die Schluckstörung nicht bemerken (Butler et al fanden 2009 bei bis zu 30% aller älteren Menschen ohne subjektiv empfundene Schluckstörung als Ausdruck einer schweren Dysphagie Penetration und Aspiration von Bolusteilen), andererseits nehmen die Betroffenen die Schluckstörung oft als unvermeidliche Folge des natürlichen Alterungsprozesses an.

Aufgrund der demographischen Entwicklung unserer Gesellschaft wird Dysphagien in Zukunft eine noch größere Bedeutung zukommen. (Warnecke, Dziewas 2018)

#### **3.2.2. Ursachen von Schluckstörungen**

Die häufigste Ursache von Schluckstörungen sind neurologische Erkrankungen (sogenannte „neurogene Dysphagien“). Nach Schätzungen weisen etwa 50% aller neurologischen Patienten eine neurogene Dysphagie auf. (Clave, Shaker 2015).

Am häufigsten sind davon Schlaganfallpatienten betroffen. So führt jeder zweite Schlaganfall unmittelbar nach dem Ereignis zu schweren Schluckstörungen. Bei einem Teil der Patienten bildet sich die Schluckstörung innerhalb weniger Tage bis zu zwei Wochen vollständig zurück, jedoch bleiben mindestens 15-25% der Schlaganfallpatienten längerfristig dysphagisch (Mann et al. 1999).

Mehr als 50% aller Patienten mit idiopathischem Parkinson-Syndrom entwickeln im Krankheitsverlauf eine neurogene Dysphagie (Edwards et al. 1992), wobei die durch die Dysphagie bedingten Aspirationspneumonien in dieser Patientengruppe die häufigste Todesursache darstellt. (Prosiegel et al. 2010).

Im Rahmen der Multiplen Sklerose (MS) kommt es in 32-43% der Fälle zum Auftreten einer Dysphagie, ein schweres Schädel-Hirn-Trauma führt in der Akutphase in etwa 60 % zu einer klinisch relevanten Dysphagie (Leder 1999).

Differentialdiagnostisch müssen von den neurogenen Dysphagien Dysphagien aus dem Bereich der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde (z.B. Tumore oder Entzündungen des Schlucktraktes), aus dem Bereich der Inneren Medizin (z.B. Zenker-Divertikel oder die Refluxkrankheit), sowie aus dem Bereich der Psychiatrie (z.B. Globus pharyngis) abgegrenzt werden. (Warnecke, Dziewas 2018)

Dass vor allem ältere Menschen von einer Dysphagie betroffen sind, liegt einerseits im gehäuften Auftreten neurologischer Erkrankungen im höheren Lebensalter, aber auch an den sich aus dem normalen menschlichen Alterungsprozess ergebenden anatomischen und neurophysiologischen Veränderungen, die zu einer Modifikation sämtlicher Phasen des Schluckaktes führen. So beeinträchtigt der Muskelabbau (Sarkopenie) die motorische Komponente des Schluckens ebenso wie Veränderungen des Bindegewebes (Verlust an Elastizität). Veränderungen des Achsenskeletts bewirken nicht nur eine Änderung der Körperhaltung, sondern beeinflussen auch das Schlucken. Eine Abnahme der Nervenfaserdichte beeinflusst Sensorik und Sensibilität. Oft besteht eine Xerostomie und auch die zentrale Steuerung des Schluckaktes unterliegt altersabhängigen Veränderungen. Die Gesamtheit dieser altersphysiologischen Modifikationen wird als primäre Presbyphagie bezeichnet, die an sich nicht als pathologisch zu werten ist, jedoch nachhaltig die Kompensationsreserve des Schluckaktes vermindert.

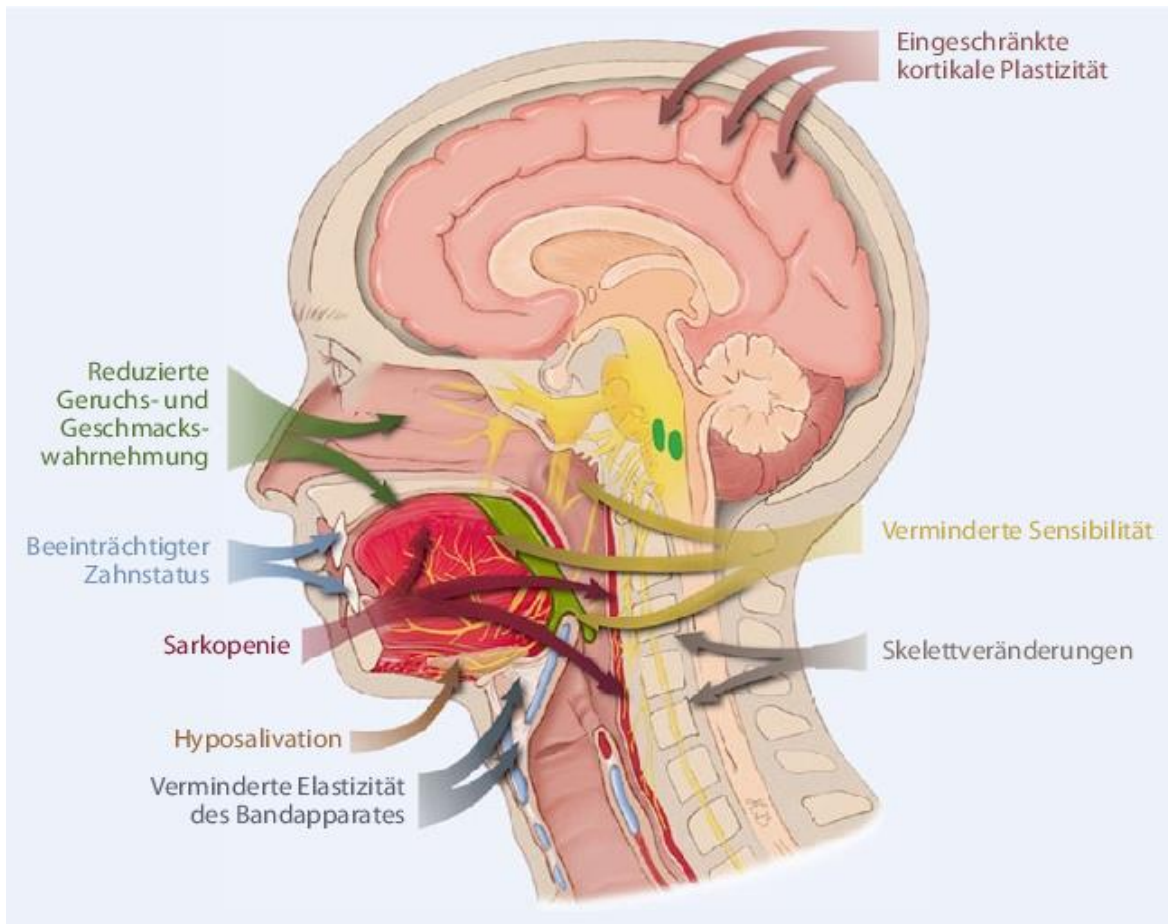


Abbildung 2 Anatomische Manifestationen der Presbyphagie (Muhle et al. 2015)

Zusätzliche Erkrankungen können so schneller zu einer schweren Dysphagie führen als bei jüngeren Menschen (sekundäre Presbyphagie).

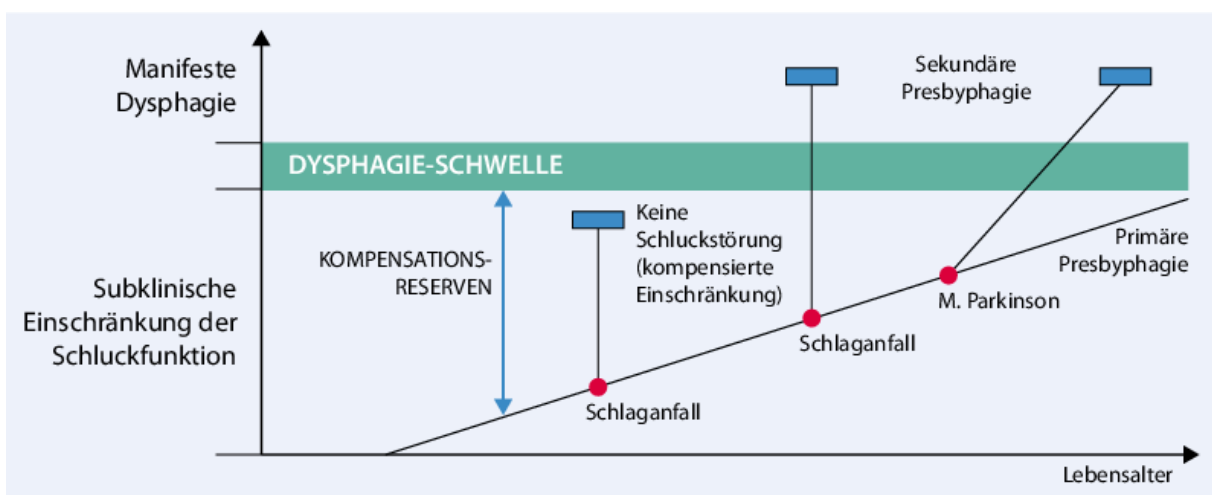


Abbildung 3 Primäre und sekundäre Presbyphagie (Muhle et al. 2015)



Diese sekundäre Presbyphagie gewinnt in unserer „alternden Gesellschaft“ bei gleichzeitig mit dem Lebensalter ansteigender Prävalenz von mit Dysphagien assoziierten Erkrankungen, wie Schlaganfall, Parkinson oder Demenzen, erheblich an Bedeutung. (Dziewas et al. 2016)

Grundsätzlich stellt die Dysphagie im höheren Lebensalter einen unabhängigen Prädiktor für schwerwiegende Komplikationen dar und geht mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko der Patienten einher. So verdoppelt sich das Risiko an einer Pneumonie zu erkranken bei über 70-jährigen, selbständig lebenden Menschen bei Vorhandensein einer Dysphagie. (40 % gegenüber 21,8%) (Serra-Prat et al. 2012). Zum anderen sind ältere Menschen mit einer Dysphagie häufig unterernährt mit den Konsequenzen einer reduzierten körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit sowie Zunahme der Gebrechlichkeit. So wurde in einer Studie bei Heimbewohnern mit Dysphagie dreimal häufiger eine Mangelernährung festgestellt, als bei Heimbewohnern ohne Dysphagie. (Suominen et al. 2005)

Aber auch psychosoziale Folgen der Dysphagie sind zu berücksichtigen. Es kann zu Depressionen, sozialem Rückzug und reduzierter Lebensqualität kommen. (Ney et al. 2009)

### **3.2.3. Diagnostik**

Basis der klinischen Diagnostik ist eine ausführliche Anamnese. Es folgt eine körperliche Untersuchung und – bei fehlendem Hinweis auf Aspiration – Schluckversuche mit verschiedenen Konsistenzen. Die Validität der klinischen Untersuchung liegt jedoch mit einer Sensitivität von 86% und einer Spezifität von 30% in keinem wünschenswerten Bereich. (Mertl-Rötzer, 2004)

Die Goldstandards der apparativen Dysphagieevaluation sind die FEES (Fiberoptische endoskopische Evaluation des Schluckaktes) und die VFSS (Videofluoroskopie) (Prosiegl 2008). Zusätzlich kommt bei Problemen im Bereich der Speiseröhre die Manometrie zum Einsatz.

### **3.2.4. Allgemeine Therapie neurogener Dysphagien**

#### **3.2.4.1. Logopädische Therapie**

In der logopädischen Schlucktherapie werden restituierende, kompensatorische und adaptive Methoden unterschieden.

Restituierende Verfahren haben das Ziel, die beeinträchtigte Schluckfunktion wiederherzustellen oder Restfunktionen zu fördern. Dazu gehören beispielsweise autonome Bewegungsübungen wie das Masako-Manöver (Vorderzunge mit Lippen/Zähnen festhalten und schlucken) oder die Shaker-Übung (Kopf in flacher Rückenlage in bestimmten Abständen heben und senken)

Kompensatorische Verfahren werden direkt während des Schluckvorganges angewendet, um trotz Funktionsbeeinträchtigung ein effektives und aspirationsfreies Schlucken zu ermöglichen. Dazu zählen Handlungsänderungen und spezielle Schlucktechniken. Die Handlungsänderungen beziehen sich in erster Linie auf die Kopfposition. So kann eine Kopfanteflexion (Kinn-zur-Brust) während des Schluckens u.a. hilfreich sein bei verzögerter Schluckreflexauslösung.

Zu den Schlucktechniken zählen z.B. das Mendelsohn-Manöver (Zunge wird während des Schluckens an den Gaumen gepresst, um dadurch eine Verbesserung der Öffnung des oberen Ösophagussphinkters zu erreichen) oder das supraglottische Schlucken (zur Verbesserung des Glottisschlusses wird während dem Schlucken die Luft angehalten, danach gehustet und leer nachgeschluckt).

Adaptive Verfahren umfassen die Anpassung der Nahrung (Eindicken von Flüssigkeiten, Pürieren der Kost) an die Behinderung, den Einsatz spezieller Trink- und Esshilfen oder Hilfestellung während der Nahrungsaufnahme. (Warnecke, Dziewas 2018)

#### **3.2.4.2. Medikamentöse Therapie**

Tritt die Schluckstörung als Symptom einer zugrundeliegenden Erkrankung (beispielsweise Myasthenia gravis oder M.Parkinson) auf, kann die medikamentöse Therapie dieser Erkrankung auch die Dysphagie verbessern.

Wirkstoffe wie Amantadin, Levodopa, ACE-Hemmer oder Capsaicin haben eine unspezifische Wirkung auf die Schluckfunktion und können prinzipiell bei allen neurogenen Dysphagieformen zum Einsatz kommen, unabhängig von der

Pathophysiologie der zugrundeliegenden neurologischen Erkrankung. Eine allgemeine Empfehlung zum Einsatz dieser Wirkstoffe wird derzeit allerdings nicht gegeben, lediglich Amantadin wird bei akuten Schlaganfallpatienten mit Dysphagie und Gefahr der Entwicklung einer Aspirationspneumonie empfohlen. (Warnecke, Dziewas 2018)

#### **3.2.4.3. Chirurgische Therapie**

Bei einer primären Öffnungsstörung des oberen Ösophagussphinkters steht als chirurgisches Verfahren die krikopharyngeale Myotomie zur Verfügung. (Warnecke, Dziewas, 2018)

Die Schlucktherapie verläuft individuell sehr unterschiedlich und kann Wochen bis Monate dauern. Etwa die Hälfte der Betroffenen, die auf eine Sondenernährung angewiesen waren, können sich nach der Therapie wieder voll oral ernähren. (Herbst, 2006)

In dieser Arbeit soll eine Studie über einen alternativen Ansatz zur Therapie der Dysphagie vorgestellt werden. Die Basis für diesen alternativen Ansatz bildet die Kenntnis über die Lokalisation des Schluckens im Gehirn.

### **3.3. Am Schlucken beteiligte Hirnareale**

Schlucken ist ein komplexer Vorgang, welcher mit Hilfe von Interaktionen zwischen verschiedenen Bereichen des Großhirns und des Hirnstamms stattfindet (Hamdy, Rothwell, Aziz, Singh & Thompson, 1998).

Im Hirnstamm liegt ein Schluckzentrum, das die unwillkürlich ablaufende pharyngeale und ösophageale Phase des Schluckaktes koordiniert und exekutiert.

Das grundlegende Reflexmuster des Schluckens kann zwar ohne den Einfluss supramedullärer Strukturen erzeugt werden, unter physiologischen Bedingungen erhält das Schluckzentrum jedoch vielfältige Signale von höheren Zentren, die verarbeitet werden (Jean, 2001).

In verschiedenen Studien (u.a. Hamdy et al., 1999; Satow et al., 2004; Mosier et al., 1999; Dziawas et al., 2003) wurden schluckrelevante Areale des Gehirns identifiziert. An diesem supramedullären Netzwerk sind der primäre sensomotorische Kortex, supplementär-motorische Areale, der Gyrus cinguli, das frontale Operkulum (Teil des Gyrus frontalis inferior), die Insel, sekundär sensible Areale und der parietale Assoziationskortex beteiligt. Darüber hinaus zeigten einzelne Studien zusätzlich eine Aktivierung des Gyrus hippocampalis, des Cuneus und Praecuneus, der Stammganglien sowie des Kleinhirns.

In der vorzustellenden Studie wurden hämodynamische Veränderungen mittels NIRS im Bereich des Gyrus frontalis inferior (engl. Inferior frontal gyrus = IFG) gemessen.

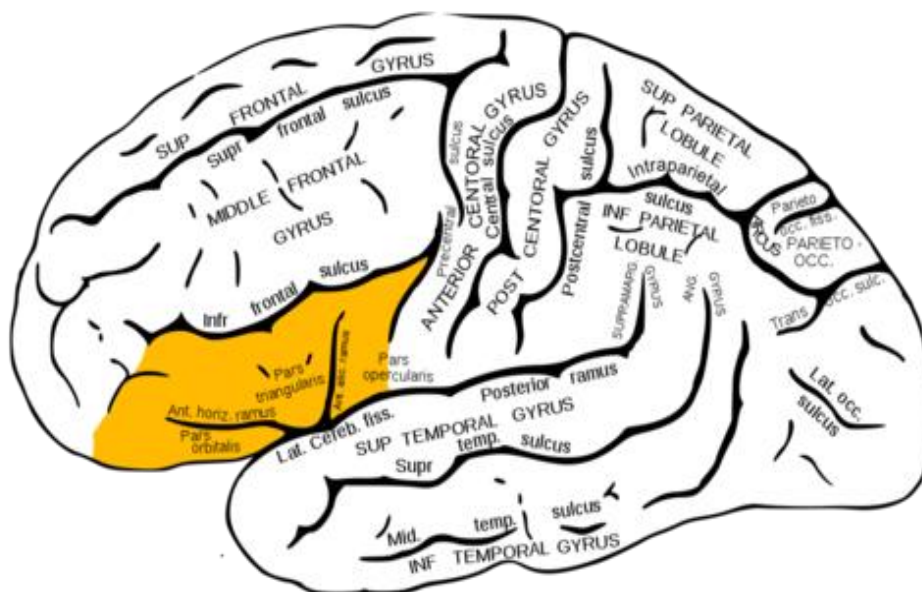


Abbildung 4 Gyrus frontalis inferior (wikipedia)

### 3.4. Neuroplastizität

Unter Neuroplastizität versteht man die Veränderbarkeit neuronaler Verbindungen im Nervensystem. Das Konzept neuronaler Plastizität steht damit für die Erkenntnis, dass die neuronalen Verbindungen nicht starr und invariabel sind, sondern aufgrund bestimmter funktioneller Geschehen (z.B. bei Lernprozessen, motorischem Training, mentalem Training) oder nach Verlust von Nervenzellen oder Axonen Veränderungen unterliegen können. Das Netzwerk neuronaler Verbindungen unterscheidet sich damit grundsätzlich von der Verschaltung eines elektronischen Computerchips, die unveränderbar festliegt. (Kapfhammer, J.P.)

In Vorstudien konnte gezeigt werden, dass der verstärkte Gebrauch einer Extremität zu einer erhöhten Repräsentation im sensorischen und motorischen Kortex führt, und in der Regel auch mit einer Verbesserung der Funktion einhergeht. (Liepert, Bauder, Miltner, Taub & Weiller, 2000; Nelles, Jentzen, Jueptner, Müller & Diener, 2001; Weiller, Chollet, Friston, Wise & Frackowiak R.S.J., 1992). Dies wird beispielsweise bei der CIMT (Constrained Induced Movement Therapie) genutzt, einer von Edward Taub entwickelten Therapieform, die bei verschiedenen Erkrankungen des zentralen Nervensystems zum Einsatz kommt. So werden etwa Patienten, die nach einem Schlaganfall an einer Lähmung eines Armes leiden, durch Einschränkung der Bewegungsfreiheit des gesunden Armes (durch eine Armschiene oder einen Handschuh) dazu „gezwungen“, die schwächere Extremität vermehrt zu benutzen und zu trainieren. Dadurch kann eine Verbesserung der Funktion des gelähmten Armes und eine kortikale Anpassung erreicht werden. (Liepert et al., 1998).

Wie man in verschiedenen Studien nachweisen konnte, kann Neuroplastizität auch durch mentales Training hervorgerufen werden. So konnten Geeganage, Beavan, Ellender & Bath, 2012; Takeuchi & Izumi, 2013 oder Zimmermann-Schlatter, Schuster, Puhan, Siekierka & Steurer, 2018 eine Verbesserung der Motorik nach einem absolviertem Bewegungsvorstellungs-Training nachweisen.

Ziel der vorzustellenden Studie mit dem Titel „Einsatz von Neurofeedbacktraining zur Verbesserung von Schluckbeschwerden bei PatientInnen mit Dysphagie“ war es, durch mentales Training (Vorstellen von Schluckbewegungen) Neuroplastizität in schluckrelevanten Hirnarealen auszulösen und dadurch eine Verbesserung der Schluckfähigkeit zu erreichen.

### **3.5. Mentales Vorstellen**

Beim mentalen Vorstellen werden Ereignisse, Erfahrungen oder Bewegungsabläufe mit Hilfe von Sinneswahrnehmungen wieder ins Gedächtnis gerufen oder dort neu erstellt (Weinberg, 2008). Bei der mentalen Bewegungsvorstellung wird die *kinästhetische* von der *visuellen* Vorstellung unterschieden. Kinästhetische Bewegungsvorstellung bedeutet, man stellt sich vor wie sich eine bestimmte Bewegung anfühlt. Bei der visuellen Bewegungsvorstellung stellt man sich vor wie die Bewegung von außen betrachtet aussieht. (Dettmers & Nedelko, 2012).

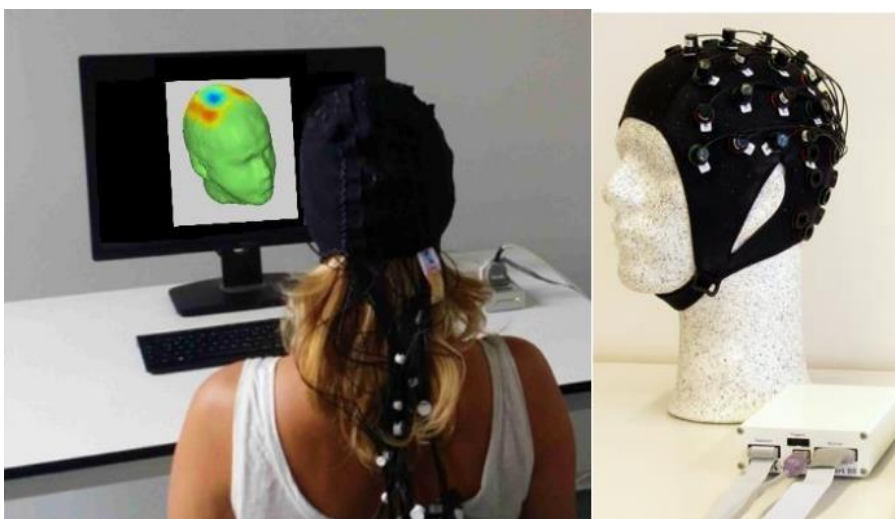
Stinear, Byblow, Steyvers, Levin und Swinnen (2006) maßen die Erregbarkeit des Motorkortex bei der kinästhetischen und visuellen Vorstellung von Daumenbewegungen. Sie fanden heraus, dass nur kinästhetische Vorstellung die Erregbarkeit des Motorkortex erhöhen kann. Für ein erfolgreiches NFT scheint es also erfolgsversprechender zu sein, sich vorzustellen wie sich die Bewegung anfühlt anstatt wie sie beim Betrachten aussieht.

### 3.6. NIRS

Nahinfrarotspektroskopie stellt ein Messverfahren dar, das sich für Neurofeedback eignet. Unter Neurofeedback versteht man eine spezielle Form des Biofeedbacks, bei dem nicht - wie beim Biofeedback - physiologische Parameter wie Blutdruck, Herzfrequenz oder Muskelspannung dem Trainierenden rückgemeldet werden, sondern die Gehirnaktivierung. Es zielt darauf ab, die Aktivierung in bestimmten Hirnarealen zu beeinflussen und dadurch kortikale Veränderungen herbeizuführen.

Mit Hilfe der Nahinfrarotspektroskopie können hämodynamische Veränderungen des Kortex gemessen werden. Dabei wird Licht im Nahinfrarotbereich (650 – 950 nm; Matthews, Pearlmutter, Ward, Soraghan & Markham, 2008) verwendet. Dieses durchdringt biologische Gewebe und kann 2-3 cm tief in die Schädeloberfläche eindringen, sodass Veränderungen am Kortex gemessen werden können.

Während der Messung trägt der Proband eine Haube mit Optoden, die aus Emitttern (Lichtquellen) und Detektoren (Lichtempfängern) besteht.



*Abbildung 5 NIRS basiertes Neurofeedback System (Völker, 2020)*

Das Messverfahren beruht auf die unterschiedlichen, charakteristischen Absorptionsspektren von oxygeniertem Hämoglobin (oxy-Hb) und desoxygeniertem Hämoglobin (desoxy-Hb). Anhand des aufgefangenen Lichtes kann die relative Konzentration von oxy-Hb und desoxy-Hb im Blut berechnet werden, und damit auf die Aktivität im Gewebe geschlossen werden.

### **3.7. Relevante Vorstudien**

Kober und Wood fanden 2014 in einer Studie, dass beim Schlucken von kleinen Mengen Wasser und bei der Schluckvorstellung ähnliche Bereiche im Gehirn aktiviert werden. Die stärksten hämodynamischen Veränderungen fanden sie dabei im bilateralen IFG (inferior frontal gyrus). Unterschiede fanden sie im Verlauf von oxy-Hb und desoxy-Hb: während das desoxy-Hb sowohl bei der Schluckvorstellung als auch beim Schluckakt anstieg, fiel oxy-Hb während der Schluckvorstellung ab und stieg beim Schluckakt an. Dieser Abfall von oxy-Hb während der Schluckvorstellung könnte auf einen Inhibitionseffekt hindeuten, weil eine echte Bewegung unterdrückt wird.

Kober, Hinterleitner, Bauernfeind, Neuper und Wood konnten 2018 zeigen, dass nur dieser natürliche Verlauf von oxy-Hb und desoxy-Hb bei der Schluckvorstellung durch NIRS-basiertes NFT trainiert werden kann. So konnte im Training nur oxy-Hb gesenkt und desoxy-Hb erhöht werden (während oxy-Hb nicht gesteigert, bzw. desoxy-Hb nicht gesenkt werden konnte).

In einer weiteren Studie wurden von Kober, Spörk, Bauernfeind und Wood 2019 altersspezifische Unterschiede erforscht. Die hämodynamischen Parameter wurden bei der Schluckvorstellung und dem Schluckakt von gesunden jungen versus gesunden älteren Erwachsenen verglichen. Beim Schluckakt kam es, wie erwartet, in beiden Altersgruppen zu einem Anstieg von oxy-Hb und desoxy-Hb. In der Schluckvorstellung zeigten sich altersabhängige Unterschiede: Bei jungen Menschen kam es, wie schon bekannt, zu einem Anstieg von desoxy-Hb und zu einem Abfall von oxy-Hb. In der Stichprobe der älteren Menschen fand sich der genau gegenteilige Effekt: das desoxy-Hb fiel ab, während das oxy-Hb anstieg. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Inhibition der Schluckbewegung bei der Schluckvorstellung bei älteren Menschen erschwert ist. Man geht davon aus, dass

ältere Menschen auch bei der Schluckvorstellung kleine Muskelbewegungen ausführen, die zu einem Anstieg von oxy-Hb führen. Auch in der Trainierbarkeit zeigten sich Unterschiede: ältere Menschen konnten durch ein Neurofeedbacktraining nur desoxy-Hb über dem IFG steigern, während junge Erwachsene, wie schon in der Studie von Kober et al 2018 gezeigt, im Schluckvorstellungstraining desoxy-Hb steigern und oxy-Hb senken konnten. Aufgrund dieser Resultate wurde für die vorzustellende Studie desoxy-Hb als geeigneter Neurofeedbackparameter gewählt.

Ein Ziel des Neurofeedbacktrainings war es, die Aktivierung beim Schlucken an die gesunder Erwachsener anzupassen. Hier wurde sowohl das Aktivierungsmuster bei jungen als auch älteren Erwachsenen als erfolgreiche Anpassung gewertet.

Kober, Weiss, Grieshofer und Wood führten 2019 erstmals ein NIRS-basiertes Neurofeedbacktraining mit einem Schlaganfallpatienten, der an Dysphagie litt, durch. Der Patient schaffte es, desoxy-Hb in der ipsiläsionalen Hemisphäre ansteigen zu lassen und das Aktivierungsmuster „normalisierte“ sich.

Nun sollte erstmals in einer Studie dieser innovative Ansatz zur Therapie der Dysphagie mit mehreren Patienten untersucht werden.

#### **4. Methode**

Die Studie fand in Kooperation der Karl-Franzens-Universität Graz mit der Albert-Schweitzer-Klinik im Rahmen einer Masterarbeit unter dem Titel „Einsatz von Neurofeedbacktraining zur Verbesserung von Schluckbewegungen bei PatientInnen mit Dysphagie“ statt.

Es sollte untersucht werden, ob Dysphagiepatienten lernen können, ihr desoxy-Hb im IFG (inferior frontal gyrus) durch NIRS-basiertes Neurofeedbacktraining zu erhöhen und dadurch eine Verbesserung ihrer Schluckfunktion erreichen können. Auch wurde versucht, dysfunktionale Aktivierungsmuster des Kortex beim Schlucken in funktionale Aktivierungsmuster, wie sie bei gesunden Menschen auftreten, zu transformieren.

Alle Untersuchungen fanden an der Albert-Schweitzer-Klinik statt. Die Albert-Schweitzer-Klinik im Herzen von Graz ist ein Sonderkrankenhaus mit 325 stationären



und tagesklinischen Versorgungsplätzen und gliedert sich in die Bereiche der Abteilung für Innere Medizin, Abteilung für Neurologie, Abteilung für medizinische Geriatrie (Altersheilkunde) und das Albert Schweitzer Hospiz. Innerhalb dieser Bereiche werden unter anderem eine stationäre und tagesklinische Akutgeriatrie/Remobilisation (AGO-R), Wachkoma-Akutnachsorge und – Langzeitförderpflege sowie memory-Klinik angeboten.

An der Studie nahmen 6 Patienten aus den Bereichen Tagesklinik und AGO-R teil, wobei die Untersuchungen in den Therapiealltag integriert wurden.

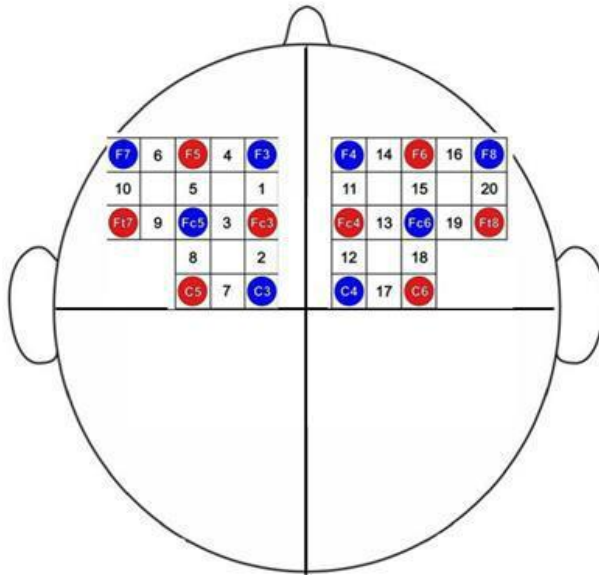
#### **4.1. Auswahl der Studienteilnehmer**

Die Rekrutierung der Patienten gestaltete sich schwierig, da für die Teilnahme an der Studie einige Kriterien erfüllt werden mussten. So wurde, um die kognitive Eignung festzustellen, im Vorfeld ein MMSE (Mini mental state examination) durchgeführt, bei dem für die Teilnahme mindestens 24/30 Punkte erreicht werden mussten. Auch durfte die Schluckstörung nicht zu stark ausgeprägt sein, da die Patienten in der Prä- und Postmessung ihren Speichel schlucken mussten. Außerdem musste der Krankenhaus-, bzw. tagesklinische Aufenthalt lange genug dauern, um an mehreren Trainings teilnehmen zu können und letztlich mussten die Patienten mit der Teilnahme natürlich auch einverstanden sein.

Letztlich fand sich eine Gruppe von 3 Frauen und 3 Männern im Alter zwischen 60 und 89 Jahren, die an der Studie teilnahmen. Die Teilnehmer waren bezüglich der Ursache ihrer Dysphagie sehr heterogen. In der Gruppe fanden sich zwei Patienten mit M. Parkinson, ein Patient hat 2018 einen Thalamusinfarkt erlitten, bei einer Patientin wurde 2017 eine zerebelläre Blutung diagnostiziert, eine Teilnehmerin litt an Multipler Sklerose und eine Patientin litt an einer Presbyphagie bei degenerativen Wirbelsäulenveränderungen und Zervikalsyndrom.

#### **4.2. NIRS-Gerät**

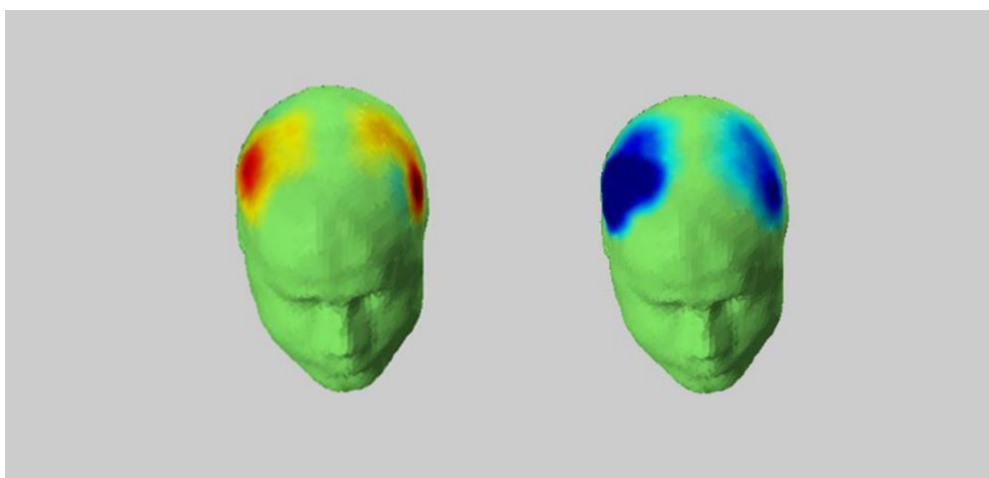
Das verwendete NIRS-Gerät ist klein und portabel. Mithilfe einer NIRS-Haube werden die Optoden nach folgendem Schema am Kopf positioniert:



*Abbildung 5 Schematische Darstellung der Optodenpositionen am Kopf. Blaue Punkte markieren die Detektoren, rote Punkte die Emitter. Die schwarzen Zahlen stehen für die Nummern der abgeleiteten Kanäle. (Völker, 2020)*

Für die spätere Analyse wurden nur Daten der Kanäle 9,10,19 und 20 verwendet, um die Aktivierung über dem IFG (inferior frontal gyrus) zu erfassen.

Während der Neurofeedbacktrainings wurde das NIRS-Signal in Echtzeit für die Patienten als Feedback visuell dargestellt. Auf einem externen Bildschirm sahen die Patienten ein 3D-Modell eines Kopfes. Die Veränderungen in der Konzentration von desoxy-Hb wurden farblich auf das Modell übertragen. Bei einem Anstieg der Konzentration färbte sich der entsprechende Kopfbereich gelb, bei einem stärkeren Anstieg rot. Bei einem Abfall färbte sich der Bereich blau.



*Abbildung 6 Beispielhafte Darstellung für die Rückmeldung der Erhöhung des dargestellten Parameters (links) und Absinken des Parameters (rechts). (Völker, 2020)*

### 4.3. Durchgeführte Untersuchungen

Vor der Studienteilnahme wurden die Patienten logopädisch untersucht.

Die Studie gliederte sich im Wesentlichen in eine Prämessung, 3 bzw. 5 Neurofeedbacktrainings und eine Postmessung.

Im Rahmen der Prä- und Postmessung wurde von den Teilnehmern der „Deglutition Handicap Index“ (DHI) ausgefüllt. Der DHI ist ein Fragebogen, mit dessen Hilfe das Ausmaß von oropharyngealen Dysphagien bei Erwachsenen erfasst werden kann. Dabei werden in 30 Items physische (z.B. „Ich habe Schwierigkeiten Flüssigkeiten zu schlucken“), funktionelle (z.B. „Aufgrund meiner Schluckbeschwerden kann ich einige Sachen nicht essen“) und emotionale (z.B. „Ich habe Angst zu essen“) Beeinträchtigungen abgefragt. Zusätzlich wurde am Ende noch eine Frage nach der subjektiv eingeschätzten Schwere der Dysphagie eingefügt.

Der „Deglutition Handicap Index“ wurde 2006 von Woisard, Puech und Andrieux erstellt. Da es keine offizielle deutsche Version des Fragebogens gibt, wurde für die Studie eine eigens übersetzte Version verwendet, die Sie im Anhang finden.

Außerdem wurden die Probanden beim ersten und letzten Neurofeedbacktraining mittels Fragebogen nach ihrer verwendeten Strategie befragt.

#### Prämessung:

Nach dem Unterschreiben der Einverständniserklärung, dem Abfragen soziodemographischer Daten und dem Ausfüllen des DHI wurde den Patienten die NIRS Haube angelegt.

Die NIRS Messung dauerte etwa 20 Minuten und bestand aus 20 Trials. Die Patienten sollten sich in unterschiedlicher Reihenfolge zehn Mal Schlucken vorstellen und zehn Mal Schlucken ausführen. Zwischen den Trials lag eine kurze Pause.

In der Prämessung erhielten die Patienten kein Feedback. Die Prämessung diente dazu, Aktivierungsmuster im Gehirn während des Schluckens (von Speichel) und der Schluckvorstellung zu erfassen, um die Trainingshemisphäre festzulegen. In den folgenden Neurofeedbacktrainings wurde jeweils die Gehirnhälfte trainiert, welche

sich im Vergleich mit der aus Vorstudien bekannten Aktivierung gesunder Personen am meisten unterschied.

#### Neurofeedbacksitzungen:

Je nach Aufenthaltsdauer an der Klinik fanden pro Patient 3 bzw. 5 Neurofeedbacktrainings statt. Dabei wurde den Patienten wieder die NIRS-Haube angelegt. Am Bildschirm wurde das 3D-Modell des Kopfes so gedreht, dass der zu trainierende Bereich für den Patienten gut zu sehen war.

Eine Neurofeedbacksitzung dauerte ca. 15 Minuten lang und bestand aus etwa 17 bis 23 Sekunden langen Trials, in denen sich die Patienten Schlucken vorstellen sollten. Dazwischen lagen Pausen, in denen sich die Patienten entspannen sollten und sich das Modell wieder neutral färbte.

#### Postmessung:

In der Abschlussmessung wurde – wie in der Prämessung – die Aktivierung über dem IFG beim Schluckakt und bei der Schluckvorstellung gemessen. Es wurde dieselbe Präsentation wie in der Prämessung verwendet und die Patienten erhielten kein Feedback.

### **4.4. Auswertung der Ergebnisse**

Die gewonnenen Daten der Prä- und Postmessung wurden ausgewertet und verglichen. So konnte einerseits nach der Prämessung die zu trainierende Hemisphäre festgelegt werden, andererseits nach Vergleich der Ergebnisse der Prä- und Postmessung festgestellt werden, ob eine Anpassung dysfunktionaler Aktivierungsmuster an die Aktivierungsmuster gesunder Personen stattgefunden hatte.

Durch Auswertung der gewonnenen Daten aus den Neurofeedbacktrainings wurde festgestellt, ob die Patienten in der Lage waren, desoxy-Hb einerseits innerhalb der Trainings, andererseits über die Trainingssitzungen hinweg ansteigen zu lassen.

## 5. Ergebnisse und Diskussion

Zwei der sechs Studienteilnehmer waren in der Lage, innerhalb der Trainingssitzungen desoxy-Hb signifikant ansteigen zu lassen, wenn auch nicht in den/der Trainingshemisphäre/-n. (Signifikanzniveau von 10%; um die Leistung „innerhalb der Trainingssitzungen“ zu ermitteln, wurde für jeden Zeitabschnitt ein Mittelwert des desoxy-Hb aus allen Trainingssitzungen errechnet). Einer dieser Teilnehmer versuchte, wie in der Prämessung festgelegt, desoxy-Hb sowohl in der rechten als auch linken Hemisphäre zu erhöhen - er schaffte es in der rechten Hemisphäre signifikant. Der zweite Teilnehmer sollte desoxy-Hb in der linken Hemisphäre ansteigen lassen – er schaffte es in der rechten Hemisphäre.

Zusätzlich schafften 3 weitere Studienteilnehmer innerhalb der Trainingssitzungen einen nicht signifikanten Anstieg von desoxy-Hb in einer oder beiden Hemisphären.

Nur bei einem Patienten konnte kein Anstieg von desoxy-Hb innerhalb der Trainingssitzungen beobachtet werden.

Über die Trainingssitzungen hinweg war kein Studienteilnehmer in der Lage, desoxy-Hb signifikant ansteigen zu lassen. (Um die Leistung der Patienten „über die Trainingssitzungen hinweg“ zu ermitteln, wurde für jede Sitzung ein Mittelwert des desoxy-Hb aus allen Trials berechnet.).

Über die Frage, ob eine Steigerung von desoxy-Hb innerhalb der Trainingssitzungen als Erfolg gilt, oder ob dafür die Steigerung über die Trainingssitzungen hinweg notwendig ist, herrscht in der Literatur Uneinigkeit (Enriquez-Geppert, Huster & Hermann, 2017; Gruzelier, 2014). Für diese Studie wurde „Erfolg“ im Vorhinein nicht definiert.

Keiner der Teilnehmer schaffte eine vollständige Anpassung der Aktivierung an die gesunder Erwachsener; wobei die Aktivierung bei gesunden jüngeren Erwachsenen (in der Schluckausführung Anstieg von desoxy- und oxy-Hb und in der Schluckvorstellung Anstieg von desoxy-Hb und Abfall von oxy-Hb) als auch die Aktivierung wie sie bei gesunden älteren Personen vorkommen kann (in der Schluckausführung Anstieg von desoxy- und oxy-Hb und in der Schluckvorstellung

Abfall von desoxy-Hb und Anstieg von oxy-Hb) als erfolgreiche Anpassung gewertet wurden.

Drei Teilnehmer zeigten in der Postmessung einer Aktivierung, welche der von gesunden Personen *ähnelt*. Darunter waren die beiden Teilnehmer, die innerhalb der Trainingssitzungen in der Lage waren, desoxy-Hb signifikant ansteigen zu lassen. Zusätzlich zeigte sich bei eben diesen beiden Teilnehmern im Vergleich der Ergebnisse des Deglutition Handicap Index (DHI) in der Prämessung zu den Ergebnissen in der Postmessung eine signifikante Verbesserung im Gesamtwert. Bei einem dieser Teilnehmer kam es außerdem zu einer signifikanten Verbesserung in der funktionellen Subskala des DHI, während es beim anderen Teilnehmer zu einer signifikanten Verbesserung der physischen Subskala kam. Als kleiner Wermutstropfen ist anzuführen, dass beide Patienten keine Verbesserung in der Frage nach der subjektiv eingeschätzten Stärke der Dysphagie angaben.

Der dritte Teilnehmer, bei dem es in der Postmessung zu einer Anpassung der Aktivierung ähnlich der gesunder Menschen kam, erreichte in den Trainings nur einen geringen Anstieg des desoxy-Hb. Es handelte sich dabei um einer 72-jährige Patientin, die aufgrund einer degenerativen Wirbelsäulenveränderung und einem Zervikalsyndrom tagesklinisch betreut wurde. Sie gab an, sich beim Schlucken von Flüssigkeiten gelegentlich zu verschlucken und bei der Einnahme von Tabletten Probleme zu haben. In der logopädischen Therapie wurden ihr mögliche Kompensationen zum Tablettenschlucken gezeigt. In der logopädischen Abschlussuntersuchung konnte bei ihr keine Schluckstörung mehr nachgewiesen werden. Es kann also sein, dass sich die Schluckproblematik über die Zeit zurückgebildet hat, und es deshalb zu einer kortikalen Anpassung kam. Ob die Neurofeedbacktrainings einen positiven Beitrag dazu leisteten, lässt sich nicht aussagekräftig feststellen. Es bestätigen sich damit die Ergebnisse diverser Vorstudien (Hamdy et al., 1996; Hamdy, Aziz et al., 1998), dass sich die Gehirnaktivierung wieder „normalisiert“, wenn Schluckprobleme verschwinden.

Dass die Patientin kaum einen Anstieg von desoxy-Hb während der Trainings erreichte, könnte auf die Einnahme von Halcion zurückzuführen sein. Die Patientin war die Einzige unter den Teilnehmern, die ein Benzodiazepin einnahm. Kleykamp, Griffiths und Mintzer konnten 2010 in ihrer Studie nachweisen, dass die Einnahme von Halcion verschiedene kognitive Funktionen beeinträchtigt. Möglicherweise hatte

die Einnahme von Halcion auch einen negativen Einfluss auf die Ergebnisse der Neurofeedbacktrainings.

Dass nur die Hälfte der Teilnehmer eine Anpassung der kortikalen Aktivierung an gesunde Menschen zeigte, könnte daran liegen, dass die Anzahl der Trainings zu gering war. Ghaziri et al konnten in ihrer Studie nach EEG-basiertem Neurofeedbacktraining nicht nur eine Verbesserung der Kognition, sondern auch Veränderungen im Gehirn der Teilnehmer nachweisen. In dieser Studie hatten die Teilnehmer insgesamt 40 Neurofeedback-Sitzungen. Möglicherweise sind die hier durchgeführten 3 bzw. 5 Neurofeedbacktrainings zu wenig, um Neuroplastizität auszulösen.

Die Studie wurde ohne Kontrollgruppe, die Sham-Feedback erhielt, durchgeführt. Da alle Patienten über den Zeitraum der Studie auch logopädisch betreut wurden, ist es nicht möglich zu sagen, ob die Verbesserungen im DHI bzw. kortikalen Veränderungen wirklich auf des Neurofeedbacktraining zurückzuführen sind.

Eine Schwierigkeit im Einsatz von Neurofeedback als Therapie bei Dysphagie ist, dass einige der Grunderkrankungen bei Dysphagiepatienten auch mit kognitiven Einschränkungen einhergehen. Damit kann die für diesen Ansatz der Therapie notwendige Konzentrationsfähigkeit und Fähigkeit zum Verständnis der Aufgaben eingeschränkt sein. In dieser Studie wurde ein MMSE von mindestens 24/30 Punkten vorausgesetzt. Vor allem dieses Kriterium erschwerte die Rekrutierung der Patienten derart, dass die Studie letztlich mit 6 anstatt der ursprünglich geplanten 10 Patienten abgeschlossen wurde.

Aufgrund dieser kleinen Teilnehmerzahl und der heterogenen Grunderkrankungen ist es schwierig, Zusammenhänge zwischen den Leistungen und den Patienteneigenschaften zu erkennen und Ergebnisse zu vergleichen. Bei den beiden Teilnehmern, die es schafften, desoxy-Hb signifikant ansteigen zu lassen, handelte es sich einerseits um eine 60-jährige Patientin die 2017 eine linksseitige zerebelläre Hirnblutung erlitt und andererseits um einen 89 Jahre alten Herren, der an Morbus Parkinson erkrankt war.

So sind noch viele Fragen im Einsatz von Neurofeedbacktraining mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie offen: Ist das Training bei verschiedenen Grunderkrankungen als Ursache der Dysphagie gleich anzuwenden bzw. erfolgreich? Gibt es ein Zeitfenster nach der Diagnose, in welchem das Training stattfinden muss, um erfolgreich zu sein? In welchem Abstand sollten die Trainings stattfinden, um den bestmöglichen Effekt zu erzielen?

## **6. Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass Nahinfrarot-basiertes-Neurofeedbacktraining einen positiven Einfluss auf die Schluckbewegungen von Dysphagiepatienten haben könnte. Es wäre wünschenswert, wenn in Zukunft Studien mit einer noch größeren Teilnehmerzahl und einer Kontrollgruppe durchgeführt werden würden, um den Trainingseffekt besser analysieren zu können und um letztlich Therapieansätze für verschiedene Grunderkrankungen etablieren zu können.

## **7. Zusammenfassung**

Die Prävalenz der Dysphagie steigt mit zunehmendem Lebensalter an und liegt bei unabhängig lebenden Menschen über dem 80. Lebensjahr bei 33%. Die Folgen der Dysphagie reichen von Beeinträchtigung der Lebensqualität, Mangelernährung, Aspirationspneumonien bis zum Tod des Betroffenen. Schon heute spielen Dysphagien in der Patientenbetreuung in Akutkrankenhäusern, Pflegeeinrichtungen, Rehab-Kliniken und im ambulanten Bereich eine große Rolle. Aufgrund der demographischen Entwicklung unserer Gesellschaft wird den Dysphagien in Zukunft eine noch größere Bedeutung zukommen.

Sina Kristin Völker hat in ihrer Studie „Einsatz von Neurofeedbacktraining zur Verbesserung von Schluckbewegungen bei PatientInnen mit Dysphagie“ erstmals mit einer größeren Anzahl Patienten Neurofeedback mittels Nahinfrarotspektroskopie durchgeführt. Dabei wurde überprüft, ob durch die reine Vorstellung eines Schluckaktes hämodynamische Veränderungen und Neuromodulation in einem schluckrelevanten Bereich des Gehirns, dem Gyrus frontalis inferior, hervorgerufen



werden kann. Beinahe alle Patienten schafften innerhalb der Trainings ihr desoxy-Hb über dem Gyrus frontalis inferior ansteigen zu lassen – ein Drittel davon signifikant. Bei diesen Teilnehmern konnte auch eine signifikante Verbesserung ihrer Schluckfähigkeit im Deglutition Handicap Index sowie eine Anpassung der kortikalen Aktivierung ähnlich der gesunder Menschen festgestellt werden.

Diese Ergebnisse weisen auf einen möglichen Nutzen von Neurofeedbacktraining in der Behandlung von an Dysphagie leidenden Personen hin und weitere Forschung in diesem Bereich wäre wünschenswert.

## 8. Literaturangaben

- Butler, S.G., Stuart, A., Markley, L. et al. (2009). Penetration and aspiration in healthy older adults as assessed during endoscopic evaluation of swallowing. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 118: 190-198.
- Clave, P., Shaker, R. (2015). Dysphagia: current reality and scope of the problem. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 12(5): 259-70
- Dettmers, C. & Nedelko, V. (2012). Einsatz von mentalem Training in der Neurorehabilitation. *physioscience*, 8(3), 96–103. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299542>
- Dodds, W.J. (1989). Physiology of swallowing. *Dysphagia* 3: 171-178
- Dziewas, R., Glahn, J., Helfer, C., Ickenstein, G., Keller, J., Ledl, C., Lindner-Pfleghar, B., Nabavi, D., Prosiogel, M., Riecker, A., Lapa, S., Stanschus, S., Warnecke, T., Busse, O. (2016). Flexible endoscopic evaluation of swallowing (FEES) for neurogenic dysphagia: training curriculum of the German Society of Neurology and the German stroke society.
- Dziewas, R., Soros, P., Ishii, R. et al. (2003). Neuroimaging evidence for cortical involvement in the preparation and in the act of swallowing. *Neuroimage* 20: 135-144
- Edwards, L.L., Quigley, E.M., Pfeiffer, R.F.(1992). Gastrointestinal dysfunction in Parkinson´s disease: frequency and pathophysiology.
- Ekberg, O., Hamdy, S., Woisard, V., Wuttge-Hanning, A. & Ortega, P. (2002). Social and psychological burden of dysphagia: its impact on diagnosis and treatment. *Dysphagia*, 17(2), 139-146. <https://doi.org/10.1007/s00455-001-0113-5>
- Enriquez-Geppert, S., Huster, R. J. & Herrmann, C. S. (2017). EEG-Neurofeedback as a Tool to Modulate Cognition and Behavior: A Review Tutorial. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 51. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00051>
- Eslick, G. D. & Talley, N. J. (2008). Dysphagia: epidemiology, risk factors and impact on quality of life - a population-based study. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 27(10), 971–979.
- Geeganage, C., Beavan, J., Ellender, S. & Bath, P. M. W. (2012). Interventions for dysphagia and nutritional support in acute and subacute stroke. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 10, CD000323. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000323.pub2>
- Ghaziri, J., Tucholka, A., Larue, V., Blanchette-Sylvestre, M., Reyburn, G., Gilbert, G. et al. (2013). Neurofeedback training induces changes in white and gray matter. *Clinical EEG and Neuroscience*, 44(4), 265–272. <https://doi.org/10.1177/1550059413476031>
- Gröne, B. (Hrsg.), Bledau-Greifendorf, J., Krauß, U., Rosenkranz, C., Stephan, K. M., Wehn, C. (2009). *Schlucken und Schluckstörungen: Eine Einführung* (1. Auflage). Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, München.

- Gruzelier, J. H. (2014). EEG-neurofeedback for optimising performance. I: a review of cognitive and affective outcome in healthy participants. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *44*, 124–141. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.09.015>
- Hamdy, S., Aziz, Q., Rothwell, J. C., POWER, M., Singh, K. D., Nicholson D. A. et al. (1998). Recovery of swallowing after dysphagic stroke relates to functional reorganization in the intact motor cortex. *Gastroenterology*, *115*(5), 1104–1112. [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(98\)70081-2](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(98)70081-2)
- Hamdy, S., Aziz, Q., Rothwell, J. C., Singh, K. D., Barlow, J. Hughes, D. G., Tallis, R. C. & Thompson, D. G. (1996). The cortical topography of human swallowing musculature in health and disease. *Nature Medicine*, *2*(11), 1217–1224. <https://doi.org/10.1038/nm1196-1217>
- Hamdy, S., Rothwell, J. C., Aziz, Q., Singh, K. D. & Thompson, D. G. (1998). Long-term reorganization of human motor cortex driven by short-term sensory stimulation. *Nature Neuroscience*, *1*(1), 64–68. <https://doi.org/10.1038/264>
- Hamdy, S., Rothwell, J.C., Brooks, D.J., et al. (1999). Identification of the cerebral loci processing human swallowing with H2(15)O PET activation. *J Neurophysiol* *81*: 1917-1926.
- Herbst, W. (2006). *Dysphagie – Schluckstörungen nach Schlaganfall und Schädel-Hirn-Trauma (SHT). Ein Ratgeber für Betroffene und Angehörige* (1. Auflage). Schulz-Kirchner Verlag GmbH, Idstein.
- Jean, A. (2001). Brain stem control of swallowing: neuronal network and cellular mechanisms. *Physiol Rev* *81*:929-969.
- Kapfhammer, J. P. <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/plastizitaet-im-nervensystem/9979>
- Kleykamp, B. A., Griffiths, R. R. & Mintzer, M. Z. (2010). Dose effects of triazolam and alcohol on cognitive performance in healthy volunteers. *Experimental and Clinical Psychopharmacology*, *18*(1), 1–16. <https://doi.org/10.1037/a0018407>
- Kober, S. E., Hinterleitner, V., Bauernfeind, G., Neuper, C. & Wood, G. (2018). Trainability of hemodynamic parameters: A near-infrared spectroscopy based neurofeedback study. *Biological Psychology*, *136*, 168–180. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2018.05.009>
- Kober, S. E., Spörk, R., Bauernfeind, G. & Wood, G. (2019). Age-related differences in the within-session trainability of hemodynamic parameters: a near-infrared spectroscopy-based neurofeedback study. *Neurobiology of Aging*, *81*, 127–137. <https://doi.org/10.1016/j.neuro-biolaging.2019.05.022>
- Kober, S. E., Weiss, S., Grieshofer, P. & Wood, G. (2019). NIRS-BASED NEUROFEED-BACK TRAINING TO TREAT DYSPHAGIA. <https://doi.org/10.1002/hbm.20680>
- Kober, S. E. & Wood, G. (2014). Changes in hemodynamic signals accompanying motor imagery and motor execution of swallowing: a near-infrared spectroscopy study. *NeuroImage*, *93 Pt 1*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.02.019>

Leder, S.B. (1999). Fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing in patients with acute traumatic injury.

Liepert, J., Bauder, H., Miltner, W. H. R., Taub, E. & Weiller, C. (2000). Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*, 31(6), 1210–1216.

<https://doi.org/10.1161/01.str.31.6.1210>

Liepert, J., Miltner, W. H. R., Bauder, H., Sommer, M., Dettmers, C., Taub, E. et al. (1998). Motor cortex plasticity during constraint-induced movement therapy in stroke patients. *Neuroscience Letters*, 250(1), 5–8. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(98\)00386-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(98)00386-3)

Mann, G., Hankey, G.J., Cameron, D. (1999). Swallowing function after stroke: prognosis and prognostic factors at 6 month. *Stroke* 30: 744-748

Martin, B.J.W., Nitschke, T., Schleicher, M, et al (1994). The frequency of respiration and deglutition: Influence of posture and oral stimulati. *Dysphagia* 9:78

Matthews, F., Pearlmutter, B. A., Ward, T. E., Soraghan, C. & Markham, C. (2008). Hemody-namics for Brain-Computer Interfaces. *IEEE Signal Processing Magazine*, 25, 87–94.

<https://doi.org/10.1109/MSP.2007.909011>

Mertl-Rötzer, M. (2004). Dysphagie - Inzidenz, Diagnostik, Therapie und Ernährungsmanagement schluckgestörter Patienten. *Aktuelle Ernährungsmedizin*, 29(6), 334–337. <https://doi.org/10.1055/s-2004-828515>

Mosier, K.M., Liu, W.C., Maldjian, J.A., et al. (1999). Lateralization of cortical function in swallowing: a functional MR imaging study. *AJNR Am J Neuroradiol* 20: 1520-1526

Nelles, G., Jentzen, W., Jueptner, M., Müller, S. & Diener, H. C. (2001). Arm training induced brain plasticity in stroke studied with serial positron emission tomography. *NeuroImage*, 13(6 Pt 1), 1146–1154. <https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0757>

Ney, D.M., Weiss, J.M., Kind, A.J. et al. (2009). Senescent swallowing: impact, strategies, and interventions. *Nutr Clin Pract* 24: 395-413

Prosiegel, M. (2008). Neurogene Dysphagien. In: Diener, H.C., Putzki, N. (Hrsg.) Leitlinien für die Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Stuttgart: Thieme; S. 908-919

Satow, T., Ikeda, A., Yamamoto, J. et al. (2004). Role of primary sensorimotor cortex and supplementary motor area in volitional swallowing: a movement-related cortical potential study. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 287: G459-470

Serra-Prat, M., Palomera, M., Gomez, C., Sar-Shalom, D., Saiz, A., Montoya, J.G., Navajas, M., Palomera, E., Clave, P.(2012). Oropharyngeal dysphagia as a risk factor for malnutrition and lower respiratory tract infection in independently living older persons: a population-based prospective study. *Age and ageing* 2012, 41(3):376-381

Stinear, C. M., Byblow, W. D., Steyvers, M., Levin, O. & Swinnen, S. P. (2006). Kinesthetic, but not visual, motor imagery modulates corticomotor excitability. *Experimental Brain Research*, 168(1-2), 157–164. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-0078-y>

Suominen, M., Muurinen, S., Routasalo, P., Soini, H., Suur-Uski, I., Peiponen, A., Finne-Soveri, H., Pitkala, K.H. (2005). Malnutrition and associated factors among aged residents in all nursing homes in Helsinki. *European journal of clinical nutrition*, 59(4): 578-583

Sura, L., Madhavan, A., Carnaby, G. & Crary, M. A. (2012). Dysphagia in the elderly: management and nutritional considerations. *Clinical Interventions in Aging*, 7, 287–298.

<https://doi.org/10.2147/CIA.S23404>

Takeuchi, N. & Izumi, S.-I. (2013). Rehabilitation with poststroke motor recovery: a review with a focus on neural plasticity. *Stroke Research and Treatment*, 2013, 128641.

<https://doi.org/10.1155/2013/128641>

Verdonschot, R. J. C. G., Baijens, L. W. J., Serroyen, J. L., Leue, C. & Kremer, B. (2013). Symptoms of anxiety and depression assessed with the Hospital Anxiety and Depression Scale in patients with oropharyngeal dysphagia. *Journal of Psychosomatic Research*, 75(5), 451–455.

<https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2013.08.021>

Völker, S.K. (2020). Einsatz von Neurofeedbacktraining zur Verbesserung von Schluckbewegungen bei PatientInnen mit Dysphagie

Warnecke, T., Dziewas, R. (2018). *Neurogene Dysphagien: Diagnostik und Therapie* (2., erweiterte und überarbeitete Auflage). Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart

Weiller, C., Chollet, F., Friston, K. J., Wise, R. J. S. & Frackowiak R. S. J. (1992). Functional reorganization of the brain in recovery from striatocapsular infarction in man, (31 (5)), 463-472.

<https://doi.org/10.1002/ana.410310502>

Weinberg, R. (2008). Does Imagery Work? Effects on Performance and Mental Skills. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*, 3(1). <https://doi.org/10.2202/1932-0191.1025>

Woisard, V., Andrieux, M. & Puech, M. (2006). Validation of a self-assessment questionnaire for swallowing disorders (Deglutition Handicap Index). *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)*, 127(5), 315–325.

Zimmermann-Schlatter, A., Schuster, C., Puhan, M. A., Siekierka, E. & Steurer, J. (2008). Efficacy of motor imagery in post-stroke rehabilitation: a systematic review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 5, 8. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-5-8>

Wikipedia (Abbildung 4):

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b2/Gray726\\_inferior\\_frontal\\_gyrus.png/500px-Gray726\\_inferior\\_frontal\\_gyrus.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b2/Gray726_inferior_frontal_gyrus.png/500px-Gray726_inferior_frontal_gyrus.png)

## 9. Anhang

### A.3 Deglutition Handicap Index

Upn-Code \_\_\_\_\_

Testungszeitpunkt:

#### Fragebogen zu Schluckbeschwerden

Im Folgenden werden Ihnen einige Fragen bezüglich ihrer Schluckbeschwerden gestellt. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte kreuzen Sie immer diejenige Antwort an, welche **momentan** am besten auf Sie zutrifft.

	Nie	Selten	Manchmal	Häufig	Immer
Ich habe Beschwerden beim Schlucken	0	0	0	0	0
Essen blockiert meinen Hals oder steckt fest	0	0	0	0	0
Ich habe Schwierigkeiten Flüssigkeiten zu schlucken	0	0	0	0	0
Ich huste oder räuspere mich während oder nach dem Essen	0	0	0	0	0
Ich würgen beim Essen oder Trinken	0	0	0	0	0
Ich merke, dass Essen oder Trinken nach einer Mahlzeit wieder hochkommt	0	0	0	0	0
Ich habe Schwierigkeiten zu kauen	0	0	0	0	0
Wenn ich esse oder trinke, kommt etwas davon meine Nase hoch	0	0	0	0	0
Wenn ich kaue, fallen mir Essensteile aus dem Mund	0	0	0	0	0
Mein Hals schmerzt beim Schlucken	0	0	0	0	0
Aufgrund meiner Schluckbeschwerden kann ich einige Sachen nicht essen	0	0	0	0	0
Um Schlucken zu können, muss ich die Konsistenz meines Essens abändern	0	0	0	0	0
Meine Schluckbeschwerden verlängern meine Mahlzeiten	0	0	0	0	0
Wegen meiner Schluckbeschwerden esse ich weniger	0	0	0	0	0
Nach einer Mahlzeit habe noch Hunger bzw. Durst	0	0	0	0	0
Meine Schluckbeschwerden machen mich müde	0	0	0	0	0

	Nie	Selten	Manchmal	Häufig	Immer
Wegen meiner Schluckbeschwerden habe ich an Gewicht verloren	0	0	0	0	0
Ich habe Angst zu essen	0	0	0	0	0
Ich hatte häufiger Bronchitis oder Lungeninfektionen seit ich die Schluckbeschwerden habe	0	0	0	0	0
Seit meinen Schluckbeschwerden habe ich Probleme beim Atmen	0	0	0	0	0
Wegen meiner Schluck-schwierigkeiten vermeide ich es zusammen mit anderen zu essen	0	0	0	0	0
Meine Schluckprobleme behindern mein persönliches oder soziales Leben	0	0	0	0	0
Mich stört die Art wie ich esse	0	0	0	0	0
Meine Schluckprobleme stören mich					
Wegen meiner Schluckprobleme sind Mahlzeiten zu einer unangenehmen Angelegenheit geworden	0	0	0	0	0
Andere verstehen meine Schluckprobleme nicht.	0	0	0	0	0
Andere scheinen von meinen Schluckproblemen irritiert zu sein	0	0	0	0	0
Wenn ich mit anderen esse, bin ich wegen meiner Schluckprobleme sehr angespannt	0	0	0	0	0
Ich schäme mich für mein Schluckproblem	0	0	0	0	0
Wegen meiner Schluckprobleme fühle ich mich benachteiligt	0	0	0	0	0

	nicht vorhanden	leicht vorhanden	mittelstark vorhanden	stark vorhanden	sehr stark vorhanden
Meine Schluckbeschwerden sind	0	0	0	0	0