

Veränderung der
Schluckphysiologie
nach ventraler und dorsaler
Operation an der Halswirbelsäule

Stefanie Duchac

Veränderung der Schluckphysiologie nach ventraler und dorsaler Operation an der Halswirbelsäule

Eine retrospektive Vergleichsstudie

Dissertationsarbeit zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophie
im Fach Klinische Linguistik
der Universität Bielefeld

vorgelegt von

Stefanie Duchac

im Februar 2016

Erstgutachter: Prof. Dr. Dr. Horst M. Müller, Universität Bielefeld
Zweitgutachterin: Prof. Dr. Martina Hielscher-Fastabend, Universität Bielefeld
Externer Gutachter: Prof. Dr. Tobias Pitzen, SRH Klinikum Karlsbad

Zusammenfassung

EINLEITUNG: Schluckstörungen (Dysphagien) sind mit einer Inzidenz von über 70% die häufigsten Komplikationen nach ventralen Operationen an der Halswirbelsäule (HWS). Es gibt erste Hinweise darauf, dass Schluckstörungen auch nach dorsalen Eingriffen auftreten können. In den meisten Fällen sind die Dysphagien beider Gruppen passager und leichtgradig, es gibt jedoch auch extrem lange und komplizierte Verläufe, welche die Patienten deutlich beeinträchtigen und zu Sekundärkomplikationen wie beispielsweise Mangelernährung oder Lungenentzündungen führen. Bislang wurden die postoperativen schluckphysiologischen Veränderungen kaum erforscht, bei objektiven Messungen lag der Fokus meist auf Penetration/Aspiration oder dem Vorhandensein von Residuen. Ziel dieser Studie war die Untersuchung der Schluckphysiologie mit Bezug auf die beiden operativen Zugangswege von ventral und dorsal im direkten Prä/Post-Vergleich.

METHODE: Eine Videofluoroskopie (VFS). Wurde bei 28 Patienten (ventrale Gruppe: 19 Patienten, 9w/10m, $M_{Alter}=56 \pm 14$, R=33-80 Jahre; dorsale Gruppe: 9 Patienten, 5w/4m, $M_{Alter}=58 \pm 17$, R=24-74 Jahre) am Tag vor und nach der HWS-Operation ($M_{Tage}=4$, R=1-15 Tage) durchgeführt. Die standardisierte Durchführung der VFS umfasste einen Teelöffel (5ml) und einen Schluck Flüssigkeit, einen Teelöffel Brei sowie einen Biss Bariumbrot. Die Videos wurden retrospektiv verblindet nach dem Protokoll des Modified Barium Swallow Impairment Profile (MBSImPTM) und der Penetrations-/Aspirationsskala analysiert, um Veränderungen der einzelnen schluckphysiologischen Parameter statistisch berechnen zu können. Zusätzlich wurden die Risikofaktoren Geschlecht, Alter, Revisions-OP, Anzahl der operierten Segmente und Beteiligung der oberen HWS in der Analyse berücksichtigt. Für einen umfassenden Überblick wurde zusätzlich der pharyngeale Summenscore gebildet. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm IBM SPSS Statistics 22.0. Als Signifikanzniveau für den pharyngealen Summenscore wurde $p < .05$ festgesetzt, für die Analyse der Parameter nach Bonferroni-Korrektur $p < .01$ für die oralen Parameter und $p < .006$ für die pharyngealen Parameter. Die Prä/Post-Vergleiche wurden mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben, die Analyse der Risikofaktoren mit dem U-Test nach Mann-Whitney-Wilcoxon für unabhängige Stichproben auf ordinalem Datenniveau berechnet.

ERGEBNISSE: In der ventralen Gruppe zeigt sich der pharyngeale Summenscore nach der Operation signifikant höher ($p=.000$). Signifikante Veränderungen ergaben sich für die pharyngealen Parameter Hyoidverlagerung, pharyngeale Austreibungswelle, Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments, sowie pharyngeale Residuen. In der dorsalen Gruppe zeigt sich der pharyngeale Summenscore nach der Operation ebenfalls signifikant höher ($p=.015$). Es gibt einen statistischen Trend zu Veränderungen des oralen Parameters Bolustransport und der pharyngealen Parameter Larynxelation, Hyoidverlagerung, pharyngeale Austreibungswelle, Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments, sowie pharyngeale Residuen. In der ventralen Gruppe zeigen Männer postoperativ einen statistisch signifikant höheren pharyngealen Summenscore. Ältere Patienten der ventralen Gruppe haben postoperativ in der Tendenz Beeinträchtigungen mit der Epiglottis-Abkippung und der Zungengrundretraktion. Patienten, die eine Revisions-Operation erhalten zeigen bereits vor der Operation tendenziell Einschränkungen im Bolustransport und in der Initiierung des pharyngealen Schlucks und haben mehr pharyngeale Residuen. Nach der Operation zeigen sie signifikant häufiger eine beeinträchtigte Zungengrundretraktion und in der Tendenz vermehrt pharyngeale Residuen.

SCHLUSSFOLGERUNG: Die Ergebnisse liefern wertvolle Informationen über die Schluckphysiologie vor und nach Operationen an der Halswirbelsäule. Nach ventraler Operation sind mehr Parameter betroffen, dennoch treten schluckphysiologische Veränderungen auch nach dorsalen Eingriffen auf. Die Ergebnisse können dazu beitragen, Dysphagie-Risikopatienten frühzeitig zu identifizieren und dadurch die Komplikationsrate zu senken. Weiterhin wird deutlich, dass eine ausschließliche Betrachtung von Penetration/Aspiration nicht ausreicht, um die Komplexität der Schluckphysiologie zu erfassen. Die Kenntnis etwaiger physiologischer Veränderungen ist jedoch erforderlich, um für die Patienten spezifische therapeutische Maßnahmen zur Verfügung stellen zu können. Nur durch individuell abgestimmte Therapiepläne ist es möglich, eine zügige Verringerung der Beschwerden und dadurch eine Verbesserung der Lebensqualität zu erreichen.

Abstract

Changes in Swallowing Physiology after anterior and posterior Cervical Spine Surgery

INTRODUCTION: With an incidence of over 70%, Dysphagia is the most common complication after anterior cervical spine surgery. There are first indications that dysphagia also appears after posterior surgery. Whilst most cases seem to be temporary and slight, there are severe and complex cases, where patients suffer immensely. However, there are hardly any studies focusing on components of swallowing physiology additional to Penetration/Aspiration and Residue Scores. The aim of this study was to investigate changes in swallowing physiology in this patient population with regard to the surgical approach (anterior and posterior).

METHODS: A videofluoroscopic swallowing study (VFSS) was performed in 28 patients (19 patients anterior approach, 9f/10m, $M_{age} = 56 \pm 14$, R=33-80 years; 9 patients posterior approach, 5f/4m, $M_{age} = 58 \pm 17$, range 24-74 years) one day before and after cervical surgery ($M_{days} = 4$, range 1-15 days). VFSS followed a standard protocol using a teaspoon (5ml) and a sip of thin liquid, a teaspoon puree and a bite of barium bread. Data were analysed retrospectively with the Modified Barium Swallow Impairment Profile (MBSImP™) to compare components of swallowing physiology. In addition the risk factors gender, age, revision surgery, number of involved segments and upper cervical spine involvement were considered in statistical analysis. For an overall impression the pharyngeal sum score was calculated. Statistical analysis was conducted using IBM SPSS Statistics 22.0. For analysis of pharyngeal sum score a significance level of $p < .05$, for analyzing single components after Bonferroni-correction a significance level of $p < .01$ for oral components, and $p < .006$ for pharyngeal parameters was set to reveal statistical significance. To analyse changes before and after surgery the Wilcoxon-signed rank test was used, to analyse risk factors the U-test by Mann & Whitney and Wilcoxon was used.

RESULTS: In the anterior group pharyngeal sum score was higher after surgery ($p=.000$). Significant changes were found in pharyngeal components anterior hyoid excursion; pharyngeal stripping wave; pharyngoesophageal segment opening and pharyngeal residue. In the posterior group pharyngeal sum score was higher as well after surgery ($p=.015$). Statistical trend for changes was found in oral components bolus transport and initiation of pharyngeal swallow and pharyngeal components laryngeal elevation, anterior hyoid excursion, pharyngeal stripping wave, pharyngoesophageal segment opening and pharyngeal residue. In the anterior group male patients showed higher pharyngeal sum score postoperatively. By trend in older patients after anterior surgery the components epiglottic movement and retraction of tongue base were more impaired. Patients with revision-surgery showed preoperatively impaired bolus transport, initiation of pharyngeal swallow and had more pharyngeal residues. Post-surgery retraction of tongue base was more often affected and by trend they had more pharyngeal residue.

CONCLUSION: Whereas more components were affected in the anterior group, there were also impairments of swallowing physiology after posterior surgery. The results provide valuable information, which possibly can lead to an early detection of risk patients and to an optimized management concerning oral intake post surgery. Further, the results reveal that solely observation of Penetration/Aspiration is not sufficient to get a comprehensive impression of the complexity of swallowing physiology. However this is indispensable to provide patients with specific therapeutic interventions, which can decrease the rate of complication and increase better quality of life for this patient population.

Danksagung

Ich möchte die Gelegenheit nutzen, um mich bei den Menschen zu bedanken, die mich bei der Entstehung, Weiterentwicklung und Fertigstellung dieser Arbeit maßgeblich unterstützt und begleitet haben.

Bei meinen beiden Betreuern der Universität Bielefeld, Frau Prof. Dr. Martina Hiel-scher-Fastabend und Herr Prof. Dr. Dr. Horst M. Müller möchte ich mich herzlich für die Unterstützung und das entgegengebrachte Vertrauen bedanken. Ohne das richtige Maß an Offenheit und zeitlicher Flexibilität wäre mir die Umsetzung dieses Projektes während der Elternzeit nicht gelungen.

Herr Prof. Dr. Tobias Pitzen hat sich wann immer möglich die Zeit genommen, mit mir die medizinischen Aspekte zu diskutieren. Darüber hinaus war er offen für die Entwicklung von Zukunftsperspektiven, die mich in meiner beruflichen Weiterentwicklung sehr beflügelt und bestärkt haben, den klinisch-wissenschaftlichen Weg beizubehalten. Vielen Dank dafür.

Meine Mentorin Frau Dr. Ulrike Frank sinierte mit mir mit viel Elan und Engagement über mögliche klinisch-wissenschaftlichen Wege im Bereich der Dysphagie. Dafür, und für alles andere bedanke ich mich.

Es gibt Kollegen, die sind so viel mehr als Kollegen. Bei Sina Peter und Inken Voges möchte ich mich für hervorragende inhaltliche und methodische Gespräche und die tiefe Freundschaft bedanken. Das Thema aus völlig verschiedenen Blickwinkeln zu beleuchten hat mich in meiner Denkweise sehr viel weiter gebracht.

Dank gebührt auch Beate Schuhmann – ohne sie wären keine Reliabilitätsberechnungen zustande gekommen.

Durch unermüdliches Korrekturlesen und bemerkenswert scharfe Augen haben Sina Peter, Jan Dahms und meine Mutter Gisela Gruska diese Arbeit um einige Fehler erleichtert. Ihr seid die Besten.

Bedanken möchte ich mich auch bei all den wundervollen jungen Kolleginnen auf der ganzen Welt die ich bisher kennen lernen durfte, und die mich ermutigt haben

diese Promotion anzustreben. Stellvertretend seien genannt Janina Wilmskötter (derzeit USA), Phoebe Macrae (Neuseeland) und Oshrat Sella (Israel). Ihre Begeisterungsfähigkeit für das Thema Dysphagie und ihre Expertise sind einzigartig und inspirieren mich immer wieder auf's Neue.

Ein solches Projekt über Jahre hinweg durchzuführen wäre ohne die Unterstützung von Familie und Freunden deutlich schwieriger. Dafür, dass ich auch während intensiver Arbeitsphasen den Kontakt zur Außenwelt nicht verloren habe, bin ich jedem einzelnen sehr dankbar.

Der innigste Dank gebührt meinem Ehemann Marco Duchac. Ohne sein Verständnis und seine Unterstützung wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen. Außerdem zeigen mir meine beiden Kinder Vincent und Clara immer wieder, dass es trotz aller Begeisterung für ein Thema noch andere wichtige Dinge gibt. Durch diese Erdung und völlige Ablenkung wurden häufig wieder ganz neue Gedankenstränge in Gang gebracht. Ich liebe Euch.

Durch das Promotionsstipendium der Studienstiftung des deutschen Volkes konnte ich mich auf die Ausarbeitung dieses Themas konzentrieren und habe durch die Angebote und Veranstaltungen viele interessante Menschen kennen gelernt und neue Erkenntnisse gewonnen. Vielen Dank für diese Chance.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	i
Abstract	iii
Danksagung	vii
Abbildungsverzeichnis	xv
Tabellenverzeichnis	xvi
Liste der Abkürzungen:	xix
1 Einleitung	1
1.1 Aufbau der Arbeit	4
1.2. Ziel der Arbeit	5
2 Anatomie, Physiologie und Neurologie des Schluckens	7
2.1 Anatomie schluckrelevanter Strukturen.....	8
2.2 Physiologie des Schluckablaufs	12
2.2.1 Orale Vorbereitungsphase	12
2.2.2 Orale Phase	13
2.2.3 Pharyngeale Phase.....	18
2.2.4 Ösophageale Phase	24
2.2.5 Ansa cervicalis, Plexus cervicalis und Plexus pharyngeus.....	25
2.3 Neuroanatomie & neurale Steuerung des Schluckens	27
2.3.1 Schluckkortex im Großhirn.....	27
2.3.2 Hirnstamm	28
3 Pathophysiologie des Schluckens – Dysphagie	31
3.1 Definition	32
3.2 Ursachen.....	32
3.3 Leitsymptome	33
3.3.1 Drooling/Pooling/Leaking.....	33
3.3.2 Orale Residuen	34
3.3.3 Nasale Regurgitation.....	34
3.3.4. Pharyngeale Residuen	35
3.3.5 Penetration/Aspiration	36
3.4 Komplikationen.....	38
3.4.1 Dehydration	38
3.4.2 Malnutrition	39
3.4.3 Aspirationspneumonie	39

3.4.4	Einschränkung der Lebensqualität	40
3.5	Diagnostik von Schluckstörungen	42
3.5.1	Klinische Schluckuntersuchung (KSU)	42
3.5.2	Videofluoroskopie.....	43
3.5.3	Fiberendoskopische Evaluation des Schluckens (FEES®).....	46
3.5.4	Komplementäre instrumentelle Verfahren	46
3.6	Einführung einer klinischen Routine.....	49
3.6.1	Standard Operating Procedure (SOP)	49
4	Die Halswirbelsäule	51
4.1	Anatomie der Halswirbelsäule	52
4.1.1	Atlas.....	53
4.1.2	Axis.....	53
4.1.3	Kopfgelenke.....	54
4.1.4	Wirbelgrundform	55
4.1.5	Bandscheiben.....	55
4.1.6	Das Bewegungssegment.....	56
4.2	Erkrankungen der Halswirbelsäule	56
4.2.1	Degenerative Erkrankungen.....	56
4.2.2	Entzündliche Erkrankungen	59
4.2.3	Verletzungen der Halswirbelsäule	60
4.2.4	Tumoren.....	62
4.2.5	Deformitäten	63
4.3	Behandlungsmöglichkeiten	65
4.3.1	Nicht-operative Verfahren.....	65
4.3.2	Operative Verfahren.....	65
4.5	Die Rolle der Halswirbelsäule beim Schlucken.....	71
5	Schluckstörungen nach Operationen an der Halswirbelsäule	75
5.1	Schluckstörungen nach einem ventralen Eingriff.....	79
5.1.1	Inzidenz	80
5.1.2	Risikofaktoren.....	86
5.1.3	Prävention	89
5.1.4	Evaluation der Schluckphysiologie nach ventraler Operation	91
5.1.5	Auswirkungen auf Lebensqualität der Patienten.....	94
5.2	Schluckstörungen nach einem dorsalen Eingriff.....	96
5.3	Stand der Forschung und offene Fragen	99
5.3.1	Fragestellungen.....	99
5.3.2	Zielsetzung	105
6	Methodik	107

6.1 Hypothesen	108
6.2 Rechtliche und ethische Aspekte	110
6.3 Einführung der SOP	111
6.4 Studienteilnehmer und Gruppenbildung	112
6.4.1 Einschlusskriterien	112
6.4.2 Ausschlusskriterien	112
6.4.3 Patientenakquise	112
6.5 Durchführung	115
6.5.1 Klinisches Screening	115
6.5.2 Instrumentelle Untersuchung – Videofluoroskopie	116
6.5.3 Benutzte Geräte/Software	117
6.5.4 Untersuchte Boluskonsistenzen	118
6.5.5 Kontrastmittel	119
6.5.6 Volumina und Applikation	120
6.5.7 Cued Swallow	121
6.5.8 Wiederholungen	121
6.5.9 Abbruchkriterien	122
6.6 Auswertung der Videofluoroskopie	122
6.6.1 Modified Barium Swallow Impairment Profile [®]	122
6.6.2 Penetrations-/Aspirationskala	124
6.7 Datenanalyse	125
6.7.1 Statistische Verfahren	126
6.7.2 Reliabilitätsberechnungen	129
7 Ergebnisse	131
7.1 Ablauf - Formative Evaluation	132
7.2 Deskriptive Statistik	134
7.2.1 Wasserschluck-Screening	136
7.3 Pharyngealer Summenscore	137
7.3 Veränderung der Schluckphysiologie in der ventralen Gruppe	139
7.3.1 Teelöffel Flüssigkeit	139
7.3.2 Schluck Flüssigkeit	141
7.3.3 Teelöffel Brei	142
7.3.4 Biss Brot	144
7.4 Veränderung der Schluckphysiologie in der dorsalen Gruppe	147
7.4.1 Teelöffel Flüssigkeit	147
7.4.2 Schluck Flüssigkeit	149
7.4.3 Teelöffel Brei	150
7.4.4 Biss Brot	152

7.5 Risikofaktoren	155
7.5.1 Geschlecht.....	155
7.5.2 Alter.....	158
7.5.3 Revision	161
7.5.4 Anzahl der beteiligten Segmente	164
7.5.5 Beteiligung obere HWS.....	167
7.7 Reliabilität	169
7.7.1 Interrater-Reliabilität.....	169
7.7.2 Intrarater-Reliabilität.....	169
8 Diskussion	171
8.1 Formative Evaluation.....	172
8.2 Diskussion der Ergebnisse	173
8.2.1 Ventrale Gruppe.....	173
8.2.2 Dorsale Gruppe.....	181
8.2.3 Risikofaktoren.....	185
8.2.4 Klinisches Screening.....	196
8.2.5 Reliabilität.....	196
8.3 Diskussion der Methodik	197
8.3.1 Schwächen.....	197
8.3.2 Stärken	199
8.3.3 Klinische Relevanz.....	201
8.4 Ableitung eines prospektiven Studiendesigns	205
8.4.1 Ziele.....	205
8.4.2 Fragestellungen.....	206
8.4.3 Hypothesen	207
8.4.4 Prüfverfahren.....	207
8.4.5 Ein- & Ausschlusskriterien.....	207
8.4.6 Studienablauf	208
8.4.7 Datenauswertung	209
8.4.8 Abbruchkriterien.....	211
8.4.9 Statistische Verfahren.....	211
9 Zusammenfassung und Ausblick.....	215
Literaturverzeichnis	221
A-Anhang	233
A-1 Tabellen aller am Schluckakt beteiligten Muskeln.....	234
A-2 Informationsschreiben für Patienten	245
A-3 Gekürzte Version der MBSImP-Beurteilungskriterien	247
A-4 Ergebnistabellen	249

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Mundhöhle, Rachen mit Übergang Kehlkopf bzw. Speiseröhre. (Quelle: Schindelmeiser, 2010, S. 54.)	9
Abbildung 2: Mögliche Ursachen von Schluckstörungen (adaptiert von Prosiel & Weber, 2013, S. 48.).....	33
Abbildung 3: Ansicht einer Videofluoroskopie im lateralen Strahlengang.....	44
Abbildung 4: Darstellung des Pharynx bei einer FEES.....	46
Abbildung 5: Darstellung der hochauflösenden Manometrie. (Quelle: www.mmsinternational, 30.12.2015).....	47
Abbildung 6: Darstellung der submentalen Muskulatur im Ultraschall. M. geniohyoideus mittig, darüber gespannt M. mylohyoideus und die beiden Stränge des vorderen Bauches des M. digastricus.	48
Abbildung 7: Darstellung der oberen Halswirbelsäule (Quelle: Netter, 2011, Tafel 19).....	54
Abbildung 8: Operative Zugangswege zur HWS (Quelle: Grimmer & Wurm, 2011, S. 25).....	66
Abbildung 9: Schema des Zusammenspiels von Nacken-, Kau- und Zungenbeinmuskeln (Quelle: Neuhuber, 2007, S. 228).....	72
Abbildung 10: Drop-Outs der Patienten von der Gesamtzahl bis zu den schlussendlich inkludierten Patienten.	113
Abbildung 11: Identifizierte Kernaspekte der SOP.	132
Abbildung 12: Summenscore aller Patienten. Die Patienten-Codes in blau stellen die ventrale Gruppe dar, die Patienten-Codes in orange bilden die dorsale Gruppe ab	137
Abbildung 13: Schematische Darstellung des Studienablaufs.	209

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung gefährdeter Strukturen auf Operationshöhe, gegliedert nach den möglichen klinischen Auswirkungen (Quelle: Haller, Iwanik, & Shen, 2011).	67
Tabelle 2: Aus der Literatur abgeleitete Risiko-Parameter, die bei einer ventralen Operation beeinträchtigt werden können.	100
Tabelle 3: Übersicht der inkludierten Patienten.....	113
Tabelle 4: MBSImP [®] -Kriterien	124
Tabelle 5: 8-Punkte-Penetrations-Aspirationsskala nach Rosenbek (Übersetzung Stanschus, 2003, S. 45).....	125
Tabelle 6: Demographische und operative Daten aller inkludierten Patienten.....	136
Tabelle 7: Häufigkeitstabelle des Wasserschluck-Screenings	136
Tabelle 8: Pharyngealer Summenscore aller Patienten	138
Tabelle 9: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Teelöffelmenge Flüssigkeit vor und nach ventraler HWS-OP.....	140
Tabelle 10: Häufigkeiten der Differenzwerte bei Teelöffelmenge Flüssigkeit in der ventralen Gruppe.	140
Tabelle 11: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Schluckmenge Flüssigkeit vor und nach ventraler HWS-OP.....	141
Tabelle 12: Häufigkeiten der Differenzwerte bei Schluckmenge Flüssigkeit in der ventralen Gruppe.	142
Tabelle 13: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Teelöffelmenge Brei vor und nach ventraler HWS-OP.....	143
Tabelle 14: Häufigkeiten der Differenzwerte bei Teelöffelmenge Brei in der ventralen Gruppe.	143
Tabelle 15: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter beim Biss Brot vor und nach ventraler HWS-OP, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.....	144
Tabelle 16: Häufigkeiten der Differenzwerte bei einem Biss Brot in der ventralen Gruppe.....	145
Tabelle 17: Veränderung der Anzahl beeinträchtigter Schlucke vor und nach ventraler Operation.....	146
Tabelle 18: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Teelöffelmenge Flüssigkeit vor und nach dorsaler HWS-OP.....	148
Tabelle 19: Häufigkeiten der Differenzwerte bei Teelöffelmenge Flüssigkeit in der dorsalen Gruppe.	148
Tabelle 20: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Schluckmenge Flüssigkeit vor und nach dorsaler HWS-OP.	149
Tabelle 21: Häufigkeiten der Differenzwerte bei Schluckmenge Flüssigkeit in der dorsalen Gruppe.	150
Tabelle 22: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Teelöffelmenge Brei vor und nach dorsaler HWS-OP.	151
Tabelle 23: Häufigkeiten der Differenzwerte bei Teelöffelmenge Brei in der dorsalen Gruppe.	151

Tabelle 24: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter beim Biss Brot vor und nach dorsaler HWS-OP.	152
Tabelle 25: Häufigkeiten der Differenzwerte bei einem Biss Brot in der dorsalen Gruppe.	153
Tabelle 26: Veränderung der Anzahl beeinträchtigter Schlucke vor und nach dorsaler Operation.	154
Tabelle 27: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach ventraler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Geschlecht.	156
Tabelle 28: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Geschlecht.	158
Tabelle 29: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach ventraler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Alter.	159
Tabelle 30: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Alter.	161
Tabelle 31: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach ventraler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Revision.	162
Tabelle 32: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Revision.	164
Tabelle 33: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach ventraler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Anzahl der beteiligten Segmente.	165
Tabelle 34: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Anzahl der beteiligten Segmente.	167
Tabelle 35: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Beteiligung der oberen HWS.	168
Tabelle 36: Muskeln, die mit dem Lippenschluss in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 15).....	234
Tabelle 37: Muskeln, die mit der Zungenkontrolle in Verbindung stehen, während der Bolus gehalten wird. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 18).....	234
Tabelle 38: Muskeln, die mit der Bolusvorbereitung und dem Kauen in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 21).....	235
Tabelle 39: Muskeln, die mit dem Bolustransport in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 24).....	237
Tabelle 40: Muskeln, die mit der Initiierung des pharyngealen Schlucks in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 32).....	238
Tabelle 41: Muskeln, die mit der Elevation des weichen Gaumens in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 35).....	238
Tabelle 42: Muskeln, die mit der Larynx-Elevation in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 38).....	238
Tabelle 43: Muskeln, die mit der anterior Verlagerung des Hyoids in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 43).....	239
Tabelle 44: Muskeln, die mit der Epiglottis-Abkippung in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 46).....	239

Tabelle 45: Muskeln, die mit dem Verschluss des Larynx in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 48)	240
Tabelle 46: Muskeln, die mit der pharyngealen Austreibungswelle in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 52)	241
Tabelle 47: Muskeln, die mit der pharyngealen Kontraktion in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 55)	241
Tabelle 48: Muskeln, die mit der Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 59)	242
Tabelle 49: Muskeln, die mit der Retraktion des Zungengrundes in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 61)	243
Tabelle 50: Muskeln, die mit der ösophagealen Austreibung in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 68)	243

Liste der Abkürzungen:

ACDF	Anterior Cervical Disectomy and Fusion
a-p	Anterior-posterior
ACD	Anterior Cervical Disectomy
ACDFI	Anterior Cervical Disectomy and Fusion with Instrumentation
CT	Computertomographie
dmCPG	Dorsomediale Central Pattern Generators
EMG	Elektromyographie
ET	Endotrachealer Tubus
fMRT	Funktionelle Kernspintomographie/Magnetresonanztomographie
HWK	Halswirbelkörper
HWS	Halswirbelsäule
KSU	Klinische Schluckuntersuchung
MBSImp	Modified Barium Swallow Impaired Profile
MEG	Magnetenzephalographie
MRT	Magnetresonanztomographie
MTRA	Medizinisch-Technische Radiologie Assistentinnen und Assistenten
NA	Nucleus ambiguus
NTS	Nucleus tractus solitarii
oÖS	oberer Ösophagussphinkter
PEEK	Polyethyletherketon
PET	Positronen-Emissionstomographie
PÖS	Pharyngo-ösophageales Segment
SOP	Standard Operating Procedure
SWAL-QOL	Swallowing Quality of Life Survey / Fragebogen zur Lebensqualität
TMS	Transkranielle Magnetstimulation
vCPG	Ventrolaterale Central Pattern Generators
ZNS	Zentralnervensystem

1 Einleitung



Die Aufnahme von Nahrung und Flüssigkeit stellt nicht nur einen überlebenswichtigen Prozess dar, sondern bildet auch den Mittelpunkt jeden gesellschaftlichen Zusammenkommens, trägt also in einem hohen Maß zur Lebensqualität eines Menschen bei. Das Schlucken, also der Transport von Speichel, Flüssigkeit und Nahrung vom Mund in den Magen stellt einen komplexen Vorgang dar (Logemann, 1998). Hauptakteure dieses Vorganges sind ebenso wie bei der Produktion von Sprache und Stimme orale, linguale, laryngeale und pharyngeale Strukturen.

Einschränkungen dieser Strukturen können sowohl zu verschiedensten Störungen der verbalen Kommunikationsfähigkeit führen, als auch zur Beeinträchtigung einer suffizienten Nahrungsaufnahme. Schluckstörungen (Dysphagien) führen demnach nicht nur zu einer Einschränkung der Lebensqualität betroffener Patienten, sondern können auch mit schweren Komplikationen einhergehen. Sie können zu Mangelernährung, Dehydration und durch Eintreten von Nahrung und Flüssigkeit in die Atemwege zu lebensbedrohlichen Lungenentzündungen führen (Logemann, 1998).

Eine Dysphagie kann verschiedene Ursachen haben. Neben akuten Erkrankungen wie Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma führen auch degenerative neurologische Erkrankungen wie Parkinson oder Multiple Sklerose zu Einschränkungen der Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme. Auch Tumore im Kopf- und Halsbereich sind häufig ursächlich. Hierbei kann zum Einen die zentrale Steuerung des Schluckens durch Beteiligung relevanter Hirnareale beeinträchtigt sein, zum Anderen aber können periphere Einschränkungen durch Resektionen oder Veränderung der Morphologie zu Auffälligkeiten der Schluckphysiologie führen (Prosiegel & Weber, 2013).

Eine weitere Gruppe von Patienten, die an Dysphagien leiden können, sind Patienten nach Operationen an der Halswirbelsäule. Diese Patientengruppe steht jedoch erst seit wenigen Jahren im Fokus des Interesses der klinisch wissenschaftlichen Forschung (Cho, Lu & Lee, 2013). Zunächst wurden Schluckstörungen dieser Patienten als seltene Komplikation bei Patienten mit Erkrankungen der Halswirbelsäule gewertet (Zerhouni, Bosma & Donner, 1987). Viele Verläufe scheinen auch leichtgradig und passager zu sein, es gibt jedoch schwere und langwierige Verläufe, wobei die Patienten immens leiden. Mittlerweile wird von multifaktoriellen Ursachen

ausgegangen, die sowohl Nerven-schädigungen als auch postoperative Schwellungen beinhalten (Smith-Hammond et al., 2004). Bei der anatomischen Nähe von Halswirbelsäule und schluckrelevanten Strukturen scheint es offensichtlich, dass Irritationen im Bereich der Wirbelsäule zu einer Einschränkung der Schluckfunktion für die Patienten führen können. Wird eine Operation an der Halswirbelsäule notwendig, so wird der chirurgische Zugangsweg je nach Operationsgebiet entweder von vorne (anterior/ventral) oder von hinten (posterior/dorsal) gewählt (Grimmer & Wurm, 2011). Insgesamt zeigt sich die postoperative Dysphagie als bislang wenig erforschte Komplikation nach HWS-Operationen. Zumeist basieren die vorliegenden Studien auf subjektiven Patientenfragebögen (Bazaz, Lee & Yoo, 2002). Für Patienten, die an der Halswirbelsäule operiert werden, gibt es bislang kaum systematische Untersuchungen zur Veränderung der Schluckphysiologie. Vor allem den dorsalen Operationen wurde bislang kaum Beachtung geschenkt. Klinische Erfahrungen und erste wissenschaftliche Untersuchungen zeigen jedoch, dass auch diese Patienten von postoperativen Schluckstörungen betroffen sein können (Radcliff et al., 2013).

Ebenso wie die Diagnostik und Therapie von Sprach-, Sprech- und Stimmstörungen, gehört die Identifikation und adäquate Behandlung von Schluckstörungen zur Aufgabe klinischer Sprachtherapeutinnen¹. Um eine Verbesserung der Schluckfähigkeit erreichen zu können, werden den Patienten spezifische Behandlungstechniken offeriert. Diese können jedoch nur adäquat ausgewählt werden, wenn die Therapeutinnen eine exakte Vorstellung der zugrunde liegenden Pathophysiologie haben. Im Bereich des Schluckens ist dies ausschließlich mit Hilfe einer instrumentellen Diagnostik zu beurteilen (Logemann, 1998). Trotz dieser Kenntnisse werden Sprachtherapeutinnen bislang nur in Ausnahmefällen in den Behandlungsprozess bei Patienten nach Operationen an der Halswirbelsäule involviert (Starmer et al., 2013).

¹Soweit im Folgenden Berufs- Gruppen- und/oder Personenbezeichnungen Verwendung finden, wird aus Gründen der Lesbarkeit im Text ausschließlich jeweils eine Form benutzt. Jedoch beziehen sich die Angaben stets auf Angehörige beider Geschlechter.

1.1 Aufbau der Arbeit

Bezüglich des Dysphagie-Managements in Kliniken werden heute vor allem für Schlaganfallpatienten von der deutschen Gesellschaft für Neurologie deutliche und konkrete Empfehlungen ausgesprochen (DGN, 2012). Diese gibt es für Patienten mit Operationen der Halswirbelsäule noch nicht. Bevor in diesem Bereich Empfehlungen analog zu Leitlinie der DGN entwickelt werden können, muss zunächst ein größeres Verständnis für die Ursache und auch die Pathophysiologie vorhanden sein. Um das Auftreten von Schluckstörungen bei diesem Patientenkontext analysieren und die Patientenversorgung optimieren zu können, wurde im Jahr 2011 in Zusammenarbeit der Abteilung für Logopädie und dem Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie am SRH Klinikum Karlsbad das Projekt CS-SwalTrack implementiert. Die im Rahmen dieser neu implementierten Standard Operating Procedure (SOP) erhobenen Daten stellen die Grundlage für dieses Dissertationsprojekt dar.

Zu Beginn der Arbeit wird ein Überblick über die Grundlagen der Schluckphysiologie gegeben, gefolgt von der Begriffsdefinition einer Dysphagie und Darstellung ihrer Leitsymptome und einer Zusammenfassung der gängigen Möglichkeiten zur Diagnostik. Im Anschluss daran wird auf die Halswirbelsäule sowie mögliche Erkrankungs- und Behandlungsformen eingegangen, um abschließend im Theorieteil die beiden Bereiche zusammenzuführen und die vorhandene Literatur zum Thema aufzubereiten. Aus dieser Literaturanalyse werden offene Fragen formuliert und zu Beginn des empirischen Teils dieser Dissertation daraus die Hypothesen abgeleitet.

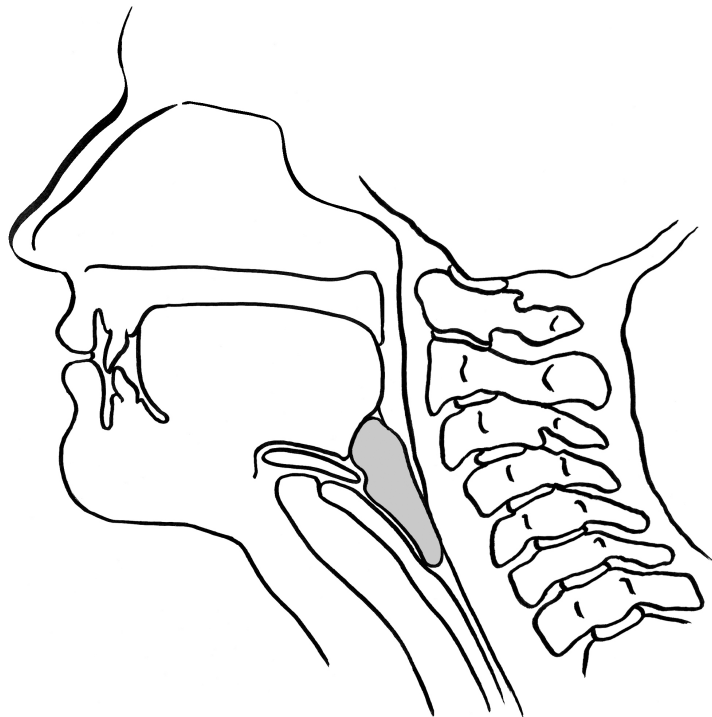
Im empirischen Teil dieser Arbeit werden die Methodik des Projektes erläutert und die Ergebnisse dargestellt. Anschließend werden die Ergebnisse im Rahmen der Diskussion in die vorhandene Literatur eingebettet. Als Resümee der Diskussion wird ein Studiendesign für ein mögliches weiterführendes prospektives Projekt präsentiert. Abschließend werden die neu gewonnenen Erkenntnisse nochmals zusammengefasst und Ideen entwickelt, wie sich die Forschungslandschaft auf dem Gebiet der zervikalen Dysphagien zukünftig entwickeln könnte.

1.2. Ziel der Arbeit

Die klinische Wissenschaft beschäftigt sich in den letzten Jahren zunehmend mit dem Fachbereich der Schluckstörungen nach Operationen an der Halswirbelsäule. Jedoch sind hier noch einige Wissenslücken zu verzeichnen. Es gibt bislang kaum Untersuchungen, die sich gezielt mit der Schluckphysiologie beschäftigen, die über das ausschließliche Bewerten von Residuen und dem Vorliegen einer Aspiration (Eintreten von Bolusmaterial in die Atemwege) hinausgehen. Zielsetzung dieses Dissertationsvorhabens ist es daher zum Einen, spezifische Merkmale der postoperativen Schluckphysiologie dieser Patienten herauszufiltern, zum Anderen Auffälligkeiten der Schluckphysiologie zu identifizieren, die möglicherweise bereits präoperativ auftreten. Weiterhin sollen mögliche Risikofaktoren identifiziert werden, die möglicherweise einen Einfluss auf die Veränderung der Schluckphysiologie sowohl nach ventralen als auch nach dorsalen Operationen an der Halswirbelsäule haben. Weiterhin möchte diese Arbeit versuchen, Erklärungsansätze für die schluckphysiologischen Besonderheiten der HWS-operierten Patienten zu liefern.

Im Rahmen dieses Dissertationsprojektes wird die Veränderung der Schluckphysiologie im Zusammenhang mit Halswirbelsäulenoperationen erstmals nach einem operativen Zugang von vorne und von hinten auf eine standardisierte Weise im prä- und postoperativen Vergleich untersucht.

2 Anatomie, Physiologie und Neurologie des Schluckens



Das Schlucken wird als ein komplexer, sensomotorischer Prozess beschrieben, durch den Flüssigkeiten und feste Speisen in den Magen gelangen (Donner, Bosma & Robertson, 1985; Gleeson, 1999). Dadurch kann eine suffiziente Ernährung sichergestellt werden, während gleichzeitig die Atemwege geschützt sind (Ertekin, 2011; Jean, 2001). Ertekin (2011) unterscheidet zwei Arten des Schluckverhaltens: zum Einen das bewusste willkürliche Abschlucken eines Bolus, wie es im Rahmen einer Mahlzeit der Fall ist, zum Anderen das unbewusste spontane Abschlucken als Folge von Speichelansammlung oder Bolusresten in der Mundhöhle. Hierbei werden gleichzeitig auch Mechanismen zum Schutz der Atemwege in Gang gesetzt. Es sind eine Vielzahl von Strukturen, Muskeln und Nerven involviert, die in den folgenden Kapiteln näher beschrieben werden.

2.1 Anatomie schluckrelevanter Strukturen

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Physiologie des Schluckens, demnach auf der Betrachtung einzelner schluckphysiologischer Vorgänge. Dennoch wird zum umfassenden Verständnis zunächst ein kurzer Überblick über die beteiligten anatomischen oralen und pharyngealen Strukturen gegeben. Alle folgenden anatomischen Beschreibungen beziehen sich auf Paulsen, Cetin & Hildebrand (2010), Schneider (2004) und Schindelmeiser (2010).

Mundhöhle

Die Mundhöhle (*Cavitas oris*) ist ein von Mundschleimhaut ausgekleideter Hohlraum und stellt den Beginn des Verdauungsapparates dar. Sie wird nach vorne von den Lippen (*Labia*), seitlich von den Wangen (*Bucca*), nach unten von einem muskulären Mundboden und nach hinten vom Gaumen begrenzt. Die Mundhöhle kann in drei Abschnitte gegliedert werden:

1. Das Vestibulum oris (Mundvorhof) liegt zwischen Lippen und Zahnreihen.
2. Die *Cavitas oris* (Mundhöhle im engeren Sinne) befindet sich zwischen den Zähnen und den Gaumenbögen.
3. Der Isthmus faucium ist hinter bzw. zwischen den Gaumenbögen. Dieser stellt auch den Übergang zwischen Mundhöhle und Pharynx dar.

Im Inneren wird die Mundhöhle weitgehend vom Zungenkörper (*Corpus linguae*) und Zähnen ausgefüllt. Das feine Zusammenspiel aller Strukturen an und in

der Mundhöhle ermöglicht die präzise Artikulation aller Laute und trägt zu einer angepassten mimischen Muskulatur bei. Darüber hinaus sorgen diese Strukturen für eine ideale Koordination des Kauapparates zur Zerkleinerung der Nahrungsbestandteile.

Pharynx

Die Mundhöhle geht in den Pharynx (Rachen) über. In diesem findet die Kreuzung des Luft- und des Speiseweges statt. Der Pharynx verfügt über vier verschließbare Öffnungen: die paarig angelegte Nasenhöhle mit den Choanen, die Mundhöhle mit der Schlundenge (Isthmus faucium), den Kehlkopf mit dem Kehlkopfeingang (Aditus laryngis) und die Speiseröhre mit dem oberen Ösophagusphinkter.

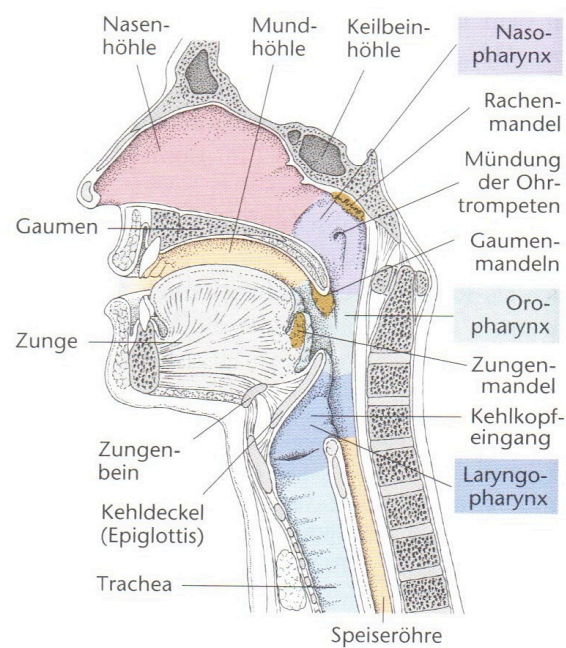


Abbildung 1: Übersicht Mundhöhle, Rachen mit Übergang Kehlkopf bzw. Speiseröhre. (Quelle: Schindelmeiser, 2010, S. 54.)

Entsprechend seiner Funktion wird der Pharynx anatomisch in drei Abschnitte untergliedert (siehe *Abbildung 1*): Der Nasopharynx oder auch Epipharynx (Pars nasalis pharyngis) befindet sich auf Höhe der Nasenhöhle. Der Oropharynx oder Mesopha-

rynix (Pars oralis pharyngis) ist auf Höhe der Mundhöhle lokalisiert. Auf Höhe des Kehlkopfes befindet sich der Laryngopharynx oder Hypopharynx (Pars laryngea pharyngis). Die Abgrenzungen der drei Bereiche sind lediglich vorne durch das Velum (Gaumensegel) und die Epiglottis (Kehldeckel) gekennzeichnet. Die Rachenseiten- und Rachenhinterwand erstrecken sich ohne sichtbare Abgrenzung über den gesamten Pharynx. Abgetrennt durch Bindegewebe liegt der Pharynx vor der Halswirbelsäule und den prävertebralen Muskeln. Von außen ist der Rachen von lockerem Bindegewebe umgeben, wodurch die Beweglichkeit gewährleistet wird. Die Muskulatur besteht aus quergestreiften Skelettmuskeln, die ringförmig um den Rachen verlaufen und als pharyngeale Konstriktoren bezeichnet werden (Mm. constrictores pharyngis).

Der Pharynx ist nicht nur am Schlucken aktiv beteiligt, sondern stellt auch einen wichtigen Teil der oberen Luftwege dar und ist als Resonanzraum zur Sprach- und Stimmbildung erforderlich.

Larynx

Die vorrangige Funktion des Kehlkopfes (Larynx) ist der Verschluss der Atemwege beim Schlucken, Husten oder der Stimmgebung. Der Larynx wird begrenzt von der Unterseite der Epiglottis und den aryepiglottischen Falten. Er beinhaltet den Aditus laryngis und endet auf der Glottisebene.

Das Larynxskelett wird von Schild- und Ringknorpel gebildet, die durch das Ligamentum thyrocricioideum verbunden sind. An diese schließen sich kaudal die Knorpelspannen der Trachea an. Das Kehlkopfskelett ist durch die Mm. thyrohyoidei am Zungenbein (Hyoid) aufgehängt. Die Mm. sternothyroidei fixieren es kaudal an das Sternum. Das Zungenbein selbst ist zwischen der Mandibula, dem Zungengrund, der Schädelbasis und dem Brustbein aufgehängt. An der Mandibula ist es durch die Mm. mylohyoidei, geniohyoidei, am Zungengrund durch die Mm. hyoglossi befestigt.

Ösophagus

Ähnlich wie der Pharynx besteht die Speiseröhre (Ösophagus) innen aus einer Schleimhaut und außen aus einer muskulären Wand mit Ring- und Längsmuskeln. In ihrem Verlauf weist die Speiseröhre drei Engstellen auf: die obere Enge im Bereich

des Ösophagusmundes (unmittelbar nach dem oberen Ösophagussphinkter), die mittlere Enge (Aortenenge), an der die Speiseröhre von der Aorta überkreuzt wird und die untere Enge (Zwerchfelle), an der die Speiseröhre durch eine Öffnung des Zwerchfells hindurchtritt. Für den Transport von Nahrung in den Magen spielt die Öffnungsfähigkeit des oberen Ösophagussphinkters eine entscheidende Rolle.

Oberer Ösophagussphinkter

Es handelt sich hierbei um eine c-förmige Muskelschlinge, die man in drei Abschnitte untergliedern kann: 1. in einen oberen Abschnitt, der dem kaudalen Anteil des *M. constrictor pharyngis inferior* entspricht; 2. in einen mittleren Abschnitt, der aus dem transversalen Anteil des *M. cricopharyngeus* besteht; 3. in einen unteren Abschnitt, der dem oberen Anteil der ösophagealen Muskulatur entspricht. Im Ruhezustand weist der obere Ösophagussphinkter einen Dauertonus auf. Seine Öffnung wird durch eine Kombination aus ventro-kraniäler Bewegung des hyo-laryngealen Komplexes, durch die Schubkraft des Bolus von oben und die Relaxation der Muskelschlinge forciert. Aufgrund der pharyngealen Anteile dieser Struktur wird die Begrifflichkeit pharyngo-ösophageales Segment für den weiteren Verlauf dieser Arbeit verwendet (Martin-Harris et al., 2008).

2.2 Physiologie des Schluckablaufs

Die traditionelle Aufteilung des Schluckaktes in drei Phasen, nämlich der oralen, der pharyngealen und der ösophagealen Phase, wird seit einigen Jahren um eine vierte Phase, die initiale orale Vorbereitungsphase ergänzt (Daniels & Huckabee, 2008; Leopold & Kagel, 1997; Logemann, 1998). Den dynamischen Prozess des Schluckens in verschiedene Phasen einzuteilen erscheint im ersten Moment etwas künstlich, da die einzelnen Ereignisse zeitlich eng miteinander verknüpft sind und sich gegenseitig beeinflussen, dennoch wird durch die Einteilung in einzelne Abschnitte das Beschreiben der Prozesse auf eine strukturierte Art und Weise möglich (Gleeson, 1999).

Die einzelnen Phasen werden in den folgenden Abschnitten kurz erläutert, anschließend die einzelnen schluckphysiologischen Parameter der jeweiligen Phase dargestellt und deren Funktion beschrieben. Die Aufteilung wurde bewusst wie beschrieben gewählt, da diese einzelnen schluckphysiologischen Parameter in der Datenanalyse dieser Arbeit eine zentrale Rolle spielen. Die Gruppierung der einzelnen Komponenten basiert auf der Einteilung nach dem MBSImpTM, dem Modified Barium Swallow Impairment ProfileTM (Martin-Harris, 2015; Martin-Harris et al., 2008).

2.2.1 Orale Vorbereitungsphase

Die orale Vorbereitungsphase wird bereits vorbeeinflusst durch Boluscharakteristika wie Geruch, Größe und Beschaffenheit sowie durch die Achtsamkeit der Person, die den Bolus aufnimmt. Zusätzlich können Faktoren wie Hunger oder auch Motivation diese Phase beeinflussen (Daniels & Huckabee, 2008).

Periphere Kontrolle der oralen Vorbereitungsphase

Noch bevor der Bolus die Mundhöhle erreicht, wird dieser optisch erfasst. Das aktiviert den sensorischen Input des zweiten Hirnnervs (HN II) N. opticus. Zusätzlich wird der Bolus gegebenenfalls gerochen. Dies aktiviert ähnliche Rezeptoren des N. olfactorius (HN I). Der Input dieser peripheren Rezeptoren wandert über die entsprechenden Hirnnerven zu den primären visuellen bzw. olfaktorischen Kortizes (Bereichen der Hirnrinde). Zu diesem Zeitpunkt könnte in Abhängigkeit des Bolus

bereits Aktivität motorischer Fasern im Ast Chorda tympani des N. facialis (HN VII) stattfinden, um den Speichelfluss der Unterkieferspeicheldrüse (Glandula submandibularis) und der Unterzungspeicheldrüse (Glandula sublingualis) anzuregen (Martin-Harris, Michel & Castell, 2005). Die Aktivierung von Fasern des N. glossopharyngeus (HN IX) unterstützt die Speichelproduktion durch Innervation der Glandula parotidea (Ohrspeicheldrüse). Eine ausreichende Speichelproduktion ist entscheidend für eine suffiziente Bolusvorbereitung festerer Konsistenzen. Je nach Bolusbeschaffenheit kann zu diesem Zeitpunkt bereits eine frühe Aktivität motorischer Fasern des N. laryngeus recurrens stattfinden (durch Innervation des N. vagus), um durch eine frühe Annäherung der Stimmlippen einen suffizienten Schutz der Atemwege herzustellen (Daniels & Huckabee, 2008).

2.2.2 Orale Phase

Die orale Phase beginnt mit dem Eintritt von Nahrung und Flüssigkeit in die Mundhöhle und wird überwiegend von der willkürlichen Gesichtsmuskulatur und der intrinsischen Zungenmuskulatur gesteuert (Prosiegel & Weber, 2013). Die Zunge bewegt und verarbeitet den Bolus und fördert und unterstützt den Kauvorgang. Das komplexe Zusammenspiel von weichem Gaumen, Zungenperistaltik, Speicheldrüsen und Gesichtsmuskulatur führt zu einer suffizienten Bolusvorbereitung (bei festen Boli) und transportiert den Bolus durch die Mundhöhle in Richtung Rachen.

Schluckphysiologische Komponenten und deren periphere Kontrolle

Nach Bonnie Martin-Harris werden der oralen Domäne folgende Parameter zugeordnet (Martin-Harris et al., 2008): Lippenschluss, Zungenkontrolle, Bolusvorbereitung/Kauen, Bolustransport und Initiierung des pharyngealen Schlucks. Im Beurteilungsschema des MBImPTM® besteht die orale Domäne aus einer weiteren Komponente, den oralen Residuen. Da diese jedoch keine schluckphysiologische Funktion darstellen sondern lediglich deren Resultat beschreiben, wird auf diesen Parameter im Kapitel 3.3.2 Orale Residuen näher eingegangen. Die folgenden Abschnitte über die Parameter der oralen Domäne beziehen sich auf Prosiegel & Weber (2013), Daniels & Huckabee (2008) und Martin-Harris (2015).

Lippenschluss

Ein suffizienter Lippenschluss stellt ein entscheidendes Element der oralen Boluseingrenzung dar und ist nicht nur wichtig für die Funktion, sondern auch den Genuss sowie ästhetische Aspekte im Hinblick auf Essen und Trinken. Der Lippenschluss verhindert das Austreten von Nahrung und Flüssigkeit aus der Mundhöhle nach vorne und trägt darüber hinaus auch zu einer Abdichtung der Mundhöhle bei. Diese Abdichtung stellt die Grundvoraussetzung für einen ausreichenden intraoralen Druckaufbau dar, der zu einem effizienten Bolustransport führt.

Damit der Bolus in die Mundhöhle gelangen kann, müssen verschiedene Muskelgruppen sowohl innerviert als auch inhibiert werden. Die Mundöffnung erfordert grundsätzlich die Hemmung der Fasern des N. facialis (HN VII), welche den M. orbicularis oris innervieren. Wohingegen für größere Boli andere Fasern des HN VII aktiviert werden müssen, da diese die zusätzlichen Gesichtsmuskeln (wie den M. risorius, M. zygomaticus und M. quadratus labii superioros) zurückziehen, was eine größere Spreizung der Lippen erlaubt. Die Kieferöffnung ist abhängig von der Aktivierung einiger Fasern des N. trigeminus (HN V), hier vor allem des 3. Astes N. mandibularis (V_3), was zu einer aktiven Kontraktion der Kieferöffnungsmuskeln führt (Vorderer Bauch des M. digastricus und M. mylohyoideus). Diese Bewegung wird im weiteren Verlauf von der Ansa cervicalis (HN XII, C1, C2) unterstützt (siehe Kapitel 2.2.5 Ansa cervicalis, Plexus cervicalis und Plexus pharyngeus), um den M. geniohyoideus zur Kontraktion zu bringen. Die Kieferöffnung hängt jedoch auch von der Relaxation der Kieferschließmuskeln (M. temporalis und M. masseter) und der Stabilisation des Hyoids ab. Diese Stabilisation wird durch Kontraktion der zusammengefassten Halsmuskeln herbeigeführt, welche ebenfalls von der Ansa cervicalis innerviert werden. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller am Lippenschluss beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 36*, zu finden.

Zungenkontrolle

Ein gesunder, nicht-dysphagischer Erwachsener ist in der Lage, einen flüssigen Bolus in der Mundhöhle zu halten und zu kontrollieren. Dies wird durch eine vollständige Anhebung der vorderen, seitlichen und hinteren Ränder der Zunge und einer Annäherung dieser an den harten Gaumen und den nach unten und vorne verlagerten

weichen Gaumen ermöglicht. Sobald der Bolus in die Mundhöhle kommt, nähert sich der Zungengrund an den Gaumen an, um den Bolus in der Mundhöhle zu halten. Dies findet vor allem durch Aktivierung des Plexus pharyngeus (HN IX, X) statt (siehe Kapitel 2.2.5 Ansa cervicalis, Plexus cervicalis und Plexus pharyngeus), wodurch der M. palatoglossus innerviert wird. Zusätzlich werden durch aktivierte Fasern des N. facialis (HN VII) der M. stylohyoideus und der hintere Bauch des M. digastricus innerviert; der N. hypoglossus (HN XII) trägt durch Innervation und nachfolgender Kontraktion des M. styloglossus ebenfalls zu dieser Bewegung bei.

Die Bolusaufnahme benötigt die Erregung des N. hypoglossus (HN XII), um die intrinsischen Zungenmuskeln für die Formung der Zungenoberfläche zu innervieren (M. verticalis, M. transversus und M. longitudinalis). Zusätzlich müssen die extrinsischen Zungenmuskeln (M. genioglossus, M. hyoglossus und M. styloglossus) aktiviert werden, um die Position der Zunge innerhalb der Mundhöhle zu verändern. Durch das Zusammenspiel dieser Muskeln wird die Zungenmitte abgesenkt, und somit eine Furche geschaffen, damit der Bolus dort gesammelt werden kann. Diese neuromuskulären Strukturen bringen die Zunge ebenfalls dazu, sich in der Mitte anzuheben, um den Bolus auf die Kauflächen der Zähne, und in eine kohäsive Form zu bringen. Im Gegensatz zu vielen anderen biomechanischen Bewegungen hängt die Bolusmanipulation in ihrer neuralen Kontrolle hauptsächlich von einem einzigen Hirnnerv ab: Alle Muskeln, welche an der Zungenbewegung beteiligt sind, werden durch den N. hypoglossus (HN XII) innerviert. Die Position der Zunge in der Mundhöhle könnte zusätzlich (zweitragig) durch Innervation des hinteren Bauches des M. digastricus und M. stylohyoideus durch den N. facialis (HN VII) unterstützt werden, um eine kompensatorische Funktion im Falle einer Verletzung zu übernehmen. Im Hinblick auf die Schlucksicherheit sollte die Vollständigkeit des Zungen-Gaumen-Abschlusses mit einer einfachen verbalen Aufforderung zum Halten des Bolus überprüft werden. Die Funktionsfähigkeit kann so beobachtet werden, bevor irgendeine produktive Bewegung der Zunge initiiert wird (Martin-Harris, 2015). Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der Zungenbewegung beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 37* zu finden.

Bolus Vorbereitung / Kaugvorgang

Die Vorbereitung und das Kauen eines halbfesten oder festen Bolus stellen gustatorisch den größten Genuss während des Essens dar, da bei diesem Vorgang die Nahrung gerochen und geschmeckt wird. Der Bolus wird mit Speichel vermischt und in der Mundhöhle bis zu den Rändern der Zähne bewegt. Rotierende Kaubewegungen des Kiefers dienen dazu, den Bolus in kleine Stücke zu zerteilen, damit diese sicher und effizient durch den Pharynx und Ösophagus transportiert werden können. Darüber hinaus spielen koordinierte Zungenbewegungen eine wesentliche Rolle beim Kaugvorgang. Während der Boluspräparation ist der Zungengrund immer ein wenig mehr angehoben als die Zungenspitze, primär durch die Aktivierung des Plexus pharyngis (HN IX, X), welcher den Tonus im M. palatoglossus für eine glossopharyngeale Annäherung aufrechterhält. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller am Kaugvorgang beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 38*, zu finden.

Bolustransport / Zungenbewegung

Sobald der Bolus schluckgerecht zerkaut und auf dem Zungenrücken positioniert ist, ist er bereit für den Transport. Hierfür muss sich der Zungengrund absenken, um den Bolustransport zu ermöglichen. Dies wird passiv bewerkstelligt – die Aktivierung des Plexus pharyngeus wird beendet, um somit eine Relaxation des M. palatoglossus zu erreichen. Zeitgleich erfolgt eine Erregung von Fasern des N. hypoglossus (HN XII) für eine aktive Kontraktion des M. genioglossus und des M. hyoglossus, die den Zungengrund nach unten ziehen. Wenn sich der Zungengrund absenkt, liefert der N. hypoglossus ebenfalls das Kommando an alle intrinsischen Zungenmuskeln die Zungenspitze zum Gaumen nach oben zu ziehen und damit den Bolus aus der Mundhöhle zu drücken. Dies geschieht durch eine rasche wellenartige Anhebung der Zunge von vorne nach hinten. Hierbei nähert sich der Zungenkörper an den Gaumen an, was Druck auf den hinteren Teil des Bolus gibt. Diese Bewegung resultiert sowohl im Weitertransport des Bolus in den Oropharynx als auch in einer vollständigen Reinigung der Mundhöhle. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller am Kaugvorgang beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 39*, zu finden.

Initiierung des pharyngealen Schlucks

Die Initiierung des pharyngealen Schlucks wird in der Regel durch die erste rasche Bewegung des Hyoids nach anterior-superior deutlich. Weiterhin wird diese Initiierung als eine motorische Antwort auf vielfache sensorische Inputs (Druckempfindung durch Zungenbewegungen und Bolus, sowie durch Geschmack- und Temperaturempfindungen) beschrieben. Die motorische Antwort besteht aus der Elevation und Retraktion des weichen Gaumens, der Elevation des Larynx, der Bewegung des Hyoids nach vorne und oben, einer Abkipfung der Epiglottis, dem Verschluss des Larynx, einer pharyngealen Austreibungswelle, der pharyngealen Kontraktion, der Öffnung des pharyngoösophagealen Segments sowie der Retraktion des Zungengrundes. Alle diese Abläufe werden im Folgenden noch einzeln beschrieben. Da die Initiierung des pharyngealen Schlucks eine Antwort auf den sensorischen Input darstellt, werden die sensorischen rezeptiven Bereiche hauptsächlich als die Mechanismen betrachtet, welche die von der Zunge und dem Bolus zur Verfügung gestellten afferenten Informationen empfangen, und diese anschließend zu den (bilateralen) Schluckzentren in der Medulla transportieren. Die Aktivität des dominierenden sensorischen Kerns im Hirnstamm wird durch kortikale Strukturen reguliert, welche die Ausführung des pharyngealen Schlucks bewirken.

Die beschriebenen motorischen Aufgaben finden unter der Kontrolle eines sensorischen Feedbacks statt. Hierfür sorgen verschiedene Äste des N. trigeminus (HN V). Der N. maxillaris (V_2) bietet sensorisches Feedback für Gaumen und Zähne, der N. mandibularis (V_3) für die vorderen zwei Drittel der Zunge. Der N. facialis (HN VII) liefert sensorische Rückmeldung für den weichen Gaumen und die angrenzende Rachenwand und der N. glossopharyngeus (HN IX) für das hintere Drittel der Zunge. Die Informationen des sensorischen Inputs sorgen unverzüglich für eine Anpassung des Zungenrisses und der Position der Zunge, um einen homogenen Bolus zu formen und zu halten. Dieser sensorische Input kommt zusammen mit einem Geschmacksinput, welcher durch Aktivierung der sensorischen Fasern des N. facialis (HN VII) für die vorderen zwei Drittel der Zunge und den sensorischen Fasern des N. glossopharyngeus (HN IX) für das hintere Drittel der Zunge generiert wird. Die zusammengefassten oralen sensorischen Informationen werden entweder direkt von den beiden Hirnnerven N. facialis und N. glossopharyngeus,

oder indirekt von den sensorischen Kernen des N. trigeminus (HN V) in der Pons zu den sensorischen Hirnnervenkernen in der dorsalen medulla übertragen, um zur motorischen Planung des pharyngealen Schlucks beizutragen. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der Initiierung des pharyngealen Schlucks beteiligten Nerven ist im Anhang A-1, *Tabelle 40*, zu finden.

2.2.3 Pharyngeale Phase

Die pharyngeale Phase ist eine unwillkürliche Koordination von Muskelkontraktionen, die initiiert wird, sobald die vordere Bolusspitze die Gaumenbögen auf dem Weg nach hinten passiert. In dieser Phase stellen die Larynxanhebung und die Epiglottis-Abkippung sowie das Schließen der Taschenfalten und Stimmlippen fein abgestimmte komplexe Bewegungsabläufe dar, um das Eindringen von Nahrung und Flüssigkeit in die Luftwege zu verhindern. In dieser Phase ist die Atmung unterbrochen, während kräftige Kontraktionen der oberen, mittleren und unteren Pharynxkonstriktoren den Bolus durch den Pharynx treiben (Schindelmeiser, 2010).

Schluckphysiologische Komponenten und deren periphere Kontrolle

Nach Martin-Harris et al. (2008) werden folgende schluckphysiologische Parameter der pharyngealen Domäne zugeordnet: Elevation des weichen Gaumens, Larynxverschluss, Anteriorverlagerung des Hyoids, Epiglottis-Abkippung, Larynxverschluss, pharyngeale Austreibungswelle, pharyngeale Kontraktion, Öffnung des pharyngoösophagealen Segments und Zungengrundretraktion. Der Parameter pharyngeale Residuen, der nach Martin-Harris et al. (2008) ebenfalls der pharyngealen Domäne zugeordnet ist, wird aufgrund seiner Eigenschaft als Resultat der schluckphysiologischen Parameter und nicht als eigenständige Funktion im Kapitel 3.3.4 Pharyngeale Residuen näher beschrieben.

Die folgenden Abschnitte über die Parameter der pharyngealen Domäne beziehen sich auf Prosiegel & Weber (2013), Daniels & Huckabee (2008) und Martin-Harris (2015).

Elevation des weichen Gaumens

Ein vollständiger Kontakt des weichen Gaumens (Velum) zur hinteren und seitlichen Rachenwand verhindert das Eintreten des Bolus in den Nasopharynx. Ein immenser Druck wird durch den Kontakt von weichem Gaumen, Pharynxwänden und Zungenrund entwickelt; dieser treibt den Bolus durch den Pharynx und ermöglicht dadurch eine vollständige Reinigung des Rachens. Der velopharyngeale Verschluss stellt eine der ersten Aktivitäten im pharyngealen Schluck dar. Die Aktivierung des Plexus pharyngeus (HN IX, X) resultiert in der Innervation des M. levator veli palatini, um den velopharyngealen Verschluss zu ermöglichen. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der Elevation des weichen Gaumens beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 41*, zu finden.

Larynxelevation

Die Elevation des Larynx wird durch von der Ansa cervicalis innervierte Kontraktion des M. thyrohyoideus erreicht. Ebenfalls einen Einfluss auf die Larynxelevation hat die Kontraktion der M. levator pharyngis (innerviert durch HN IX und X) durch Verkürzen des Pharynx. Eine Verletzung pharyngealer Muskeln durch beispielsweise Bestrahlung oder Operation können einen negativen Einfluss auf die Larynxelevation haben. Daher können durch die Beurteilung der Larynxelevation auf radiographischen Bildern auch Rückschlüsse auf die Verkürzung des Pharynx gezogen werden. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der Larynxelevation beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 42*, zu finden.

Anteriorverlagerung des Hyoid

Der Verlagerung des Hyoids (Zungenbein; Os hyoideum) wird im pharyngealen Schluck eine zentrale Rolle zugeschrieben. Es besteht eine direkte Verbindung zwischen der maximalen Verlagerung des Hyoids nach vorne auf dem Höhepunkt des pharyngealen Schlucks und der Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments. Zudem kann durch die Verlagerung des Hyoids die komplette Epiglottis-Abkippung nach inferior erfolgen. Das Hyoid ist anatomisch eng mit dem Schildknorpel verbunden. Sie werden daher oft als funktionelle Einheit, als hyolaryngealer Komplex, beschrieben.

Die Vorverlagerung des Hyoids wird durch die Erregung des N. trigeminus (HN V) für die Kontraktion des vorderen Bauches des M. digastricus und M. mylohyoideus sowie die Erregung der Ansa cervicalis für die Kontraktion des M. geniohyoideus erreicht. Während das Hyoid nach vorne gezogen wird, werden zeitgleich Kräfte aktiviert, die das Hyoid nach oben und hinten ziehen. Der N. facialis (HN VII) aktiviert den hinteren Bauch des M. digastricus und M. stylohyoideus. Zusätzlich initiiert der Plexus pharyngis (HN IX, X) eine Aktivierung der mittleren Pharynxkonstriktoren, die von der hinteren Verwachsungsnaht des Rachens (Raphe pharyngis) um den Rachen verlaufen, und ihren Ursprung am kleinen und großen Horn (Cornu minus und Cornu majus) des Hyoids haben. Dadurch können sie biomechanisch das Zungenbein nach hinten und oben ziehen. Eine ausgeglichene Balance muss zwischen den neuromuskulären Kräften bestehen, die auf das Hyoid einwirken, um die Anteriorverlagerung des Hyoids zu ermöglichen. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der Hyoidverlagerung beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 43*, zu finden.

Epiglottis-Abkippung

Die Epiglottis ist ein starrer Knorpel und stellt die höchste Struktur des Larynx dar. Im Ruhezustand hat die Epiglottis keine funktionelle Relevanz. Während des Schluckens beteiligt sich die Epiglottis in einem zweistufigen Abkippungsprozess am Schutz des Larynxeingangs. Die erste Stufe der Abkippung wird durch die Larynx-elevation erreicht. Diese Larynx-elevation verlagert die Epiglottis bei gesunden, nicht-dysphagischen Erwachsenen in eine horizontale Position. Die zweite Stufe der Abkippung, eine voll-ständige Umstülpung nach unten, wird primär durch die Anteriorverlagerung des hyolaryngealen Komplexes erreicht.

Als eine neuromuskuläre Struktur benötigt die Epiglottis externe Kräfte, um sich abkippen zu können. Während sich das Hyoid nach vorne verlagert, zieht es in wirksamer Weise die Basis der Epiglottis nach vorne, dies resultiert in einer funktionellen Abkippung. Ohne diese Bewegung nach vorne, welche durch den N. trigeminus (HN V) und die Ansa cervicalis (HN IX, X) innerviert wird, bleibt die Epiglottis stehen und ist nicht in der Lage, den Eingang zu den Atemwegen zu schützen. Eine

ausführliche tabellarische Darstellung aller an der Epiglottis-Abkippung beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 44*, zu finden.

Larynxverschluss

Der frühe Verschluss des Larynxeingangs (Aditus laryngis) tritt bereits während der Larynx-elevation ein, der späte Larynxverschluss findet jedoch erst bei Erreichen der maximalen Hyoidverlagerung statt. Der Aditus laryngis ist zu diesem Zeitpunkt durch die Strukturen des Larynx fest verschlossen. Dazu gehören neben den intrinsischen Strukturen der Stimmlippen und der Taschenfalten, auch die extrinsische Mechanismen, die zu einer vollständigen Abkippung der Epiglottis und Retraktion des Zungengrundes mit Kontakt zur nach vorne verlagerten Rachenhinterwand führen.

Die Erregung der Fasern der Ansa cervicalis resultiert ebenfalls in einer Kontraktion der vorderen Halsmuskulatur, insbesondere des M. thyrohyoideus. Die Innervation beider Muskelgruppen führt zu einer supraglottischen Verkürzung, die infolgedessen ein Zusammendrängen der Membrana quadrangularis über den vorderen Bereich des Larynxeingangs ermöglicht. Eine Adduktion der Stimmlippen über den N. vagus (HN X), der den M. interarytenoideus und den M. cricoarytenoideus innerviert, hat zu diesem Zeitpunkt bereits stattgefunden. Dies hängt von den Boluscharakteristika ab, denn sensorische Mechanismen innerhalb des Pharynx und Larynx sind entscheidend für einen suffizienten Schutz der Atemwege während des Schlucks, sowie gegebenenfalls der Reinigung dieser Strukturen direkt nach dem Schluck. Der Plexus pharyngeus (HN IX, X) liefert dem Oropharynx und Hypopharynx sensorische Innervation. Der N. laryngis superioris des N. vagus (HN X) erhält sensorischen Input des Larynx und der Trachea, wohingegen der N. laryngis recurrens des N. vagus (HN X) die Informationen von der Trachealbifurkation (Bifurcatio tracheae, die Aufgabelung der Trachea in die beiden Hauptbronchien) erhält. Informationen werden nicht nur als sensorischer Input vom N. laryngis superioris zum NTS als primären sensorischen Kern übermittelt, sondern auch direkt zum NA, dem motorischen Kern, der das Schlucken kontrolliert. Dies ermöglicht gegebenenfalls ein reflexartiges Husten innerhalb von Millisekunden nach einem Verschlucken. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller am Larynxverschluss beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 45*, zu finden.

Pharyngeale Austreibungswelle

Die Wellenbewegung des Pharynx wird durch sequentielle fortschreitende Kontraktionen der oberen, mittleren und unteren Pharynxkonstriktoren erreicht. Die Austreibungswelle wird durch eine nach vorne stattfindende Auswölbung der Rachenhinterwand von oben nach unten repräsentiert und endet mit dem Verschluss des pharyngo-ösophagealen Segments, indem Pharynx und Larynx wieder in die Ruheposition zurückkehren. Dysphagische Patienten können eine deutlich überhöhte Austreibungswelle entwickeln, um eine eingeschränkte Zungengrundretraktion zu kompensieren. Die pharyngeale Austreibungswelle spielt bei Patienten mit beeinträchtigter Zungengrundretraktion eine wichtige Rolle für einen effizienten Bolustransport. Wenn die Austreibungswelle jedoch eingeschränkt ist, es aber keine anderen oropharyngealen Einschränkungen gibt, belaufen sich die funktionellen Auswirkungen nach Abschluss des initialen Schlucks auf das Verbleiben von wenigen Residuen an der Pharynxhinterwand.

Der Bolustransport durch den Pharynx wird durch die Beteiligung des Plexus pharyngeus sowie des N. hypoglossus und N. facialis erreicht. Während der Bolus willkürlich in den Oropharynx transportiert wird, innerviert der N. hypoglossus den M. styloglossus, um dadurch den Zungengrund anzuheben. Hierzu trägt ebenfalls die Erregung des N. facialis bei, die zur Kontraktion des M. stylohyoideus und des hinteren Bauchs des M. digastricus führt. Der Plexus pharyngeus innerviert den M. glossopharyngeus, einen Teil des oberen Pharynxkonstriktors, welcher die Zunge direkt nach hinten zur Rachenhinterwand zieht, um einen positiven Druck auf den Bolus auszuüben. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der pharyngealen Austreibungswelle beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 46*, zu finden.

Pharyngeale Kontraktion

Die pharyngeale Kontraktion setzt sich zusammen aus der pharyngealen Verkürzung (indirekt durch die Larynxelation zu beobachten) und der pharyngealen Austreibungswelle. Die Verkürzung tritt ein, sobald der Boluskopf nach der Initiierung des pharyngealen Schlucks in den Pharynx eintritt. Während dieser Zeit ist der Larynx eleviert. Durch das Zusammenziehen der Pharynxwände wird Druck von oben nach unten auf das Bolusende ausgeübt.

Die selben Nerven und Muskeln, die an der pharyngealen Austreibungswelle beteiligt sind, tragen auch zur Verkürzung des Pharynx bei. Sie werden weiterhin durch den N. glossopharyngeus (HN IX) unterstützt, der den M. stylopharyngeus und den Plexus pharyngeus aktiviert, welcher wiederum den M. salpingopharyngeus und den M. palatopharyngeus innerviert. Sobald sich der Zungengrund und die Rachenhinterwand angenähert haben, um einen primären Druck auf den absteigenden Bolus auszuüben, sowie sich der Pharynx verkürzt hat, um das pharyngo-ösophageale Segment dem Bolus entgegenzubringen, innerviert der Plexus pharyngeus die oberen, mittleren und unteren Pharynxkonstriktoren nacheinander, um den Bolus vollständig aus dem Pharynx auszutreiben. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der pharyngealen Kontraktion beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 47*, zu finden.

Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments

Das pharyngo-ösophageale Segment (PÖS) ist umschlossen von Fasern des unteren Pharynxkonstriktors, dem M. cricopharyngeus. Der Ramus externus des N. laryngis superioris des N. vagus (HN X) hält während den Phasen, in welchen nicht geschluckt wird, eine dauerhafte Aktivierung aufrecht. Diese resultiert in einer tonischen Muskelkontraktion des M. cricopharyngeus. Dadurch wird sowohl verhindert, dass während des Atmens Luft in die Speiseröhre gelangt als auch, dass Material aus der Speiseröhre und dem Magen wieder in den Rachen aufsteigt (Regurgitation). Für den Bolustransport durch das PÖS muss diese Aktivierung inhibiert werden. Das PÖS relaxiert zu Beginn des pharyngealen Schlucks durch ein motorisches Kommando des N. vagus. Die Relaxierung öffnet das PÖS jedoch nicht, sondern resultiert vielmehr in einer Öffnungsbereitschaft. Die Öffnung wird daraufhin durch biomechanische Zugkräfte aufgrund der Verlagerung des hyolaryngealen Komplexes erreicht. Jegliche Einschränkung dieser Zugkräfte kann nicht nur zu einer geringeren Öffnungsweite des PÖS führen, sondern auch zu einer verkürzten Öffnungsdauer. Während der Bolus das PÖS passiert, innerviert der Plexus pharyngeus den unteren Pharynxkonstriktor, um den Bolus vollständig in den Ösophagus zu drücken. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der Öffnung des PÖS beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 48*, zu finden.

Retraktion des Zungengrundes

Die Zungengrundretraktion stellt unter anderem einen Druckgenerator dar, der durch positiven Druck auf den Bolus zur pharyngealen Reinigung beiträgt. Der Zungengrund wird durch Kontraktion der beiden extrinsischen Zungenmuskeln *M. styloglossus* (durch HN VII innerviert) und *M. palatoglossus* (innerviert durch den Plexus pharyngeus) sowie des mittleren Pharynxkonstriktors (Innervation durch Plexus pharyngeus) nach hinten bewegt. Durch diese Bewegung, zusammen mit der abkippenden Epiglottis und einer nach innen und vorwärts gerichteten Verlagerung der Aryknorpel, wird zu einem Verschluss des Aditus laryngis beigetragen. Dadurch kann die Zungengrundretraktion ebenfalls als ein Mechanismus zum Schutz der Atemwege beschrieben werden. Der Zungengrund sollte sich komplett an die nach vorne verlagerte mittlere Rachenhinterwand annähern. Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der Retraktion des Zungengrundes beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 49*, zu finden.

2.2.4 Ösophageale Phase

Die ösophageale Phase beginnt mit der Passage des Bolus durch den oberen Ösophagus-Sphinkter (pharyngo-ösophageales Segment) und endet mit der Passage des Bolus durch den unteren ösophagealen Sphinkter. Dies entsteht durch die koordinierte Peristaltik der ösophagealen Muskulatur. Die neurale Koordination dieser ösophagealen Kontraktionen entsteht durch die autonomen Aktionen im Plexus myentricus (Auerbach-Plexus). Dieser Plexus liegt zwischen der Längs- (Stratum longitudinale) und Ringmuskulatur (Stratum circulare) des Ösophagus, und wird durch den Nervus Vagus gesteuert (Daniels & Huckabee, 2008).

Schluckphysiologische Komponente und deren periphere Kontrolle

Ösophageale Austreibung

Die ösophageale Austreibung kommt durch eine primäre peristaltische Welle zustande, die positiven Druck auf das Bolusende ausübt, ähnlich der Austreibung durch die Mundhöhle und den Rachen. Die peristaltische Welle beinhaltet die Kontraktion von quergestreiften Muskeln, die rund um die Region des Aortenbogens der thorakalen

Speiseröhre in glatte Muskeln übergehen. Das untere ösophageale Segment ist umgeben von glatter Muskulatur und relaxiert zeitgleich mit dem M. cricopharyngeus. Dennoch benötigt es im Gegensatz zum pharyngo-ösophagealen Segment keine biomechanischen Kräfte, um die Öffnung für die Boluspassage in den Magen zuzulassen. Das untere ösophageale Segment ist hauptsächlich ein anatomisches und funktionelles Element des gastro-ösophagealen Übergangs und stellt, unterstützt durch die Zwischenknochenmembran und den intra-abdominalen Druck, eine Barriere für gastro-ösophagealen Reflux dar (Schindelmeiser, 2010).

Bei der Steuerung der ösophagealen Phase spielen neben lokalen Vorgängen, die ohne zentralen Einfluss ablaufen, auch Zentren der Medulla oblongata eine Rolle. So steuert der Nucleus tractus solitarii (NTS) als übergeordneter Kernkomplex den Nucleus ambiguus (NA), aus dem vagale Äste für den quergestreiften (oberen) Teil des Ösophagus entspringen. Der NTS ist aber auch Steuerzentrale des Nucleus dorsalis nervis vagi, der an der Regulation der Aktivität des glattemuskulären Ösophagus und des unteren Ösophagus-Sphinkters beteiligt ist. Schließlich ist die Medulla oblongata auch an der Steuerung der primären ösophagealen Peristaltik, beziehungsweise der genauen zeitlichen Koppelung zwischen dem Ende der oropharyngealen und dem Beginn der ösophagealen Phase, beteiligt (Prosiegel & Weber, 2013). Eine ausführliche tabellarische Darstellung aller an der ösophagealen Austreibung beteiligten Muskeln ist im Anhang A-1, *Tabelle 50*, zu finden.

2.2.5 Ansa cervicalis, Plexus cervicalis und Plexus pharyngeus

Aufgrund der anatomischen Nähe zur Halswirbelsäule und der besonderen Verletzungsgefahr bei zervikalen Operationen sowie ihrer direkten und indirekten Bedeutung für das Schlucken, sind die anatomischen Strukturen Ansa cervicalis, Plexus cervicalis und Plexus pharyngis für die vorliegende Arbeit besonders relevant und werden daher in diesem Kapitel genauer betrachtet.

Ansa cervicalis

Die Ansa cervicalis ist eine Nervenschlinge und repräsentiert eine Kombination von verschiedenen neuralen Quellen, deren genaue Zusammensetzung sich von Mensch zu Mensch unterscheiden kann (Chhetri & Berke, 1997).

Die Ansa cervicalis setzt sich zusammen aus dem N. hypoglossus (HN XII) und den spinalen Nerven, die aus den Wirbeln C1-C4 der Halswirbelsäule hervortreten. Sie hat zwei Wurzeln: Erstens, die aus dem HN XII, C1 und C2 bestehende superiore Wurzel (Radix superior) besteht und zweitens, die untere Wurzel (Radix inferior), die in ihrer segmentalen Zusammensetzung variiert. Unterschiedliche Studien dokumentieren die folgenden Variationen in der Zusammensetzung: C1&C3, C2-C3, C2-C4, C3 oder C2 (Loukas et al., 2007, Banneheka, 2008).

Die Ansa cervicalis versorgt über ihre Nervenäste motorisch die gesamte infrahyoidale Muskulatur: den M. thyrohyoideus, den M. sternohyoideus, den M. sternohyoideus und den M. omohyoideus. Einige Fasern der Radix superior erreichen über den N. hypoglossus (HN XII) sowohl den M. thyrohyoideus als auch als einzigen suprahyoidalen Muskel den M. geniohyoideus (Banneheka, 2008, Chhetri & Berke, 1997).

Plexus cervicalis

Der Plexus cervicalis ist ein Nervengeflecht, bestehend aus den vorderen Ästen (Rami anterior) der Spinalnerven der Wirbelsegmente C1 bis C4 mit Anteilen von C5.

Motorisch versorgt der Plexus cervicalis die prävertebrale Halsmuskulatur, das Zwerchfell und die infrahyoidale Muskulatur. Einige Fasern aus C1 und C2 vereinigen sich mit dem N. hypoglossus und versorgen den M. geniohyoideus. Weitere Fasern aus C3 und C4 innervieren zusammen mit dem N. accessorius (HN XI) den M. trapezius.

Die sensiblen Äste des Plexus cervicalis verlaufen zum Ohr, zum Hals, zum Schlüsselbein und zur Schulter.

Plexus pharyngeus

Bei der Struktur des Plexus pharyngeus handelt es sich um ein Nervengeflecht im Rachenraum, das sich vorwiegend auf dem M. constrictor pharyngis medius ausbreitet. Hauptbestandteile sind Fasern des N. glossopharyngeus (HN IX) und des N. vagus (HN X) sowie des Ganglion cervicale superius.

Der Plexus pharyngeus versorgt motorisch die gesamte Rachenmuskulatur sowie große Teile der Gaumenmuskulatur. Sensible Reize werden von der Rachenschleimhaut weitergeleitet.

2.3 Neuroanatomie & neurale Steuerung des Schluckens

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf den peripheren Anteilen der Schluckfunktion und nicht auf der zentralen Steuerungsfunktion des Schluckaktes. Um dennoch ein vollständiges Bild der Schluckfunktion zu erhalten, werden im Folgenden wesentliche Aspekte zusammenfassend dargestellt.

In den vergangenen Jahren ist das neuroanatomische Wissen der für das Schlucken relevanten Strukturen des Zentralnervensystems (ZNS) sprunghaft angestiegen. Dies liegt überwiegend an den technischen Entwicklungen und den daraus resultierenden Studien mit modernen funktionell-bildgebenden Verfahren.

Zu nennen sind vorwiegend die Positronen-Emissionstomographie (PET), die funktionelle Kernspintomographie (fMRT), die Magnetenzephalographie (MEG) und die transkranielle Magnetstimulation (TMS). Außer TMS und MEG liegt den genannten Verfahren die neurovaskuläre Koppelung zu Grunde. Hierbei wird die gesteigerte Aktivität bestimmter ZNS-Regionen sichtbar gemacht. Diese geht mit einer lokalen Zunahme der Hirndurchblutung einher, um dem erhöhten zerebralen Sauerstoff- und Glukosebedarf Rechnung zu tragen (Prosiegel, 2011).

2.3.1 Schluckkortex im Großhirn

Nach aktuellem Kenntnisstand können aufgrund zahlreicher Studienergebnisse folgende Aussagen zur Lokalisation eines Schluckkortex gemacht werden:

Der Schluckkortex befindet sich im unteren Bereich der frontalen primär-motorischen und der parietalen primär-sensiblen Rinde (ventraler sensomotorischer Kortex) sowie dem angrenzenden frontalen prämotorischen Kortex (Hamdy et al., 1999; Harris et al., 2005). Dieser ventrale Abschnitt des frontoparietalen Kortex wird als frontoparietales Operkulum bezeichnet. Unterhalb des temporalen Operkulum liegt die Insel, deren vorderer Abschnitt sehr wahrscheinlich ebenfalls schluckrelevant ist (Daniels, Brailey, & Foundas, 1999). Bei den meisten Menschen ist ein kortikales Schluckrepräsentationsareal größer als das der gegenseitigen Hemisphäre; diese Schluckdominanz scheint jedoch nicht mit der Händigkeit oder der Sprachdominanz zu korrelieren (Prosiegel, 2011). Bei einseitigen Läsionen schluckrelevanter kortikaler Areale der schluckdominanten Seite resultiert eine Dysphagie, während eine Läsion

mit gleicher Lage in der nicht-schluckdominanten Hemisphäre keine oder allenfalls eine leichtgradige Dysphagie verursacht (Prosiegel, 2011; Prosiegel & Weber, 2013).

Oberes Motoneuron (Pseudobulbärparalyse)

Bei Läsionen, die den Schluckkortex beidseitig betreffen, ist der Hirnstamm vom Großhirn abgekoppelt, so dass das willentliche Schlucken gestört ist. Hierbei sind jedoch die Motoneurone des unteren Hirnstamms (bulbus) nicht selbst betroffen, daher wird das resultierende Syndrom als Pseudobulbärparalyse bezeichnet. Es wird auch von einer Erkrankung des 1. oder oberen Motoneurons gesprochen (Prosiegel & Weber, 2013).

Die oberen Motoneurone können sich auf zwei Bahnen mit den Hirnnervenkernen verbinden, beide Bahnen liegen sowohl ipsi- also auch kontralateral vor. Die direkte oder pyramidale Bahn beinhaltet Neurone, welche direkt vom motorischen Kortex zu den Hirnnervenkernen ziehen. Die indirekte oder extrapyramidale Bahn beinhaltet eine Vielzahl von Neuronen, die vom Kortex zu den Hirnnervenkernen verlaufen und sich währenddessen mit Neuronen von anderen Hirnstrukturen verbinden (Duffy, 1995). Die meisten der schluckrelevanten Hirnnerven erhalten beidseitigen Input vom oberen Motoneuron – demnach sind auch die für das Schlucken relevanten Muskeln beidseitig innerviert. Es gibt jedoch zwei Ausnahmen: 1. Muskeln des unteren Gesichtsbereiches, innerviert durch den N. facialis (HN VII), erhalten lediglich Innervation von der Gegenseite des oberen Motoneurons, während die oberen Gesichtsbereiche beidseitig innerviert werden. 2. Der M. genioglossus (innerviert durch N. Hypoglossus) erhält ebenfalls nur gegenseitige Innervation des oberen Motoneurons (Traurig, 2008). Die übrigen Zungenmuskeln, sowohl instrinsisch als auch extrinsisch, sind beidseitig innerviert. Im Verhältnis von gegenseitiger zu gleichseitiger Kontrolle des oberen Motoneurons über die schluckenrelevanten Muskeln überwiegt die gegenseitige Innervation (Traurig, 2008).

2.3.2 Hirnstamm

Von den genannten Großhirnarealen verlaufen kortikobulbäre Fasern zum Hirnstamm, um dort eine Synapse mit Hirnstammkernen zu bilden (Prosiegel, 2011). Es handelt sich dabei in der Brücke (Pons) um den motorischen Trigeminus- und Fazia-

liskern, in der Medulla oblongata um den Hypoglossuskern sowie um den gemeinsamen Kern (Nucleus ambiguus, NA) des N. glossopharyngeus und des N. vagus. Ein wichtiges in der hinteren Medulla oblongata gelegenes sensibles Kerngebiet ist der Nucleus tractus solitarii (NTS). Er empfängt in seinem oberen Teil Geschmacksafferenzen, im unteren Teil sensible Afferenzen aus dem oropharyngealen Bereich (Berührungs-, Temperatur- und Schmerzreize). Durch den NTS wird der Schluckvorgang in Abhängigkeit von rückgemeldeten Bolusbeschaffenheiten (Temperatur, Konsistenz, Größe) an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst. Der NTS ist dabei einerseits zwischen diesen afferenten Zuflüssen, andererseits den kortikalen Efferenzen zwischengeschaltet (Prosiegel, 2011; Prosiegel & Weber, 2013).

Central Pattern Generators

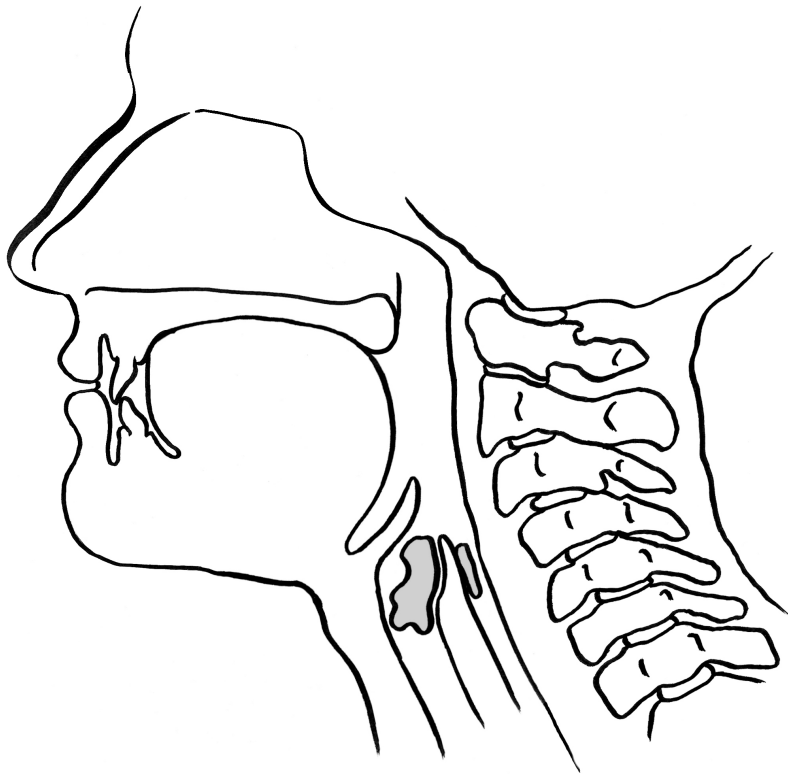
In unmittelbarer Umgebung des NTS liegen die hinteren Schluckzentren (dorsomediale Central Pattern Generators, dmCPG), die das räumlich-zeitliche Zusammenspiel der Schluckmuskeln koordinieren. Neben dem NA befinden sich die vorderen Schluckzentren (ventrolateralen Central Pattern Generators, vlCPG), die den Output der dmCPGs auf die einzelnen bereits genannten Hirnnerven verteilen (Prosiegel & Weber, 2013). Während des Schluckens werden die Strukturen der Central Pattern Generators (CPG) zusammen mit anderen supranuklearen Strukturen aktiviert.

Unteres Motoneuron (Bulbärparalyse)

Das Motoneuron des Hirnstamms (und des Rückenmarks) wird auch als unteres oder 2. Motoneuron bezeichnet. Ist ein motorischer Hirnnerven Kern betroffen, z.B. der NA, resultiert eine gleichseitige Lähmung der abhängigen Muskulatur. Bei Schädigung der Motoneurone des unteren Hirnstamms, beziehungsweise der entsprechenden Hirnnerven, spricht man von einer Bulbärparalyse. Muskuläre Folgen sind Paresen, Atrophien, Faszikulationen sowie ein verminderter Muskeltonus mit abgeschwächten oder fehlenden Reflexen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass zwischen den unterschiedlichen Hirnstrukturen (CPG, Schluckkortex, Kleinhirn, Putamen) ein Netzwerk aus kontrollierenden Kreisläufen existiert. Diese Kreisläufe sind für das Planen, das Überwachen und das Strukturieren des Schluckens verantwortlich (Ertekin & Aydogdu, 2003; Mosier & Bereznaya, 2001).

3 Pathophysiologie des Schluckens – Dysphagie



Im folgenden Kapitel werden die Leitsymptome und die Auswirkungen eines pathologischen Schlucksystems beschrieben, sowie verschiedene Verfahren zur Diagnostik erläutert. Zunächst jedoch wird der Begriff „Dysphagie“ definiert und die möglichen Ursachen zusammenfassend dargestellt.

3.1 Definition

Schluckstörungen oder Beeinträchtigungen der Schluckfunktion werden auch als Dysphagie bezeichnet und sind durch eine Unterbrechung der präzisen Aktivierungsmuster von Nerven und Muskeln charakterisiert, welche normalerweise zu einem effektiven und funktionierenden Bolusfluss führen. Logemann (1998) definiert Dysphagie als einen Zustand, der durch Schwierigkeiten beim sicheren Bolustransport vom Mund in den Magen gekennzeichnet ist. Ursache können Beeinträchtigungen der Aufmerksamkeit während des Essens sein, oder visuelle und/oder olfaktorische Einschränkungen der Wahrnehmung. Weiterhin können Schwierigkeiten motorischer Handlungen als Vorbereitung auf die Nahrungsaufnahme oder während des Schluckens selbst zu Schluckstörungen führen (Logemann, 1998). Diese Beeinträchtigungen können ihren Schwerpunkt in der oralen Vorbereitungsphase, der oralen Phase, der pharyngealen Phase und/oder der ösophagealen Phase haben (Daniels & Huckabee, 2008; Leopold & Kagel, 1997; Perlman & Schulze-Delrieu, 1996).

3.2 Ursachen

In den vorhergehenden Kapiteln wurden die einzelnen Phasen des Schluckens, sowie die einzelnen schluckphysiologischen Komponenten im Kontext eines normalen unauffälligen Schluckablaufes beschrieben. Jedoch können durch die verschiedensten Erkrankungen Beeinträchtigungen in einem oder mehreren schluckphysiologischen Prozessen entstehen (Perlman & Schulze-Delrieu, 1996; Daniels & Huckabee, 2008). Die mit Dysphagie assoziierten Erkrankungen kommen aus unterschiedlichen medizinischen Bereichen. So können Schluckstörungen als Folge von neurologischen Erkrankungen, HNO-Erkrankungen oder internistischen Erkrankungen entstehen. Zusätzlich können Dysphagien durch medikamentöse Nebenwirkungen oder operative Komplikationen auftreten (Siehe *Abbildung 2*).

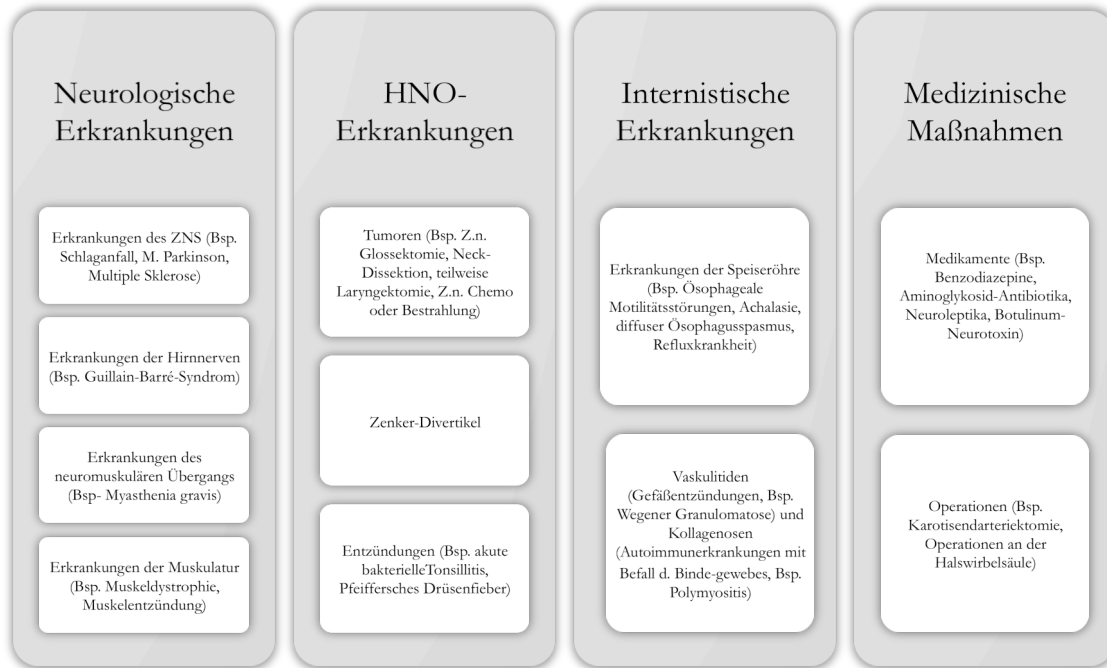


Abbildung 2: Mögliche Ursachen von Schluckstörungen (adaptiert von Prosiegel & Weber, 2013, S. 48.)

3.3 Leitsymptome

Wie bereits erwähnt stellt der Schluckprozess einen komplexen Vorgang dar, der ein hohes Maß an Koordinationsfähigkeit benötigt. Bereits minimale Beeinträchtigungen dieser Bewegungsmuster können zu einer Störung dieser Dynamik und damit zu einem Pathomechanismus führen (Feinberg & Ekberg, 1991). In den folgenden Abschnitten werden die gängigen Leitsymptome näher beschrieben.

3.3.1 Drooling/Pooling/Leaking

Sowohl Drooling als auch Pooling und Leaking bezeichnen ein Austreten oder vorzeitiges Entweichen von Flüssigkeit aus der Mundhöhle (Prosiegel & Weber, 2013). Hierbei wird unterschieden, ob der Bolus wieder nach vorne aus der Mundhöhle austritt (anteriores Leaking/Drooling) oder ob es zu einem vorzeitigen Eintreten von Bolus in den Pharynx kommt (posteriores Leaking/Pooling).

Ursächlich für anteriores Leaking/Drooling ist eine verminderte orofaziale Kontrolle (beispielsweise bei einer Fazialisparese) oder eine orofaziale Sensibilitätsstörung

(Taubheitsgefühl). Hingegen sind Beeinträchtigungen der orolingualen Boluskontrolle, eine verspätete Schluckreflextriggerung oder linguale Hyperkinesien (unwillkürliche Bewegungen der Zunge) mögliche Ursachen für das posteriore Leaking/Pooling (Prosiegel & Weber, 2013). Generell gibt es bislang noch keine einheitliche Definition dieser Begrifflichkeiten. Teilweise werden die Begriffe posteriores Leaking und Pooling nicht synonym verwendet. Posteriores Leaking wird als Folge eines nicht suffizienten glosso-velaren Abschluss bezeichnet, wohingegen Pooling als Folge einer verspäteten Schluckreflextriggerung benannt wird (Prosiegel & Weber, 2013). Generell kann ein posteriores Leaking/Pooling auch bei gesunden, besonders älteren Menschen auftreten. Eine Pathologie besteht demnach nur dann, wenn es als Folge dieses posterioren Leakings/Poolings zu einer Penetration/Aspiration (siehe Kapitel 3.3.5 Penetration/Aspiration) kommt (Perlman & Schulze-Delrieu, 1996).

3.3.2 Orale Residuen

Der Begriff Residuen leiten sich aus dem lateinischen Wort residuum für „Reste“ ab und bezeichnet das Verbleiben von Bolusresten in der Mundhöhle. Meist verbleiben diese nach dem Schluck in den Wangentaschen oder auf dem Zungenrücken. Dies kann aufgrund von reduzierter Muskelspannung der Wangen (beispielsweise bei Fazialisparesen), eingeschränkter Zungenbeweglichkeit (beispielsweise bei Hypoglossusparesen) oder auch aufgrund einer reduzierten oralen Sensibilität (beispielsweise bei Trigeminiusschäden) auftreten (Prosiegel & Weber, 2013).

3.3.3 Nasale Regurgitation

Unter nasaler Regurgitation versteht man das Eintreten von Flüssigkeit oder Nahrung in den Nasenraum. Ursächlich hierfür können entweder ein reduzierter velopharyngealer Verschluss oder eine retrograde pharyngeale Peristaltik sein (Prosiegel & Weber, 2013). In beiden Fällen kann das Bolusmaterial aus den Nasenlöchern laufen oder auch im Nasenraum verbleiben und erst durch eine instrumentelle Untersuchung entdeckt werden (siehe Kapitel 3.5.2 Videofluoroskopie).

3.3.4. Pharyngeale Residuen

Ebenso wie die oralen Residuen repräsentieren pharyngeale Residuen eine Folge von physiologischen Beeinträchtigungen. Diese Reste nach dem Schluck sind auf oder innerhalb folgender pharyngealer Strukturen zu finden (Prosiegel & Weber, 2013):

- 1) in den Valleculae epiglotticae (hinter dem Kehldeckel), resultierend aus einer reduzierten Zungengrundretraktion und/oder reduzierten pharyngealen Austreibungen durch eingeschränkte Bewegung der Rachenwände oder einer reduzierten Epiglottis-Abkipfung;
- 2) an der Rachenhinterwand, resultierend aus einer reduzierten pharyngealen Austreibungswelle und/oder einer reduzierten Öffnung des PÖS und/oder einer Schwäche der Pharynxmuskeln mit reduzierter Reinigungsfunktion;
- 3) am Zungengrund, resultierend aus einer Schwäche der Pharynxmuskeln mit reduzierter Reinigungsfunktion und/oder reduzierter Zungengrundretraktion, beziehungsweise einer eingeschränkten Annäherung von Zungengrund und Pharynxhinterwand;
- 4) in den Sinus piriformes (ein- oder beidseitig), resultierend aus einer reduzierten isolierten oder kombinierten Beeinträchtigung der Öffnungsweite oder -dauer des PÖS.

Es kommt selten vor, dass Patienten ausschließlich an einer Stelle pharyngeale Residuen aufweisen, da kaum ausschließlich eine funktionelle Komponente beeinträchtigt ist. Häufiger zeigen die Patienten eine Kombination an Symptomen, welche Einfluss auf die Reinigung/Klärung des Pharynx haben (Martin-Harris, 2015).

Residuen, die nach dem Schluck im Rachen verbleiben, werden normalerweise durch sensorische Rezeptoren in der Schleimhaut entdeckt, welche die Nervenfasern des N. glossopharyngeus (HN IX) innervieren. Diese Information wird an den NTS zurückgemeldet und führt nachfolgend zu der Initiierung eines Reinigungsschlucks. Falls eine Sensibilitätsstörung in diesem Bereich auftritt, ist das Risiko einer Penetration/Aspiration nach dem Schluck deutlich erhöht (siehe nachfolgendes Kapitel 3.3.5 Penetration/Aspiration).

3.3.5 Penetration/Aspiration

Eine Penetration wird definiert als das Eindringen von Material (Speichel, Nahrung oder Flüssigkeit) in den Larynx, dringt jedoch nicht bis unterhalb der Stimmlippen-ebene vor (Rosenbek, Robbins, Roecker, Coyle, & Wood, 1996). Die Menge des penetrierten Materials, die Tiefe der Penetration, sowie die Fähigkeit des Patienten das Material vollständig oder nur teilweise zu entfernen, muss in der Beurteilung des Schweregrades berücksichtigt werden.

Eine Aspiration wird definiert als das Eindringen von Material (Speichel, Nahrung oder Flüssigkeit) bis unterhalb der Stimmlippen. Der Begriff Aspiration liefert keine genauen Informationen über die Menge des aspirierten Materials, wie tief das Aspirat in die Trachea eindringt, und ob es vollständig oder nur teilweise entfernt werden kann. Diese Informationen spielen jedoch für die Erstellung eines individuellen Behandlungsplans eine wesentliche Rolle (Rosenbek et al., 1996).

Es gibt verschiedene Pathomechanismen, die zu einer Penetration/Aspiration führen. Ein inkompletter velopharyngealer Verschluss hat einen verminderten pharyngealen Druckaufbau zur Folge. Eine verminderte Annäherung von Zungenbasis und Rachenhinterwand verursacht pharyngeale Residuen, welche möglicherweise im weiteren Verlauf in die Atemwege eindringen. Eine inadäquate hyolaryngeale Komplexverlagerung kann beträchtliche Folgen für die Biomechanik des Schluckens haben. Eine eingeschränkte Abkippung der Epiglottis (resultierend in einem eingeschränkten Schutz der Atemwege, und Residuen in den Valleculae) sowie ein reduzierter Öffnungsgrad des PÖS sind möglich (resultierend in pharyngealen Residuen im Bereich der Sinus piriformes). Daraus kann ebenfalls ein erhöhtes Risiko für die Aspiration dieser Residuen resultieren (Daniels & Huckabee, 2008; Perlman & Schulze-Delrieu, 1996). Dysphagische Symptome sowohl in der oralen als auch der pharyngealen Phase können zu Penetration/Aspiration führen. In einer retrospektiven Untersuchung von Röntgenschluckuntersuchungen bei 50 Patienten unterschiedlicher Genese (Schlaganfall, Demenz, M. Parkinson), die eine gesicherte Aspiration aufwiesen, zeigte sich bei 46% eine orale Symptomatik, 20% hatten pharyngeale Auffälligkeiten und bei 34% war eine Kombination von Schwierigkeiten in beiden Phasen Ursache für die Aspiration (Feinberg & Ekberg, 1991).

Sowohl Penetration als auch Aspiration können in Abhängigkeit von der zugrunde liegenden Pathophysiologie vor dem eigentlichen Schluck (prädeglutitiv), während des Schlucks (intradeglutitiv) als auch nach dem Schluck (postdeglutitiv) auftreten (Daniels & Huckabee, 2008).

Die Symptome einer Aspiration lassen sich in direkte und indirekte Symptome einteilen (Prosiegel & Weber, 2013). Die direkten Symptome sind innerhalb einer Minute vor, während oder nach dem Schlucken zu beobachten. Dazu gehören ein gurgelndes Atemgeräusch, eine veränderte Stimmqualität, Husten vor, während oder nach dem Schlucken, eine Blauverfärbung der Gesichtshaut (Zynose) oder eine Pulsbeschleunigung (Tachykardie). Nicht in unmittelbar erkennbarem Zusammenhang mit dem Schlucken stehen die indirekten Symptome. Hierzu zählen eine verstärkte Verschleimung, eine unklare Temperaturerhöhung, brodelnde Atemgeräusche, Stimmveränderungen, Kurzatmigkeit sowie Lungenentzündungen (Prosiegel & Weber, 2013). Klinisch kann eine Aspiration anhand dieser Symptome vermutet werden. Die größte Gefahr geht von der sogenannten „stillen Aspiration“ aus. Hierbei fehlen sämtliche der beschriebenen direkten Symptome. Das heißt, dass die Patienten ohne ein äußeres Anzeichen aspirieren (Ramsey, Smithard, & Kalra, 2005). Stille Aspirationen werden bei den unterschiedlichsten Patientengruppen beschrieben. Die umfangreichste Datenmenge liegt für Patienten nach akutem Schlaganfall vor. Nach Ramsey et al. (2005) muss davon ausgegangen werden, dass 2-25% dieser Patienten still aspirieren. Als Ursachen der stillen Aspiration werden eine beeinträchtigte pharyngeale Sensibilität oder eine Schädigung der zentralnervösen Steuerung angenommen (Ramsey et al., 2005; Prosiegel & Weber, 2013). Die Folgen einer Aspiration können akute Luftnot, Erstickungsgefühl oder Ersticken sein. Es kann auch zum Auftreten von Aspirationspneumonien kommen (siehe Kapitel 3.4.3 Aspirationspneumonie).

3.4 Komplikationen

Sämtliche beschriebene Pathophysiologien haben Auswirkungen auf den menschlichen Organismus. Sie können sowohl medizinische als auch psycho-soziale Schwerpunkte haben. Die häufigsten Gesundheitsprobleme bei Dysphagie sind Aspirationspneumonien, Mangelernährung und Dehydration sowie soziale und emotionale Einschränkungen (Schindler, Ginocchio, & Ruoppolo, 2008).

3.4.1 Dehydration

Dehydration bedeutet Flüssigkeitsmangel, entweder durch zu geringe Flüssigkeitszufuhr oder durch zu starken Flüssigkeitsverlust (Thomas et al., 2008). Eine verminderte Flüssigkeitsaufnahme kann aufgrund von Schluckstörungen (beispielsweise durch orale Aufnahmen von Kleinstmengen an Flüssigkeit via Teelöffel) zustande kommen, bei älteren Menschen spielt zusätzlich ein vermindertes Durstempfinden eine Rolle. Ein erhöhter Flüssigkeitsverlust kann durch Schwitzen im Rahmen eines Infekts auftreten, bei älteren Menschen können Faktoren wie Durchfall oder Transpiration bei höheren Umgebungstemperaturen ausschlaggebend sein (Prosiegel & Weber, 2013).

Nicht selten tritt eine Dehydration infolge der Medikamentengabe auf. So findet gerade bei älteren Menschen mit Herzinsuffizienz oft eine Gratwanderung in der medikamentösen Einstellung statt. Die Folge könnten einerseits Ödeme der Lunge und andererseits zu starke Flüssigkeitsausscheidungen durch die Gabe von Diuretika sein. Bei ausgeprägter Dehydration kommt es zu einer Bluteindickung mit erhöhter Trombosegefahr und zur Exsikkose, also Austrocknung (Prosiegel & Weber, 2013).

Anzeichen einer Dehydration sind trockene Schleimhäute (beispielsweise eine trockene Zunge), stehende Hautfalten beim Anheben der Haut, tief in den Augenhöhlen liegende Augäpfel, herabgesetzte Urinausscheidung und konzentrierter Urin (Thomas et al., 2008). Besonders bei älteren Menschen kann ein Verwirrheitszustand erstes Zeichen einer Dehydration sein. Dieser Zustand verschwindet oft rasch durch entsprechende Flüssigkeitszufuhr wieder. In schweren Fällen einer Dehydration kann

es zu einem so starken Blutdruckabfall kommen, dass eine Bewusstlosigkeit eintritt und Organe schwerst geschädigt werden (Prosiegel & Weber, 2013).

3.4.2 Malnutrition

Als Malnutrition (gleichgesetzt mit Mangelernährung) bezeichnet man ein Missverhältnis zwischen der zugeführten Nahrungsmenge und dem Nahrungsbedarf (Prosiegel & Weber, 2013). Aufgrund der unzureichenden Zufuhr von Makro- und Mikronährstoffen erfolgt ein Abbau der Fettreserven. Dazu kommt, dass mit zunehmendem Alter der Proteinanteil des Körpers und damit die Muskelmasse abgebaut wird. Dieser Vorgang wird Sarkopenie genannt (Bauer, Wirth, Volkert, Werner, & Sieber, 2008). Daher kann es bei älteren Menschen mit einer Dysphagie – meist in Kombination mit anderen Faktoren wie beispielsweise vermindertem Appetit, Geschmacksstörung, Kaustörung, schlecht sitzendem oder fehlendem Gebiss – leichter zu einer Malnutrition kommen als bei jüngeren Personen. Dabei bedingen sich die Schwierigkeiten gegenseitig: Malnutrition führt zu muskulärer Schwäche, die auch die Schluck- und Atemmuskulatur betrifft. Die Dysphagie wird dadurch verstärkt bzw. protektives Husten vermindert, die Dysphagie wiederum verstärkt die Malnutrition. Die Relevanz dieses gegenseitigen Bedingens wird auch dadurch ersichtlich, dass Malnutrition mit einer Abwehrschwäche einhergeht, die ebenso wie die Dysphagie und schwachem Husten das Auftreten einer Aspirationspneumonie begünstigt (siehe nachfolgendes Kapitel 3.4.3 Aspirationspneumonie).

3.4.3 Aspirationspneumonie

Aspirationspneumonien sind Lungenentzündungen, die durch Aspiration von bakteriell verunreinigtem Material entstehen. Sie sind die häufigste mittelbare Todesursache schwerer Dysphagien (Prosiegel & Weber, 2013; Baine, Yu, & Summe, 2001). Stutz hat jedoch bereits 1951 festgestellt, dass die Aspiration von Material nicht zwangsläufig zu einer Aspirationspneumonie führen muss, sondern erst die Kombination mit eingeschränkten Schutzfunktionen (zum Beispiel reduzierter Hustenstoß oder eine eingeschränkte Flimmertätigkeit des Bronchialepithels) hochriskant ist. Eine Aspirationspneumonie kann Auswirkungen auf die medizinische Regeneration

haben und zu einer längeren Aufenthaltsdauer im Krankenhaus und damit verbunden höheren Kosten führen (Odderson, Keaton, & McKenna, 1995). Mehrere Faktoren werden üblicherweise mit der Auftretenswahrscheinlichkeit einer Aspirationspneumonie assoziiert. Diese sind fortgeschrittenes Alter, eine Umgebung mit einem erhöhten Infektionsrisiko (beispielsweise Pflegeheime), prädisponierende medizinische Bedingungen, reduziertes Bewusstsein, eingeschränkte Bewegungsfähigkeit, enterale Ernährung, gastroösophagealer Reflux, schlechter Ernährungszustand, oropharyngeale Besiedelung mit pathogenen Bakterien sowie eine reduzierte Reinigungsfunktion der Lunge (Langmore et al., 1998; Marik & Kaplan, 2003).

3.4.4 Einschränkung der Lebensqualität

Die Weltgesundheitsorganisation WHO veröffentlichte 2005 eine überarbeitete Fassung der Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (WHO, 2005). In dieser überarbeiteten Auflage wird erheblich besser auf die Lebenswirklichkeit der Betroffenen eingegangen. Die Perspektiven der Einteilung umfassen die Bereiche Funktionsfähigkeit, Aktivität und Partizipation (Teilhabe). Betrachtet man das Klassifikationsschema des ICF-Modells zeigt sich, dass die Bezeichnung „Dysphagie“ bei sehr unterschiedlichen Zuständen oder Funktionsstörungen Anwendung findet (Bogaardt, 2006). Schluckstörungen zeigen sich jedoch nicht nur in einem physischen Problem (ICF-Aktivitätslevel) sondern haben ebenfalls eine Auswirkung auf den sozialen und psychischen Zustand der Patienten. Aus Sicht der Patienten wird die Ebene der Partizipation wahrscheinlich in den meisten Fällen die wichtigste Komponente der Funktionsfähigkeiten darstellen (Bogaardt, 2006).

Der Begriff „Lebensqualität“ ist eng an die Komponente der Partizipation gekoppelt. In der Schlucktherapie liegt der therapeutische Fokus jedoch häufig auf der Ebene der Körperfunktionen. Bei der Therapieplanung muss daher bedacht werden, dass Verbesserungen auf dem Aktivitätslevel, die im Rahmen von statistischen Messungen berechnet werden können, keine Aussagen über das qualitative Ausmaß von Verbesserungen für den Patienten und die klinische Relevanz der Schluckstörung ermöglichen (Bogaardt, 2006). So beschreiben Ekberg, Hamdy, Woisard, Wuttge-Hannig & Ortega (2002) eine möglicherweise erhöhte Angst und sogar Panik

während der Mahlzeiten, und dadurch das Vermeiden von Nahrungsaufnahme im sozialen Kontext. Als stark beeinträchtigend empfundene Symptome wie Husten, Steckenbleiben des Bolus im Hals, Aspiration, Schluckauf, Schmerz- oder Druckgefühl, Regurgitation sowie die Unfähigkeit, Essen oder Trinken zu sich zu nehmen oder sogar den Speichel abzuschlucken, können laut Cook (2008) zu einem Rückzug aus dem sozialen Leben führen.

3.5 Diagnostik von Schluckstörungen

Sämtliche beschriebene Komplikationen machen deutlich, dass das Vorhandensein einer Dysphagie auch einen wichtigen Indikator für ein erhöhtes Morbiditäts- und Mortalitätsrisiko der Patienten darstellt (Schindler et al., 2008). Eine frühe Identifizierung von Risikopatienten und eine genaue Kenntnis der zugrunde liegenden Pathophysiologie sind zwingend notwendig, um ein schnelles und effizientes Management in die Wege leiten zu können (Logemann, 1998).

3.5.1 Klinische Schluckuntersuchung (KSU)

Die klinische Schluckuntersuchung bildet einen essentiellen Teil der Intervention bei allen Patienten mit einer vermuteten oder bereits gesicherten Dysphagie (McCullough & Martino, 2013). Daher ist es notwendig, dass die Sprachtherapeutin über grundlegende anatomische und physiologische Kenntnisse bezüglich des Schluckens verfügt. Nur so können notwendige Ernährungs- und Therapieempfehlungen abgeleitet und durchgeführt werden (Voigt, 2009). Folgende Bestandteile sollte eine KSU umfassen: medizinische Anamnese, Überprüfung der motorischen und sensiblen Funktionen der am Schluckakt beteiligten Organe, Überprüfung des aktuellen Status bezüglich Flüssigkeits- und Nahrungsaufnahme, Kognition und Kommunikationsfähigkeit des Patienten sowie eine Einschätzung des Schweregrads der Dysphagie und das Abschätzen des Aspirationsrisikos (Daniels & Huckabee, 2008).

Viele klinische Routinen weisen Validitätsmängel auf. Trotz der Schwierigkeiten, die mit dem Variantenreichtum klinischer Schluckuntersuchungen verbunden sind, gibt es zur Durchführung einer systematischen klinischen Schluckuntersuchung keine Alternative (Rosenbek, McCullough & Wertz, 2004). Unabhängig von den weiteren Entwicklungen wird die Beantwortung der Frage, ob bei dem Patienten eine Schluckstörung vorliegt oder nicht, Grundbestandteil der KSU bleiben (McCullough & Martino, 2013). Bei einer bereits diagnostizierten Dysphagie kann die KSU zur Stuserhebung dienen, im Falle eines Verdachts auf eine Dysphagie kann anhand der KSU der Schweregrad dieser ermittelt werden. Weiterhin dient die KSU zur Planung der weiteren Schritte, beispielsweise weiterführende instrumentelle Untersu-

chungen oder das Hinzuziehen von Spezialisten aus anderen medizinischen Bereichen (beispielsweise HNO-Ärzte, Gastroenterologen, Diätassistenten).

Wasserschluck-Screening

Der Verdacht auf das Vorliegen einer Aspiration kann aus den Informationen eines Screenings generiert werden (Prosiegel & Weber, 2013). Im Gegensatz zu einer KSU soll das Screening also lediglich mögliche Risikopatienten identifizieren. Validierte Screeningverfahren haben eine hohe Aussagekraft und stellen aufgrund des geringen Aufwandes in den Händen gut ausgebildeten Fachpersonals oder im Rahmen gut abgesicherter Behandlungspfade hocheffiziente Ersterkennungsinstrumente dar (Daniels, McAdam, Brailey & Foundas, 1997; Voigt, 2009). Das Übertragen der Verfahren von einer Patientenstichprobe auf eine andere, beziehungsweise von einem klinischen Setting auf ein anderes, ist nicht möglich (Voigt, 2009).

Schluckscreenings sind also lediglich in der Lage erste wegweisende Informationen über einen Patienten zu liefern. Anhand dieser können vorläufige diätetische Entscheidungen getroffen werden. Daraus folgend kann die Durchführung weiterer diagnostischer klinischer oder instrumenteller Verfahren geplant werden (Daniels et al., 1997).

Eine systematisch durchgeführte klinische Diagnostik ist die Basis einer jeden Dysphagietherapie. Ein evidenzbasiertes Screeningverfahren kann der KSU vorausgehen, um die Identifikation von Risikopatienten zu erleichtern. Um die Schluckphysiologie in ihrer Komplexität beurteilen zu können, ist jedoch zusätzlich zur klinischen Schluckuntersuchung die Diagnostik mittels instrumenteller Verfahren unerlässlich (Daniels & Huckabee, 2008).

3.5.2 Videofluoroskopie

Da die schluckphysiologischen Prozesse komplexe Abläufe darstellen, die zeitlich in schnellen Abfolgen und lediglich kurzzeitigen Sequenzen erfolgen, müssen die bildgebenden Verfahren bestimmte Eigenschaften besitzen, um alle relevanten Strukturen und Abfolgen des Transportes von Speisen und Flüssigkeiten durch den Schlucktrakt darstellen zu können. Idealerweise können die Videosequenzen aufgezeichnet werden, um sie später Bild-für-Bild analysieren zu können (Daniels & Huckabee,

2008). Ein solches Verfahren stellt die Videofluoroskopie (VFS) dar. Bei diesem radiographischen Verfahren können die Schluckfunktionen mit 25-30 Bildern pro Sekunde aufgenommen werden.



Abbildung 3: Ansicht einer Videofluoroskopie im lateralen Strahlengang.

Der Patient wird aufrecht sitzend lateral zum Strahlengang positioniert. Dies erlaubt eine klare Sicht auf den Aerodigestivtrakt. Sichtbar sein sollten die Mundhöhle, der Larynx, Pharynx sowie der obere Teil der Speiseröhre (siehe *Abbildung 3*). Zusätzlich kann der Patient auch in einem anterior-posterior (A-P) Strahlengang positioniert werden. Hierfür wird der Patient um 90° gedreht, so dass die Durchleuchtung von vorn nach hinten stattfindet. Diese Durchleuchtungsrichtung gibt zusätzlich Informationen, ob beispielsweise Residuen in den Sinus piriformes ein- oder beidseitig auftreten, oder ob eine einseitige Stimmlippenparese vorliegt (Daniels & Huckabee, 2008). Die Durchführung mit standardisierten Bolusmengen und -konsistenzen wird empfohlen, um gezielt feststellen zu können, welche Boli funktionell abgeschluckt werden können, und wo signifikante Dysfunktionen bestehen (Stanschus 2003, Daniels & Huckabee, 2008). Ebenso können nach Durchführen des standardisierten Protokolls kompensatorische Techniken auf ihre Effektivität hin getestet werden.

Daraus können Empfehlungen für die orale Ernährung und die Therapie abgeleitet werden.

Alle zu untersuchenden Boluskonsistenzen bestehen aus einem Kontrastmittel (beispielsweise Bariumsulfat oder Imeron/Isovist), so dass der Bolus innerhalb des Schluckaktes gut sichtbar ist. Es können und sollten nicht alle möglichen Boluskonsistenzen während der Videofluoroskopie untersucht werden. Zum Einen, um die Strahlenbelastung für den Patienten so gering wie möglich zu halten, zum Anderen um die Aufmerksamkeitsspanne der Patienten nicht zu überbeanspruchen (Daniels & Huckabee, 2008). Jeder Bolus sollte zwei- bis dreimal getestet werden, um eine zuverlässige Aussage über die Schluckfunktion erhalten zu können (Green et al., 2004).

Logemann (1998) hat die Durchführung einer Videofluoroskopie als Tandemuntersuchung bestehend aus einem Radiologen und einer Sprachtherapeutin empfohlen, um sowohl die anatomischen Strukturen als auch die funktionellen Fähigkeiten beurteilen zu können. Laut den Richtlinien der American Speech and Hearing Association (ASHA) ist ein Radiologe nicht zwingend erforderlich für die Durchführung einer VFS, sollte jedoch bei Bedarf abrufbar sein (Green et al., 2004). In diesem Fall beurteilt die Sprachtherapeutin ausschließlich die Physiologie und Schluckfunktion. Die Videofluoroskopie führt dann zu keiner medizinischen Diagnose (Green et al., 2004).

Die Interpretation einer VFS erfordert grundlegende Kenntnisse und ein gewisses Maß an Erfahrung. Die zu beurteilenden Kriterien einer VFS sind: anatomische Auffälligkeiten, der Bolusfluss, die zeitliche Koordination und Bewegung der Strukturen im Verhältnis zum Bolusfluss, das Bewegungsausmaß der anatomischen Strukturen sowie die Reaktion auf kompensatorische Maßnahmen (Daniels & Huckabee, 2008).

3.5.3 Fiberendoskopische Evaluation des Schluckens (FEES®)

Die zweite Standard-Untersuchungsmethode in der Diagnostik und im Management von Dysphagiepatienten stellt die fiberendoskopische Evaluation des Schluckens (FEES®) dar. Hierbei wird die Schluckfunktion mit einem flexiblen Laryngoskop transnasal evaluiert (siehe *Abbildung 4*). Auch hier ist das Aufzeichnen der Untersuchung zur späteren Analyse empfohlen (Pluschinski & Blonder, 2009).

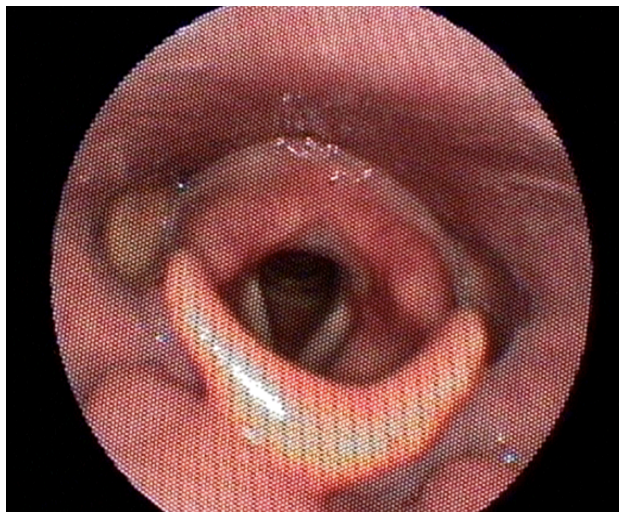


Abbildung 4: Darstellung des Pharynx bei einer FEES.

Die Untersuchung kann wichtige Hinweise über die Pathophysiologie der Schluckfunktion liefern und bietet, da sie von den Patienten meist gut toleriert wird, ein geeignetes Instrument zum Erproben längerer Mahlzeiten sowie verschiedener Konsistenzen, so dass eine geeignete Kostform abgeleitet werden kann. Kompensatorische Maßnahmen können auch hier unmittelbar auf ihre Effektivität hin getestet werden.

3.5.4 Komplementäre instrumentelle Verfahren

Zusätzlich zu den beiden genannten Verfahren gibt es mehrere Möglichkeiten, verschiedene Teilaspekte des Schluckens zu beurteilen. Da jedoch durch alle Verfahren nur isolierte Aspekte beurteilt werden können, sollten sie lediglich als Adjunkt zu den beiden Verfahren Videofluoroskopie oder FEES® gesehen werden. Im Rahmen die-

ser Arbeit sollen exemplarisch zwei weitere Verfahren vorgestellt werden: Manometrie und Ultraschall.

Manometrie: Mittlerweile wird die bisher verwendete pharyngeale Manometrie mit drei Drucksensoren mehr und mehr durch die hochauflösende Manometrie (High Resolution Manometry - HRM) abgelöst. Es handelt sich um ein bildgebendes Verfahren, bei dem Druckveränderungen entlang des Pharynx, des oberen oder unteren Speiseröhrensphinkters und des Ösophagus im Schluckverlauf dargestellt werden können (siehe *Abbildung 5*).

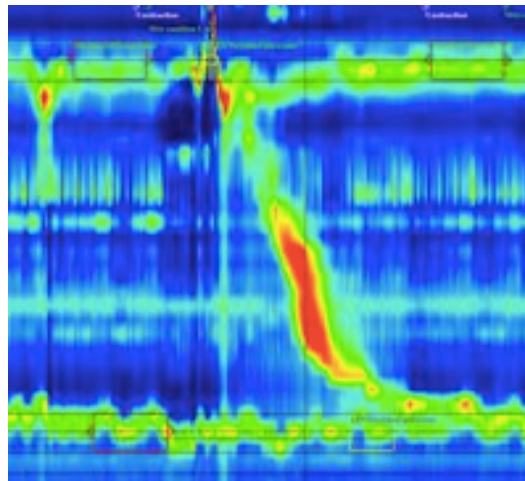


Abbildung 5: Darstellung der hochauflösenden Manometrie. (Quelle: www.mmsinternational.com, 30.12.2015).

Hierfür wird ein Katheter mit mindestens zwanzig Drucksensoren durch die Nase in den Pharynx und in den Ösophagus eingebracht. Die erfassten Druckwerte werden in Farbdarstellungen umgewandelt und bilden beispielsweise Druckzunahmen beim Bolustransport oder Druckabnahme beim Relaxieren des pharyngo-ösophagealen Segments ab (Huckabee, 2011).

Ultraschall: Ultraschall benutzt hochfrequente Schallwellen über der menschlichen Hörschwelle (typischerweise über 1 MHz) um ein sichtbares Bild zu kreieren. Ein Schallkopf sendet Ultraschall-Wellen, die von Strukturen mit unterschiedlicher Dichte (beispielsweise Knochen vs. Gewebe) unterschiedlich zurückreflektiert werden. Ist die reflektierende Fläche senkrecht zum Ultraschall-Strahl ausgerichtet, geht

die Reflektion direkt zum Schallkopf zurück. Je größer der Dichte-Unterschied, desto klarer wird das Bild (Gewebe-zu-Knochen, Gewebe-zu-Luft).



Abbildung 6: Darstellung der submentalen Muskulatur im Ultraschall. M. geniohyoideus mittig, darüber gespannt M. mylohyoideus und die beiden Stränge des vorderen Bauches des M. digastricus.

Zur Beurteilung des Schluckens wird Ultraschall seit einigen Jahrzehnten benutzt. Aufgrund seiner nicht-invasiven Eigenschaften wird er überwiegend für die Evaluation der Zungenbewegung bei Säuglingen und Kindern eingesetzt (Geddes, Chadwick, Kent, Garbin, & Hartmann, 2010). Daneben kann er auch zur Darstellung der submentalen Muskulatur (siehe *Abbildung 6*) und der Hyoidbewegung genutzt werden (Macrae, Doeltgen, Jones, & Huckabee, 2012).

3.6 Einführung einer klinischen Routine

Um neue Abläufe, beispielsweise zusätzliche diagnostische Interventionen, im Rahmen einer bestehenden oder noch nicht bestehenden klinischen Routine einzuführen, ist ein umfassendes Konzept zur Standardisierung der Abläufe erforderlich. Nur so kann sichergestellt werden, dass alle Patienten nach diesem Standard behandelt werden und alle beteiligten Mitarbeiter über die Art und Weise der Veränderungen informiert sind.

3.6.1 Standard Operating Procedure (SOP)

Die Standard Operating Procedure (SOP), auf deutsch auch Standardvorgehensweise, ist eine Arbeitsanweisung, die das Vorgehen innerhalb eines bestimmten Prozesses beschreibt. Die Erstellung und Einführung einer SOP beinhaltet die Dokumentation des Prozesses, die Überprüfung durch eine zweite Person, die Information und Schulung der Betroffenen und das Änderungsmanagement. Die SOP sollte dabei eine Standardisierung des diagnostischen, therapeutischen und ablauforganisatorischen Vorgehens in der Krankenhausbehandlung darstellen (Rippmann & Hoffmann, 2005).

Ziel der SOP ist die Etablierung eines Qualitätsstandards zur Erstellung, Einführung und stetigen Pflege interner Arbeitsanweisungen. Diese Prozessschritte werden von einem benannten QM-Beauftragten durchgeführt. Hierfür sollte ein direkter unmittelbarer Austausch mit den Mitarbeitern stattfinden, die von den eingeführten Arbeitsanweisungen betroffen sind (Rippmann & Hoffmann, 2005). Grundsätzlich sollten die in den SOPs dargestellten Abläufe prägnant, jedoch nicht zu detailliert beschrieben werden. Bevor die SOP in Kraft tritt, sollte sie allen betroffenen Mitarbeitern zur Prüfung auf inhaltliche Richtigkeit, Vollständigkeit und Anwendbarkeit vorgelegt werden, damit Anmerkungen diskutiert und gegebenenfalls Änderungen und Verbesserungen vorgenommen werden können. Daraufhin werden alle Mitarbeiter, für die die Inhalte der SOP relevant sind, über das Inkrafttreten informiert und eine Schulung dieser Mitarbeiter erfolgen. Hierdurch wird gewährleistet, dass alle Mitarbeiter auf demselben Wissensstand sind (Rippmann & Hoffmann, 2005).

4 Die Halswirbelsäule



Die Wirbelsäule hat in ihrer Gesamtheit verschiedene Funktionen. Neben ihren stützenden Eigenschaften dient sie auch dem Schutz des Rückenmarks im Wirbelkanal und sorgt für eine Abfederung und Dämpfung von Impulsen und einwirkenden Kräften durch Zwischenwirbelscheiben, Bandstrukturen und Gelenksysteme. Weiterhin ermöglicht sie eine umfassende Beweglichkeit durch Gelenksysteme und Muskulatur und dient zur Blutbildung im roten Knochenmark (Louis-Ugbo, Pedlow Jr. & Heller, 2012).

Die Halswirbelsäule (HWS) ist der oberste und auch der beweglichste Teil der gesamten Wirbelsäule und bezeichnet die Wirbel zwischen Kopf und Brustwirbelsäule. Sie besteht aus sieben Wirbelkörpern (C1-C7 – das „C“ steht für cervical, mit dem Hals in Verbindung stehend). Die Wirbelkörper unterstützen den Schädel, dessen Gewicht von der Halswirbelsäule getragen wird (Louis-Ugbo et al., 2012). Zusätzlich zu dieser Stützfunktion dient die Halswirbelsäule dem Schutz des Rückenmarks, einem Bündel an Nervenfasern, die das Gehirn mit dem Körper verbinden (Louis-Ugbo et al., 2012). Erkrankungen und Verletzungen dieser Strukturen können weitreichende Folgen für die Patienten haben und müssen gegebenenfalls operativ versorgt werden. Im Folgenden wird zunächst die Anatomie der Halswirbelsäule näher beschrieben, anschließend mögliche Erkrankungen der HWS und deren Behandlungsmöglichkeiten erläutert. Alle Angaben beziehen sich weitgehend auf Kapitel aus dem Standardwerk zum Thema: „The Cervical Spine“, herausgegeben 2012 in der 5. Auflage von Edward Benzel, dem Vorsitzenden der Cervical Spine Research Society.

4.1 Anatomie der Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule ermöglicht dem Kopf durch ihren speziellen Aufbau ein großes Beweglichkeitsspiel. Sie kann biomechanisch in drei Abschnitte unterteilt werden:

- Die obere Halswirbelsäule (C0-C2) mit dem oberen (C0-C1) und unteren (C1-C2) Kopfgelenk (Atlantooccipitalgelenk und Atlantoaxialgelenk), die mit dem Hinterhauptbein des Schädels (C0) verbunden sind
- Die mittlere Halswirbelsäule C2-C5
- Die untere Halswirbelsäule C5-Th1

Die beiden obersten Halswirbel, C1 (Atlas) und C2 (Axis), weichen in ihrer Grundform deutlich von den anderen Wirbelkörpern der Halswirbelsäule (und allen anderen Wirbelkörpern der Wirbelsäule) ab. Hierdurch wird sowohl die Befestigung als auch die Beweglichkeit des Kopfes gewährleistet (Louis-Ugbo et al., 2012).

4.1.1 Atlas

Auf dem ersten Halswirbel, dem Atlas², liegt als schädelnächster Teil der Wirbelsäule das gesamte Gewicht des Kopfes. Da der Atlas das Nicken durch Anteflexion und Retroflexion ermöglicht, wird er umgangssprachlich auch als „Nicker“ bezeichnet. Medizinisch trägt er die Abkürzung C1 (Louis-Ugbo et al., 2012).

Der Atlas stellt sich als ringförmiger Wirbel ohne Wirbelkörper und Dornfortsatz oder Bandscheiben dar (siehe *Abbildung 7*). Innerhalb dieses Rings verläuft auf der dorsalen Seite vom Gehirn kommend das Rückenmark (Medulla spinalis), das sich mitsamt seinen Hirnhäuten (Meningen) in dem beim Atlas beginnenden Wirbelkanal durch die Wirbelsäule fortsetzt. Dieser Wirbelkanal besteht aus zwei Seitenstücken, den Massae laterales, die durch einen vorderen und hinteren Bogen verbunden sind. Über die Gelenkflächen (Fovea articularis superior), die auf den Massae laterales sitzen, ist der Atlas mit dem Hinterhauptbein des Schädels (C0) verbunden. Hierdurch wird das obere Kopfgelenk gebildet, das eine Vorwärts- und Rückwärtsbewegung sowie eine geringe Seitwärtsneigung des Kopfes ermöglicht (Louis-Ugbo et al., 2012).

4.1.2 Axis

Der zweite Halswirbel (C2), Axis³, liegt unterhalb des Atlas. Der Axis hat einen Wirbelkörper (Corpus vertebrae) und einen (dorsalen) Wirbelbogen sowie kräftige Quer- und Dornfortsätze, jedoch keine Bandscheibe. Markantestes Merkmal des Axis ist sein Zahn (Dens axis). Der Dens axis ist eine zapfenförmige Auftreibung nach oben und ragt in den Atlas hinein (siehe *Abbildung 7*).

² Sein Name wurde vom Titanen Atlas aus der griechischen Mythologie entlehnt, der die Last des Himmelsgewölbes auf seinen Schultern tragen musste (Wicht, 2014).

³ Der Begriff Axis stammt aus dem Griechischen und bedeutet Achse.

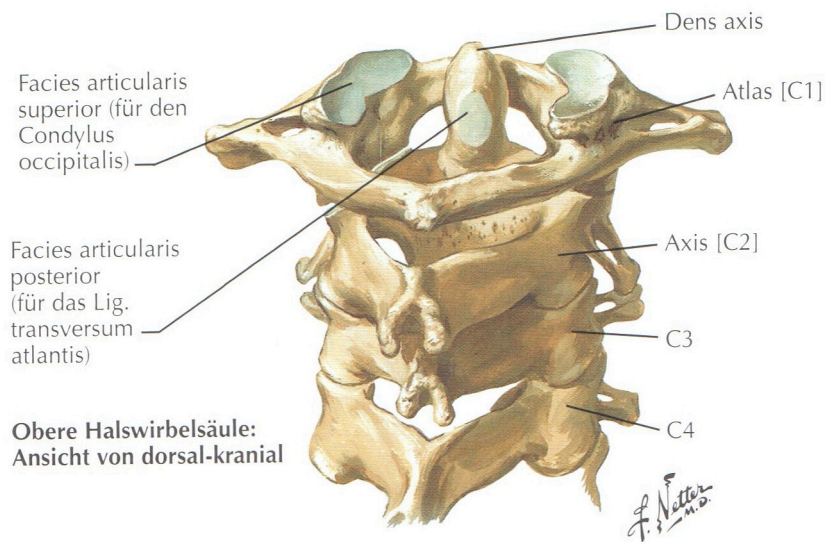


Abbildung 7: Darstellung der oberen Halswirbelsäule (Quelle: Netter, 2011, Tafel 19)

An seiner Vorderfläche ist er überknorpelt und besitzt eine flache Gelenkpfanne an der Innenseite. Hier ist der Dens axis mit dem vorderen Bogen des Atlas verbunden. Die ebenfalls überknorpelte Rückseite des Dens axis gleitet auf einem Querband (Ligamentum transversum atlantis), das zwischen den beiden Auftreibungen des Atlas gespannt ist. Dabei entsteht ein Hohlraum zwischen dem vorderen Atlasbogen und dem Querband. In diesem Hohlraum kann sich der Dens bewegen und Rotationen um 15° bis 25° nach links und rechts durchführen. Auch leichte Streck- und Nickbewegungen sind möglich, weil die seitlichen Gelenkflächen einen Spielraum geben. Der Axis bildet den Übergang vom ersten Halswirbel zu der unteren Halswirbelsäule. Zusammen mit dem Atlas bildet er die beiden unteren Kopfgelenke und ermöglicht so vor allem die Drehung des Kopfes (Louis-Ugbo et al., 2012).

4.1.3 Kopfgelenke

Atlas (C1) und Axis (C2) bilden zusammen die funktionale Einheit der so genannten Kopfgelenke (Louis-Ugbo et al., 2012). Es gibt drei verschiedene Gelenkverbindungen, die anhand ihrer Funktionen in ein oberes Kopfgelenk (Atlantookzipitalgelenk)

und zwei untere Kopfgelenke (Atlantoaxialgelenke). eingeteilt werden. Die Atlantoaxialgelenke sind auf Drehbewegungen ausgelegt. Dabei kontaktieren die runden Gelenkpfannen an der Unterseite des Atlas die entsprechenden Gelenkflächen der Axis.

Die Kopfgelenke sind aufgrund ihrer Beschaffenheit sehr beweglich. Um jedoch unkontrollierte Rotations-, Translations-, Streck- und Beugebewegungen zu vermeiden, die Rückenmark oder vaskuläre Strukturen verletzen können, hemmen mehrere Bänder die Bewegungsmöglichkeiten im Kopfgelenk. Die Membrana atlantooccipitalis anterior erstreckt sich zwischen dem vorderen Atlasbogen und dem Hinterhauptbein. Dieses Band verhindert übermäßiges Strecken im oberen Kopfgelenk. Weitere wichtige Bänder sind die Alarligamente, die sich V-förmig vom Dens axis an die vordere und seitliche Begrenzung des Hinterhauptlochs heften und das Ligamentum apicis dentis, das an den Vorderrand des Foramen (occipitale) magnum anknüpft. Diese Bänder hemmen ein übermäßiges Drehen und Kippen im unteren Kopfgelenk und translative Bewegungen (Neuhuber, 2007; Louis-Ugbo et al., 2012).

4.1.4 Wirbelgrundform

Die übrigen Halswirbel (C3-C7) entsprechen weitgehend der Wirbelgrundform. Diese besteht aus dem ventral gelegenen Wirbelkörper (Corpus vertebrae) und dem zum Rücken zeigenden Wirbelbogen (Arcus vertebrae). Beide umschließen zusammen das Wirbelloch (Foramen vertebrale). Jeder Wirbelkörper schließt nach oben mit der Wirbeldeckplatte und nach unten mit der Wirbelgrundplatte ab. Durch die aneinander gereihten Wirbellöcher der einzelnen Wirbel entsteht der längs verlaufende Wirbelkanal oder Spinalkanal (Canalis vertebralis), in den das Rückenmark (Medulla spinalis) mitsamt seinen Hirnhäuten (Meningen encephali) und dem Gehirnwasser (Liquor cerebrospinalis) eingebettet ist (Louis-Ugbo et al., 2012).

4.1.5 Bandscheiben

Zwischen den Grund- und Deckplatten der einzelnen Wirbelkörper (mit Ausnahme des 1. und 2. Halswirbels) liegen die Bandscheiben (Disci intervertebrales). Sie bestehen aus faserknorpeligem Material und sind mit den Wirbelkörpern verwachsen. Jede Bandscheibe besteht aus zwei Elementen: 1. Der äußere Ring der Bandscheibe (Anu-

lus fibrosus) besteht aus einem Geflecht aus kollagenen Fasern, die in mehreren Schichten spiralig um die Längsachse der Wirbelsäule verlaufen. Dabei sind die einzelnen Schichten gegenläufig angelegt. Durch diese Gitterstruktur erhält die Bandscheibe genug Festigkeit, um Rotationsbewegungen der Wirbelsäule aufzufangen. 2. Der Anulus fibrosus umschließt den Gallertkern (Nucleus pulposus), der einen hohen Wassergehalt aufweist und dadurch sehr beweglich ist. Durch die unmittelbare Nähe von Bandscheibe und Rückenmark sowie den austretenden Spinalnerven können bei einem Bandscheibenvorfall Schmerzen und neurologische Symptome wie Sensibilitätsstörungen oder Lähmungen auftreten (Louis-Ugbo et al., 2012).

4.1.6 Das Bewegungssegment

Die kleinste funktionelle Einheit der Wirbelsäule wird auch Bewegungssegment genannt. Ein Bewegungssegment besteht aus zwei benachbarten Wirbeln, der dazwischen liegenden Bandscheibe, den Wirbelgelenken und dem Bandapparat. Die Bandscheibe ist mit den Grund- und Deckplatten der Wirbel und dem vorderen Längsband verwachsen und gibt der Wirbelsäule dadurch Stabilität. Durch die Verformbarkeit des Gallertkerns im Inneren der Bandscheibe wird die Elastizität und Beweglichkeit im Bewegungssegment erreicht (Louis-Ugbo et al., 2012).

4.2 Erkrankungen der Halswirbelsäule

Die freie Beweglichkeit der Wirbelsegmente hängt ebenso wie die Belastbarkeit, die Elastizität und die Flexibilität von einer Unversehrtheit der Bewegungssegmente mit Wirbelkörper, Bandscheibe, Wirbelgelenken, Bandapparat und Rückenmuskulatur ab. Eine Vielzahl von Erkrankungen oder Verletzungen können dieses Zusammenspiel unterbrechen. Im Folgenden werden verschiedene Erkrankungsformen zusammengefasst und im Anschluss daran mögliche operative Verfahren dargestellt.

4.2.1 Degenerative Erkrankungen

Wird die komplexe Harmonie im Zusammenspiel der einzelnen Bestandteile der Wirbelsäule zum Beispiel durch den Verschleiß im Alterungsprozess gestört, kommt

es zu weitreichenden Veränderungen im Bewegungssegment. Krankheitsbilder der Wirbelsäule, die durch Abnutzung entstanden sind, nennt man degenerative Erkrankungen (König & Spetzger, 2014). Dieser Alterungsprozess kann durch Bewegungsmangel, Übergewicht, schlechte Körperhaltung sowie schwere körperliche Belastung beschleunigt werden (König & Spetzger, 2014).

Zervikale Bandscheibenleiden

Durch den Abnutzungsprozess werden die Bandscheiben brüchig und die Elastizität geht verloren. Dadurch kann es zur Verdrängung von Bandscheibengewebe kommen, welches dann auf das Rückenmark oder eine Nervenwurzel gedrückt wird. Man spricht von einer Bandscheibenprotrusion. Ein so genannter Bandscheibenprolaps liegt dann vor, wenn der äußere Bandscheibenring (Anulus fibrosus) einreißt, Teile des Gallertkerns verlagert werden und dadurch auf das Rückenmark oder die Nervenwurzel drücken. Kommt es zu einer Abtrennung des verlagerten Bandscheibenmaterials, das sich frei in den Rückenmarkkanal bewegen kann, wird dies als Bandscheibensequester bezeichnet. Ein Bandscheibenvorfall kann median, lateral oder in Kombinationsform vorliegen (Schoenfeld & Bono, 2012; König & Spetzger, 2014).

Bei einem Massenprolaps mit massivem Druck auf das Rückenmark zeigen sich folgende Zeichen der Myelonkompression: Gangunsicherheit, Schwäche der Beine, Schwäche und Gefühlsstörungen der Hände, Blasen- und Mastdarmentleerungsstörungen, Potenzstörung, Störung der Feinmotorik sowie Reflexabschwächungen/Reflexverlust.

Bei Fortbestehen der Schmerzsymptomatik trotz geeigneter konservativer Behandlung und bei Zunahme von neurologischen Symptomen muss operativ behandelt werden. Für die operative Versorgung der degenerativen Bandscheibenleiden der Halswirbelsäule gibt es chirurgische Verfahren, die sowohl ventral als auch dorsal durchgeführt werden können. Ziel aller Verfahren ist es, den Druck auf die nervalen Strukturen zu beseitigen (Schoenfeld & Bono, 2012).

Zervikale Spinalkanalstenose

Bei der zervikalen Spinalkanalstenose handelt es sich um eine Einengung des Rückenmarkkanals der Halswirbelsäule, zumeist verursacht durch Abnutzungserscheinungen des Bewegungssegments. Durch die Verengung hat das Rückenmark nicht

mehr ausreichend Platz, was durch den zunehmenden Druck auf das Myelon und die abgehenden Nervenwurzeln zu neurologischen Symptomen führen kann. Spinalkanalstenosen der Halswirbelsäule treten häufig unterhalb von C4 auf, da sich der Rückenmarkkanal der HWS nach unten hin verengt. Durch die Abnutzung der Bandscheiben verlieren diese an Höhe, wodurch das statische Gefüge des Bewegungssegments verändert wird und es zu strukturellen Veränderungen kommt. Dabei lagert sich am Hinterrand der Wirbelkörper neue Knochensubstanz (Osteophyten) ab (Retrospondylose) – die Wirbelgelenke (Facettengelenke) verknöchern, die Gelenkkapsel verdickt und die Gelenkfläche wird arthrotisch zerstört (Spondylarthrose). Durch zunehmende Instabilität des Bewegungssegments kommt es zu einer veränderten Belastung des Bandapparats der Wirbelsegmente. Dadurch entsteht eine Verdickung der Bänder, insbesondere des Bandes, das sich zwischen den Wirbelbögen (ligamentum flavum) und dem hinteren Längsband (ligamentum longitudinale posterius) spannt (Schoenfeld & Bono, 2012).

Durch Druck auf die abgehenden Spinalnervenwurzeln kommt es, dem Versorgungsgebiet des gequetschten Nervens entsprechend, zu ausstrahlenden Schmerzen in den Armen (Brachialgie). Diese durch Wurzelkompression entstandenen Symptome nennt man radikulär. Bei Zunahme der Kompression kommt es zu Gefühlsstörungen bis hin zur Lähmung und die Reflexe können ausfallen. Bei einer durch Abnutzung bedingten Spinalkanalstenose nehmen diese Symptome langsam zu, bei einem Bandscheibenvorfall treten sie akut auf.

Akute und zunehmende neurologische Ausfälle sollten operativ versorgt werden. Ziel der Operation ist es, das Rückenmark und die Spinalwurzeln vom Druck zu befreien und das instabile Segment operativ zu versteifen. Abhängig vom jeweiligen Befund kommen Operationsverfahren mit Zugang von ventral oder dorsal zum Einsatz (Schoenfeld & Bono, 2012; König & Spetzger, 2014).

Osteochondrose und Spondylose

Osteochondrose und Spondylose sind sekundäre strukturelle Reaktionen und Veränderungen des Wirbelkörpers, die durch den Verschleiß der Bandscheibe verursacht werden. Die degenerierte Bandscheibe kann einwirkende Kräfte nicht mehr elastisch abfangen und der Druck wird auf die benachbarten Wirbelkörper abgegeben. Die

vermehrte Druckbelastung führt zunächst zu einer Verdichtung der Knochenstruktur (Sklerosierung), die als Osteochondrose bezeichnet wird. Durch den Höhenverlust der Bandscheibe wird die Stabilität des Bewegungssegments verändert. Die veränderten Zug- und Dehnungsreize sowie die zunehmende direkte Druckbelastung führen durch das Bilden neuer Knochensubstanz zu einer Abstützungsreaktion der Wirbelkörper. Diesen knöchernen Umbau des Wirbelkörpers bezeichnet man als Spondylose (Schoenfeld & Bono, 2012; König & Spetzger, 2014).

Die Behandlung richtet sich immer nach dem Schweregrad des Krankheitsbildes. In der Anfangsphase stehen physiotherapeutische Maßnahmen zur Stabilisierung der Bewegungssegmente der Wirbelsäule durch konsequenten Aufbau der Muskulatur, adäquate Schmerzbehandlung, lokale Injektionsbehandlungen und begleitende physikalische Anwendungen wie Massagen, Wärmeanwendung und Elektrotherapie im Vordergrund, gegebenenfalls wird eine operative Behandlung in Erwägung gezogen (Schoenfeld & Bono, 2012).

4.2.2 Entzündliche Erkrankungen

Rheumatoide Arthritis

Die Rheumatoide Arthritis, auch chronische Polyarthritits genannt, ist eine chronisch entzündliche Autoimmunerkrankung, die in Schüben verläuft und hauptsächlich die Gelenke, Sehnen, Sehnenscheiden und Schleimbeutel befällt. Durch chronische Entzündungsprozesse werden diese zerstört, wodurch es im Verlauf zur Ausbildung von Deformitäten an den Extremitäten und zu Instabilitäten an der Wirbelsäule kommen kann. Die Erkrankung kann an der Wirbelsäule auch an den Facettengelenken zwischen Atlas und Axis auftreten (Searcy, Cha, Boden, & Clark, 2012).

Spondylitis und Spondylodiszitis

Die Spondylitis ist eine Entzündung der Wirbelkörper. Die Spondylodiszitis ist eine Entzündung der Zwischenwirbelräume mit den Bandscheiben, von wo aus sich die Infektion auf die Grund- und Deckplatten der Wirbel ausbreitet. Damit handelt es sich bei der Spondylodiszitis um eine kombinierte, meist bakterielle Entzündung eines oder mehrerer Wirbelkörper (Spondylitis) und der benachbarten Bandscheiben.

Die bakterielle Spondylitis/Spondylodiszitis ist die am häufigsten auftretende Form dieser Erkrankung. Neben sehr starken Schmerzen im entsprechenden Wirbelsäulenabschnitt des Rückens können auch Symptome wie Fieber, Abgeschlagenheit und Gliederschmerzen auftreten (Cramer, Haase, Behre, & Ostermann, 2003).

Bei der operativen Behandlung der Spondylitis/Spondylodiszitis werden in Abhängigkeit vom vorliegenden Befund folgende Operationsverfahren häufig durchgeführt: Partielle oder komplette Wirbelkörperresektion mit Dekompression des Spinalkanals und des Rückenmarks sowie eine Stabilisierung durch ventrale Abstützung mit dorsal instrumentierter Spondylodese (Cramer et al., 2003).

Spondylitis ankylosans – Morbus Bechterew

Hierbei handelt es sich um eine besondere Form von entzündlichem Rheuma bei der sich typischerweise Teile der Wirbelsäule und die Kreuz-Darmbein-Gelenke (Iliosakralgelenke) entzünden (Upadhyaya, Sasso, & Mummaneni, 2012). Manchmal bildet sich als Folge der Entzündung zwischen den betroffenen Wirbeln und den Kreuz-Darmbein-Gelenken Knochengewebe, wodurch diese unbeweglich werden und sich versteifen können. Die Krankheit ist nicht heilbar, der Verlauf kann jedoch beeinflusst werden. Bewegungstherapien, physikalische Therapien und Medikamente kommen zur Behandlung des Morbus Bechterew am häufigsten zum Einsatz, da sie die Wirbelsäule beweglich halten und einer Versteifung entgegen wirken. In schweren Fällen wird ein versteifter Rücken bei M. Bechterew operiert (Upadhyaya et al., 2012).

4.2.3 Verletzungen der Halswirbelsäule

Verletzungen der oberen HWS

Atlanto-occipitale Dislokation (C0/C1)

Bei der atlanto-occipitalen Dislokation handelt es sich um eine schwere Verletzung der oberen Kopfgelenke mit einer Dislokation (Verschiebung) der Gelenkanteile zwischen dem Hinterhauptbein (C0) und dem ersten Halswirbel (Atlas, C1). Man unterscheidet nach der Richtung der Verschiebung folgende Dislokationstypen: Typ I mit Verschiebung nach ventral, Typ II mit Verschiebung nach dorsal, Typ III mit

axialer Distraction des oberen Kopfgelenks und Typ IV mit Verschiebung nach lateral (Fighley, Austin, Rowland, & Fehlings, 2012).

Die Symptome sind ausgeprägte Weichteilschwellungen im Bereich von Hals und Kopf, Ausfall der Hirnnerven VI-XII sowie Symptome des eingeklemmten Hirnstamms bis hin zur Lähmung der Atmungs- und Kreislaufzentren. Diese Verletzung führt häufig zum Tod. Falls sie primär überlebt wird, zeigen sich oft bleibende neurologische Symptome bis hin zur Tetraplegie (Fighley et al., 2012).

Atlanto-axiale Dislokation (C1/C2)

Bei dieser Verletzung handelt es sich um eine Verschiebung (Dislokation) zwischen den beiden ersten Halswirbeln. Diese Dislokation kann entweder durch ein Zerreißen der stabilisierenden Bänder, durch eine Fraktur einer der beiden Wirbel oder durch eine Kombinationsverletzung entstehen. Man unterscheidet zwischen ventraler translatorischer atlanto-axialen Dislokation, häufig bei Ausriss des Ligamentum transversum des Atlas, sowie der rotatorischen atlanto-axiale Dislokation, bei der es durch die einwirkende traumatisierende Kraft zu einer gegenläufigen Verdrehung von Atlas und Axis kommt.

Falls eine konservative Behandlung durch eine Repositionierung und Ruhigstellung im Halo-Fixateur (ein spezielles Festhalte- und Spannsystem, das zur Ruhigstellung von konservativ zu behandelnden Frakturen der oberen Halswirbelsäule verwendet wird) nicht erfolgreich ist, wird häufig eine dorsale Reposition und Instrumentation C1/C2, in der Mehrzahl der Fälle mit einer Fusion, durchgeführt (Dvorak, Street, & Lenchan, Brain, 2012).

Axisfraktur (C1)

Einen eigenständigen Bruch des Axiskörpers gibt es nur selten. Meistens zeigen sich Ausläufer von Densfrakturen oder Brüchen der Densbögen, die in den Körper einstrahlen, wobei die Differenzierung oft schwierig ist. Je nach vorliegendem Befund kann die Therapie einer Fraktur des Axiskörpers konservativ über einen Halo-Fixateur oder durch eine Fusionsoperation erfolgen (Dvorak et al., 2012).

Verletzung der unteren HWS

Verletzungen der unteren Halswirbelsäule können sehr schwerwiegend sein und treten häufig in Kombination mit neurologischen Komplikationen auf. Folgende Symptome können vorkommen: Schmerzen (lokal, bewegungsabhängig, ausstrahlend), medulläre Symptome mit inkomplettem oder komplettem Querschnitt, adikuläre Symptomatik sowie Halsumfangsvermehrung durch prävertebrale Einblutung und spinalem Schock.

Eine absolute Indikation zur operativen Versorgung besteht bei einer kompletten Tetraplegie, einem inkompletten Querschnittssyndrom, Frakturen mit radikulären Ausfällen durch Wurzelkompression und instabilen Frakturen ohne neurologische Komplikation. Je nach Ausgangsbefund kommen Operationsverfahren mit ventralem oder dorsalem Zugang zur Anwendung (Vaccaro et al., 2007; Patel, Anderson, & Vaccaro, 2012).

4.2.4 Tumoren

Gutartige Tumoren

Verschiedene Formen von gutartigen (benignen) Tumoren können in der Wirbelsäule auftreten: Tumore, die von der knöchernen Struktur ausgehen (osteogen), Tumore, die von der knorpeligen Struktur ausgehen (chondrogen), Tumore des Knochens, die durch Gefäßwucherungen entstehen (vasogen) sowie Knochentumore anderen Ursprungs oder tumorähnliche Knochenveränderungen.

Gutartige Knochentumore, wie das Osteoblastom, das Osteoidosteom oder Knochenzysten sind oft in den posterioren Wirbelanteilen lokalisiert. Gutartige Knochenprozesse, wie das Hämangiom und das eosinophile Granulom, sind oft in den anterioren Wirbelanteilen zu finden (Levine & Boriani, 2012).

Gutartige Tumore können durch ihr Wachstum die Stabilität des Bewegungssegments verändern, die spezifischen Strukturen wie Knochen und Bänder zerstören sowie Druck auf das Rückenmark und die Spinalnerven ausüben. Die Sicherung der Dignität (gutartig/bösartig) des Tumors ist für die weiteren Behandlungsschritte eine wesentliche Voraussetzung. Ist das Wachstum des Tumors so weit fortgeschritten, dass die Zerstörung der knöchernen Wirbelstruktur und des Bandapparats die bio-

mechanischen Funktionen des Bewegungssegments nachteilig verändert, oder neurologische Ausfälle durch Druck auf das Rückenmark und die Spinalnerven drohen beziehungsweise bereits eingetreten sind, so wird ein operatives Vorgehen erforderlich (Levine & Boriani, 2012).

Bösartige Tumoren

Es können verschiedene Formen von bösartigen (malignen) Tumoren in der Wirbelsäule auftreten: Tumore, die von der knöchernen Struktur ausgehen (osteogen), Tumore, die von der knorpeligen Struktur ausgehen (chondrogen), Tumore des Knochens, die durch Gefäßwucherungen entstehen (vasogen), Tumore, die vom Bindegewebe ausgehen (fibrös-histiozytär) sowie Tumore, die vom Knochenmark ausgehen (hämatopoetisch) oder Knochtumore anderen Ursprungs.

Gerade an der Wirbelsäule sind dem Operateur durch die anatomischen Besonderheiten (Rückenmark, Spinalnerven, Gefäßversorgung) in der Radikalität des operativen Vorgehens Grenzen gesetzt (Boriani, Badiera, Boriani, & Weinstein, 2012). Die Tumorchirurgie der Wirbelsäule kann aber, immer angepasst an den individuell vorliegenden Befund helfen, die Lebensqualität des Patienten deutlich zu verbessern. Bei günstiger Lokalisation kann ein Tumor komplett entfernt werden (kurative Behandlung) (Boriani et al., 2012).

4.2.5 Deformitäten

Kyphose

Die nach dorsal gerichtete Krümmung wird als Kyphose bezeichnet. Physiologisch tritt dies im Bereich der Brustwirbelsäule und am Ende der Wirbelsäule als Sakralkyphose auf. Eine pathologische Verstärkung dieser Krümmung im Brustbereich stellt sich als Hyperkyphose (Rundrücken) dar (Grosso, Steinmetz, & Benzel, 2012). Eine Kyphose der Halswirbelsäule kann durch verschiedene Ätiologien, wie degenerative Erkrankungen, Traumen, aber auch entzündliche Prozesse hervorgerufen werden. Dies ist häufig assoziiert mit starken Nackenschmerzen. Patienten mit einer schwerwiegenden zervikalen Kyphose können eine so genannte Chin-on-Chest-Deformität

entwickeln, welche massive Auswirkungen auf die Fähigkeit zu Atmen und zu Schlucken haben kann (Grosso et al., 2012).

Lordose

Bei der Lordose handelt es sich um die Krümmung der Wirbelsäule nach vorne. Eine Lordose im Bereich der Halswirbelsäule (cervical) und der Lendenwirbelsäule (lumbar) ist physiologisch, da sie wie auch die Kyphose und die Skoliose (seitliche Krümmung) die Stoßdämpferwirkung der Wirbelsäule begründet. Deutlich verstärkte Krümmungen oder Streckungen der Wirbelsäule verursachen jedoch Beschwerden bis hin zu chronischen Krankheitsbildern und Schädigungen (Grosso et al., 2012). Durch sitzende Tätigkeit kommt es im Bereich der HWS zu einer Entlordosierung (teilweise Aufhebung der physiologischen Krümmung) bis hin zur Überstreckung. Als Hyperlordose (Hohlkreuz) wird eine Fehlhaltung mit übertriebener Lordose der Lendenwirbelsäule bezeichnet, bei der sich die Bauchpartie durch die Verlagerung des Beckens nach vorne vorwölbt (Grosso et al., 2012).

Skoliose

Das Wort Skoliose kommt aus der griechischen Sprache und bedeutet krumm (scolios). Bei der Skoliose zeigt sich in der Frontalebene eine (teil-)fixierte seitliche Verbiegung der Wirbelsäule mit Deformierung der Wirbelkörper. Die pathologische Skoliose ist eine komplexe dreidimensionale Deformität der Wirbelsäule, die strukturelle Veränderungen in den drei Ebenen der Wirbelsäule (Frontal-, Sagittal- und Transversalebene) nach sich zieht und in allen Wirbelsäulensegmenten auftreten kann. In der Transversalebene kommt es im Scheitelbereich der Skoliose zu einer Rotation (Drehung) der Wirbel um die eigene Achse, wobei es zusätzlich zu einer spiralförmigen Verwindung der Wirbelsäule im betroffenen Bereich kommt. In der Sagittalebene kommt es zur Veränderung der physiologischen Krümmungen (Kyphose und Lordose), wobei es je nach vorliegendem Skoliosetyp zur Zunahme oder Abnahme der Kyphose- oder Lordosekrümmung kommen kann. Unterschieden werden ideopatische (unklaren Ursprungs), kongenitale (angeborene) und neuromuskuläre (durch neurologische oder muskuläre Erkrankungen entstandene) Skoliosen. Je nach Schwere der Wirbelsäulendeformität kann eine frühzeitige Operation erforderlich sein (Grosso et al., 2012).

4.3 Behandlungsmöglichkeiten

Nach einer gesicherten Diagnostik der HWS-Erkrankung mittels Röntgen, (Meinhardt, Milam, & Darden, 2012), CT, (Ullrich, 2012a), MRT (Ullrich, 2012b) und/oder Angiographie (Ullrich, Nakanishi, & Nakamura, 2012) wird über die mögliche Behandlung entschieden. Diese kann entweder konventionell oder chirurgisch erfolgen.

4.3.1 Nicht-operative Verfahren

Medikamentös

In erster Linie werden Medikamente zur Schmerzlinderung verabreicht (beispielsweise steroidhaltige Antiphlogistica, Schmerzmedikamente, Muskelrelaxantien). Je nach Ätiologie können auch entzündungshemmende Medikamente zum Einsatz gebracht werden.

Physiotherapie

In Abhängigkeit der Pathophysiologie können Übungen zur Erhaltung der Beweglichkeit, zur Kräftigung der Muskulatur oder zur Entspannung eingesetzt werden. Auch Wärmeanwendungen gegen die verspannte Nackenmuskulatur kommen zum Einsatz.

4.3.2 Operative Verfahren

Sollte eine konventionelle Therapie nicht erfolgreich sein, wird ein operatives Verfahren unumgänglich. In Abhängigkeit des zu operierenden Bereiches wird der Zugang entweder von ventral, von dorsal oder einer Kombination aus beiden Verfahren gewählt. Die Wahl des Zugangswegs ist von verschiedenen Faktoren abhängig: Lage und Ausdehnung des vorliegenden Prozesses, Ausmaß der operativen Destabilisierung, Wahl des Instrumentariums und des sagittalen Profils (Grimmer & Wurm, 2011; siehe *Abbildung 8*). In Abhängigkeit des vorliegenden Ausgangsbefunds werden wahrscheinlich eine oder mehrere der folgenden Operationstechniken zur Anwendung kommen: Fusion, Dekompression, Korporektomie oder Spondylodese.

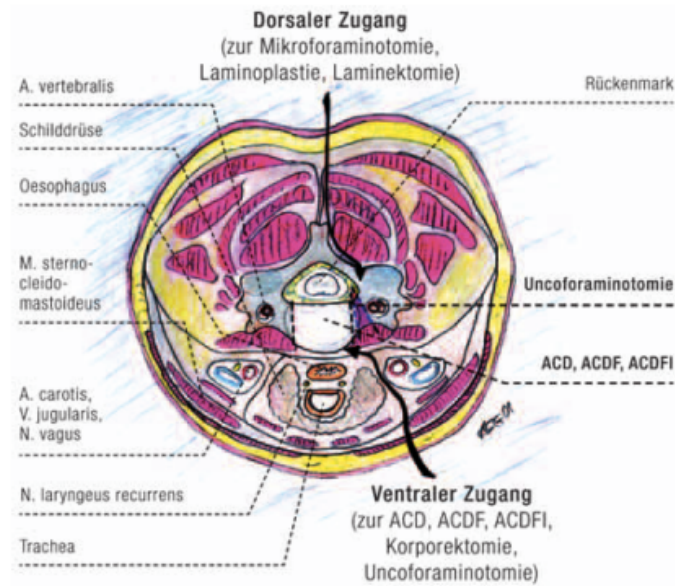


Abbildung 8: Operative Zugangswege zur HWS (Bildquelle: Grimmer & Wurm, 2011, S.25).

Ventraler Zugang

Der Einsatz von Operationsverfahren von vorne erlaubt die saubere Darstellung sämtlicher vorderer Anteile der Halswirbelsäule einschließlich der Arteria vertebralis. Die Präparation kann schonend innerhalb von vorgegebenen Weichteilsepten mit geringer Traumatisierung der Halsweichteile durchgeführt werden. Die Nachteile des vorderen Zugangs an der oberen Halswirbelsäule bestehen in der möglichen Schädigung folgender anatomischer Strukturen: N. hypoglossus, N. laryngeus superior, Arteria carotis interna und Glomus caroticum. Die Nachteile des vorderen Zugangs im Bereich der unteren Halswirbelsäule bestehen in der möglichen Schädigung des Ganglion stellatum und des N. laryngeus recurrens (siehe *Tabelle 1*).

Ventrale Zugänge zur Halswirbelsäule werden häufig bei Spinalkanalstenosen durch Osteophyten (knöchernen Randzanken) durchgeführt. Durch Zerrung, Druck oder direkte Schädigung des N. hypoglossus, vagaler Nervengeflechte oder des N. recurrens die bei der Operationsroute vom Hals zur Wirbelsäule vorkommen können, kann es zu oralen, pharyngealen oder ösophagealen Dysphagien sowie Stimm- lippenparesen kommen.

Tabelle 1: Darstellung gefährdeter Strukturen auf Operationshöhe, gegliedert nach den möglichen klinischen Auswirkungen (Quelle: Haller, Iwanik, & Shen, 2011).

Höhe des operativen Eingriffs	Gefährdete Strukturen	Klinische Auswirkungen
C2	N. hypoglossus	Dysphagie, Dysarthrie, ipsilaterale Abweichung der Zunge
C2-C3	N. hypoglossus	Dysphagie, Dysarthrie, ipsilaterale Abweichung der Zunge
C3	N. hypoglossus N. laryngis superior interna A. laryngea superior A. thyroidea superior	Dysphagie, Dysarthrie, ipsilaterale Abweichung der Zunge, Reduzierter Hustenreflex
C3-4	N. laryngis superior interna A. laryngea superior A. thyroidea superior	Reduzierter Hustenreflex
C4	N. laryngis superior interna N. laryngis superior externa A. laryngea superior A. thyroidea superior	Reduzierter Hustenreflex, Heiserkeit, Stimmermüdung, Reduzierte hohe Stimmgebung
C4-C5	N. laryngis superior externa A. laryngea superior A. thyroidea superior	Heiserkeit, Stimmermüdung, Reduzierte hohe Stimmgebung
C5	N. laryngis superior externa A. laryngea superior A. thyroidea superior	Heiserkeit, Stimmermüdung, Reduzierte hohe Stimmgebung
C5-C6	N. laryngis superior externa A. thyroidea superior	Heiserkeit, Stimmermüdung, Reduzierte hohe Stimmgebung
C6	N. laryngis superior externa A. thyroidea superior	Heiserkeit, Stimmermüdung, Reduzierte hohe Stimmgebung

Die Art der Schluckstörung hängt von der Höhe des Eingriffs ab, so scheinen hohe Zugänge zu Störungen der oralen Phase (durch Schädigungen des N. hypoglossus), tiefere Zugänge zu pharyngealen oder ösophagealen Störungen zu führen (Martin, Neary & Diamant, 1997). Wegen der anfänglich vorliegenden postoperativen Schwellungen oder Hämatome sind vorübergehende Odynophagien (Schmerzen beim Schlucken) keine Seltenheit (Prosiegel & Weber, 2013).

Dorsaler Zugang

Von der Mittellinie des Nackens kann eine zervikale Operation erfolgen, um entsprechend rückwärtige Strukturen operativ zu erreichen. Die Nachteile des hinteren Zugangs im Bereich der Halswirbelsäule sind durch die erforderliche Muskelablösung ein ausgedehntes Weichteiltrauma mit möglicher Schädigung der Muskeln M. rectus capitis posterior minor, M. rectus capitis posterior major, M. obliquus capitis inferior sowie eine Verletzung der Arteria vertebralis im Bereich der oberen Halswirbelsäule.

Im Rahmen einer Studie bei menschlichen Leichen wurden die anatomischen Strukturen untersucht, die durch eine dorsale Operation an der HWS geschädigt werden können (Zhang, Tsuzuki, Hirabayashi, Saiki, & Fujita, 2003). In dieser anatomischen Studie lag der Schwerpunkt jedoch nicht speziell auf den Strukturen, die mit dem Schlucken oder der Stimmgebung in Verbindung stehen, sondern auf möglichen Ursachen von Schmerz und Steifheit, die als häufige Komplikation nach dorsalen Eingriffen beschrieben werden. Im Rahmen der Studie wurde die dorsale HWS bei 14 Leichen ohne Auffälligkeiten der HWS hinsichtlich der anatomischen Strukturen untersucht. Die Studie ergab, dass im Rahmen des Eingriffs die Halsstabilisatoren geschädigt werden können. Bei dorsalem Zugang können verschiedene Ursachen zu iatrogenen Schädigungen der medianen Äste der Spinalnerven führen: ein dorsaler Hautschnitt in der Mitte kann den N. occipitales major verletzen. Diese medianen Äste verlaufen um die paravertebralen Muskeln und könnten daher zu intermuskulären Verletzungen der medialen Äste der Spinalnerven führen.

Bei einem Eingriff am lateralen Gebiet der Facettengelenke liegen Bereiche der medianen Äste direkt im Operationsgebiet. Durch eine laterale Retraktion der paravertebralen Muskeln ist eine Überdehnung der medialen Äste der Spinalnerven möglich. Die operativen Eingriffe, welche zu einem Übermaß an Bewegung der Facettengelenke führen, üben enorme Kräfte auf die medianen Äste im dorso-lateralen Bereich der Facettengelenkte aus. Dies führt zu chronischen Nackenschmerzen, die mit den durch ein Schleudertrauma verursachten Nackenschmerzen vergleichbar sind (Zhang et al., 2003).

Anterior zervikale Diskektomie (ACD) mit Fusion (ACDF) und/oder Instrumentation (ACDFI)

Dieses Verfahren wird ausschließlich von ventral durchgeführt und zählt seit den 1950er Jahren zu den Routineoperationen an der Halswirbelsäule. Jede Form der Bandscheibenerkrankung (degenerativ, entzündlich oder traumatisch) kann mit dieser Methode behandelt werden (Grimmer & Wurm, 2011). Diese Technik hat eine funktionelle Ausschaltung des betroffenen Bewegungssegmentes mit anschließender Fusion und Blockwirbelbildung zum Ziel. Es können auch mehrere Segmente mit dieser Operationstechnik versorgt werden (Grimmer & Wurm, 2011).

Zunächst wird mittels eines Querschnitts an der linken oder rechten Halsseite zwischen der Schilddrüse, der Luftröhre und dem Gefäß-Nervenbündel (bestehend aus A. carotis, V. jugularis und N. vagus) die Wirbelsäule dargestellt. Nach der Identifizierung des zu behandelnden Segmentes wird die Bandscheibe schrittweise entfernt. Unter dem Mikroskop werden dann die in den Wirbelkanal reichenden Vorfälle oder knöchernen Wucherungen entfernt und so der Wirbelkanal selbst und die Nervenkanäle erweitert, um eine Dekompression (Entlastung) zu erreichen. Um dies zu erreichen, werden die Wirbel sanft aufgespreizt.

Bei der ACD bleibt der Bandscheibenraum leer. Im Anschluss an die Operation kann es im Bewegungssegment zu einer Fusion (Verschmelzung) oder einer Pseudoarthrosenbildung kommen (Grimmer & Wurm, 2011).

Bei der ACDF wird in das leere Bandscheibenfach ein Platzhalter eingebracht, der zu einer Fusion (Verschmelzung) der zwei beteiligten Wirbel führt. Anfänglich wurde bei dieser Operation mit Knochendübeln gearbeitet, die aus dem Beckenkamm entnommen wurden. Heutzutage sind Platzhalter (cages) aus PEEK (Polyethyletherketon) oder aus Metall gebräuchlich (Grimmer & Wurm, 2011).

Bei der ACDFI wird zusätzlich zur ACDF eine Instrumentation eingebracht. Hierbei wird ventral eine Platte zwischen den angrenzenden Wirbelkörpern angebracht. Dieses Verfahren wird routinemäßig hauptsächlich bei Instabilitäten angewendet.

Diese Operationen werden immer in Vollnarkose durchgeführt. Je nach Befund wird manchmal ein weicher Halskragen für die ersten Tage oder Wochen verordnet. Der Patient kann in der Regel am ersten Tag mobilisiert werden. Der Kran-

kenhausaufenthalt beträgt etwa vier bis fünf Tage. Für einige Wochen sollte der Patient ruckartige Bewegungen des Kopfes vermeiden.

Wirbelkörperresektion (Korporektomie)

Hierbei werden sowohl der Wirbelkörper als auch die angrenzenden Bandscheiben reseziert (entfernt) und gegebenenfalls die angrenzenden Höhen mit Cage-Implantaten und einer ventralen Platte fusioniert. Durch den Einsatz der Platte soll eine verbesserte Stabilität erreicht und das Auftreten einer Pseudoarthrose verhindert werden (Grimmer & Wurm, 2011).

Laminektomie

Eine Laminektomie kann zur Dekompression durchgeführt werden. Hierbei werden die entsprechenden Wirbelbögen komplett reseziert, wobei gleichzeitig eine Instrumentation mit Cages von ventral oder mit Schrauben von dorsal empfohlen wird, um eine kyphotische Fehlstellung nach der Operation zu verhindern (Grimmer & Wurm, 2011).

Spondylodese

Bei der Spondylodese (Wirbelkörperverblockung) werden zwei oder mehr Wirbelkörper operativ versteift. Die Versteifung von Wirbelsegmenten führt zu einem irreversiblen Bewegungsverlust im betroffenen Abschnitt der Wirbelsäule, wobei der Bewegungsverlust von der Länge der Versteifung abhängig ist. Zur Anwendung kommt die Spondylodese bei Instabilität der Wirbelsäule, die beispielsweise durch Frakturen entstanden ist (Grimmer & Wurm, 2011).

4.5 Die Rolle der Halswirbelsäule beim Schlucken

Die Bewegung der Halswirbelsäule während des Schluckens wurde in einer Studie von Mekata, Takigawa, Matsubayashi, Hasegawa & Ito (2013) untersucht. Hierfür wurden 39 gesunde junge Probanden ($M=34,3$ Jahre) mittels einer Videofluoroskopie untersucht, und anhand dieser Videos die Bewegungen der einzelnen Wirbelkörper gemessen und mit der oralen und pharyngealen Phase des Schluckens verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass während der pharyngealen Phase im Verhältnis zur oralen Phase die Wirbel C1, C2, and C3 flexiert waren (die deutlichste Veränderung zeigte C2 mit einem durchschnittlichen Flexionswinkel von $1,42^\circ$), wohingegen C5 und C6 extendiert waren (die deutlichste Veränderung zeigte C5 mit einem durchschnittlichen Extensionswinkel von $0,74^\circ$). Die Wirbel C3, C4, C5 und C6 bewegten sich nach hinten (die deutlichste Bewegung zeigte C4 mit einer durchschnittlichen Bewegung von $1,04$ mm). C1, C2 und C3 bewegten sich nach oben (die deutlichste Bewegung zeigte C2 mit einer durchschnittlichen Bewegung von $0,55$ mm), wohingegen sich C5 und C6 nach unten bewegten. Die Autoren schlussfolgern, dass sich die Halswirbelsäule bewegt, um während des Schluckens die physiologische Lordose zu reduzieren. Diese Ergebnisse lassen im Umkehrschluss vermuten, dass eine Einschränkung dieser Bewegungsfähigkeit der Wirbelkörper durch Fixierung oder Versteifung auch Auswirkungen auf die schluckphysiologischen Parameter haben könnten.

Auch die orofazialen und zervikalen Muskeln sind eng funktionell miteinander verbunden (von Heymann & Smolenski, 2011). Mehrere anatomische Strukturen bilden gemeinsam eine komplexe, geschlossene kinematische Kette (siehe *Abbildung 9*). Diese besteht neben der Halswirbelsäule aus dem Kiefergelenk und den direkt für die Bewegung dieses Gelenks zuständigen Kaumuskeln.

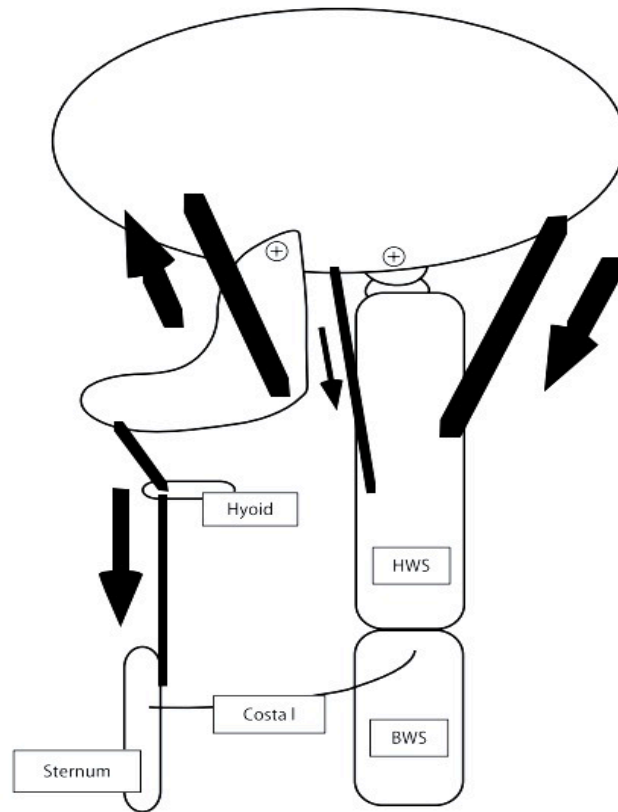


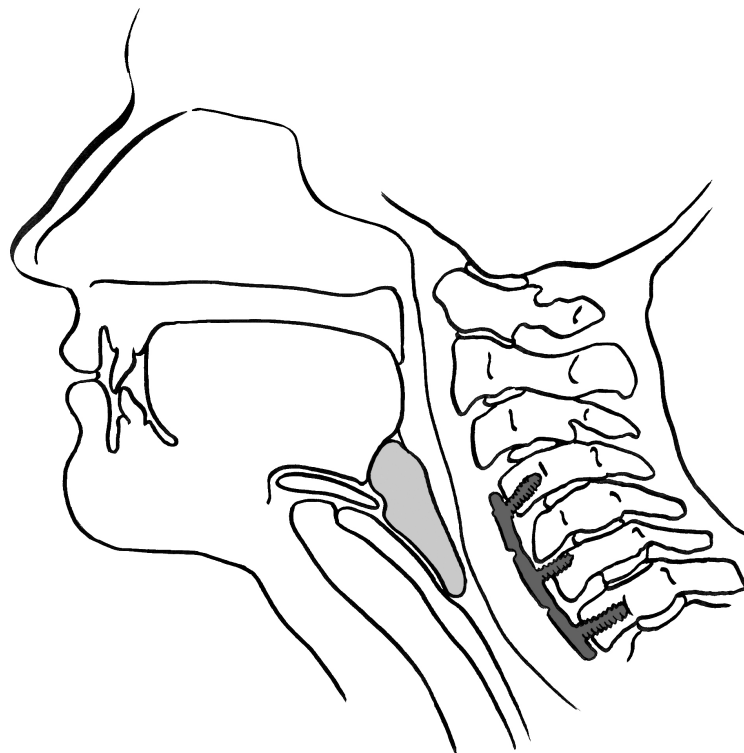
Abbildung 9: Schema des Zusammenspiels von Nacken-, Kau- und Zungenbeinmuskeln (Quelle: Neuhuber, 2007, S.228).

Weiterhin gehören die drei Schichten der hinteren Nackenmuskulatur dazu, die supra- und infrahyoidale Muskulatur, das Zungenbein, der M. sternocleidomastoideus und der Schultergürtel, inklusive der Clavicula mit Sternum und dem oberen Scapularand (von Heymann & Smolenski, 2011). Die Nackenmuskulatur ist essentiell für die Kontrolle von Kopf- und Augenbewegungen und die Aufrechterhaltung der Balance, aber auch für die Orientierung im Raum (Neuhuber, 2007; Patel, Spiker, & Ghanayem, 2012).

Für Bewegungen im Kiefergelenk (Mund öffnen) bei ruhiger Kopfhaltung ist eine Stabilisierung in den Kopfgelenken durch kompensatorische Anspannung der Nackenmuskulatur nötig. Andererseits erfordert eine Reklination des Kopfes eine Aktivierung der Kaumuskeln, um den Mund geschlossen zu halten (von Heymann & Smolenski, 2011).

Die Darstellung der Schluckmechanismen und die komplexen Zusammenspiele von Nerven und Muskeln machten die verschiedenen risikobehafteten anatomischen Strukturen deutlich, die bei einer ventralen oder dorsalen Operation der Halswirbelsäule beschädigt werden können. Neuhuber (2007) vermutet, dass es für nozizeptive (schmerzempfindliche) Störsignale aus der Peripherie ein Leichtes wäre, die Koordination von Kopf- und Kieferbewegungen aus der Balance zu bringen.

5 Schluckstörungen nach Operationen an der Halswirbelsäule



Das Teilgebiet der Schluckstörungen nach Operationen an der Halswirbelsäule ist insgesamt zwar bisher ein recht wenig erforschtes Gebiet, in den letzten Jahren jedoch immer häufiger in den Fokus des Interesses gerückt. Zusätzlich zu den Einzelfallstudien gibt es mittlerweile immer mehr Studien auch auf höheren Evidenzlevel-Stufen, welche in diesem Kapitel näher betrachtet werden.

Es konnte mittlerweile belegt werden, dass Schluckstörungen nach Operationen keine seltenen Ausnahmen sind, sondern eine häufige Komplikation darstellen (Campbell et al., 2010; Fountas et al., 2007; Zeng, Zhong & Chen, 2013). Es stellt sich die Frage, warum das Auftreten einer Schluckstörung nach Operation an der Halswirbelsäule eine bislang so wenig wahrgenommene Komplikation darstellt. Dies kann möglicherweise an der Wahl der verschiedenen Studiendesigns und damit verbunden der Identifizierung von Dysphagien liegen. So wird die medizinische Einschätzung über das Vorhandensein von Schluckstörungen in den zumeist retrospektiven Studien häufig aus den medizinischen Akten entnommen. Eine Arbeitsgruppe aus St. Luis, USA (Edwards et al., 2004) untersuchte die Genauigkeit der Dokumentation von Dysphagie und Dysphonie nach einer zervikalen Operation. Hierbei wurden die medizinischen Aufzeichnungen von 166 Patienten zu den Zeitpunkten sechs Wochen, drei Monate und sechs Monate nach der Operation (insgesamt 342 postoperative ärztliche Untersuchungen) mit den Ergebnissen eines subjektiven Patientenfragebogens verglichen. Es wurde ungeachtet der Symptomstärke lediglich eine geringe Korrelation zwischen den Patientenangaben und den medizinischen Dokumentationen im Hinblick auf das Vorhandensein einer Schluckstörung gefunden. Die Autoren stellten fest, dass die von den Ärzten abgegebene Rate der postoperativen Dysphagien deutlich zu tief war. Diese Unterrepräsentation betrug 80% (eine Schluckstörung wurde insgesamt 26 Mal in den ärztlichen Unterlagen dokumentiert, jedoch 107 Mal wurde eine Schluckstörung in den Patientenfragebögen angegeben). Die Autoren kommen in dieser Studie zu dem Schluss, dass die Prävalenz solcher Outcomes, wie in diesem Fall das Vorhandensein einer Schluckstörung, in retrospektiven Studiendesigns, die sich ausschließlich auf die Dokumentation innerhalb der ärztlichen Unterlagen bezieht, deutlich unterrepräsentiert sein könnte.

Es muss jedoch auch darauf verwiesen werden, dass die Kontrollinstanz dieser Studie subjektive Patientenfragebögen darstellen, wie dies in einer Vielzahl der

Studien in diesem Bereich der Fall ist. Mittlerweile gibt es Hinweise, dass Patienteneinschätzungen nicht sehr hoch mit einer objektiven Beurteilung des Schluckvermögens korrelieren (Smith-Hammond et al., 2004).

Die Kenntnis über das Vorhandensein einer Schluckstörung und deren zugrunde liegenden Pathomechanismus ist jedoch nicht nur für die Lebensqualität der Patienten wichtig, sondern spielt auch eine ökonomische Rolle für das Gesundheitssystem. Eine Studie aus den USA hat aufgezeigt, dass Patienten mit einer Dysphagie einen längeren Krankenhausaufenthalt haben sowie deutlich höhere Kosten durch assoziierte Komplikationen wie Aspirationspneumonien oder die Notwendigkeit einer Magensonde verursachen (Starmer et al., 2013). Die Autoren durchsuchten die größte US-amerikanische Datenbank nach den ICD-9-Codes für Erkrankungen der Halswirbelsäule, die mit einem ventralen operativen Eingriff behandelt wurden. Zusätzlich wurden sämtliche Codes für mögliche Komorbiditäten identifiziert – unter anderem Dysphagie, Dysphonie und Aspirationspneumonie. Auch nach Sprachtherapie, als indirekter Marker für eine behandlungsbedürftige Problematik, wurde gefiltert. Insgesamt wurden über 1,5 Millionen Fälle von ventraler zervikaler Diskektomie (ACD) codiert, davon knapp 33.000 mit Dysphagie (2%). Sprachtherapie oder Dysphagie-Management wurde dahingegen lediglich in 157 Fällen insgesamt (<0.1%) und nur in 0.2% aller Patienten mit einer Dysphagie, in 0.2% aller Patienten mit einer Dysphonie, in 0.4% aller Patienten mit einer Stimmlippenparese und 0.1% aller Patienten mit einer Magensonde codiert.

Bei keinem einzigen Patienten mit Komplikationen wie Bandscheibenprothese, Revisions-Operation, Tracheotomie oder Aspirationspneumonie wurde Sprachtherapie oder Dysphagie-Management codiert. Diese Studie macht deutlich, dass eine Dysphagie im Rahmen dieser Studie zwar selten codiert wurde, die Konsequenzen von Schluckstörungen jedoch signifikant sind, da sie zu einem längeren Krankenhausaufenthalt im Vergleich zu den nicht-dysphagischen Patienten führten. Dies hat deutlich höhere Kosten zur Folge. Die Autoren geben pro Tag Mehrkosten von >4,500 US-Dollar an (Stand der Währung 2012). Weiter berichten die Autoren, dass 4% der dysphagischen Patienten eine Aspirationspneumonie entwickelt haben. Bei diesen Patienten stellte sich die Dysphagie als signifikanter Prädiktor für die Entwicklung einer Aspirationspneumonie heraus. Die Aspirationspneumonie wieder-

rum war assoziiert mit einer erhöhten Mortalität (16-fach erhöht) und hatte den größten Einfluss auf den Krankenhausaufenthalt und die anfallenden Kosten im Vergleich zu allen anderen Variablen. Bei keinem Patienten mit einer Aspirationspneumonie wurde Sprachtherapie/ Dysphagiemanagement kodiert. Die Autoren geben zu bedenken, dass die Möglichkeit einer frühzeitigen Intervention und dadurch eines besseren Outcome der Patienten verpasst wurde, indem keine Sprachtherapeutinnen involviert wurden. Denn eine Behandlung durch Sprachtherapeutinnen führt nachgewiesenermaßen zu einer Verringerung von medizinischen und pulmonalen Komplikationen. Zudem sinkt die Krankenhaus-Mortalität durch die therapeutische Betreuung (Carnaby, Hankey & Pizzi, 2006). Die Autoren (Starmer et al., 2013) fassen zusammen, dass das Auftreten von Schluckstörungen nach Operationen an der HWS (ventral) mit einer signifikant erhöhten Sterblichkeitsrate, einem verlängerten Krankenhausaufenthalt und erhöhten Kosten assoziiert sind. Trotz dieser Kenntnis und dem Wissen über die bekannte und bewährte Rolle der Sprachtherapeutinnen im Dysphagie-Management scheinen die Verordnungen dieser Leistung bei dieser Patientenpopulation nicht ausreichend genutzt worden zu sein. Dabei könnten sprachtherapeutische Interventionen sowohl zur Erarbeitung von Kompensationsstrategien bei postoperativen Ödemen, als auch zur Identifikation schluckphysiologischer Defizite hilfreich sein, und für die Patienten eine Steigerung der Lebensqualität erreichen (Starmer et al., 2013).

Ein Großteil der existierenden Literatur fokussiert auf ventrale operative Eingriffe (Cho, Lu & Lee, 2013; Fengbin et al., 2013; Fountas et al., 2007; Riley, Vaccaro, Dettori & Hashimoto, 2010). Es gibt jedoch auch erste Hinweise darauf, dass Schluckstörungen nach dorsalen operativen Eingriffen eintreten können (Radcliff et al., 2013; Smith-Hammond et al., 2004). Im Folgenden wird die vorhandene Literatur in diesen beiden Bereichen zusammenfassend dargestellt, um daraus anschließend die offenen Fragen für das vorliegende Projekt abzuleiten.

5.1 Schluckstörungen nach einem ventralen Eingriff

Die klinischen Anzeichen für eine Dysphagie sind bei Patienten nach einer Operation an der Halswirbelsäule häufig subtil oder klinisch schwer zu beurteilen. Da es sich nicht um Verletzungen des Gehirns handelt, wurde eine Schluckstörung nach einem solchen Eingriff primär als „mechanische Zugangskomplikation“ gewertet. Es finden sich jedoch Hinweise, welche die Auswirkung von Operationen dieser Art auf die neurologische Innervation des Larynx und Pharynx bestätigen (Kalb et al., 2012; Riley et al., 2010). Dies zeigt sich häufig im Auftreten von Stimmlippenpareesen und sensorischen Beeinträchtigungen in diesem Bereich. Die Ursachen für die Schluckstörung scheinen daher nicht ausschließlich mechanisch, sondern mit neurologischen, mechanischen und respiratorischen Anteilen multifaktoriell zu sein. Dies unterstreicht noch einmal die Notwendigkeit, diesem bislang wenig erforschten Gebiet, gezielte Aufmerksamkeit zu schenken.

Die systematische Medline-Literaturrecherche nach den Suchbegriffen „dysphagia“ und „cervical spine surgery“ ergab 30 Artikel. Der erste Artikel, der sich mit Erkrankungen der Halswirbelsäule und Auftretenden Schluckstörungen beschäftigt, stammt aus dem Jahr 1987 (Zerhouni, Bosma & Donner, 1987). Die Autoren weisen darauf hin, dass die erste Verbindung von bestehenden Osteophyten und Schluckstörungen von Zahn aus dem Jahr 1905 stamme. In der Studie von Zerhouni et al. (1987) wurden 25 Patienten radiographisch untersucht. Zunächst wurden Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule gemacht wurden, im Anschluss daran wurde 5ml Barium mit einem Katheter durch die Nasenlöcher in den Rachen eingebracht. Fünf dieser 25 Patienten zeigten nach klinisch unauffälliger Schluckuntersuchung intra-, beziehungsweise postdeglutitive Aspiration. Diese fünf Patienten wurden im Rahmen von Falldarstellungen näher beschrieben. Die Dysphagie wird hier unabhängig von einer Operation an der HWS beschrieben, sondern durch das Vorhandensein von Osteophyten erklärt. Hier wird die Operation zur Entfernung der Osteophyten als Therapie der Dysphagie angesehen.

Bevor und auch parallel zu systematischen Untersuchungen werden immer wieder Fallstudien zum Thema vorgestellt. So veröffentlichten Vanderveldt & Young (2003) den Fall einer 29-jährigen Patientin, die nach längerer Zeit mit Nackenschmerzen eine Operation an der Halswirbelsäule erhielt. Im Rahmen dieser Opera-

tion wurde eine ventrale Korporektomie des fünften Halswirbelkörpers, Diskektomien von C4–5, C5–6 sowie Ektomien der Osteophyten durchgeführt. Nach einer komplikationslosen Operation klagte die Patienten kurz nach der Operation plötzlich über Schmerzen beim Schlucken. Zum Zeitpunkt der angeordneten radiologischen Untersuchung bestand ein erhöhtes Aspirationsrisiko (aufgrund einer eingeschränkten Abkipfung der Epiglottis wegen Schwellung der Rachenhinterwand), so dass die Patientin nicht oral ernährt werden konnte. Radiographisch wurde aufgrund eines Hämatoms in der Rachenhinterwand einer Verlagerung der Trachea und des Ösophagus nach vorne festgestellt. Das Hämatom wurde ausgeräumt, der Zustand der Patientin besserte sich. Sie konnte im Lauf ihrer Rehabilitation wieder vollständig oral ernährt werden. Nach sechs Monaten klagte die Patientin wieder über Schluckbeschwerden, überwiegend bei fester Nahrung. Dies hatte eine Dilatation des M. cricopharyngeus zur Folge, die nach anfänglichen Verbesserungen nach wenigen Monaten wiederholt werden musste. Daraufhin konnte die Patientin wieder beschwerdefrei essen. Die Autoren stellen fest, dass das Auftreten einer kurzzeitigen Schluckstörung aufgrund von Schwellungen nach Operationen an der Halswirbelsäule keine Seltenheit ist. Sollten die Schluckstörungen jedoch länger als 48 Stunden anhalten, sollte die Schluckfunktion genauer untersucht werden, um Nervenschädigungen auszuschließen (Vanderveldt & Young, 2003).

5.1.1 Inzidenz

Die Inzidenz für Schluckstörungen nach Operationen an der ventralen Halswirbelsäule werden von den beiden existierenden systematischen Reviews mit der großen Streuung von weniger als 2% bis fast 80% angegeben (Riley et al., 2010; Cho, Lu & Lee, 2013). Es gibt eine Vielzahl von möglichen Gründen, die für diese Varianz ursächlich sein können. Anhand der folgenden Literaturübersicht werden diese möglichen Gründe identifiziert und zusammenfassend dargestellt.

Bazaz, Lee & Yoo, (2002) analysierten 249 Patienten mit einer ventralen Operation an der Halswirbelsäule (ACDF) prospektiv. Alle Patienten wurden einen, zwei, sechs und zwölf Monate nach der Operation telefonisch kontaktiert und bezüglich der Schluckfunktion befragt. Eine vorhandene Schluckstörung wurde mittels

eines eigens entworfenen Scoring-Systems (Bazaz-Yoo Dysphagia Index) eingestuft. Die Patienten, die keine Schluckbeschwerden angaben, wurden mit „keine Dysphagie“ bewertet. Patienten mit nur selten auftretenden Schwierigkeiten wurden als „leichtgradig“ eingestuft. Diese Patienten selbst werteten die Schluckstörung nicht als signifikantes Problem. „Mittelschwere“ Dysphagien wurden als gelegentliche Beschwerden mit spezifischen Nahrungsmitteln (beispielsweise Brot oder Steak) definiert. Die Definition für „schwere“ Dysphagie wurde als „häufige Schluckbeschwerden bei einer Vielzahl der Nahrungsmittel“ festgelegt. Der Bazaz-Yoo Dysphagia Index ist bislang nicht validiert worden, wird jedoch in Untersuchungen von zervikalen Dysphagien häufig genutzt. Einen Monat postoperativ zeigten 50,3% Auffälligkeiten beim Schlucken, davon waren 5,6% schwer betroffen. Sechs Monate nach der Operation waren es noch 17,7% der Patienten, die eine Dysphagie hatten. Nach einem Jahr wiesen noch 12,5% Schluckstörungen auf.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam eine Studie, die sich mit Auffälligkeiten der Schluckfunktion vor und nach der Operation an der Halswirbelsäule beschäftigte (Frempong-Boadu et al., 2002). Hier wurden prospektiv 23 Patienten, die innerhalb eines definierten Jahres eine ACDF erhalten haben, hinsichtlich einer auftretenden Schluckstörung evaluiert. Die Patienten erhielten vor sowie einen Monat nach der OP eine Videofluoroskopie. Die durchgeführte Videofluoroskopie wurden anhand von vier festgelegten Variablen analysiert: Schwellung des Weichteilgewebes, Aufstauung des Kontrastmittels, Penetration und Aspiration. Die Ergebnisse wurden in eine von drei Kategorien eingeteilt: 1) normal, 2) funktionelle Auffälligkeit (laryngeale Penetration) welche den Einsatz eines Chin-tuck Manövers oder der supraglottischen Schlucktechnik erfordert, 3) abnormal (Aspiration). Die Analyse zeigte, dass 48% der Kohorte bereits vor der Operation Auffälligkeiten zeigten. Nach der Operation zeigten 67% der vor der Operation unauffälligen Patienten neu aufgetretene Einschränkungen in der Schluckphysiologie. Die Inzidenz von Schluckstörungen nach einem Monat lag bei 48%. Weiterhin zeigte sich bei 61% der Patienten eine postoperative prävertebrale oder pharyngeale Schwellung, bei 86% dieser Patienten zeigten sich Auffälligkeiten in der Schluckuntersuchung.

Die Inzidenz von Dysphagien war ebenfalls im Fokus des Interesses einer weiteren Studie, die zwei Jahre später publiziert wurde (Smith-Hammond et al., 2004). Diese

dreijährige, prospektiv angelegte Kohorten-Studie untersuchte Patienten, die eine Operation an der Wirbelsäule erhielten. Unterschieden wurden die Zugangswege ventral/zervikal (n=38), dorsal/zervikal (n=19) sowie dorsal/lumbar (n=26). Patienten, die eine Mehrfach-Operation erhielten wurden aus der Datenerhebung ausgeschlossen (n=6). Das Schluckvermögen wurde vor (\bar{x} 3,25 Tage) und nach (\bar{x} 2 Tage \pm 1,5 Tage) der Operation untersucht. Dies erfolgte sowohl durch einen subjektiven Patientenfragebogen, als auch eine videofluoroskopische Untersuchung (VFS) oder eine Fiberendoskopische Evaluation des Schluckens (FEES). Die Entscheidung, ob eine klinisch relevante Dysphagie vorliegt wurde von Sprachtherapeutinnen getroffen. Die Kriterien hierfür sind in der Veröffentlichung nicht näher beschrieben. Zusätzlich wurden noch die Parameter „pharyngeale Residuen“ und das Vorhandensein von Penetration/Aspiration analysiert, jedoch keine genauen Angaben zur Pathophysiologie gemacht. Insgesamt wurden 83 Patientendatensätze evaluiert. Die Inzidenz für das Auftreten einer Dysphagie betrug annähernd 50% in der ventralen HWS-Patientengruppe. Die Mehrzahl (71%) dieser Patienten konnte innerhalb von 2 Monaten wieder auf normale Kost umgestellt werden. Die Ergebnisse dieser prospektiven Studien lassen darauf schließen, dass etwa 50% der Patienten in irgendeiner Form Schluckstörungen durch eine Operation an der Halswirbelsäule erleiden können.

Riley, Skolasky, Albert, Vaccaro & Heller (2005) analysierten retrospektiv Daten von 454 Patienten aus der Datenbank einer multi-zentrischen Outcome-Studie der Cervical Spine Research Society (CSRS). Hierbei wurden die Patienten vor der Operation sowie 3, 6 und 24 Monate nach der Operation telefonisch mit dem Cervical Spine Outcome Questionnaire (CSOQ), einem standardisierten und validierten Fragebogen über Schmerz, Funktionalität und Psychosoziale Komponenten bei Operationen an der Halswirbelsäule (Bendebba, Heller, Ducker & Eisinger, 2002), interviewt. Relevant für die Analyse von Riley et al. (2005) war die Frage über das Vorhandensein von Schluckstörungen. Die Definition der Schluckstörung innerhalb dieses Fragebogens fokussierte auf Schwierigkeiten mit festen und/oder flüssigen Speisen/Getränken, Schmerzen während des Schluckens, Problemen mit dem „Steckenbleiben“ von Nahrung im Hals und Husten während des Essens. Die „Inzidenz“ einer Dysphagie wurde definiert als ein erstmaliges Auftreten dieser Be-

schwerden nach der Operation. Die „Prävalenz“ wurde definiert als das Auftreten einer Dysphagie unabhängig von vorherig genannten Schluckstörungen. Drei Monate nach der Operation berichteten 28% der Patienten über eine Schluckstörung. Ungeachtet von vormals genannten Schluckstörungen klagten sowohl nach 6 als auch nach 24 Monaten 22% der Befragten über Schluckstörungen. Von den übrigen Patienten die initial keine Dysphagie angaben, klagten nach sechs Monaten 6.8% und nach 24 Monaten 7% über Schluckstörungen. Die Autoren berichten, dass Schluckstörungen mit erhöhten funktionellen Einschränkungen nach der Operation assoziiert waren. Die Autoren raten eindringlich zu einer Untersuchung und Dokumentation von Schluckstörungen nach der Operation. Sollte eine Schluckstörung nach sechs Monaten postoperativ weiterhin bestehen, ist eine instrumentelle Diagnostik und Behandlung zu initiieren (Riley et al., 2005).

Langzeit Studien (>12 Monate) sind kaum vorhanden. Eine Studie von Yue, Brodner & Highland (2005) untersuchte 74 Patienten, bei denen im Durchschnitt 7,2 Jahre post-Onset ein Follow-Up durchgeführt wurde. Nach abschließender Bewertung zeigte sich hier eine in Schweregrad variierende Auftretenshäufigkeit von Dysphagien bei 35% der Patienten. 12 der 74 Patienten (16,2%) zeigten im Bazaz-Yoo Dysphagie Index mittelschwere Auffälligkeiten, ein Patient (1,4%) hatte eine schwergradige Dysphagie. Die Autoren schlussfolgern, dass Schluckstörungen, die sich nicht innerhalb von 12 Monaten zurückgebildet haben, den Patienten vermutlich das ganze restliche Leben begleiten könnten. Es wird allerdings von den Autoren nicht diskutiert, inwiefern möglicherweise andere Prozesse, beispielsweise im Rahmen des Alterungsprozesses, für die Schluckstörungen verantwortlich sein könnten.

Eine Studie mit drei Untersuchungsgruppen (frühe Gruppe (n=50), späte Gruppe (n=64) und Kontrollgruppe (n=50)) wurde von einer finnischen Arbeitsgruppe durchgeführt (Tervonen et al., 2007). Die Patienten der frühen Gruppe wurden vor und unmittelbar nach einer ventralen zervikalen Dekompression klinisch und mittels einer Videolaryngostroboskopie untersucht und erhielten 3 Monate nach der Operation einen Fragebogen. Die Patienten der späten Gruppe wurden lediglich 3-9 Monate postoperativ nach demselben Protokoll untersucht. Zeigten sich bei beiden Gruppen nach 3 bzw. 6-9 Monaten schwere Symptome oder Auffälligkeiten bezüglich des Schluckens, wurden weitere Untersuchungen mit einer transoralen

Endoskopie durchgeführt. Patienten der Kontrollgruppe wurden einmalig mit demselben Untersuchungsprotokoll wie die Patientengruppen untersucht. Vor der Operation gab kein Patient in keiner Gruppe Beschwerden an. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass in der frühen Gruppe 34 Patienten (69%) von Schluckstörungen unmittelbar nach der Operation berichteten. In der Kontrollgruppe gaben 8% der Patienten ebenfalls Schluckstörungen an. Die Autoren stellten fest, dass im Rahmen der klinischen Untersuchung außer Einschränkungen des N. recurrens keine Auffälligkeiten in der Beurteilung der Hirnnerven auftraten. Auch konnte keine Speichelaspiration detektiert werden. In der späten Gruppe berichteten 21% der Patienten von Dysphagien. Die Autoren fassen zusammen, dass sich die Schluckstörungen der meisten Patienten innerhalb einer Woche postoperativ zurückgebildet haben. Weiterführende Untersuchungen wurden bei zwei Patienten der frühen Gruppe und sechs Patienten der späten Gruppe durchgeführt, die von einer persistierenden Dysphagie berichteten. Es wurden erneut subjektive Patientenbefragungen durchgeführt, sowie eine transorale Endoskopie vorgenommen. Bei drei Patienten wurde das Untersuchungsergebnis als unauffällig beschrieben, bei einem Patienten wurde die Boluspassage „verlangsamt“ genannt. Über die zugrundeliegenden Pathomechanismen und das genaue Prozedere der transoralen Endoskopie, die für eine Evaluation des Schluckens ungeeignet zu sein scheint, wurden keine Aussagen getroffen. Weiterhin bleibt methodisch die Frage bestehen, wie die Autoren im Rahmen der klinischen Untersuchung oder einer Videolaryngostroboskopie eine Speichelaspiration detektieren wollten.

Rihn, Kane, Albert, Vaccaro & Hilibrand (2011) beschäftigten sich ebenfalls mit der Frage nach der Inzidenz von Schluckstörungen. Hierfür verglichen sie in einem prospektiven Studiendesign Patienten nach einer ACDF (n=38) mit einer Kontrollgruppe von Patienten mit einer Operation der Lendenwirbelsäule (n=56). Ein Fragebogen über das Vorhandensein einer Dysphagie wurde von allen Patienten zwei, sechs und zwölf Wochen nach der Operation ausgefüllt. Zwei Wochen postoperativ zeigte sich eine Inzidenz von 71%. Diese sank nach 12 Wochen auf 8%. Die Autoren schlussfolgern, dass eine Schluckstörung unmittelbar nach der Operation häufig auftritt, die Symptome innerhalb der ersten drei Monate zurückgehen, dann jedoch recht beständig zu sein scheinen. Die Erhebung der Dysphagie erfolgte

mit einem Fragebogen. Dieser bestand aus einer 10-stufigen Rating-Skala und Fragen zur Schluckfähigkeit. Der Schweregrad wurde mit dem Bazaz-Yoo Dysphagia Index festgestellt.

Eine Studie, die sich mit den früh nach den Operationen auftretenden Dysphagien beschäftigte, wurde von Zeng, Zhong & Chen (2013) durchgeführt. Hierbei wurden alle Patienten, die eine ventrale Operation der HWS erhielten (256 Patienten), analysiert. Nach einem Drop-out von 70 Patienten wurden insgesamt 186 Patienten inkludiert (114m/72w; mittleres Alter 51,1 Jahre, Range von 23-80). Anhand eines Fragebogens (telefonisch oder per Brief) wurde das Vorhandensein einer Schluckstörung erfragt und in Schweregrade eingeteilt. Dies erfolgte ebenfalls mit dem Bazaz-Yoo Dysphagia Index (Bazaz et al., 2002). Die frühe Dysphagie wurde im Rahmen dieser Studie als Auftreten innerhalb der ersten vier Wochen nach der Operation definiert. 26,9% (50 Patienten, 23m/27w) berichteten von einer frühen Dysphagie. Die Autoren fassen zusammen, dass die Inzidenz für das Auftreten einer Schluckstörung nach einer ventralen Operation an der Halswirbelsäule hoch ist. Dies sei auf verschiedenste Faktoren zurückzuführen. Die Autoren raten dazu, die Patienten bereits im Beratungsgespräch auf diese mögliche Komplikation hinzuweisen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mittlerweile auf die Ergebnisse mehrerer prospektiver Studien zurückgegriffen werden kann, um ein objektives Bild der Inzidenz von Schluckstörungen nach einer Operation der Halswirbelsäule zu erhalten. Bis auf wenige Ausnahmen (Frempong-Boadu et al., 2002; Smith-Hammond et al., 2004) hatten alle durchgeführten prospektiven Studien die Methodik der subjektiven Patienteneinschätzung gemeinsam (Bazaz et al., 2002; Fengbin et al., 2013).

Die Studienlage lässt eine hohe Inzidenz von Schluckstörungen innerhalb der ersten paar Wochen nach dem operativen Eingriff vermuten, welche sich verringert und nach einem Jahr ein Plateau von 12%-14% erreicht (Bazaz et al., 2002; Riley et al., 2010; Cho et al., 2013; Rihn et al., 2011; Zeng et al., 2013).

Die in der Literatur beschriebene große Varianz bezüglich der Inzidenz von Schluckstörungen (2% bis über 70%) lässt sich vor allem wohl auf die nicht einheitliche Definition des Begriffes Dysphagie zurückführen. Ein weiterer Aspekt ist die Methodenvielfalt der Studiendesigns. Die Spannweite reicht von subjektiven Patientenbe-

fragungen über kodierte Dysphagien in den Krankenhausakten bis hin zu objektiven Verfahren. Auch innerhalb dieser Studien mit instrumentellen Untersuchungsverfahren variiert die Methodik. Das Spektrum der Auswertungskriterien reicht von der alleinigen Präsenz einer Aspiration als Indikator einer Dysphagie bis hin zur sprachtherapeutischen Diagnose einer Dysphagie, deren Definition jedoch nicht näher beschrieben wird. Insgesamt scheint es so zu sein, dass die retrospektiven Studien eine niedrigere Inzidenz ergaben als die prospektiv angelegten Studien (Zeng et al., 2013). Dies kann daran liegen, dass bei der rückwirkenden Begutachtung von medizinischen Dokumenten potentielle dysphagische Patienten nicht erfasst werden (Edwards et al., 2004; Starmer et al., 2013).

5.1.2 Risikofaktoren

Um möglicherweise bereits vor der Operation Patienten identifizieren zu können, welche mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit eine postoperative Schluckstörung entwickeln können, müssen so genannte Risikofaktoren untersucht werden. Einige der bereits im Kapitel 5.1.1 Inzidenz genannten Studien untersuchten dazu mögliche Risikofaktoren wie Alter, Geschlecht und verschiedene operative Parameter wie Dauer der Operation, endotrachealer Cuff-Druck während der Operation, Anzahl der operierten Segmente oder die Segmenthöhe.

In der Studie von Lee et al. (2007) wurden Risikofaktoren wie Alter, Geschlecht, Art der Operation, benutztes Operationsbesteck und Anzahl/Höhe der beteiligten Segmente der Wirbelsäule untersucht. Hierbei stellten die Autoren fest, dass das weibliche Geschlecht bei der Untersuchung sechs Monate post-OP einen Risikofaktor darstellte. Andere Faktoren wie Alter, Erstoperation vs. Revision, Korporektomie vs. Diskektomie oder die Platzierung der Instrumentation erhöhten den Einfluss auf das Entwickeln einer postoperativen Schluckstörung nicht. Operationen an mehreren Segmenten konnten einen Monat nach der Operation als ein Risikofaktor identifiziert werden, schien jedoch beim Messzeitpunkt nach sechs Monaten keinen Einfluss mehr zu haben.

Allerdings zeigte sich der Faktor Alter (>60 Jahre) in der Untersuchung von Smith-Hammond et al. (2004) als statistisch signifikanter Risikofaktor, wohingegen

sich andere Ko-Morbiditäten wie Bluthochdruck, Diabetes mellitus, Rauchen, gastrooesophagealer Reflux, COPD, Alkoholabusus, Drogenabusus, koronare Gefäßerkrankungen, Tumoren oder Myelopathie nicht signifikant zeigten. Da die Studie in einem Krankenhaus für Kriegsveteranen durchgeführt wurde, waren bis auf eine weibliche Patientin alle inkludierten Patienten männlich. Das Geschlecht als potentieller Risikofaktor konnte somit nicht analysiert werden. Keiner der OP-Parameter, sei es der Gebrauch von Instrumentationen, die Operationsdauer, das operierte Segment-Level oder die Anzahl der operierten Segmente konnte als signifikanter Risikofaktor identifiziert werden. Ebenso konnten die Autoren nicht feststellen, dass der endotracheale Druck isoliert betrachtet, einen Risikofaktor für das Entwickeln einer postoperativen Schluckstörung darstellte.

Zu ähnlichen Ergebnissen kam die Studien von Frempong-Boadu et al. (2002). Auch hier konnten Faktoren wie Altersdiabetes, Bluthochdruck, Rauchen und Ernährungsstatus nicht mit dem Auftreten von Schluckstörungen nach der Operation in Verbindung gebracht werden.

Postoperative Dysphagien werden üblicherweise mit der Manipulation und Verschiebung der Speiseröhre während des ventralen Eingriffs in Verbindung gebracht (Papavero et al., 2007). Demnach werden Operationen mit einer größeren Sektion, längerer Operationsdauer, Multilevel-Fusionen und postoperativen prävertebralen Schwellungen mit einem erhöhten Risiko einer Dysphagie assoziiert (Kang, Kim, Seo, Kim & Kim, 2011; Stachniak et al., 2011). Die Pathophysiologie von postoperativen Schluckstörungen kann demnach auch auf den Retraktionsdruck auf den Ösophagus und Verletzungen des ösophagealen Gewebes zurückgeführt werden (Mendoza-Lattes et al., 2008). Eine Dysphagie wird darüber hinaus als Folge einer eingebrachten Platte und deren Dicke diskutiert (Chin, Eiszner & Adams, 2007; McAfee, Reah, Gilder, Eisermann & Cunningham, 2012). Andere Faktoren, wie beispielsweise Schmerzen, Muskelspasmen sowie die Unbeweglichkeit in einer Halsmanschette können ebenfalls zu einem beeinträchtigten Schlucken beitragen. Weiterführend könnte bereits eine Dysphagie vor der Operation aufgrund von zervikalen Osteophyten vorhanden gewesen sein (Akbal et al., 2009).

Chin, Eiszner, & Adams (2007) untersuchten in einer prospektiven Querschnittstudie bei 64 Patienten, ob die Dicke der eingesetzten Platten im Rahmen ei-

ner ventralen Fusion eine Rolle bei der Entwicklung von Schluckstörungen nach der Operation spielt. Die Definition von Dysphagie war lediglich als „Schwierigkeiten beim Schlucken von Tabletten, Flüssigkeiten oder fester Nahrung“ angegeben. Das Ausmaß der Schwierigkeiten wurde subjektiv erfragt. Die Dysphagie wurde als „Langzeit“-Dysphagie gewertet, wenn sie länger als vier Wochen postoperativ bestand. Keiner der Patienten berichtete über präoperative Schluckstörungen. Bei allen Patienten wurde die Dicke der vorhandenen Osteophyten präoperativ gemessen, die Patienten wurden dann postoperativ in zwei Gruppen eingeteilt. Gruppe I bestand aus 30 Patienten (27m/3w), deren ventrale Plattendicke maximal in der Tiefe der präoperativen Osteophyten vortragte. Der Gruppe II waren 34 Patienten (14m/20w) zugeordnet, deren Verplattung weiter vorstand als die präoperativen Osteophyten. In Gruppe I hatten 9 Patienten eine Schluckstörung, 5 davon eine Langzeit-Dysphagie. In der zweiten Gruppe gaben 13 Patienten postoperativ eine Schluckstörung an, 6 Patienten hiervon hatten eine Langzeit-Dysphagie. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass weder das Vorhandensein präoperativer Osteophyten noch eine Plattendicke von 2 mm oder ein Hervorstehen zwischen 3 mm und 7 mm einen zuverlässigen Prädiktor für das Auftreten einer Dysphagie darstellt, eine größere Dicke jedoch durchaus Ursache für eine Schluckstörung sein kann. Die Autoren geben jedoch an, dass die Länge der Operation (über 175 Minuten) ein zuverlässigerer Prädiktor zu sein scheint.

Den Einfluss von Retraktionen des Ösophagus auf das Schluckvermögen untersuchten Papavero et al. (2007) an 92 Patienten, die eine ventrale Operation an der Halswirbelsäule erhielten. Während der Operation wurde der epi-ösophageale Druck von einem Drucksensor zwischen Retraktor und dem Pharynx/Ösophagus gemessen. Bei 31 Patienten wurde zusätzlich ein Drucksensor in den Pharynx/Ösophagus eingebracht, um den endo-ösophagealen Druck zu messen. Während der ersten 5 Tage post-OP beurteilten die Patienten auf einer 10-Punkte-Skala ihr Schluckvermögen. Eine Kontrollgruppe von 32 Patienten, die an der lumbalen Wirbelsäule operiert wurden, wurde ebenfalls zu Schluckschwierigkeiten befragt. Der durchschnittliche epi-ösophageale Druck betrug 76,3 mm Hg, der durchschnittliche endo-ösophageale Druck 16,3 mmHg. Nach der Operation berichteten 49,3% der Patienten über Schwierigkeiten beim Schlucken. Frauen waren signifikant häufiger betroffen. Die

Kontrollgruppe gab keine Schwierigkeiten an, daher vermuten die Autoren, dass der Eingriff der ventralen Diskektomie und Fusion ursächlich sein muss. Eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Grad der Ösophagusretraktion und dem Auftreten von Schluckstörungen zeigte sich jedoch nicht.

Das Auftreten von pharyngo-ösophagealen Divertikeln nach Revisionsoperationen, die sich von dem typischen Zenker-Divertikel unterscheiden, wird im Rahmen einer Fallserie von drei Patienten von Allis, Grant, & Davidson (2010) beschrieben.

Rihn et al. (2011) konnten die Höhe des Operationslevels oder die Anzahl der operierten Segmente nicht als Risikofaktor für das Entwickeln einer postoperativen Dysphagie identifizieren. Allerdings führen sie an, dass die Analyse der Subgruppen mit kleinen Stichproben durchgeführt wurde, was die Aussagekraft der Ergebnisse möglicherweise einschränkt. In Bezug auf die Höhe des Operationslevels kamen Bazaz, Lee & Yoo, (2002), Smith-Hammond et al. (2004), Chin et al. (2007) und Lee et al. (2007) zu einem ähnlichen Ergebnis. Dahingegen identifizieren diese Studien die Anzahl der operierten Segmente sehr wohl als einen Risikofaktor für das Entwickeln einer postoperativen Schluckstörung. Dies wird auch von Frempong-Boadu et al. (2002) unterstützt.

In der Studie von Zeng et al. (2013) werden die Faktoren weibliches Geschlecht, gehobenes Alter, Operation an mehreren Segmenten sowie Art der Instrumentation als mögliche Risikofaktoren identifiziert. Die Autoren raten während der Operation so minimalinvasiv wie möglich vorzugehen, eine permanente Ösophagusretraktion zu vermeiden, Osteophyten adäquat zu entfernen und die Wahl der Instrumentationsplatzierung genau zu bedenken. Besonders bei den Patienten, auf welche die bereits beschriebenen Risikofaktoren zutreffen, sei Vorsicht geboten.

5.1.3 Prävention

Aktuelle Studien zeigen, dass bestimmte intraoperative Routinen das Auftreten einer postoperativen Schluckstörung verringern könnten. Apfelbaum, Kriskovich & Haller (2000) führten eine Studie bei menschlichen Leichen durch, um mit dem endotrachealen Tubus (ET) in Verbindung stehende Verletzungen am N. laryngeus

recurrens zu untersuchen. Die Hypothese der Autoren war, dass ein liegender ET mit aufgeblasenem Cuff asymmetrischen Druck auf die Trachea ausüben könnte, nachdem der Retraktor platziert wurde. Dies könnte eine Verletzung des N. laryngeus recurrens verursachen. In der Studie wurde der ET-Cuff auf 15 mmHg aufgeblasen und fixiert. Der Cuff-Druck wurde erneut gemessen, nachdem der Retraktor platziert wurde. Es zeigte sich, dass sich der Cuff-Druck nun auf 52 mmHg erhöhte. Durch ein einfaches Manöver (der Cuff wurde entblockt und nach Platzierung des Retraktors erneut aufgeblasen) konnte der endotracheale Tubus zentraler im Endolarynx positioniert werden. Unter Beachtung dieser Erkenntnisse, wurde dieses Manöver der Re-Inflation bei 650 Patienten mit einer ventralen HWS-Operation durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Gesamtanzahl der Schädigungen des N. laryngeus recurrens durch dieses einfache Manöver von 6,2% auf 2% gesenkt werden konnte.

Eine andere Studie wurde von Ratnaraj, Todorov & McHugh (2002) durchgeführt. Hier wurde der ET-Cuffdruck bei Patienten während der Operation konstant gemessen und auf 20 mmHg angepasst, wohingegen der Cuff-Druck bei einer Kontrollgruppe nicht überwacht und gemessen wurde. Ein geblinder Beobachter befragte die Patienten 1 Stunde, 24 Stunden und 1 Woche post-operativ nach Halsschmerzen, Heiserkeit sowie Schluckstörungen. Die Untersuchungsgruppe zeigte 24 Stunden postoperativ signifikant weniger Halsschmerzen im Vergleich zur Kontrollgruppe (51% vs. 74%). Zum selben Zeitpunkt korrelierte eine längere Retraktionszeit mit dem Entwickeln einer Schluckstörung. Die Autoren schlussfolgern, dass ein anhaltend niedriger ET-Cuffdruck (20mmHg) und verringerte Retraktionszeiten das Auftreten post-operativer Halsschmerzen und Schluckstörungen verringern könnten. Eine weitere Studie, welche mit präoperativen Maßnahmen versuchte eine postoperative Dysphagie zu minimieren, wurde von Chen et al. (2012) durchgeführt. Hierbei wurde eine Gruppe von 102 Patienten in zwei Untergruppen randomisiert. Eine Gruppe erhielt vier Tage vor der Operation über einen Zeitraum von drei Tagen zweimal täglich eine mechanische Dehnung der Trachea auf Höhe des Schildknorpels. Die so genannte TIE (Tracheal/Esophageal Traction Exercise) wurde mit 15 Wiederholungen durch Fingerdruck des Operateurs durchgeführt. Hierbei wird der Schildknorpel mechanisch mindestens einen Zentimeter über die Mittellinie auf die andere Seite geschoben, um eine Dehnung des Gewebes zu erreichen. Nach der

Operation wurden die Patienten mittels eines Telefoninterviews zum Status ihrer Schluckstörungen befragt. Die Patienten in der TTE-Gruppe, die auf dem Level des 2.-4. Segments operiert wurden, gaben signifikant weniger dysphagische Symptome an, als die Probanden der Kontrollgruppe. Es bleibt unklar, ob die Interviewer bezüglich der Gruppenzugehörigkeit der Patienten verblindet waren. Die Studie verfolgt erstmals einen neuen Ansatz mit präventiven Maßnahmen bereits vor der Operation das Risiko von postoperativen Schluckstörungen zu minimieren.

Folgende Zusammenfassung kann im Hinblick auf Risikofaktoren und präventive Maßnahmen bezüglich des Entwickelns einer postoperativen Dysphagie erstellt werden:

- Eine umfangreiche präoperative Diskussion/Aufklärungsgespräch sollte mit dem Patienten stattfinden. Der Patient sollte darauf hingewiesen werden, dass bei annähernd 50% der Patienten eine Schluckstörung während der Operation verursacht werden kann und ca. 15% längerfristig bestehen bleiben könnten. Dies betrifft vor allem Patientinnen.
- Ältere Patienten (>65 Jahre), Patienten die auf mehreren Segmentebenen operiert werden und Patienten mit vorbestehenden Schluckdysfunktionen sind besonders gefährdet, eine langanhaltende Dysphagie zu entwickeln.
- Eine sorgfältige intraoperative Gewebedissektion und Blutungsstillung beugt der Bildung von Narbengewebe vor.
- Eine Deflation des endotrachealen Cuff und Re-Inflation nach der Platzierung des Retraktors wird empfohlen, um eine Schädigung des N. laryngeus recurrens zu minimieren. Ein anhaltender Cuff-Druck von <20 mmHg während der Operation scheint hilfreich zu sein, um das Auftreten postoperativer Schluckstörungen zu verringern.

5.1.4 Evaluation der Schluckphysiologie nach ventraler

Operation

Zusätzlich zu Faktoren wie Inzidenz und Risikofaktoren gibt es bislang kaum Studien, die sich mit der tatsächlichen Biomechanik des Schluckens nach einer Operation an der ventralen HWS beschäftigen.

Im Rahmen eines retrospektiven Studiendesigns analysierten Leonard & Belafsky (2011) die Videofluoroskopien von 67 Patienten, die über einen Zeitraum von 8 Jahren an der ventralen Halswirbelsäule operiert wurden. Alle inkludierten

Patienten erhielten aufgrund ihrer postoperativen Schluckstörung eine instrumentelle Diagnostik. Objektive Zeit- und Distanzmessungen wurden vorgenommen und mit einer alters- und geschlechtsgemachten Kontrollgruppe (ohne Schluck- und/oder HWS-Problematik) verglichen. Die Patienten wurden in zwei Gruppen eingeteilt, eine frühe Gruppe (VFS <2 Monate postoperativ) und eine späte Gruppe (VFS >2 Monate postoperativ). Der größte in der Untersuchung geschluckte Bolus wurde mit Zeit- und Distanzmessungen anhand folgender Kriterien analysiert: 1. Dicke der Pharynxhinterwand auf Höhe der Valleculae (da hier die Epiglottis am ehesten aufgrund von Schwellung in der Abkippung gestört werden könnte); 2. Maximale Öffnungsweite des pharyngo-ösophagealen Segments; 3. Maximale anterior-superior Verlagerung des Hyoids; 4. Die Pharyngeale-Kontraktions-Rate; 5. Gesamte pharyngeale Transitzeit.

In der frühen Gruppe aspirierten 50% der Patienten, wohingegen 18% der späten Gruppe eine Aspiration zeigten. Die Epiglottisabkippung zeigte sich in der frühen Gruppe bei 82% der Patienten beeinträchtigt, in der späten Gruppe bei 35% der Patienten. Die Dicke der Pharynxhinterwand war in der frühen Gruppe signifikant dicker (1.26 ± 0.51 cm vs 0.83 ± 0.38 cm; $p < 0.000$). Obwohl die späte Gruppe eine dünnere Rachenhinterwand zeigte, war diese immer noch hochsignifikant dicker als bei der Kontrollgruppe ($p < 0.000$). Die pharyngeale Austreibungswelle wurde ebenfalls beurteilt. In der frühen Gruppe wurde dies lediglich bei 29% als normal beurteilt, in der späten Gruppe bei 84%. Die Öffnungsweite des pharyngo-ösophagealen Segments war in der frühen Gruppe signifikant reduziert (0.67 ± 0.21 cm vs. 0.84 ± 0.24 cm; $p < .02$). Nach Aussage der Autoren war das Ziel dieser Studie nicht die Inzidenz der Schluckstörungen nach operativen Eingriffen an der ventralen HWS zu ermitteln, da alle Patienten bereits diagnostizierte Schluckstörungen hatten, sondern vielmehr Informationen über die zugrunde liegende Pathophysiologie zu erhalten. Die Autoren fassen zusammen, dass eine Operation an der HWS Auswirkungen auf die Biomechanik des Schluckens haben kann, was sich durch ein erhöhtes Aspirationsrisiko, eine Verdickung der Pharynxwand, eine eingeschränkte pharyngeale Konstriktion und Peristaltik, verlängerte Transitzeiten, eine reduzierte Hyoidverlagerung, eine reduzierte Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments und eine reduzierte Epiglottisabkippung zeigen kann. Obwohl sich im Laufe der Zeit

Veränderungen und Verbesserungen zeigen, kann es auch Verläufe geben, die eine langfristige Kompensation/Adaption benötigen (Leonard & Belafsky, 2011).

Eine weitere Studie von Ryu et al. (2012) beschäftigte sich mit der Frage nach der Ursache von Schluckstörungen nach Operationen an der Halswirbelsäule. Hierfür wurde die laryngeale Elektromyographie (EMG) eingesetzt. In einem prospektiven Studiendesign wurde bei 17 Patienten eine laryngeale EMG durchgeführt. Hierfür wurde eine Nadelelektrode (37 mm) in den M. cricothyroideus und den M. thyroarytenoideus eingebracht. Den Patienten wurden im Rahmen der Videofluoroskopie verschiedene dickflüssige Konsistenzen wie Püree und Nektar sowie dünnflüssige Boli via Spritze verabreicht. Als Auswertungsparameter wurden Residuen in den Valleculae sowie Sinus piriformes festgelegt. Zusätzlich wurde die Penetrations-/Aspirationsskala nach Rosenbek angewendet sowie eine nicht validierte 7-stufige Skala (SFSS-Swallowing Function Scoring System). Die VFS-Ergebnisse wurden dazu benutzt, um die Patienten in zwei Gruppen einzuteilen (leichte Dysphagie (PAS 1-5; SFSS 5-6) sowie schwere Dysphagie (PAS 6-8; SFSS 0-4). Sowohl das laryngeale EMG als auch die Videofluoroskopie wurden zwischen 3 Wochen und 5 Monaten postoperativ durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass 41,2% der Patienten eine laryngeale Neuropathie aufwiesen. Von diesen Patienten zeigten 100% eine Neuropathie des N. laryngeus recurrens und 28,6% eine Neuropathie des N. laryngeus superior. Das Auftreten einer Neuropathie war signifikant mit der Schwere der Schluckstörungen assoziiert. Die Autoren Ryu et al. (2012) vermuten, dass eine solche Neuropathie eine langfristige Dysphagie verursachen könnte.

Im Rahmen einer retrospektiven Datenanalyse untersuchten Martin et al. (1997) 13 Patienten im Alter zwischen 25 und 81 Jahren, die nach einer ventralen Operation an der HWS aufgrund von Schluckstörungen an die sprachtherapeutische Abteilung überwiesen wurden. Die Datenanalyse basierte auf Dokumentationen in den Patientenakten und einer retrospektiven Analyse der Videofluoroskopien. Die Ergebnisse zeigen, dass nach ventralen HWS-Operationen verschiedene schluckphysiologische Muster auftreten können. Bei zwei Patienten lag die Schwierigkeit überwiegend in einer prävertebralen Weichteilschwellung mit reduzierter pharyngealer Austreibungswelle und reduzierter Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments. Bei fünf anderen Patienten war die pharyngeale Phase des Schluckens sehr schwach,

was sich bei drei Patienten in einer reduzierten Verlagerung des hyolaryngealen Komplexes und nachfolgender Aspiration zeigte oder dieser gar nicht vorhanden war. Dem gegenüber wiesen vier Patienten vorwiegend Schwierigkeiten in der oralen Phase auf, vorrangig in der Bolusformung und im Bolustransport. Zwei der Patienten zeigten eine Kombination all dieser Auffälligkeiten. Die Autoren schlussfolgern, dass verschiedene schluckphysiologische Auffälligkeiten sowohl durch Nervenschädigungen als auch durch postoperative Schwellungen verursacht werden können.

5.1.5 Auswirkungen auf Lebensqualität der Patienten

Einschränkungen in der Fähigkeit zu Schlucken haben Auswirkungen auf die Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme und ziehen möglicherweise medizinische Komplikationen nach sich. Darüber hinaus stellt Essen und Trinken jedoch einen zentralen Stellenwert im Leben dar, daher können Schwierigkeiten mit der Fähigkeit zu Schlucken in einer drastisch reduzierten Lebensqualität resultieren. Durch Schmerzen, mehrmaliges Schlucken pro Happen oder gar permanentes Husten, Räuspern oder Hochwürgen während des Essens fühlen sich viele Patienten bei der Nahrungsaufnahme in Gesellschaft unwohl. Sie meiden soziale Veranstaltungen und geraten unter Umständen in eine Isolation. Daher können Schluckstörungen nicht nur medizinische sondern auch psychische Komplikationen zur Folge haben (McHorney, Bricker, Kramer et al., 2000). Vor allem bei Patienten ohne kognitive Beeinträchtigungen, wie es bei der Patientengruppe der an der HWS Operierten der Fall ist, kann dies eine enorme Belastung darstellen.

Siska et al. (2011) führten eine Studie zur Lebensqualität bei Patienten nach einer Operation an der ventralen Halswirbelsäule durch. Hierbei wurden 18 Patienten nach einer ventralen Operation an der Halswirbelsäule sowie 11 Patienten einer Kontrollgruppe mit einer Operation an der Lendenwirbelsäule anhand des Swallowing-Quality of Life Survey (SWAL-QOL) Fragebogens befragt. Der SWAL-QOL ist ein standardisierter und validierter Fragebogen zur Erfassung von Lebensqualität in Bezug auf das Schluckvermögen (McHorney et al., 2000; Mchorney, Bricker, Robbins et al., 2000). Dieser beinhaltet 44 Items, die sich auf 10 Bereiche der Lebensqualität beziehen. Die einzelnen Items werden mit Werten von 1-5 beurteilt, je

nachdem wie häufig die erfragten Symptome auftreten. Je geringer der summierte Punktwert ist, um so schwerer ist die Beeinträchtigung (McHorney et al., 2002). In der Studie von Siska et al. (2011) wurden lediglich 14 Items des SWAL-QOL ausgewählt, die Patienten wurden sowohl vor der Operation, als auch 3 Wochen sowie 1,5 Jahre nach der Operation befragt. Vor der Operation bestanden keine signifikanten Unterschiede in der Beantwortung der Fragen, drei Wochen nach der Operation waren die SWAL-QOL Werte für die ventrale Gruppe signifikant niedriger als die der Kontrollgruppe (76 vs. 96; $p=0.001$). Nach 1,5 Jahren konnten keine signifikanten Unterschiede mehr festgestellt werden. Die Analyse der Patientenfaktoren zeigte, dass Raucher einen niedrigeren Score drei Wochen nach der OP hatten als Nichtraucher (64 vs. 87; $p=0.002$). Patienten mit einer COPD hatten niedrigere Scores zu allen drei Messzeitpunkten, als Patienten ohne COPD (Prä-OP 63 vs. 91; $p=0.002$, 3 Wochen Post-Op 45 vs. 86; $p=0.001$, und 1,5 Jahre Post-OP 75 vs. 96; $p=0.16$). Weibliche Patienten hatten niedrigere Werte drei Wochen Post-OP (77 vs. 91; $p=0.53$). Es konnten keine Zusammenhänge zwischen SWAL-QOL-Werten und BMI oder Patientenalter gefunden werden. Genausowenig zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen SWAL-QOL-Werten und Faktoren, welche die Operation oder Anästhesie betreffen (wie Länge der Operation oder Schwierigkeiten mit der Intubation). Daraus leiten die Autoren ab, dass die Intubation allein nicht ausschlaggebend für das Auftreten von postoperativen Schluckstörungen sein kann. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Patienten die Schluckstörung nach der Operation als beeinträchtigend für ihre Lebensqualität empfinden, was sich bei einem großen Teil der Patienten erst nach 18 Monaten wieder normalisiert hat.

5.2 Schluckstörungen nach einem dorsalen Eingriff

Der Fokus lag bislang auf der Untersuchung der ventralen Operationen, da bei diesem Eingriff durch die Dislokation des Ösophagus oder möglicher Nervenschädigungen häufig Dysphagien auftreten. Einige Autoren gehen deshalb davon aus, dass eine Zugangsweise von hinten solche Komplikationen verhindern könnte (Bekelis, Gottfried, Wolinsky, Gokaslan & Omeis, 2010).

Üblicherweise wird eine dorsale Operation an der Halswirbelsäule im Rahmen einer Dekompression und einer Fusion durchgeführt. Bislang gibt es wenige Erkenntnisse über die Auftretenshäufigkeit von Schluckstörungen nach Operationen dieser Art, allerdings scheinen dorsale Operationen auch Auswirkungen auf die Schluckfunktion zu haben, wie erste Untersuchungen zeigen.

In einer Studie von Smith-Hammond et al. (2004) wurden drei Patientengruppen untersucht. 1. Patienten mit einer Operation der HWS mit ventralem Zugang, 2. Patienten mit einer dorsalen HWS-Operation und 3. Patienten mit einer lumbalen Operation. Die beiden Gruppen der dorsalen HWS-Operation und der lumbalen Operation sollten als Kontrollgruppe für die Gruppe mit der ventralen Operation dienen. Es zeigte sich jedoch, dass auch diese Patienten nach der Operation Dysphagien aufwiesen, wenngleich nicht in dem Ausmaß wie die Patienten der ventralen Gruppe aber dennoch immerhin mit 21% (ventrale Gruppe 47%, lumbale Gruppe keine).

Weitere Studien berichten ebenfalls über das Auftreten von Schluckstörungen nach einer Operation an der dorsalen Halswirbelsäule, jedoch zunächst im Rahmen einzelner Fallstudien:

Im Fall eines 67-jährigen Patienten kam es nach einer Operation an der oberen Halswirbelsäule, bei der die Wirbelkörper C1-C2 mittels einer Schrauben-Stab-Instrumentation aufgrund bestehender Nackenschmerzen nach einer Fraktur fixiert wurden, zu einer Schluckstörung mit Abweichung der Zunge zur linken Seite. Zwei Monate post-operativ konnte eine Fusion der Wirbelsegmente festgestellt werden. Die Lähmung des N. hypoglossus hatte sich innerhalb dieser zwei Monate vollständig zurückgebildet (Hong et al., 2006). Dieser Fall war die erste Veröffentlichung, die auf eine mögliche Verletzung des N. hypoglossus bei einer dorsalen Operation an der oberen HWS hingewiesen hat.

In einer weiteren Fallstudie einer 77-jährigen Patientin wurde von Atemnot nach einer dorsalen Operation berichtet (Yoshida, Neo, Fujibayashi & Nakamura, 2007). Hier lag der Fokus zunächst nicht auf der Schluckstörung, sondern auf einer Verletzung der Atemwege, jedoch assoziieren die Autoren auch die dorsale Operation und das Auftreten von Schluckstörungen.

Bekelis et al. (2010) berichtet von einer schweren Dysphagie bei einem 61-jährigen Patienten. Nach einer Fraktur erhielt der Patient eine dorsale Fusion mit Instrumentation der Wirbelsegmente C1-C3. Nach der Operation zeigte sich im Rahmen der instrumentellen Diagnostik eine schwere Dysphagie mit signifikant reduzierter Abkippung der Epiglottis, reduzierter Beweglichkeit der Pharynxwände sowie reduzierter Elevation des hyolaryngealen Komplexes. Diese Einschränkungen resultierten in einer intra- und postdeglutitiven Aspiration für dünnflüssige, dickflüssige und pürierte Boli sowie in deutlichen pharyngealen Residuen aller untersuchten Konsistenzen. Selbst einige Tage später zeigte sich keine Verbesserung, so dass das Anlegen einer PEG-Sonde zur Diskussion stand. Einen Monat nach erfolgter funktioneller Dysphagie-Therapie zeigte sich ein deutlicher Fortschritt. Eine Aspiration war nicht mehr feststellbar. Die Autoren beschreiben erstmalig eine schwergradige neurogene Dysphagie und vermuten eine Schädigung des N. vagus durch die dorsale Operation. Sie weisen auf die Notwendigkeit der genaueren Analyse der Schluckfunktion bei diesem Patientenkontext hin.

Radcliff et al. (2013) untersuchten in einem prospektiven Studiendesign die Inzidenz von Dysphagien nach dorsalen Eingriffen an der Halswirbelsäule. Die Autoren stellten fest, dass bei Operationen dieser Art Schluckstörungen im Vergleich zum präoperativen Zustand häufiger und schwerwiegender auftreten. Dennoch sind sie im Vergleich zu ventralen Operationen nicht so häufig und schwergradig. Inkludiert wurden 85 Patienten (im Mittel 65 Jahre, 45 Männer). Die Kohorte wurde mit den Patienten einer früher publizierten Studie verglichen (Rihn et al., 2011). Die Patienten wurden sowohl vor als auch 2, 6, 12 und 24 Wochen nach der Operation mittels eines Fragebogens zum Vorliegen einer Schluckstörung befragt. Eine instrumentelle Schluckuntersuchung fand nicht statt. Die Ergebnisse zeigten, dass vor der Operation bereits 11% der Patienten von Schluckstörungen berichteten. Zwei Wochen

nach der Operation berichteten 22% über Probleme mit dem Schlucken, nach 6 Wochen 16%, nach 12 Wochen 20% und nach 24 Wochen noch 11% der Patienten.

Die Autoren weisen darauf hin, dass kein Goldstandard in der Evaluation der Schluckfunktionen verwendet wurde. Wie bereits im Kapitel 5.1 Schluckstörungen nach einem ventralen Eingriff erwähnt, beschreiben auch hier die Autoren (Radcliff et al., 2013) die reduzierte Aussagekraft einer subjektiven Patientenbefragung. Weiterhin weisen sie darauf hin, dass prospektiv erhobene Daten (wie beispielsweise Bazaz et al., 2002) aufgrund von Patientenberichten sensitiver zu sein scheinen, als retrospektive Erhebungen auf Grundlage von Arztberichten. Da Ärzte häufig nur Schluckstörungen dokumentieren, wenn eine instrumentelle Diagnostik durchgeführt wurde (Edwards et al., 2004) und demnach das Auftreten einer postoperativen Dysphagie unterschätzen.

Im Gegensatz dazu argumentieren die Autoren, dass instrumentelle Untersuchungen, wie beispielsweise die Videofluoroskopie, übermäßig sensitiv zu sein scheinen, und klinisch „nicht-signifikante“ Schluckstörungen aufdecken. Eine stille, klinisch asymptomatische Dysphagie kann bei 17-50% der Patienten auftreten, die eine Operation an der Halswirbelsäule erhalten, und subjektiv über keine Schwierigkeiten beim Schlucken berichten (Frempong-Boadu et al., 2002; Smith-Hammond et al., 2004).

Radcliff et al. (2013) schlussfolgern, dass Schluckstörungen eine spezifische Komplikation bei dorsalen Eingriffen an der Halswirbelsäule darstellen. Die höchste Inzidenz ist unmittelbar nach der Operation zu sehen, verringert sich dann im Lauf der Zeit und ist langfristig mit der Spätfolge nach ventralen Eingriffen vergleichbar. Die Dysphagie scheint bei dieser Patientengruppe mit post-operativem Nacken- und Schulterschmerz und einer eingeschränkten Beweglichkeit der Wirbelsäule verknüpft zu sein.

Eine Operation der Halswirbelsäule, ob durch einen ventralen oder dorsalen Ansatz, resultiert in einem nicht zu geringen Prozentsatz aller behandelten Patienten in einer langfristigen und behandlungsbedürftigen Dysphagie. Eine schlucktherapeutische Betreuung erfolgt bislang jedoch noch viel zu selten (Smith-Hammond et al., 2004).

5.3 Stand der Forschung und offene Fragen

Die steigende Zahl neuer Studien macht deutlich, dass die Thematik der zervikalen Dysphagien von immer größerem Interesse zu sein scheint. Bei der Analyse der vorhandenen Studien und Übersichtsarbeiten wird jedoch deutlich, dass es keine eindeutige Definition des Begriffes Dysphagie innerhalb dieser Untersuchungen gibt. Die Art und Weise, wie eine Dysphagie diagnostiziert wird, variiert stark und erschwert die Vergleichbarkeit. Einige Arbeitsgruppen verwenden eigene Indizes oder Skalen (Bazaz et al., 2002) auf deren Grundlage entschieden wird, ob es sich um ein pathogenes Schluckmuster handelt. Um diese Variation zu verringern ist es notwendig, eine standardisierte Durchführung und auch eine standardisierte Auswertung der Untersuchungen zu wählen (Martin-Harris, Logemann, McMahon, Schleicher & Sandidge, 2000).

Darüber hinaus bleibt nach der Literaturanalyse die Frage bestehen, wie sich die einzelnen schluckphysiologischen Komponenten bei Patienten vor und nach einer Operation an der Halswirbelsäule unterscheiden. Können Unterschiede oder Gemeinsamkeiten unter Berücksichtigung eines standardisierten Auswertungstools identifiziert werden?

5.3.1 Fragestellungen

Folgende zentrale Fragestellung konnte aus der Literaturanalyse abgeleitet werden, und wird im Rahmen der empirischen Untersuchung bearbeitet:

Hat eine ventrale beziehungsweise dorsale Operation an der Halswirbelsäule
Auswirkungen auf die Schluckphysiologie?

Die untergeordneten Fragestellungen werden in drei Bereiche gegliedert (I. Ventrale Operation, II. Dorsale Operation, III. Risikofaktoren), die im Folgenden dargestellt werden. Jeweils anschließend erfolgt die Generierung der Arbeitsthese oder falls dies aus der Literatur nicht möglich ist, gegebenenfalls die Ableitung einer spezifischen Fragestellung aus der Theorie:

I. Ventrale Operation

Für die empirische Bearbeitung mussten zunächst die schluckphysiologischen Risikoparameter identifiziert werden. Hierfür wurden in der Literatur dargestellten Strukturen die bei einer ventralen Operation verletzt werden können, mit den am Schluckakt involvierten Parametern (nach Martin-Harris, 2008) und deren innervierenden Nerven verglichen. Daraufhin wurden zwei Cluster gebildet. 1. die Gruppe der Risikoparameter, die durch eine ventrale HWS-Operation beeinträchtigt werden könnten; 2. die Gruppe der Parameter, die aufgrund von Lokalisation oder Innervation nicht durch eine ventrale HWS-Operation gefährdet sind (siehe *Tabelle 2*).

Tabelle 2: Aus der Literatur abgeleitete Risiko-Parameter, die bei einer ventralen Operation beeinträchtigt werden können.

Gefährdung durch Operation	Involvierte Struktur	Risiko-Parameter
N. glossopharyngeus (HN IX)	Glossopharyngeale Bögen M. levator pharyngis	Initiierung pharyngealer Schluck Larynxlevation
N. laryngis superior (HN X)	Sensorische Wahrnehmung pharyngealer Strukturen	Initiierung pharyngealer Schluck
N. laryngis recurens (HN X)	Intrinsische Kehlkopf-Muskulatur	Larynxlevation Larynxverschluss
N. hypoglossus (HN XII)	Innere Zungenmuskeln Zungengrundmuskeln	Bolustransport Kauvorgang Epiglottis-Abkippung Larynxverschluss
Ansa cervicalis	Suprahyale Muskulatur Infrahyale Muskulatur	Zungenkontrolle Kauvorgang Bolustransport Hyoidverlagerung Öffnung PÖS Epiglottis-Abkippung Larynxlevation Öffnung PÖS
Plexus pharyngeus (HN IX und X)	Äußere Zungenmuskeln Zungengrundmuskeln	Zungenkontrolle Kauvorgang Bolustransport Zungengrundretraktion Epiglottis-Abkippung
Plexus pharyngeus (HN IX und X)	Pharyngeale Konstriktoren PÖS	Larynxverschluss Pharyngeale Austreibungswelle Zungengrundretraktion Pharyngeale Kontraktion Öffnung PÖS
Prävertebrale Schwellung	Epiglottis Pharynx	Epiglottis-Abkippung Pharyngeale Austreibungswelle
Retraktion Ösophagus	PÖS	Öffnung PÖS

Weiterführend gibt es in der Literatur erste Hinweise darauf, dass bereits vor der Operation Schwierigkeiten mit dem Schlucken auftreten können (Frempong-Boadu et al., 2002). Die Autoren vermuten, dass eine Kompression des Rückenmarks Auffälligkeiten des Schluckens auslösen kann, da diese Einengung den präganglionischen, sympathischen Abfluss oder den Verlauf der afferenten Spinalnerven beeinträchtigen kann, und damit sowohl das Gleichgewicht der sympathischen und parasympathischen Kontrolle, als auch die lokalen Reflexmechanismen gestört werden können (Frempong-Boadu et al., 2002).

Für den Bereich der ventralen Operationen leiten sich daraus folgende Fragestellungen ab:

Sind nach einer ventralen Operation an der HWS schluckphysiologische Parameter beeinträchtigt?

- a) Gibt es bereits präoperativ Auffälligkeiten der Schluckphysiologie?
- b) Wie verändern sich die schluckphysiologischen Parameter?

Arbeitsthese I-1:

Es wird erwartet, dass sich für die oralen Parameter Zungenkontrolle, Kauvorgang, Bolustransport und Initiierung des pharyngealen Schlucks und als Folge dieser Auffälligkeiten auch für den Parameter orale Residuen Veränderungen ergeben, während der orale Parameter Lippenschluss durch das operative Verfahren nicht beeinträchtigt wird.

Arbeitsthese I-2:

Es wird erwartet, dass sich für die pharyngealen Parameter Larynxelation, Hyoidverlagerung, Epiglottis-Abkippung, Larynxverschluss, pharyngeale Austreibungswelle, pharyngeale Kontraktion, Öffnung des PÖS und Zungengrundretraktion sowie als Folge dieser Auffälligkeiten auch für den Parameter pharyngeale Residuen Veränderungen ergeben, während die übrigen pharyngealen Parameter Elevation des weichen Gaumens und ösophageale Austreibung durch das operative Verfahren nicht beeinträchtigt werden.

Arbeitsthese I-3:

Es wird erwartet, dass bereits vor der Operation Auffälligkeiten der Schluckphysiologie auftreten.

II. Dorsale Operation

Aufgrund der geringen Datenlage können bislang aus der Literatur keine spezifischen schluckphysiologischen Parameter abgeleitet werden, die durch eine dorsale Operation besonders gefährdet sind. Es scheint jedoch so zu sein, dass sich indirekte Faktoren wie postoperative Schmerzen oder Kompensationsmechanismen durch eine eingeschränkte Beweglichkeit des Kopfes auf die Schluckfunktion auswirken können (Radcliff et al., 2013). Bezüglich der präoperativen Schluckfunktion können vermutlich die selben Funktionsstörungen durch Kompression des Spinalkanals wie bei ventral indizierten Operationen zutreffen (Frempong-Boadu et al., 2002).

Daraus leitet sich folgende Fragestellung ab:

Sind nach einer dorsalen Operation an der HWS schluckphysiologische Parameter beeinträchtigt?

- a) Gibt es bereits präoperativ Auffälligkeiten der Schluckphysiologie?
- b) Wie verändern sich die schluckphysiologischen Parameter?

III. Risikofaktoren

Haben verschiedene Risikofaktoren (Geschlecht, Alter >65, Revision, Anzahl der operierten Segmente, Beteiligung der oberen HWS) einen Einfluss auf die schluckphysiologischen Parameter in der ventralen und in der dorsalen Gruppe?

Geschlecht:

In mehreren Studien waren Frauen häufiger von postoperativen Schluckstörungen betroffen als Männer (Lee et al., 2007; Papavero et al., 2007; Zeng et al., 2013). Die Autoren der Studien vermuten, dass dies durch eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Schmerzreizen bei Patientinnen bedingt sein könne. In der schluckspezifischen Literatur gibt es jedoch keine konkreten Hinweise auf geschlechtsspezifische Unterschiede der Schluckphysiologie.

Daraus leitet sich folgende Fragestellung ab:

Sind bei weiblichen Patienten in der ventralen Gruppe andere schluckphysiologische Parameter beeinträchtigt, als bei männlichen Patienten?

Alter :

Bezüglich des Faktors Alter als Risikofaktor für das Auftreten einer postoperativen Schluckstörung identifizieren konnten gibt es Studien die dies bestätigen (Smith-Hammond et al., 2004; Zeng et al., 2013), als auch widerlegen (Lee et al., 2007). Die im Alter auftretenden Veränderungen der Schluckphysiologie wurden hinreichend untersucht (Humbert & Robbins, 2008). Diese zeigen sich in einer verlangsamten und verlängerten Muskelkontraktion der oralen und pharyngealen Muskulatur, sowie einer reduzierten sensomotorischen Funktion. Möglicherweise führen diese Veränderungen zu einer reduzierten Kompensationsfähigkeit nach der Operation, weshalb ältere Patienten eher postoperative schluckphysiologische Auffälligkeiten entwickeln als jüngere Patienten. Dennoch können aus der Literatur im Zusammenhang mit zervikalen Operationen keine konkreten Ableitungen auf einzelne Parameter abgeleitet werden.

Daraus leitet sich folgende Fragestellung ab:

Sind bei älteren Patienten (>65 Jahre) in der ventralen Gruppe und in der dorsalen Gruppe andere schluckphysiologische Parameter beeinträchtigt, als bei jüngeren Patienten (<65 Jahre)?

Revision :

Es gibt Hinweise aus der Literatur, dass Patienten, die wiederholt an der HWS operiert wurden, vermehrt postoperative Schluckstörungen entwickeln. Dem stehen jedoch Ergebnisse entgegen, bei denen eine Revision keinen Einfluss auf das Entwickeln von postoperativen Dysphagien hat (Lee et al., 2007).

Daraus leitet sich folgende Fragestellung ab:

Sind bei Patienten in der ventralen Gruppe und in der dorsalen Gruppe, die eine Revisionsoperation erhalten, andere schluckphysiologische Parameter beeinträchtigt, als bei Patienten, die zum ersten Mal operiert werden?

Anzahl der operierten Segmente:

Ein Zusammenhang einer Operation an mehreren Segmenten und dem Auftreten von Schluckstörungen wurde von mehreren Studien bestätigt (Bazaz et al., 2002; Chin et al., 2007; Frempong-Boadu et al., 2002; Lee et al., 2007; Smith-Hammond et al.,

2004). Rihn et al. (2011) fanden dagegen keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl der operierten Segmente und vermehrten postoperativen Schluckstörungen.

Daraus leitet sich folgende Fragestellung ab:

Sind bei Patienten in der ventralen Gruppe und in der dorsalen Gruppe, die an mehreren Segmenten operiert werden, andere schluckphysiologische Parameter beeinträchtigt, als bei Patienten, die nur an einem Segment operiert werden?

Beteiligung der oberen HWS:

Eine Beteiligung der oberen HWS konnte in einigen Studien nicht als Risikofaktor für das Entwickeln einer postoperativen Schluckstörung identifiziert werden (Bazaz et al., 2002; Smith-Hammond et al., 2004; Chin et al., 2007; Lee et al., 2007). Jedoch gibt es auch Hinweise, dass eine Operation an der oberen HWS einen Einfluss auf die postoperative Schluckfunktion hat (Bekelis et al., 2010).

Daraus leitet sich folgende Fragestellung ab:

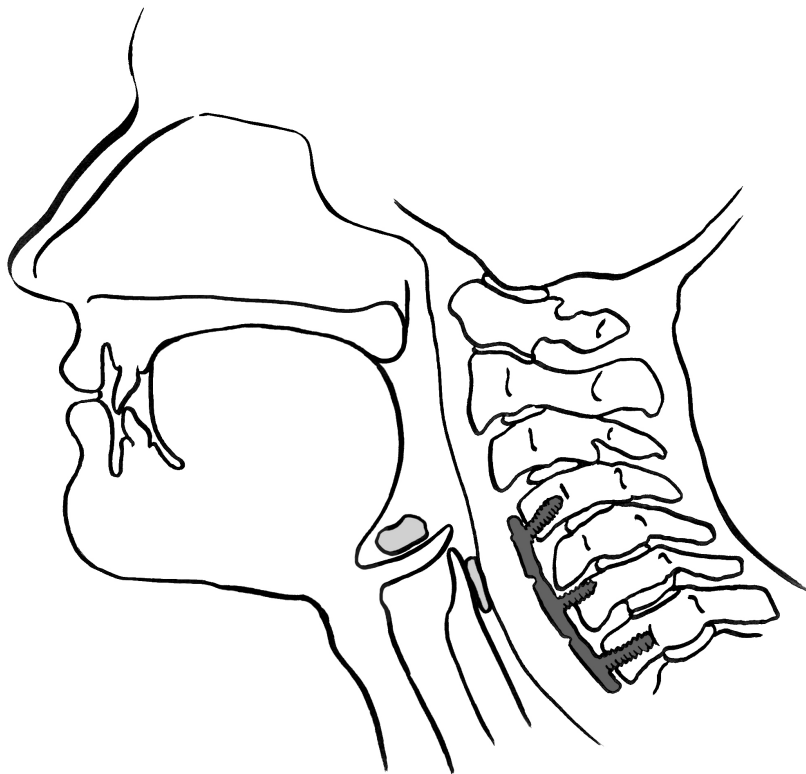
Sind bei Patienten in der ventralen Gruppe und in der dorsalen Gruppe mit Beteiligung der oberen Halswirbelsäule andere schluckphysiologische Parameter beeinträchtigt, als bei Patienten ohne Beteiligung der oberen HWS?

5.3.2 Zielsetzung

Zielsetzung des geplanten Studienvorhabens ist die Analyse der Schluckphysiologie nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule, um spezifische Auffälligkeiten identifizieren zu können. Weiterhin soll überprüft werden, ob bereits Auffälligkeiten der Schluckphysiologie vor der Operation auftreten, und ob die in der Literatur dargestellten Risikofaktoren eine Beeinträchtigung der schluckphysiologischen Parameter begünstigen. Mit diesem grundlegenden ersten Schritt kann dann im Weiteren gezielt mit spezifischen Kompensations- und Rehabilitationsstrategien die Versorgungsqualität dieser Population optimiert werden.

Die im vorhergehenden Kapitel aus der Literatur abgeleiteten Fragestellungen und Arbeitsthesen werden als Einstieg in den empirischen Teil dieser Arbeit konkretisiert und daraus die Hypothesen und Fragestellungen generiert (Kapitel 6.1).

6 Methodik



In dem folgenden empirischen Teil dieser Arbeit wird die Methodik erläutert anhand derer die von der Literatur-Recherche ausgehend offen gebliebenen Fragen beantwortet werden. Zunächst werden hierfür aus den Fragestellungen die nachstehenden Hypothesen abgeleitet. Sofern aus der Literatur keine Hypothesen generiert werden konnten, wurden spezifische eigene Fragestellungen formuliert.

6.1 Hypothesen

I. Ventrale Operation

1. Nullhypothese: Es gibt keinen Einfluss einer ventralen Operation auf die oralen Parameter.

Alternativhypothesen:

H1-1: Es findet sich ein Einfluss einer ventralen Operation auf eine Verschlechterung des Parameters Zungenkontrolle.

H1-2: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Kauvorgang.

H1-3: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Bolustransport.

H1-4: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters orale Residuen.

H1-5: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Initiierung des pharyngealen Schlucks.

2. Nullhypothese: Es gibt keinen Einfluss einer ventralen Operation auf die pharyngealen Parameter.

Alternativhypothesen:

H2-1: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Larynxelation.

H2-2: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Hyoidverlagerung.

H2-3: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Epiglottis-Abkippung.

H2-4: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Larynxverschluss.

H2-5: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters pharyngeale Austreibungswelle.

H2-6: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Öffnung PÖS.

H2-7: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Zungengrundretraktion.

H2-8: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters pharyngeale Residuen.

3. Nullhypothese: Präoperativ zeigen sich keine Auffälligkeiten der schluckphysiologischen Parameter.

Alternativhypothese:

H3: Es zeigen sich bereits präoperativ Auffälligkeiten in der Schluckphysiologie

II. Dorsale Operation

F1: Ergeben sich nach einer dorsalen Operation Veränderungen für die oralen Parameter?

F2: Ergeben sich nach einer dorsalen Operation Veränderungen für die pharyngealen Parameter?

F3: Treten bereits vor der Operation Auffälligkeiten der Schluckphysiologie auf?

III: Risikofaktoren

F4: Zeigen sich bei Männern und Frauen unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

F5: Zeigen sich bei älteren (>65 Jahre) und jüngeren Patienten (<65 Jahre) unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

F6: Zeigen sich bei Patienten mit einer Revisions-Operation und Patienten, die zum ersten Mal operiert werden, unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

F7: Zeigen sich bei Patienten, die an einem Segment operiert werden und bei Patienten, die an mehreren Segmenten operiert werden unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

F8: Zeigen sich bei Patienten, mit Beteiligung der oberen HWS und Patienten ohne Beteiligung der oberen HWS unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

6.2 Rechtliche und ethische Aspekte

Die Studie wurde in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki in ihrer aktuellen Fassung durchgeführt. Das Studienprotokoll wurde vor Beginn der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät Heidelberg zur berufsrechtlichen Beratung vorgelegt und bewilligt (S3012012).

Die Teilnahme der Patienten war freiwillig. Ihre Zustimmung konnten die Patienten jederzeit, ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für die weitere medizinische Versorgung zurückziehen. Bei Rücktritt wurde bereits gewonnenes Datenmaterial vernichtet oder beim Patienten angefragt, ob er mit der Auswertung des Materials einverstanden ist.

Die Namen der Patienten und alle anderen vertraulichen Informationen unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht und den Bestimmungen des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG). Eine Weitergabe von Patientendaten erfolgte nur in pseudonymisierter Form. Dritte erhielten und erhalten weiterhin keinen Einblick in Originalunterlagen.

Die Patienten wurden vor Studienbeginn schriftlich und mündlich über Inhalt und Tragweite der geplanten Untersuchung, insbesondere über den möglichen Nutzen für ihre Gesundheit und eventuelle Risiken, aufgeklärt (siehe Anhang A-2).

6.3 Einführung der SOP

Im Rahmen der Optimierung der Patientenversorgung wurde im Zeitraum von Mai 2011- April 2012 im SRH Klinikum Karlsbad-Langensteinbach eine Standard Operating Procedure (SOP) eingeführt. Hierbei sollten die Patienten, welche eine Operation an der Halswirbelsäule erhielten, bereits vor aber auch nach der Operation eine Untersuchung der Schluckfunktion durchlaufen. Zuvor war eine solche Untersuchung des Schluckaktes weder vor noch nach der Operation vorgesehen.

Die Einführung der Standard Operating Procedure (SOP) erfolgte in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Logopädie und des Zentrums für Wirbelsäulenchirurgie am SRH Klinikum Karlsbad-Langensteinbach. Hierfür wurde die Studiengruppe CS-SwalTrack gegründet, welche Organisation und Durchführung der Datenerhebung koordiniert hat (Fix et al., 2015).

Um die Abläufe der klinischen Routine nicht maßgeblich zu beeinflussen, wurde folgender organisatorischer Ablauf implementiert:

- Kontrolle des OP-Plans durch ein Mitglied der Studiengruppe.
- Filterung des OP-Plans nach HWS-Operationen.
- Organisation eines Termins für die Videofluoroskopie einen Tag vor der Operation, nach Möglichkeit bereits einen Termin für die VFS post-OP.
- Erbeten einer Anforderung für die Radiologie durch den behandelnden Arzt der Orthopädie über das klinikinterne Organisationsprogramm.
- Mitteilen des Termins an die entsprechende Station.

6.4 Studienteilnehmer und Gruppenbildung

In die Datenerfassung aufgenommen wurden Patienten, die im Zeitraum von einem Jahr (Mai 2011 - April 2012) an der Halswirbelsäule operiert wurden. Alle Patienten wurden im Zeitraum der eingeführten SOP operiert und erfüllten die folgenden Einschlusskriterien (vgl. 6.4.1). Patienten, auf die eines der Ausschlusskriterien (vgl. 6.4.2) zutraf, wurden nicht in die Datenanalyse inkludiert.

6.4.1 Einschlusskriterien

1. Die Patienten erhalten eine Operation an der HWS,
2. Die Patienten müssen über 18 Jahren sein (keine Altersgrenzen nach oben),
3. Die Patienten haben das Informationsschreiben gelesen und ihr Einverständnis mit der Teilnahme bekundet.

Alle in Frage kommenden Patienten wurden nach der stationären Aufnahme über das Studienvorhaben informiert und aufgeklärt. Jedem Patient wurde ein Informationsschreiben (siehe Anhang A-2) ausgehändigt, und Bedenkzeit sowie Gelegenheit für Rückfragen eingeräumt.

6.4.2 Ausschlusskriterien

1. Ein vorbestehende Schluckstörung,
2. Neurologisch degenerative Erkrankungen, z.B. Morbus Parkinson, Multiple Sklerose, Amyotrophe Lateralsklerose,
3. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung bestehende Schwangerschaft (aufgrund der Strahlenbelastung).

6.4.3 Patientenakquise

Im Rahmen der eingeführten SOP konnten insgesamt 97 Patienten in die Datenerfassung aufgenommen werden. Jedoch mussten einige Patienten wieder exkludiert werden (siehe *Abbildung 10*). Die größte Drop-Out Ziffer von 55 Patienten erfolgte aufgrund der nicht vorhandenen prä- und postoperativen Videofluoroskopie.

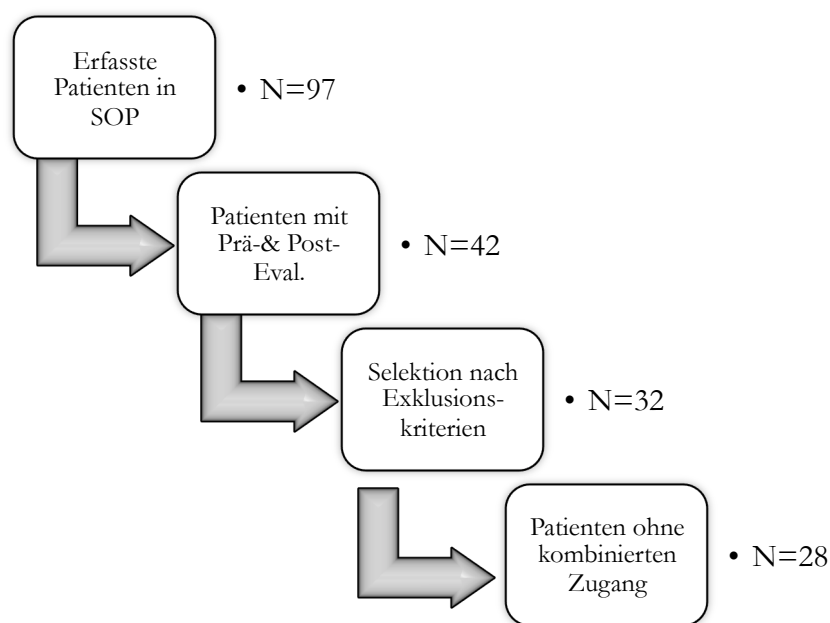


Abbildung 10: Drop-Outs der Patienten von der Gesamtzahl bis zu den schlussendlich inkludierten Patienten.

Weitere 10 Patienten konnten nicht in die Datenanalyse aufgenommen werden, da vorbestehende neurologische Erkrankungen den Ausschlusskriterien entsprachen. Von den verbleibenden 32 Patienten wurden nochmals 5 Patienten exkludiert, da sie eine Operation mit einem kombinierten ventralen und dorsalen Zugang erhielten. Es verblieben für die Datenanalyse 28 Patienten. Eine Übersicht der Patientendaten ist in *Tabelle 3* zu finden.

Tabelle 3: Übersicht der inkludierten Patienten

Pat Code	w/m*	Alter (Jahre)	Diagnose	Operation
CS01	w	72	Zervikale Spinalkanalstenose	Ventrale Fusion C3-5
CS02	w	33	Bandscheibenvorfall C5/C6	Ventrale Fusion C5/6
CS03	m	80	Zervikale Spinalkanalstenose	HWS ventral Korporektomie C4
CS04	m	51	Spondylodese C3-C7 Foramenstenose HWK 5-7 zervikale Myelopathie Höhe HWK 3/4, Spinalkanalstenose auf Höhe HWK 3/4,	Dorsale Dekompression C5-C6
CS05	m	54	Traumatische Ruptur ventrales Längsband C6/7	Ventrale Fusion C6/7
CS06	w	70	Posttraumatisch zervikale Myelopathie bei Spinalkanalstenose C5-7,	Dorsale Dekompression C5/6, Instrumentation C4-C7

Pat Code	w/m*	Alter (Jahre)	Diagnose	Operation
CS07	w	73	HWS C1/2, Pannus ⁴ C1/2,	Dorsale Dekompression C1-2, Foraminotomie C3 rechts bei Pannus ⁴ C1/2
CS08	w	24	Spondyloepiphysäre Dysplasie mit Instabilität C1/2 und Myelopathie	Dorsale Instrumentation C0-C3
CS09	w	39	Bandscheibenprolaps C5/6	Ventrale Fusion der HWK C5-C7
CS10	m	72	Zervikale Myelopathie	ACDF C3/4 und Resektion HWK 6
CS11	m	53	Multisegmentale Degenerative HWS-Veränderung	Ventrale Fusion C4-C6
CS12	m	79	Neuroforaminale Stenose HWK 3/4 links mit Zervikobrachialgien C4 links	ACDF C3/4
CS13	w	75	Schwerste degenerative Veränderungen an der Halswirbelsäule subaxial mit erheblicher Instabilität	Ventrale Corporektomie C5, C6
CS14	w	57	Zervikale Myelopathie	ACDF C5/6, 6/7
CS15	w	46	Schmerzen C6, C7, zervikale Retikulomyelopathie vor OP, Spondylose C5/C6, Bandscheibenvorfall C7/Th1 rechts	ACDF C5/6, 6/7
CS16	w	45	V.a. Pseudoarthrose C6/7 (Z.n. auswärtiger Fusion C6/7) V.a. Atemaussetzer bei Opiatüberdosierung	ACDF C6/7
CS17	m	58	Multisegmentale Osteochondrose C3-7	ACDF C5-7
CS18	m	49	Frakturen des Gelenkfortsatz und der Lamina HWK 7	Ventrale Fusion HWK 7/BWK1
CS19	w	71	Atlantodentale Instabilität, Rheumatoide Arthritis	Dorsale Stabilisierung C0-C3
CS20	m	52	Zervikale Myelopathie	Korporektomie C5
CS21	m	56	Pseudoarthrose	Dorsale Dekompression und Instrumentation C3-7
CS22	m	73	Zervikale Myelopathie bei multisegmentaler zervikaler Stenose	Dorsale Dekompression und Instrumentation
CS23	m	75	Zervikale Myelopathie bei Stenose C3/C4	Dorsale Dekompressions-spondylodese C3/4 mit Instrumentation C2-4
CS24	w	38	Zervikale Stenose C5/C6	ACDF C5/6
CS25	w	73	Multisegmentale Osteochondrose, Unkarthrose C3-C6	Dorsale Dekompressions-spondylodese C2-7 Lami- ektomie C3-6
CS26	w	65	Zervikale Myelopathie bei Osteochondrose mit Stenose C6/7	ACDF C6/7
CS27	m	46	Fortgeschrittene Osteochondrose C5/C6 mit Retrospondylose und Un- kovertibralarthrose	ACDF C5/6
CS28	m	55	Zervikale Stenose C5/6	ACDF C5/6

*w=weiblich; m=männlich

⁴ Unter Pannus versteht man eine aus Granulationsgewebe bestehende Vergrößerung eines Gewebes oder Organs.

6.5 Durchführung

Durch eine Sprachtherapeutin wurden die Patienten zunächst im Rahmen eines klinischen Screenings und anschließend instrumentell untersucht.

6.5.1 Klinisches Screening

Vor der instrumentellen Untersuchung (Videofluoroskopie) wurde durch eine Sprachtherapeutin klinisch ein Wasserschluck-Screening durchgeführt. Hierbei wurden die Kriterien nach Daniels et al. (1997) verwendet. Dieses Screening wurde ursprünglich für die Population akuter Schlaganfall-Patienten entwickelt, dennoch wurde es für die SOP gewählt, da es für die zervikale Patientengruppe bislang keine reliablen oder validen Screeningverfahren gibt.

Das Screening nach Daniels et al. (1997) besteht aus Wasserschlucken verschiedener sich vergrößernder Volumina (2x 5ml, 2x 10ml, 2x 20ml) mit anschließender Stimmprobe. Es wird als auffällig gewertet, sobald zwei der sechs zu beobachtenden Merkmale auftreten.

Diese Merkmale sind:

- Husten nach dem Schlucken,
- Gurgelnder Stimmklang nach dem Schlucken,
- Abnormaler Würgereflex,
- Abnormaler willkürlicher Husten,
- Dysphonie,
- Dysarthrie.

In der Studie von Daniels et al. (1997) wurden bei 59 akuten Schlaganfall-Patienten die klinischen Kriterien mit objektiven Beurteilungen einer VFS hinsichtlich eines Aspirationsrisikos verglichen. Durch die Beobachtung zweier auffälliger klinischer Parameter konnten 76,2% ($p < .00005$; $\chi^2 = 20,96$; Sensitivität=92,3; Spezifität=66,7) aller Patienten korrekt hinsichtlich der Schwere der Schluckstörungen (keine/leichte Dysphagie oder mittelschwere/schwere Dysphagie) eingeteilt werden.

6.5.2 Instrumentelle Untersuchung – Videofluoroskopie

Um die Schluckphysiologie beurteilen zu können, ist die Diagnostik mittels instrumenteller Verfahren unerlässlich. Da die schluckphysiologischen Prozesse komplexe Abläufe darstellen, die zeitlich in schnellen Abfolgen und kurzzeitigen Sequenzen erfolgen, müssen die bildgebenden Verfahren bestimmte Eigenschaften besitzen, um alle relevanten Strukturen und Abfolgen des Transportes von Speisen und Flüssigkeiten durch den Schlucktrakt darstellen zu können.

Ein solches Verfahren stellt die Videofluoroskopie (VFS) dar. Bei diesem radiographischen Verfahren können die Schluckfunktionen mit einer Aufzeichnungsgeschwindigkeit von mindestens 25 Bildern pro Sekunde aufgenommen werden. Durch einen lateralen Strahlengang können alle schluckphysiologisch relevanten Aspekte erfasst und die Schluckfunktion für verschiedene kontrastmittelhaltige Konsistenzen untersucht werden. Die Untersuchung im Strahlengang von anterior nach posterior (a-p) ermöglicht eine gezielte Bewertung der Symmetrie.

Die Videofluoroskopie wurde entsprechend den Empfehlungen von Logeman (1998) immer als Tandemuntersuchung von einer Sprachtherapeutin sowie einem Radiologen oder einer Medizinisch-technischen Radiologieassistentin (MTRA) mit einem Radiologen in Rufbereitschaft durchgeführt. Die Patienten wurden im lateralen Strahlengang entweder auf einem an das Röntgengerät montierten Stuhl oder im Rollstuhl sitzend untersucht. Von der Sprachtherapeutin, welche sich während der Untersuchung im Untersuchungsraum befand, bekamen die Patienten unterschiedliche kontrastmittelhaltige Boli verabreicht.

Unabdingbar für die aussagekräftige und vergleichbare Interpretation ist eine standardisierte Durchführung und Auswertung (Stanschus, 2003). Die Patienten erhalten dabei verschiedene kontrastmittelhaltige Boli nach einem standardisierten Protokoll verabreicht (siehe Kapitel 6.5.4 Untersuchte Boluskonsistenzen), so dass der Bolusfluss in Echtzeit im Verhältnis zu den Bewegungen der am Schluckakt beteiligten Strukturen sichtbar wird. Trotz eines etablierten Wissens über die Physiologie und die Pathomechanismen des Schluckens, können aufgrund von uneinheitlichen Vorgehensweisen und einer mangelnden internen und externen Validität Ergebnisse nicht miteinander verglichen werden (Martin-Harris et al., 2008). Eine Analyse von

Videofluoroskopien ohne standardisierte Protokolle führt demnach zu uneinheitlichen und untersucherabhängigen Berichten und zu einer geringen Reliabilität (Scott, Perry & Bench, 1998; Stoeckli, Huisman, Seifert & Martin-Harris, 2003; McCullough et al., 2001). Das Einsetzen standardisierter Auswertungskriterien einerseits sowie gezielte Schulungen andererseits kann die Auswerterreliabilität erhöhen (Martin-Harris et al., 2008). Daher wurde im Rahmen der vorliegenden Studie eine Methode gewählt, die sowohl über standardisierte Auswertungskriterien verfügt, als auch ein strukturiertes Training für die Anwendung voraussetzt (siehe Kapitel 6.6 Auswertung der Videofluoroskopie).

6.5.3 Benutzte Geräte/Software

Alle Videofluoroskopien wurden mit dem Röntgengerät AXIOM-Artis (Firma Siemens AG, Erlangen, Deutschland) durchgeführt.

Die gepulste Strahlung der Röntgenröhre beträgt 30 Pulse pro Sekunde, die Konvertierung in 25 Pulse pro Sekunde erfolgt direkt vom AXIOM-Artis-Rechner, so dass auf dem zur Weiterverarbeitung der Bild- bzw. Videodaten eingesetzten Rechner Echtbildmaterial im PAL-Standard (Phase Alternating Line) zur Verfügung steht. Das Bildsignal wird über den VHS-Ausgang am Rechner des Röntgengerätes übergeben, wobei es zu einer Umwandlung des initial digitalen Signals in ein analoges Signal kommt. Nachfolgend wird dieses analoge Signal von einem weiteren Rechner mit Videograbberkarte wieder in ein digitales MJPEG (Motion JPEG)-Format umgewandelt, aufgezeichnet und archiviert, so dass es für weitere Bildanalyseschritte zur Verfügung steht. Die Vermeidung des Verlustes zeitkritischer Bilddaten ist mittels dieser Technik gewährleistet, so dass Bildanalysen auf evidenzbasierten VFS-Standards möglich sind (Fechler, Farr, Duchac, Wasilesku, & Stanschus, 2011). Die Strahlendauer und die Strahlenexposition werden automatisch vom Untersuchungsgerät erfasst. Der Bildausschnitt sollte so gewählt werden, dass die Lippen, der weiche Gaumen, die hintere Pharynxwand und die Halswirbel (einschließlich C7) einsehbar sind (Logemann, 1998). Durch die digitale Speicherung der einzelnen Untersuchungen ist eine Analyse direkt am PC möglich, es kann auf die Verwendung von VHS-Geräten verzichtet werden. Durch die zentrale Speicherung aller Dateien kann

die Analyse der Daten von verschiedenen Arbeitsplätzen aus durchgeführt werden. Dies erhöht die räumliche und zeitliche Flexibilität der Auswertung.

Als Auswertungssoftware wurde für die Übertragung und Archivierung der Untersuchungsvideos sowie die Bildanalyse Frame-by-Frame das Softwareprogramm rpSzene 9.3b, ©2006-2013 der Firma Rehder/Partner GmbH verwendet. Dieses Programm bietet die Möglichkeit, die Videos direkt nach Speicherung zu anonymisieren. Zum Auswertungszeitpunkt waren keine Patientendaten auf den Videos sichtbar. Zusätzlich wurde der QuickTime Player, Version 10.1, ©2009-2012 Apple Inc. verwendet. Hierfür wurden alle Videos in ein entsprechendes Format .mov konvertiert, ohne dabei die Bildrate oder die Auflösung zu verändern.

6.5.4 Untersuchte Boluskonsistenzen

Im Rahmen der zum Zeitpunkt der Datenerhebung bestehenden klinischen Routine wurden die Videofluoroskopien nach dem hausinternen Standard, dem Karlsbader Videofluoroskopie Index (Stanschus, 2003), durchgeführt.

Flüssigkeit:

1 Teelöffel (5ml) Flüssigkeit: Kontrastmittel: Visipaque 270.

1 Schluck Flüssigkeit: Kontrastmittel Visipaque 270.

Brei:

1 Teelöffel (5ml) Brei: Humana™ Apfelbrei mit Kontrastmittel Visipaque 270.

Der Brei wurde von der untersuchenden Sprachtherapeutin standardisiert angerührt: Hierbei wurde Humana Apfelbrei und Visipaque 270 in einem Mengenverhältnis von 2 Messlöffel Apfelbreipulver und 10 ml Kontrastmittel unmittelbar vor Verabreichen angerührt und innerhalb einer Minute verwendet, da der Brei sonst zu fest wird.

Fest/Brot

Ein Biss Bariumbrot.

Hierbei wird das Barium durch eine Bäckerei bereits im Brot verbacken, so dass keine Paste oder ähnliches auf das Brot gestrichen werden musste. Dies hat den Vorteil, dass der komplette Bolus selbst bei ungenügendem Kauvorgang permanent gesehen

wird. Das Brot wird von der Bäckerei als geschnittener Laib geliefert, die einzelnen Brotscheiben werden geviertelt, in Gefrierbeutel verpackt und tiefgefroren. Vor der Untersuchung werden die Brotstücke dem Gefrierfach entnommen und können so auftauen. Sowohl Größe als auch Gewicht verändern sich nicht durch Einfrieren und Auftauen des Brotes.

6.5.5 Kontrastmittel

Für die flüssigen und breiigen Boli wurde das Kontrastmittel Visipaque[®] mit dem Wirkstoff Iodixanolum verwendet. Hierbei handelt es sich um ein jodhaltiges, nicht ionisches Kontrastmittel. Jodhaltige Kontrastmittel sind wasserlösliche Substanzen, und werden zu 90% über die Nieren ausgeschieden (Prosiegel & Weber, 2013). Bei der Wahl des Kontrastmittels ist es wichtig, neben der Jodkonzentration (hiervon hängt die Röntgendichte und damit die erreichbare Kontrastdarstellung ab) auch auf die physiko-chemischen Eigenschaften des Kontrastmittels, wie Osmolarität und Viskosität, zu achten. Die Osmolarität beeinflusst (teilweise) die Verträglichkeit des Kontrastmittels, während die Viskosität vor allem die Fließeigenschaften beschreibt.

Osmolarität

Bei Visipaque 270 liegt die Osmolarität bei 37°C bei einem Wert von 290, es ist somit blutisoton oder isoosmolar. Das bedeutet, dass seine Osmolarität (die Anzahl der osmotisch aktiven Teilchen pro Liter) der des Blutes entspricht. Trennt einzig eine wasserdurchlässige Membran zwei Körperbereiche unterschiedlicher Osmolarität, so versucht der Körper diesen Unterschied durch Eindringen von Wasser in den Bereich mit der niedrigeren Teilchendichte (Osmolarität) auszugleichen. Für die Schluckuntersuchung ist das relevant, da bei einer Aspiration eines isoosmolaren Kontrastmittels kein Wasser in die Lunge eintritt und kein Lungenödem entstehen kann, wodurch die Gefahr für die Lunge minimiert wird (Prosiegel & Weber, 2013).

Im Vergleich hierzu können bariumsulfathaltige Kontrastmittel vom Magen-Darm-Trakt nicht resorbiert werden, und daher zu Fremdkörperreaktionen und Entzündungen führen, wenn sie außerhalb des Magen-Darm-Traktes gelangen (beispielsweise durch Aspiration). Wenn Bariumsulfat aspiriert wird, verbleibt es in der Lunge, und kann dort zur Bildung von Fremdkörper-Granulomen führen (Prosiegel

& Weber, 2013). In dem dieser Dissertation zugrundeliegenden Untersuchungsprotokoll wurde Bariumsulfat als Kontrastmittel im Brot verbacken, da dies deutlich kostengünstiger ist als isoosmolare Kontrastmittel. Laut Durchführungsprotokoll der Videofluoroskopie wurde Brot jedoch nicht verabreicht, wenn sich in den vorangegangenen Untersuchungsdurchgängen eine deutliche Aspiration zeigte, beziehungsweise ein deutlich erhöhtes Aspirationsrisiko vermutet wurde.

Viskosität

Die Viskosität von Visipaque 270mg liegt bei einer Temperatur von 20°C bei 11,3, bei einer Temperatur von 37°C bei 5,8. Dies ist mit der Fließeigenschaft von Wasser bei 20°C mit einem Wert von 1 am ehesten vergleichbar. Der Schluckakt kann demnach unter nahezu realen Bedingungen untersucht werden. Im Vergleich hierzu liegt die Viskosität von flüssigem Bariumsulfat (z.B. Mikropaque flüssig) bei ca. 10^3 , dies entspricht in etwa der Fließgeschwindigkeit einer Konsistenz zwischen Olivenöl (10^2) und Honig (10^4) (Vilgis, 2015). Somit müsste für das Erreichen von realen Bedingungen (unangedickte Flüssigkeiten unter Durchleuchtung zu sehen) das Bariumsulfat mit Wasser stark verdünnt werden, wodurch unter Umständen die Kontraststärke und damit die Sichtbarkeit deutlich reduziert werden könnte.

6.5.6 Volumina und Applikation

Flüssigkeit

1 Teelöffel (5 ml) Flüssigkeit: Das Kontrastmittel wird vom untersuchenden Sprachtherapeuten mit einem Plastikteelöffel verabreicht. Die Aufforderung lautet: „Nehmen Sie die Flüssigkeit bitte in den Mund und schlucken Sie erst dann, wenn ich es Ihnen sage. Schlucken Sie es dann bitte in einem Schluck hinunter.“

1 Schluck Flüssigkeit: Der Patient bekommt einen Plastikbecher mit Kontrastmittel in die Hand. Die Aufforderung lautet: „Nehmen Sie bitte einen Schluck in den Mund, und schlucken Sie erst dann, wenn ich es Ihnen sage. Schlucken Sie es dann bitte in einem Schluck hinunter.“

Brei

1 Teelöffel (5ml) Apfelbrei mit Kontrastmittel. Der Patient bekommt das breiige Kontrastmittel in den Mund. Die Aufforderung lautet: „Nehmen Sie den Brei bitte in den Mund und schlucken Sie erst dann, wenn ich es Ihnen sage. Schlucken Sie es dann bitte in einem Schluck hinunter.“

Fest/Brot

Der Patient bekommt eine Viertel-Scheibe Bariumbrot in die Hand. Die Aufforderung lautet: „Beißen Sie einen für sich normalen Bissen ab und kauen Sie. Wenn Sie fertig sind mit Kauen, schlucken Sie bitte einfach. Sie müssen nicht auf eine Aufforderung warten.“

6.5.7 Cued Swallow

Alle Untersuchungsdurchgänge erfolgen über den so genannten Cued Swallow, also das Schlucken auf Aufforderung. Bezüglich einer veränderten Schluckphysiologie durch diesen Eingriff von außen in den normalen Schluckablauf gibt es verschiedene Ansichten in der Dysphagieliteratur (Daniels, Schroeder, DeGeorge, Corey & Rosenbek, 2007). Der Cued Swallow wurde im Rahmen der SOP eingesetzt, um die Strahlenbelastung für den Patienten so gering wie möglich zu halten. Zusätzlich können hier Informationen zur willkürlichen Haltefähigkeit des Bolus gewonnen werden (Martin-Harris, 2015). Diese Informationen können für das Implementieren von eventuell notwendigen kompensatorischen Schlucktechniken wichtig sein, bei denen ein suffizienter Abschluss von Zunge und Gaumen zwingend vorausgesetzt wird.

6.5.8 Wiederholungen

Laut Untersuchungsprotokoll wurde jeder Bolus standardmäßig einmal verabreicht. Bei klinischer Indikation konnte die Bolusgabe einer Konsistenz wiederholt werden. Ebenso konnten im Anschluss an das Standardprotokoll bei Indikation kompensatorische Techniken erprobt werden.

6.5.9 Abbruchkriterien

Die videofluoroskopische Untersuchung kann nach Ermessen des untersuchenden Tandems aus Sprachtherapeutin und Radiologe jederzeit abgebrochen werden. Generell richten sich die Abbruchkriterien nach den Empfehlungen des Videofluoroskopie-Ablaufschemas im Karlsbader Videofluoroskopie Index (Stanschus, 2003). Bei der Untersuchung sollte der Allgemeinzustand des Patienten permanent beobachtet werden. Vor allem der Hypopharynx und der Bereich des pharyngo-ösophagealen Segments (PÖS; auf Höhe der Halswirbel C3-C6), speziell die Aspekte Compliance des PÖS, Verlagerung des hyo-laryngealen Komplexes, Typ und Entstehungsweise von Aspiration sowie die nachfolgende Fähigkeit der Expektion, kumulatives Coating sowie das Reste-Management (Stanschus, 2003) sollten in der Entscheidung über einen vorzeitigen Abbruch der Untersuchung einbezogen werden.

6.6 Auswertung der Videofluoroskopie

Die durchgeführten Videofluoroskopien wurden für die vorliegende Studie retrospektiv standardisiert ausgewertet. Die Analyse sämtlicher Videos erfolgte von Sprachtherapeutinnen, welche die Videofluoroskopien nicht durchgeführt haben. Diese waren verblindet. Durch die Sichtbarkeit der Instrumentation in den radiographischen Videos war diese Verblindung teilweise limitiert (siehe Kapitel 8.3.1 Schwächen).

6.6.1 Modified Barium Swallow Impairment Profile^{©™}

Im Rahmen dieses Dissertationsprojektes wurden alle Videos nach dem Standard des Modified Barium Swallow Impairment Profile^{©™} (MBSImp^{©™}) ausgewertet (Martin-Harris et al., 2008). Hierfür legte die auswertende Sprachtherapeutin (Autorin der vorliegenden Dissertation) eine auf einem Online-Training basierende Reliabilitätsprüfung erfolgreich ab. Die Prüfung gilt erst dann als bestanden, wenn eine Reliabilität bezüglich der Parameterauswertung von mindestens 80% erreicht wird.

Bei dem MBSImp^{©™} handelt es sich um ein Verfahren, um Videofluoroskopien standardisiert durchzuführen und auszuwerten (Martin-Harris, 2015). In einer mehr-

jährigen Studie wurden sowohl Reliabilität als auch Validität überprüft. Es ist ein klinisch praktikables und nach ausreichendem Training inter- und intraraterreliales, zuverlässiges und valides Messinstrument zur Beurteilung der Schluckphysiologie einer radiologischen Schluckuntersuchung (Martin-Harris et al., 2008). Bei der Entwicklung des MBSImP[©]™ wurde zunächst im Rahmen einer Delphi-Befragung die Parameter-Auswahl festgelegt (mit Übereinstimmung aller involvierten Experten von 100%). Für diese Parameter wurden daraufhin Auswertungskriterien in einem mehrstufigen Prozess von 10 erfahrenen Sprachtherapeutinnen anhand von 15 randomisierten Videofluoroskopien evaluiert. Sobald die Übereinstimmungsrate bei einem Parameter unter die 80%-Grenze fiel, wurden die Werte erneut überarbeitet. Dies führte auch zu den unterschiedlich zu vergebenden Werte-Skalen (siehe *Tabelle 4*).

Durch dieses intensive standardisierte Training liegt die Inter- und Intraraterreliabilität bei über 80%. Um die einzelnen Komponenten des Schluckaktes isoliert analysieren zu können, wurden insgesamt 17 Parameter in drei Bereichen (oral, pharyngeal und ösophageal) bewertet (siehe *Tabelle 4*). Die Bewertung fand anhand von 3-5-stufigen Skalen statt, wobei der Wert 0 stets für „keine Einschränkung“ steht, der maximale Punktwert die schwergradige Einschränkung darstellt.

Die Bewertungskriterien im Einzelnen können im Anhang in der gekürzten Form eingesehen werden (siehe Anhang A-3). Nach der Analyse erhält man einen Wert mit dem entsprechenden Beeinträchtigungsgrad zu den einzelnen Parametern. Zusätzlich kann für die klinische Anwendung ein Gesamteindruck (Overall-Impression) für jeden einzelnen Parameter erstellt werden. Hierbei wird über alle getesteten Konsistenzen hinweg jeweils der höchste Wert angegeben (Martin-Harris et al., 2008).

Tabelle 4: MBSImP[®]-Kriterien

Domäne	Parameter	Zu vergebende Werte	
Orale Domäne	1. Lippenschluss	0-4	
	2. Zungenkontrolle während des Bolushaltens	0-3	
	3. Boluspräparation/Kauen	0-3	
	4. Bolustransport/Zungenbeweglichkeit	0-4	
	5. Orale Residuen	0-4	
	Lokalisation	A=Mundboden B=Gaumen C=Zunge D=seitliche Rinnen	
	6. Initiierung des pharyngealen Schlucks	0-4	
	7. Elevation des weichen Gaumens	0-4	
	8. Larynxelation	0-3	
	9. Anteriorverlagerung des Hyoids	0-2	
	10. Epiglottis-Abkipfung	0-2	
	11. Larynxverschluss	0-2	
	12. Pharyngeale Austreibungswelle	0-2	
	13. Pharyngeale Kontraktion	0-3 nur in a-p-Ansicht	
	Pharyngeale Domäne	14. Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments	0-3
		15. Zungengrundretraktion	0-4
16. Pharyngeale Residuen		0-4	
Lokalisation		A=Zungengrund B=Valleculae C=Rachenwand; D=aryepiglot. Falten E=Sinus piriformes F=>3 Bereiche	
Ösophageale Domäne	17. Ösophageale Reinigung	0-4 nur in a-p-Ansicht	

6.6.2 Penetrations-/Aspirationskala

Zur Beurteilung des Penetrations- und Aspirationsstatus wurde die Penetrations-/Aspirationsskala nach Rosenbek et al. (1996) eingesetzt. Hierbei handelt es sich um eine Ordinalskala zur Erfassung des Schweregrades von Penetration und Aspiration in 8 Punktwerten (siehe *Tabelle 5*). Zur Überprüfung der Reliabilität wurden in der Originalarbeit 75 videographische Videos von 4 erfahrenen Untersuchern bewertet. In der Intrarater-Bewertung wurde eine Übereinstimmungsrate von 74% erreicht. Die größte Übereinstimmung zeigte sich beim Wert 1 (ICC $k_r=.077$), Wert 7 (ICC $k_r=.091$) und Wert 8 (ICC $k_r=.084$). Durch entsprechendes Training können auch unerfahrene Sprachtherapeuten hohe Reliabilitätswerte erreichen.

Tabelle 5: 8-Punkte-Penetrations-Aspirationsskala nach Rosenbek (Übersetzung Stanschus (2003), S. 45)

Wert	Beurteilung	Befund
1	Material dringt nicht in die Luftwege ein	Ohne Befund
2	Material dringt in die Luftwege ein, verbleibt oberhalb der Stimmlippen und wird im weiteren Verlauf aus den Luftwegen entfernt	Penetration
3	Material dringt in die Luftwege ein, verbleibt oberhalb der Stimmlippen und wird im weiteren Verlauf nicht aus den Luftwegen entfernt	Penetration
4	Material dringt in die Luftwege ein, kontaktiert die Stimmlippen und wird im weiteren Verlauf aus den Luftwegen entfernt	Penetration
5	Material dringt in die Luftwege ein, kontaktiert die Stimmlippen und wird im weiteren Verlauf nicht aus den Luftwegen entfernt	Penetration
6	Material dringt in die Luftwege ein, dringt bis unter die Stimmlippen vor und wird im weiteren Verlauf aus der Trachea in den Larynx hinein oder aus den Luftwegen entfernt	Aspiration
7	Material dringt in die Luftwege ein, dringt bis unter die Stimmlippen vor und wird im weiteren Verlauf trotz Anstrengung nicht aus der Trachea entfernt	Aspiration
8	Material dringt in die Luftwege ein, dringt bis unter die Stimmlippen vor und es wird keine Anstrengung zur Entfernung unternommen	Aspiration

6.7 Datenanalyse

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm IBM SPSS Statistics 22.0.

Da im Untersuchungsbereich I. ventrale Operation mehrere Parameter auf die selbe Nullhypothese getestet werden, wird für diesen Bereich im Rahmen einer Fehlerkorrektur durch die Bonferroni-Korrektur ($p = \frac{\alpha}{k}$) das Signifikanzlevel angepasst:

Demnach gilt für die Hypothese I-1 (orale Parameter) mit fünf Alternativhypothesen

$$\text{ein Signifikanzlevel von } p < \frac{\alpha}{\text{AnzahlParameter}} = \frac{.05}{5} = .01$$

Für die Hypothese I-2 (pharyngeale Parameter) mit acht Alternativhypothesen gilt

$$\text{ein Signifikanzlevel von } p < \frac{\alpha}{\text{AnzahlParameter}} = \frac{.05}{8} = .006$$

Ist der p -Wert kleiner als das jeweils vorgegebene Signifikanzniveau α , so ist die entsprechende Nullhypothese abzulehnen. Alle Hypothesen wurden zweiseitig getestet

(Bortz & Schuster, 2010). Zur Beantwortung der Fragestellungen wird dieses Signifikanzlevel ebenfalls verwendet (orale Parameter $p < .01$; pharyngeale Parameter $p < .006$). Zur Berechnung des pharyngealen Summenscores wird das Signifikanzniveau auf $p < .05$ festgesetzt.

6.7.1 Statistische Verfahren

Messreihe

Aus den Untersuchungen liegen Daten aus wiederholten Messungen an denselben Fällen vor. Die verbundenen Messreihen entstehen aufgrund der prä- und postoperativen Datenerhebungen. Weiterhin liegen Daten aus unabhängigen Messungen vor, da die Risikofaktoren in verschiedenen Gruppen gemessen werden.

Bei allen Patienten (allen Fällen) wurden an zwei Messzeitpunkten die im Weiteren erläuterten Variablen gemessen:

1. Messzeitpunkt (t1): 1-2 Tage vor der Operation,
2. Messzeitpunkt (t2): 2-4 Tage nach der Operation.

Variablen und Skalen

Als Gruppenvariable wurde der Operationszugang (ventral; dorsal) festgelegt.

Als unabhängige Variablen wurden dichotome Daten auf nominalem Skalenniveau erhoben:

- Alter ($>65 / <65$),
- Geschlecht (weiblich/männlich),
- Revisions-OP (ja/nein),
- Anzahl operierter Segmente (ein Segment/mehrere Segmente),
- Beteiligung obere HWS (ja/nein).

Als abhängige Variablen wurden Daten auf nominalem und ordinalem Skalenniveau erhoben:

- Parameter des MBSImpTM (Martin-Harris et al., 2008)
Diese umfassen ordinal skalierte Variablen in den Bereichen der oralen und pharyngealen Domäne (siehe Kapitel 6.6.1 Modified Barium Swallow Impairment ProfileTM).

- Penetrations-/Aspirationsskala (Rosenbek et al., 1996).
Eine Ordinalskala zur Erfassung des Schweregrades von Penetration und Aspiration in 8 Punktwerten (siehe *Tabelle 5*).
- Wasser-Screening nach Daniels-Kriterien (Daniels et al., 1997).
Sobald zwei der sechs beobachteten Parameter (Husten nach dem Schlucken, gurgelnder Stimmklang nach dem Schlucken, abnormaler Würgereflex, abnormaler willkürlicher Husten, Dysphonie und Dysarthrie) auffällig sind, wird das Screening als auffällig gewertet. Die Patienten haben klinisch ein erhöhtes Aspirationsrisiko. Aufgrund der dichotomen Wertung (auffällig/nicht auffällig) handelt es sich um ein kategoriales Skalenniveau.

Pharyngealer Summenscore

Um einen Eindruck zu bekommen, wie sich die Patienten im Einzelnen vor und nach der Operation in der Schwere der Beeinträchtigung verändern, wurde der Summenscore aus allen pharyngealen Parametern des MBSImPTM© gebildet (siehe Kapitel 6.6.1 Modified Barium Impairment ProfileTM©). Aufgrund der vielen fehlenden Werte der oralen Parameter (fehlende Bildausschnitte) konnte kein oraler Summenscore gebildet werden.

Alle gemessenen Werte der pharyngealen Domäne wurden summiert. Bei keiner Einschränkung in einem einzigen analysierten Parameter ergibt sich daraus ein Wert von 0. Wird in allen 9 analysierten pharyngealen Parametern der schlechteste Wert gegeben (zusammen ein Wert von 26), ergibt dies bei 4 Schlucken pro Patient ein möglicher Maximalwert von 104.

Es wurde berechnet, ob sich der pharyngeale Summenscore in beiden Gruppen vor und nach der Operation unterscheidet. Hierfür wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben bei ordinal skalierten Daten (Bortz & Schuster, 2010) verwendet, da die Summenscore auf einer Ordinal-Skala basiert.

Zudem wurde der Unterschied des pharyngealen Summenscores hinsichtlich der verschiedenen zu analysierenden Risikofaktoren berechnet. Hierfür wurde der U-Test nach Mann-Whitney-Wilcoxon für unabhängige Stichproben bei ordinal skalierten Daten (Bortz & Schuster, 2010) verwendet.

Within-Case Analyse

Verbundene Stichproben: Vergleich der Kriteriumsvariablen innerhalb der untersuchten Patientengruppe zwischen den Messzeitpunkten t1 (vor der OP) und t2 (nach der OP). Geprüft wurden hiermit die Hypothesen H1 und H2, sowie die Fragestellungen F1 und F2. Benutztes statistisches Verfahren: Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben bei ordinal skalierten Daten (Bortz & Schuster, 2010).

Between-Case Analyse

Unabhängige Stichprobe: Vergleich von Patientengruppen bezogen auf eine Kriteriumsvariable zu einem Messzeitpunkt (t1 oder t2). Zur Überprüfung der Fragestellungen F4, F5, F6, F7 und F8. Benutztes statistisches Verfahren: U-Test nach Mann-Whitney-Wilcoxon für unabhängige Stichproben bei ordinal skalierten Daten (Bortz & Schuster, 2010).

Differenzen

Um ein besseres Verständnis für die Wertverteilung der einzelnen Parameter zu bekommen wurden für jede Konsistenz die Differenzwerte berechnet. Hierfür wurde jeweils der präoperative Wert von dem postoperativen Wert subtrahiert ($\text{Wert}_{\text{post}} - \text{Wert}_{\text{prä}}$).

Beeinträchtigte Schlucke

Um die untersuchten Konsistenzen nicht nur einzeln sondern auch zusammenfassend darstellen zu können, wurde für jeden Parameter die Anzahl der beeinträchtigten Schlucke berechnet. Hierfür wurden alle einzelnen Parameter jeder Konsistenz eingeteilt in beeinträchtigt/nicht beeinträchtigt (Martin-Harris et al., 2015). Als beeinträchtigt werden alle Parameter mit einem Wert von ≥ 1 bewertet. Ausnahmen bilden die Parameter Lippenschluss, orale Residuen, Zungengrundretraktion und pharyngeale Residuen. Hier wird der Wert 1 als physiologisch bewertet. Demnach werden die Schlucke bei einem Wert ≥ 2 als beeinträchtigt gewertet. Die Penetration/Aspiration Skala gilt als pathologisch bei einem Wert von ≥ 3 (Martin-Harris et al., 2015).

Hierfür wurde bewusst die Dichotomisierung gewählt, um klar zwischen beeinträchtigten und nicht beeinträchtigten Schlucken differenzieren zu können. Da von jedem Patient pro Messzeitpunkt vier Schlucke vorliegen, beträgt die minimale Anzahl der beeinträchtigten Schlucke pro Parameter 0 (der analysierte Parameter ist bei keinem Schluck beeinträchtigt), die maximale Anzahl beträgt pro Parameter 4 (der analysierte Parameter ist in jedem Schluck auffällig). Benutztes statistisches Verfahren für die Prä/Post Vergleiche der einzelnen Parameter: Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben bei ordinal skalierten Daten (Bortz & Schuster, 2010). Benutztes statistisches Verfahren für die Berechnung der Unterschiede hinsichtlich der Risikofaktoren: U-Test nach Mann-Whitney-Wilcoxon für unabhängige Stichproben bei ordinal skalierten Daten (Bortz & Schuster, 2010).

6.7.2 Reliabilitätsberechnungen

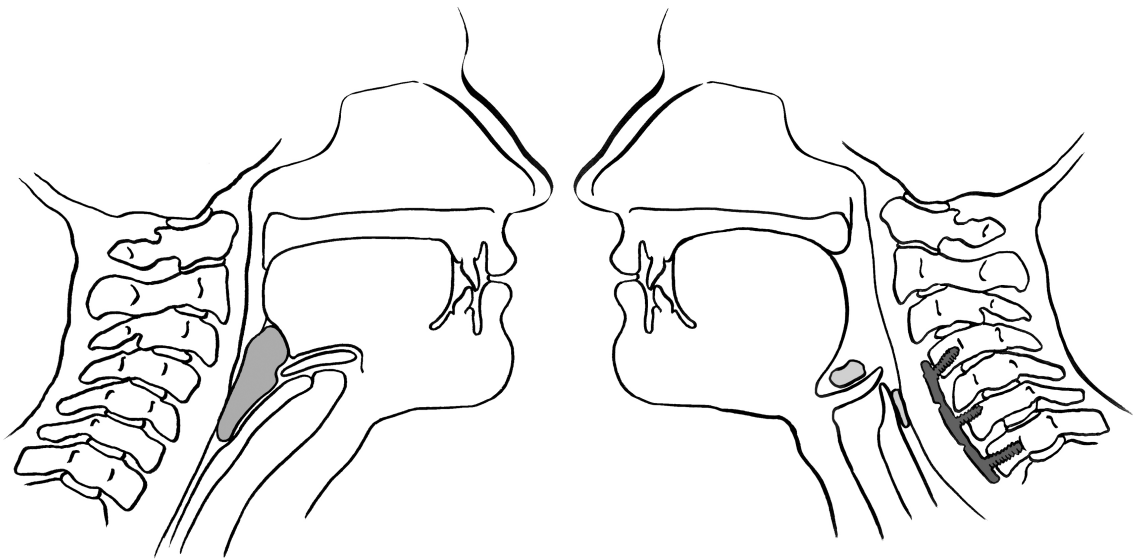
Interrater-Reliabilität:

Für die Berechnung der Interrater-Reliabilität werden die Datensätze aller Einzelslucke (Prä- und post-Videos aller untersuchten Konsistenzen) per Zufallsverfahren ausgelost. Insgesamt wurden 25% (n=56) aller Videos (n=228) erneut von einem unabhängigen MBSImP[®] zertifizierten Untersucher bewertet, um die Interrater-Reliabilität berechnen zu können. Zur Berechnung der Interrater-Reliabilität wurde aufgrund der ordinalen Datengrundlage der Kendalls Rangkorrelationskoeffizient (Kendall-Tau-b) verwendet (Bortz & Schuster, 2010).

Intrarater-Reliabilität:

Zur Berechnung der Intrarater-Reliabilität der Videofluoroskopieauswertung wurden 25% (n=56) aller Datensätze (n=228) per Zufallsverfahren ausgewählt und erneut (nach einem Zeitabstand von mindestens drei Monaten) von dem selben Untersucher ausgewertet, der die Auswertung der gesamten Datensätze vorgenommen hat (Autorin dieser Arbeit). Benutztes statistisches Verfahren zur Berechnung der Intrarater-Reliabilität ist aufgrund der ordinalen Datengrundlage Kendalls Rangkorrelationskoeffizient (Kendalls Tau-b) (Bortz & Schuster, 2010).

7 Ergebnisse



Die Ergebnisse sowohl der formativen Evaluation, der deskriptiven Statistik als auch der statistischen Analyse werden in diesem Kapitel dargestellt. Die Einteilung der I Ventralen Gruppe, der II Dorsalen Gruppe und III Risikofaktoren wird beibehalten.

7.1 Ablauf - Formative Evaluation

Im Rahmen der Implementierung der SOP mussten folgende Punkte in die neue klinische Routine integriert werden: die Identifikation der entsprechenden Patienten, daraufhin die Terminierung der Videofluoroskopie sowie Organisation der Formalia (siehe *Abbildung 11*).

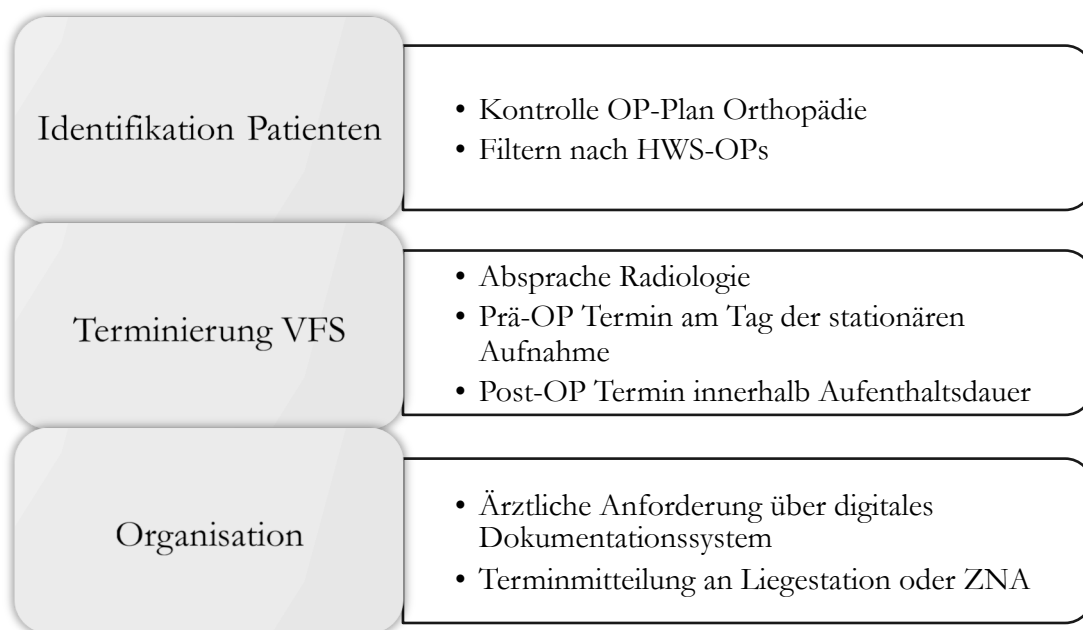


Abbildung 11: Identifizierte Kernaspekte der SOP.

In der Umsetzung der neuen Routine konnten Schwierigkeiten in folgenden Bereichen festgestellt werden: Zeitmanagement im Rahmen der VFS-Terminierung. Vor allem die Terminierung der Videofluoroskopien sowohl vor als auch nach der Operation zeigte sich durch die deutlich erhöhte Anzahl der Untersuchungen erschwert. Die ursprünglich vereinbarte Anzahl der zu Verfügung stehenden Slots (Zeitfenster) reichte nicht aus. Zudem gab es häufig Änderungen/Verschiebungen im OP-Plan.

Hieraus resultierte ein erhöhter Zeitaufwand, da bereits vereinbarte Untersuchungen abgesagt oder verschoben werden mussten. Durch eine ebenfalls erhöhte Anzahl an Myelographien, welche dasselbe Röntgengerät benötigen, konnten teilweise keine Zeitfenster für Videofluoroskopien vergeben werden. Ein weiterer Grund für die schwierige Terminierung vor allem der präoperativen Videofluoroskopie-Untersuchungen, war häufig die häufig späte stationäre Aufnahme der Patienten am Tag vor der Operation.

Viele Patienten verspäteten sich oder erschienen überhaupt nicht zur Untersuchung. In der Summe war durch diese Schwierigkeiten eine deutlich erhöhte Arbeitsbelastung der Sprachtherapeutin und der MTRAs zu verzeichnen.

Diese Schwierigkeiten sind hauptursächlich für den Drop-Out von 55 Patientendatensätzen (Die erste Stufe der *Abbildung 10*, S. 115). Hierdurch wurde die Gesamtstichprobe (n=97) um die Anzahl der Datensätze verringert, die nur zu einem Messzeitpunkt eine VFS erhalten haben.

Die Standardvorgehensweise wurde nicht, wie im Rahmen einer SOP normalerweise üblich, in schriftlicher Form weitergegeben und im Rahmen von Schulungen vertieft. Hierdurch wurden die Routinen zum Teil nur unvollständig umgesetzt. Als Folge zeigt sich ein teilweise hoher Datenverlust (beispielsweise fehlende Wasser-schluck-Screenings oder fehlende Bildausschnitte in der Videofluoroskopie).

7.2 Deskriptive Statistik

Nach Exklusion aller unvollständigen Datensätze und der Patienten, die in die Ausschlusskriterien fielen, konnten 28 Patienten in die Datenanalyse aufgenommen werden. In der ventralen Gruppe ($n=19$) waren dies 9 Frauen und 10 Männer im Durchschnittsalter von 56 Jahren (± 14 Jahre, *range* 33-80 Jahre). In der dorsalen Gruppe ($n=9$) waren 5 Frauen und 4 Männer mit einem durchschnittlichen Alter von 58 Jahre (± 17 Jahre, *range* 24-74 Jahre). In der ventralen Gruppe kann davon ausgegangen werden, dass das Alter im Verhältnis zur Grundgesamtheit normalverteilt ist (Kolmogorow-Smirnow-Test ($n=19$); $p=.200$)), wohingegen dies in der dorsalen Gruppe ($n=9$); $p=.005$) nicht der Fall ist. Es sind mehr ältere Patienten in der dorsalen Gruppe. Vergleicht man beide Mittelwerte aufgrund des metrischen Datenniveaus mit einem t-test, so kann nach dem Levene-Test ($F=.164$, $p=.688$) eine Varianzgleichheit angenommen werden. Es zeigt sich trotz der erhöhten Anzahl älterer Patienten in der dorsalen Gruppe kein signifikanter Unterschied bezüglich des Alters-Mittelwerts ($t(28) = -1,089$, $p=.282$) beider Gruppen.

Für alle weiteren Berechnungen wurde der unabhängige Faktor „Alter“ dichotomisiert (>65 Jahre: ja/nein). Diese Einteilung in eine „jüngere“ und eine „ältere“ Gruppe wurde bewusst gewählt, da verglichen werden soll, ob ein „junges Schlucksystem“ in kompensatorischer Hinsicht anders mit den Herausforderungen einer Operation an der Halswirbelsäule umgeht als ein „älteres Schlucksystem“.

Aufgrund der dichotomen (kategorialen) Eigenschaften aller für die Berechnungen zugrunde liegenden unabhängigen Faktoren wurden mögliche Gruppenunterschiede mit einer Kreuztabelle und dem Chi^2 -Test bzw. Fishers-Exact-Test⁵ berechnet (Bortz & Lienert, 2008).

Alter ($<65/>65$): In der ventralen Gruppe waren zum Zeitpunkt der Operation 13 Patienten jünger als 65 Jahre, 6 Patienten waren älter als 65 Jahre. In der dorsalen Gruppe waren zum Zeitpunkt der Operation 3 Patienten jünger als 65 Jahre, 6 Patienten waren älter als 65 Jahre. Da in einem Feld der Kreuztabelle eine Häufigkeit von weniger als 5 auftritt, wurden die Ergebnisse des Fisher-Exact-Tests herangezogen.

⁵ Bei einer Häufigkeit von <5 in mindestens einer der Zellen, da der Chi^2 -Test in jedem Feld eine Häufigkeit von mindestens 5 erfordert (Bortz & Lienert, 2008).

gen. Hier zeigte sich ein Signifikanzwert von $p=.114$. Demnach besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren Alter und Zugang.

Geschlecht (weiblich/männlich): In der ventralen Gruppe waren 9 weibliche und 10 männliche Patienten, in der dorsalen Gruppe waren es 5 weibliche und 4 männliche Patienten. Hier zeigten sich in zwei Feldern eine Häufigkeit von <5 , der Fishers-Exact-Test ergibt $p>.99$. Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren „Zugang“ und „Geschlecht“.

Revisions-OP (nein/ja): In der ventralen Gruppe wurden 12 Patienten zum ersten Mal operiert, 7 Patienten erhielten eine Revisions-OP. In der dorsalen Gruppe wurden 7 Patienten zum ersten Mal operiert und 2 erhielten eine Revisions-OP. Hier zeigte sich in einem Feld eine Häufigkeit von <5 , der Fishers-Exact-Test ergibt $p=.670$. Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren „Zugang“ und „Revisions-OP“.

Anzahl operierter Segmente (ein Segment/ $>$ ein Segment): In der ventralen Gruppe wurden 12 Patienten an einem Segment operiert, 7 Patienten erhielten eine Operation an mehreren Segmenten. In der dorsalen Gruppe wurde lediglich 1 Patient an nur einem Segment operiert und 8 erhielten eine Operation an mehreren Segmenten. In zwei Zellen ergab sich die erwartete Häufigkeit von weniger als 5, daher werden auch die Ergebnisse des Fishers-Exact-Test betrachtet: Mit $p=.016$ zeigt sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren „Zugang“ und „Anzahl der operierten Segmente“.

Beteiligung obere HWS (ja/nein): In der ventralen Gruppe war bei keinem der 19 Patienten die obere HWS in der OP beteiligt. In der dorsalen Gruppe war eine Beteiligung der oberen HWS in 5 Fällen notwendig, bei 4 Patienten war die obere HWS nicht beteiligt. In zwei Zellen ergab sich die erwartete Häufigkeit von weniger als 5, daher wurden auch hier die Ergebnisse des Fishers-Exact-Test betrachtet: Bei $p=.001$ zeigt sich ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren „Zugang“ und „Beteiligung der oberen HWS“.

Alle demographischen und operativen Angaben können zusammengefasst in *Tabelle 6* betrachtet werden.

Tabelle 6: Demographische und operative Daten aller inkludierten Patienten

Variablen	Ventral (n=19)	Dorsal (n=9)	1 (n=8)
Alter (Jahre)			
<i>M ±SD</i>	56 ±14	62 ±16	17
<i>Range</i>	33-80	24-74	17
Geschlecht			
weiblich	9	5	13
männlich	10	4	15
Operationsstatus			
Erst-OP	12	7	19
Revision	7	2	9
Beteilig. obere HWS			
Ja	0	5	5
Nein	19	4	23
Anzahl op. Segmente			
1 Segment	12	1	13
>1 Segment	7	8	15
Operation			
Fusion	6	0	6
ACDF	10	0	10
Corporektomie	3	0	3
Dors. Dekompression	0	7	7
Dors. Stabilisation	0	2	2

7.2.1 Wasserschluck-Screening

Aufgrund der vielen fehlenden Werte konnten keine statistischen Berechnungen des Parameters Wasserschluck-Screening durchgeführt werden. In *Tabelle 7* werden die Häufigkeiten dargestellt.

Tabelle 7: Häufigkeitstabelle des Wasserschluck-Screenings

Wasser-Screening	Zugang ventral		Zugang dorsal	
	Prä-OP	Post-OP	Prä-OP	Post-OP
negativ	9	6	6	4
positiv	1	2	0	2
Fehlende Werte	9	11	3	3

7.3 Pharyngealer Summenscore

Um zunächst einen zusammengefassten Überblick über die Veränderung der einzelnen Patienten zu bekommen, wurde ein Summenscore aller pharyngealen Parameter gebildet. Aufgrund der vielen fehlenden Werte der oralen Parameter (fehlende Bildausschnitte in der VFS) konnte kein oraler Summenscore gebildet werden. Die Ergebnisse des pharyngealen Summenscores sind in *Abbildung 12* und *Tabelle 8* zu sehen. Der Wert 0 stellt mit keinerlei Einschränkung in einem der analysierten Parameter den kleinstmöglichen Wert dar. Der Wert 104 ist mit der schwersten Beeinträchtigung in allen analysierten Parametern der mögliche Maximalwert.

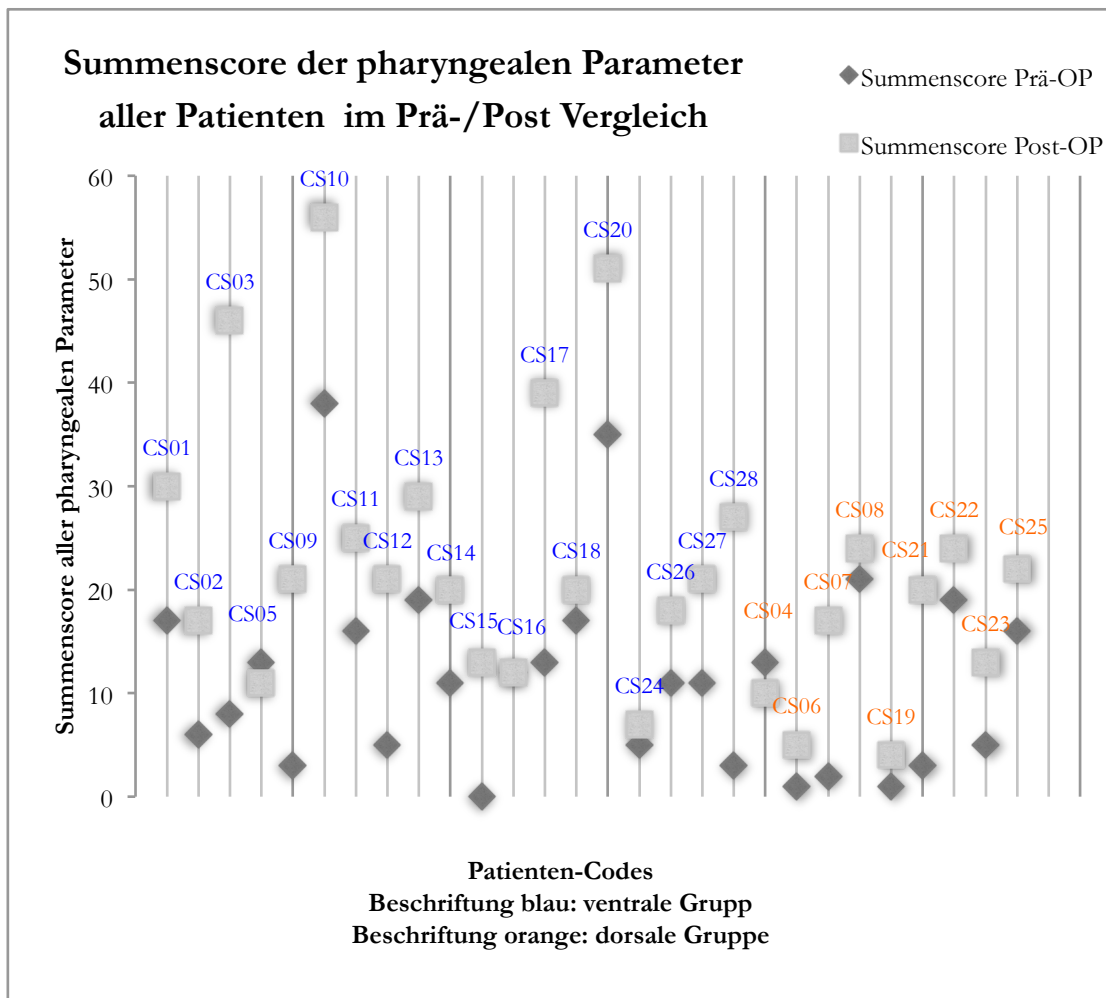


Abbildung 12: Summenscore aller Patienten. Die Patienten-Codes in blau stellen die ventrale Gruppe dar, die Patienten-Codes in orange bilden die dorsale Gruppe ab.

Bei der Berechnung der statistischen Kennzahlen zeigt sich für die ventrale Gruppe präoperativ ein Median von 11 des pharyngealen Summenscores, postoperativ liegt dieser bei 21. Beim Vergleich durch den Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zeigt sich ein hochsignifikanter Unterschied des prä- und postoperativen pharyngealen Summenscore ($U(19)=-3,67; p<.000$).

In der dorsalen Gruppe zeigt sich präoperativ ein Median von 5, postoperativ liegt dieser bei 17. Beim Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test zeigt sich ein signifikanter Unterschied des prä- und postoperativen pharyngealen Summenscores ($U(9)=-2,44; p=.015$).

Tabelle 8: Pharyngealer Summenscore aller Patienten

Ventral	CS01	CS02	CS03	CS05	CS09	CS10	CS11	CS12	CS13	
Prä-OP	17	6	8	13	3	38	16	5	19	
Post-OP	30	17	46	11	21	56	25	21	29	
Ventral	CS14	CS15	CS16	CS17	CS18	CS20	CS24	CS26	CS27	CS28
Prä-OP	11	0	12	13	17	35	5	11	11	3
Post-OP	20	13	12	39	20	51	7	28	21	27
Dorsal	CS04	CS06	CS07	CS08	CS19	CS21	CS22	CS23	CS25	
Prä-OP	13	1	2	21	1	3	19	5	16	
Post-OP	10	5	17	24	4	20	24	13	22	

7.3 Veränderung der Schluckphysiologie in der ventralen Gruppe

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der ventralen Gruppe dargestellt. Hierfür werden zunächst die Ergebnisse für die oralen und die pharyngealen Parameter bei den einzelnen untersuchten Konsistenzen detailliert aufgeführt. Die Berechnungen basieren auf dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für abhängige Stichproben bei einem ordinalen Skalenniveau. Um einen Einblick in die Verteilung der Veränderungen zu bekommen, werden jeweils nach diesen Ergebnissen die Differenzwerte (Post-OP – Prä-OP) dargestellt.

Die Parameter Lippenschluss und Elevation des weichen Gaumens zeigten sich in der Hypothesengenerierung nicht als Risikofaktoren und werden daher im Rahmen der Ergebnisdarstellung nicht berücksichtigt. Zudem zeigten sie in keinem Fall eine Beeinträchtigung und bilden somit eine Konstante.

Abschließend werden die Konsistenzen zusammenfassend dargestellt, indem die beeinträchtigten Schlucke pro Patient (maximal vier beeinträchtigte Schlucke pro Messzeitpunkt) vor und nach der Operation miteinander verglichen werden. Verwendet wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

7.3.1 Teelöffel Flüssigkeit

Bei der Konsistenz Teelöffelmenge Flüssigkeit zeigte der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben in der ventralen Gruppe folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Postoperativ zeigten sich signifikant mehr pharyngeale Residuen ($U(19) = -3,17; p = .001$).

Ein statistischer Trend zeigt sich in den Parametern anteriore Hyoidverlagerung ($p = .01$), Epiglottis-Abkippung ($p = .01$), pharyngeale Austreibungswelle ($p = .01$), Öffnung PÖS ($p = .01$) und Zungengrundretraktion ($p = .01$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 9* aufgeführt.

Tabelle 9: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Teelöffelmenge Flüssigkeit vor und nach ventraler HWS-OP, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

VENTRAL Teelöffel flüssig Parameter	Prä-OP		Post-OP		p
	Median	Fehlende Werte	Median	Fehlende Werte	
Zungenkontrolle	,00	3	,00	1	.317
Kauvorgang	-	-	-	-	-
Bolustransport	,00	3	1,00	0	.340
Orale Residuen	,00	3	,00	1	>.99
Init. Pharyng. Schluck	1,00	0	2,00	0	.417
Larynxlevation	1,00	0	1,00	0	.317
Ant. Hyoidverlagerung	,00	0	,00	0	.014
Epiglottis-Abkippung	,00	0	,00	0	.034
Larynxverschluss	,00	0	,00	0	>.99
Austreibungswelle	,00	0	1,00	0	.011
Öffnung PÖS Segment	,00	0	,00	0	.014
Zungengrundretraktion	,00	0	1,00	0	.014
Pharyngeale Residuen	,00	0	1,00	0	.001*
P/A-Skala	1,00	0	1,00	0	.655

Differenzen

Tabelle 10: Häufigkeiten der Differenzwerte (Post-Op – Prä-OP) bei Teelöffelmenge Flüssigkeit in der ventralen Gruppe.

TL flüssig Häufigkeiten der Differenzen	Mittelwert	Differenzwerte						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Zungenkontrolle	.19	1	0	0	15	0	0	0
Bolustransport	.25	0	1	1	9	3	2	0
Orale Residuen	.00	0	0	1	14	1	0	0
Initiierung	.21	0	0	4	10	3	1	1
Larynxlevation	.11	0	0	1	15	3	0	0
Hyoidverlagerung	.32	-	0	0	13	6	0	-
Epiglottis-Kipp.	.32	-	0	0	14	4	1	-
Larynxverschluss	.00	-	0	0	19	0	0	-
Austreibungswelle	.42	-	0	1	9	9	0	-
Öffnung PÖS	.32	0	0	0	13	6	0	0
Zungengrundretr.	.47	0	0	0	12	5	2	0
Pharyn. Residuen	1.05	0	0	0	7	4	8	
P/A-Skala	.26	0	0	1	17	Differenzwert 6: 1 mal		

7.3.2 Schluck Flüssigkeit

Bei der Konsistenz Schluckmenge Flüssigkeit zeigte der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben in der ventralen Gruppe folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Die Parameter pharyngeale Austreibungswelle ($U(19) = -3,16$; $p = .002$) und Öffnung des pharyngoösophagealen Segments ($U(19) = -2,89$; $p = .004$) zeigten sich postoperativ signifikant schlechter. Postoperativ waren signifikant mehr pharyngeale Residuen ($U(19) = -3,35$; $p = .001$) vorhanden. Ein statistischer Trend zeigt sich in dem Parameter anteriore Hyoidverlagerung ($p = .008$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 11* aufgeführt.

Tabelle 11: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Schluckmenge Flüssigkeit vor und nach ventraler HWS-OP, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

VENTRAL Schluck flüssig Parameter	Prä-OP		Post-OP		<i>p</i>
	<i>Median</i>	<i>Fehlende Werte</i>	<i>Median</i>	<i>Fehlende Werte</i>	
Zungenkontrolle	,00	1	,00	1	.102
Kauvorgang	-	-	-	-	-
Bolustransport	,00	0	,00	1	.655
Orale Residuen	1,00	0	1,00	0	>.99
Init. Pharyng. Schluck	2,00	0	2,00	0	.518
Larynxelavation	1,00	0	1,00	0	.180
Ant. Hyoidverlagerung	,00	0	1,00	0	.008
Epiglottis-Abkipfung	,00	0	1,00	0	.058
Larynxverschluss	,00	0	,00	0	.157
Austreibungswelle	,00	0	1,00	0	.002*
Öffnung PÖS Segment	,00	0	1,00	0	.004*
Zungengrundretraktion	,00	0	1,00	0	.068
Pharyngeale Residuen	,00	0	1,00	0	.001*
P/A-Skala	1,00	0	1,00	0	.608

Differenzen

Tabelle 12: Häufigkeiten der Differenzwerte (Post-Op – Prä-OP) bei Schluckmenge Flüssigkeit in der ventralen Gruppe.

Schluck flüssig Häufigkeiten der Differenzen	Mittelwert	Differenzwerte						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Zungenkontrolle	.24	0	1	2	14	0	0	0
Bolustransport	.06	0	0	1	16	0	1	0
Orale Residuen	.39	0	0	0	11	7	0	0
Initiierung	.16	0	1	1	13	3	1	0
Larynxlevation	.16	0	0	1	14	4	0	0
Hyoidverlagerung	.37	-	0	0	12	7	0	-
Epiglottis-Kipp.	.32	-	0	1	12	5	1	-
Larynxverschluss	.21	-	0	2	11	6	0	-
Austreibungswelle	.53	-	0	0	9	10	0	-
Öffnung POS	.53	0	0	0	10	8	1	0
Zungengrundretr.	.47	0	1	0	10	5	3	0
Pharyn. Residuen	.68	0	1	11	7	0	0	0
P/A-Skala	.11	1	0	2	11	4	0	1

7.3.3 Teelöffel Brei

Bei der Konsistenz Teelöffelmenge Brei zeigte der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben in der ventralen Gruppe folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Anterior Hyoidverlagerung ($U(19) = -3,21$; $p = .001$); Pharyngeale Austreibungswelle ($U(19) = -3,32$; $p = .001$); Zungengrundretraktion ($U(19) = -2,89$; $p = .004$); Postoperativ zeigte sich eine Tendenz zu mehr pharyngealen Residuen ($U(19) = -2,67$; $p = .007$).

Ein statistischer Trend zeigt sich in den Parametern Larynxlevation ($p = .01$) und pharyngeale Residuen ($p = .007$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 13* aufgeführt.

Tabelle 13: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Teelöffelmenge Brei vor und nach ventraler HWS-OP, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

VENTRAL Teelöffel Brei Parameter	Prä-OP		Post-OP		<i>p</i>
	<i>Median</i>	<i>Fehlende Werte</i>	<i>Median</i>	<i>Fehlende Werte</i>	
Zungenkontrolle	,00	1	,00	1	.655
Kauvorgang	-	-	-	-	-
Bolustransport	1,00	0	,00	0	.666
Orale Residuen	1,00	0	1,00	0	>.99
Init. Pharyng. Schluck	1,00	0	1,00	0	.480
Larynx elevation	1,00	0	1,00	0	.011
Ant. Hyoidverlagerung	,00	0	1,00	0	.002*
Epiglottis-Abkipfung	,00	0	,00	0	.059
Larynxverschluss	,00	0	,00	0	>.99
Austreibungswelle	,00	0	1,00	0	.001*
Öffnung PÖS Segment	,00	0	,00	0	.052
Zungengrundretraktion	,00	0	1,00	0	.001*
Pharyngeale Residuen	1,00	0	2,00	0	.007
P/A-Skala	1,00	0	1,00	0	>.99

Differenzen

Tabelle 14: Häufigkeiten der Differenzwerte (Post-Op – Prä-OP) bei Teelöffelmenge Brei in der ventralen Gruppe.

TL Brei Häufigkeiten der Differenzen	Mittelwert	Differenzwerte						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Zungenkontrolle	.05	0	0	1	16	0	1	0
Bolustransport	.10	3	0	0	12	2	1	1
Orale Residuen	.00	0	0	2	15	2	0	0
Init. Pharyng. Schl.	.10	0	1	2	14	2	0	0
Larynx elevation	.42	0	0	0	12	6	1	0
Hyoidverlagerung	.52	-	0	0	9	10	0	-
Epiglottis-Kipp.	.26	-	0	0	15	3	1	-
Larynxverschluss	.00	-	0	1	17	1	0	-
Austreibungswelle	.57	-	0	0	8	11	0	-
Öffnung PÖS	.36	0	0	2	9	7	1	0
Zungengrundretr.	.78	0	0	0	7	9	3	0
Pharyn. Residuen	.68	0	0	2	5	10	1	1
P/A-Skala	.00	0	0	1	17	1	0	0

7.3.4 Biss Brot

Bei der Konsistenz Biss Brot zeigte der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben in der ventralen Gruppe folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Pharyngeale Austreibungswelle ($U(19) = -3,32$; $p = .001$).

Ein statistischer Trend zeigt sich in den Parametern Larynx-elevation ($p = .008$), anteriore Hyoidverlagerung ($p = .01$) und Epiglottis-Abkippung ($p = .03$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 15* aufgeführt.

Tabelle 15: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter beim Biss Brot vor und nach ventraler HWS-OP, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

VENTRAL Biss Brot Parameter	Prä-OP		Post-OP		<i>p</i>
	<i>Median</i>	<i>Fehlende Werte</i>	<i>Median</i>	<i>Fehlende Werte</i>	
Zungenkontrolle	,00	0	,00	1	.157
Kauvorgang	1,00	0	1,00	2	.157
Bolustransport	,00	0	,00	1	.317
Orale Residuen	1,00	0	1,00	0	>.99
Init. Pharyng. Schluck	1,00	0	1,00	0	.257
Larynx-elevation	1,00	0	1,00	0	.008
Ant. Hyoidverlagerung	1,00	0	1,00	0	.014
Epiglottis-Abkippung	,00	0	,00	0	.034
Larynxverschluss	,00	0	,00	0	.157
Austreibungswelle	,00	0	1,00	0	.001*
Öffnung PÖS Segment	,00	0	1,00	0	.070
Zungengrundretraktion	,00	0	1,00	0	.063
Pharyngeale Residuen	1,00	0	2,00	0	.114
P/A-Skala	1,00	0	1,00	0	.317

Differenzen

Tabelle 16: Häufigkeiten der Differenzwerte (Post-Op – Prä-OP) bei einem Biss Brot in der ventralen Gruppe.

Biss Brot Häufigkeiten der Differenzen	Mittelwert	Differenzwerte						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Zungenkontrolle	.22	0	0	0	16	0	2	0
Kauvorgang	.11	0	0	0	15	2	0	0
Bolustransport	.11	0	0	0	17	0	1	0
Orale Residuen	.00	0	0	3	13	3	0	0
Initiierung	.15	0	0	1	15	2	1	0
Larynxlevation	.36	0	0	0	12	7	0	0
Hyoidverlagerung	.31	-	0	0	13	6	9	-
Epiglottis-Kipp.	.31	-	0	0	14	4	1	-
Larynxverschluss	.10	-	0	0	17	2	0	-
Austreibungswelle	.57	-	0	0	8	11	0	-
Öffnung PÖS	.36	0	0	2	10	5	2	0
Zungengrundretr.	.31	0	0	0	15	2	2	0
Pharyn. Residuen	.42	0	1	1	10	3	4	0
P/A-Skala	.10	0	0	0	17	2	0	0

7.3.5 Anzahl der beeinträchtigten Schlucke

Die Berechnung der beeinträchtigten Schlucke aller Konsistenzen lieferte folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Hyoidverlagerung ($p = .002$), pharyngeale Austreibungswelle ($p = .001$), Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments ($p = .002$) sowie postoperativ signifikant mehr pharyngeale Residuen ($p = .003$).

Ein statistischer Trend zeigt sich in den Parametern Larynxlevation ($p = .04$), Epiglottis-Abkippung ($p = .01$) und Zungengrundretraktion ($p = .02$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 17* aufgeführt.

Tabelle 17: Veränderung der Anzahl beeinträchtigter Schlucke vor und nach ventraler Operation, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

VENTRAL Parameter	PRÄ-OP		POST-OP		p-Wert
	Median	Modalwert	Median	Modalwert	
Zungenkontrolle	,00	0	,00	0	.99
Kauvorgang	1,00	1	1,00	1	.32
Bolustransport	2,00	2	2,00	2	.99
Orale Residuen	0,50	0	,00	0	.66
Initiierung pharyn	3,00	4	3,00	4	.19
Larynxlevation	3,00	4	4,00	4	.04
Hyoidverlagerung	1,00	0	3,00	4	.002*
Epiglottis-Abkipf	,00	0	1,00	0	.012
Larynxverschluss	,00	0	,00	0	.058
Austreibungswelle	1,00	0	4,00	4	.001*
Öffnung PöS	0,00	0	1,00	1	.002*
Zungenrundret.	0,00	0	1,00	0	.017
Phar. Residuen	1,00	0	2,00	4	.003*
P/A-Skala	,00	0	,00	0	.32

Zusammenfassung

In der ventralen Gruppe konnten keine Veränderungen der oralen Parameter festgestellt werden. Der pharyngeale Summenscore zeigt sich nach der Operation signifikant höher ($p=.000$) als vor der Operation. Es zeigen sich signifikante Veränderungen der pharyngealen Parameter Hyoidverlagerung, pharyngeale Austreibungswelle, Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments, sowie postoperativ signifikant mehr pharyngeale Residuen.

7.4 Veränderung der Schluckphysiologie in der dorsalen Gruppe

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der dorsalen Gruppe dargestellt. Hierfür werden zunächst die Ergebnisse für die oralen und die pharyngealen Parameter bei den einzelnen untersuchten Konsistenzen detailliert aufgeführt. Die Berechnungen basieren auf dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für abhängige Stichproben bei einem ordinalen Skalenniveau. Um einen Einblick in die Verteilung der Veränderung zu bekommen, werden jeweils nach diesen Ergebnissen die Häufigkeiten der Differenzen dargestellt.

Die Parameter Lippenschluss und Elevation des weichen Gaumens zeigten sich in der Hypothesengenerierung nicht als Risikofaktoren und werden daher im Rahmen der Ergebnisdarstellung nicht berücksichtigt. Zudem zeigten sie in keinem Fall eine Beeinträchtigung, und bilden somit eine Konstante.

Abschließend werden die Konsistenzen zusammenfassend dargestellt, indem die beeinträchtigten Schlucke pro Patient (maximal vier beeinträchtigte Schlucke pro Messzeitpunkt) vor und nach der Operation miteinander verglichen werden. Verwendet wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

7.4.1 Teelöffel Flüssigkeit

Bei der Konsistenz Teelöffelmenge Flüssigkeit zeigte der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben in der dorsalen Gruppe folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Keine signifikanten Veränderungen.

Ein statistischer Trend zeigt sich im Parameter Larynxelation ($p = .046$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 18* aufgeführt.

Tabelle 18: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Teelöffelmenge Flüssigkeit vor und nach dorsaler HWS-OP, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

Parameter	Prä-OP		Post-OP		p
	Median	Feblende Werte	Median	Feblende Werte	
Zungenkontrolle	,00	0	,00	0	.180
Kauvorgang	-	-	-	-	-
Bolustransport	,00	0	1,00	0	.157
Orale Residuen	,00	0	,00	0	.157
Init. Pharyng. Schluck	,00	0	1,00	0	.059
Larynxlevation	,00	0	,00	0	.046
Ant. Hyoidverlagerung	,00	0	1,00	0	.157
Epiglottis-Abkippung	,00	0	1,00	0	.317
Larynxverschluss	,00	0	,00	0	.317
Austreibungswelle	,00	0	1,00	0	.083
Öffnung PÖS Segment	,00	0	,00	0	>.99
Zungengrundretraktion	,00	0	,00	0	.157
Pharyngeale Residuen	,00	0	,00	0	>.99
P/A-Skala	1,00	0	1,00	0	.317

Differenzen

Tabelle 19: Häufigkeiten der Differenzwerte (Post-Op – Prä-OP) bei Teelöffelmenge Flüssigkeit in der dorsalen Gruppe.

TL flüssig Häufigkeiten der Differenzen	Mittelwert	Differenzwerte						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Zungenkontrolle	.33	0	0	0	7	1	1	0
Bolustransport	.44	0	0	0	7	0	2	0
Orale Residuen	.22	0	0	0	7	2	0	0
Initiierung	.56	0	0	0	5	3	1	0
Larynxlevation	.44	0	0	0	5	4	0	0
Hyoidverlagerung	.22	-	0	0	7	2	0	-
Epiglottis-Kipp.	.11	-	0	0	8	1	0	-
Larynxverschluss	.11	-	0	0	8	1	0	-
Austreibungswelle	.33	-	0	0	6	3	0	-
Öffnung PÖS	.00	0	0	0	9	0	0	0
Zungengrundretr.	.22	0	0	0	7	2	0	0
Pharyn. Residuen	.00	0	0	1	7	1	0	0
P/A-Skala	.11	0	0	1	8	0	0	0

7.4.2 Schluck Flüssigkeit

Bei der Konsistenz Schluckmenge Flüssigkeit zeigte der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben in der dorsalen Gruppe folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Keine signifikanten Veränderungen.

Ein statistischer Trend zeigt sich in den Parametern Larynxelation ($p = .025$), pharyngeale Austreibungswelle ($p = .046$) und pharyngeale Residuen ($p = .014$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 20* aufgeführt.

Tabelle 20: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Schluckmenge Flüssigkeit vor und nach dorsaler HWS-OP, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

DORSAL Schluck Flüssig Parameter	Prä-OP		Post-OP		<i>p</i>
	<i>Median</i>	<i>Feblende Werte</i>	<i>Median</i>	<i>Feblende Werte</i>	
Zungenkontrolle	,00	1	,00	0	>.99
Kauvorgang	-	-	-	-	-
Bolustransport	,00	0	,00	0	.655
Orale Residuen	,00	0	1,00	0	.083
Init. Pharyng. Schluck	1,00	0	1,00	0	.785
Larynxelation	,00	0	1,00	0	.025
Ant. Hyoidverlagerung	,00	0	1,00	0	.157
Epiglottis-Abkippung	,00	0	,00	0	>.99
Larynxverschluss	,00	0	,00	0	.564
Austreibungswelle	,00	0	1,00	0	.046
Öffnung PÖS Segment	,00	0	,00	0	>.99
Zungengrundretraktion	,00	0	1,00	0	.527
Pharyngeale Residuen	,00	0	1,00	0	.014
P/A-Skala	1,00	0	1,00	0	.564

Differenzen

Tabelle 21: Häufigkeiten der Differenzwerte (Post-Op – Prä-OP) bei Schluckmenge Flüssigkeit in der dorsalen Gruppe.

Schluck flüssig Häufigkeiten der Differenzen	Mittelwert	Differenzwerte						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Zungenkontrolle	.00	0	1	1	4	1	1	0
Bolustransport	.11	0	0	1	7	0	1	0
Orale Residuen	.33	0	0	1	4	4	0	0
Initiierung	.11	1	0	1	4	1	2	0
Larynxlevation	.56	0	0	0	4	5	0	0
Hyoidverlagerung	.22	-	0	0	7	2	0	-
Epiglottis-Kipp.	.00	-	0	0	9	0	0	-
Larynxverschluss	.11	-	0	1	6	1	0	-
Austreibungswelle	.44	-	0	0	5	4	0	-
Öffnung PÖS	.00	0	0	0	9	0	0	0
Zungengrundretr.	.22	0	1	1	2	5	0	0
Pharyn. Residuen	.67	0	0	6	3	0	0	0
P/A-Skala	.11	0	0	1	6	2	0	0

7.4.3 Teelöffel Brei

Bei der Konsistenz Teelöffelmenge Brei zeigte der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben in der dorsalen Gruppe folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Keine signifikanten Veränderungen.

Ein statistischer Trend zeigt sich in den Parametern Hyoidverlagerung ($p = .046$) und Zungengrundretraktion ($p = .014$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 22* aufgeführt.

Tabelle 22: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter bei Teelöffelmenge Brei vor und nach dorsaler HWS-OP, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

DORSAL Teelöffel Brei Parameter	Prä-OP		Post-OP		p
	Median	Feblende Werte	Median	Feblende Werte	
Zungenkontrolle	,00	0	,00	0	>.99
Kauvorgang	-	-	-	-	-
Bolustransport	,00	0	2,00	0	.109
Orale Residuen	1,00	0	1,00	0	.157
Init. Pharyng. Schluck	,00	0	1,00	0	.083
Larynxelavation	,00	0	1,00	0	.180
Ant. Hyoidverlagerung	,00	0	1,00	0	.046
Epiglottis-Abkippung	,00	0	,00	0	.317
Larynxverschluss	,00	0	,00	0	.317
Austreibungswelle	,00	0	1,00	0	.083
Öffnung PÖS Segment	,00	0	,00	0	>.99
Zungengrundretraktion	,00	0	1,00	0	.046
Pharyngeale Residuen	,00	0	1,00	0	.655
P/A-Skala	1,00	0	1,00	0	>.99

Differenzen

Tabelle 23: Häufigkeiten der Differenzwerte (Post-Op – Prä-OP) bei Teelöffelmenge Brei in der dorsalen Gruppe.

TL Brei Häufigkeiten der Differenzen	Mittelwert	Differenzwerte						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Zungenkontrolle	.00	0	0	0	9	0	0	0
Bolustransport	.66	0	0	0	6	1	1	1
Orale Residuen	.22	0	0	0	7	2	0	0
Initiierung	.33	0	0	0	6	3	0	0
Larynxelavation	.33	0	0	1	4	4	0	0
Hyoidverlagerung	.44	-	0	0	5	4	0	-
Epiglottis-Kipp.	.11	-	0	0	8	1	0	-
Larynxverschluss	-.11	-	0	1	8	0	0	-
Austreibungswelle	.33	-	0	0	6	3	0	-
Öffnung PÖS	.00	0	0	0	9	0	0	0
Zungengrundretr.	.44	0	0	0	5	4	0	0
Pharyn. Residuen	.11	0	0	2	4	3	0	0
P/A-Skala	.00	0	0	0	9	0	0	0

7.4.4 Biss Brot

Bei der Konsistenz Biss Brot zeigte der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben in der dorsalen Gruppe folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Keine signifikanten Veränderungen.

Ein statistischer Trend zeigt sich in dem Parameter pharyngeale Austreibungswelle ($p = .014$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 24* aufgeführt.

Tabelle 24: Statistische Kennzahlen der Veränderung der schluckphysiologischen Parameter beim Biss Brot vor und nach dorsaler HWS-OP, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

DORSAL Biss Brot Parameter	Prä-OP		Post-OP		<i>p</i>
	<i>Median</i>	<i>Fehlende Werte</i>	<i>Median</i>	<i>Fehlende Werte</i>	
Zungenkontrolle	,00	0	,00	0	.317
Kauvorgang	,00	0	1,00	0	.317
Bolustransport	,00	0	,00	0	.180
Orale Residuen	,00	0	1,00	0	.059
Init. Pharyng. Schluck	,00	0	1,00	0	.317
Larynxlevation	,00	0	,00	0	.157
Ant. Hyoidverlagerung	,00	0	,00	0	.157
Epiglottis-Abkippung	,00	0	,00	0	>.99
Larynxverschluss	,00	0	1,00	0	>.99
Austreibungswelle	,00	0	1,00	0	.046
Öffnung PÖS Segment	,00	0	,00	0	>.99
Zungengrundretraktion	,00	0	,00	0	.157
Pharyngeale Residuen	,00	0	1,00	0	.480
P/A-Skala	1,00	0	1,00	0	>.99

Differenzen

Tabelle 25: Häufigkeiten der Differenzwerte (Post-Op – Prä-OP) bei einem Biss Brot in der dorsalen Gruppe.

Biss Brot Häufigkeiten der Differenzen	Mittelwert	Differenzwerte						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Zungenkontrolle	.11	0	0	0	8	1	0	0
Kauvorgang	.11	0	0	0	8	1	0	0
Bolustransport	.44	0	0	0	5	3	1	0
Orale Residuen	.55	0	0	0	7	2	0	0
Initiierung	.22	0	0	1	5	3	0	0
Larynxlevation	.22	0	0	0	7	2	0	0
Hyoidverlagerung	.22	-	0	0	7	2	0	-
Epiglottis-Kipp.	.00	-	0	0	9	0	0	-
Larynxverschluss	.00	-	0	0	9	0	0	-
Austreibungswelle	.44	-	0	0	5	4	0	-
Öffnung PÖS	.00	0	0	0	9	0	0	0
Zungengrundretr.	.22	0	0	0	7	2	0	0
Pharyn. Residuen	.22	0	0	2	4	2	1	0
P/A-Skala	.00	0	0	0	9	0	0	0

7.4.5 Anzahl der beeinträchtigten Schlucke

Die Berechnung der beeinträchtigten Schlucke aller Konsistenzen lieferte folgende Ergebnisse:

Orale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .01$): Keine signifikanten Veränderungen.

Pharyngeale Parameter (bei einem Signifikanzniveau von $p < .006$): Keine signifikanten Veränderungen.

Ein statistischer Trend zeigte sich für den oralen Parameter Bolustransport ($p = .02$), sowie die pharyngealen Parameter Larynxlevation ($p = .02$), Hyoidverlagerung ($p = .03$) und pharyngeale Austreibungswelle ($p = .02$).

Die Ergebnisse aller Parameter sind in *Tabelle 26* aufgeführt.

Table 26: Veränderung der Anzahl beeinträchtigter Schlucke vor und nach dorsaler Operation, berechnet mit dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test.

VENTRAL Parameter	PRÄ-OP		POST-OP		p-Wert
	Median	Modalwert	Median	Modalwert	
Zungenkontrolle	,00	0	1,00	0	.25
Kauvorgang	,00	0	1,00	1	.32
Bolustransport	1,00	0/1	2,00	0/1	.02
Orale Residuen	,00	0	,00	0	.32
Initiierung pharyn	2,00	2	3,00	3	.08
Larynxlevation	1,00	0	3,00	2	.02
Hyoidverlagerung	,00	0	2,00	2	.03
Epiglottis-Abkipf	1,00	0	1,00	0	.15
Larynxverschluss	,00	0	,00	0	.56
Austreibungswelle	1,00	0/1	3,00	4	.02
Öffnung PöS	0,00	0	,00	0	>.99
Zungengrundret.	0,00	0	,00	0	>.99
Pharyng Residuen	0,00	0	,00	0	.32
P/A-Skala	,00	0	,00	0	>.99

Zusammenfassung

In der dorsalen Gruppe zeigt sich der pharyngeale Summenscore nach der Operation signifikant höher ($p=.015$) als vor der Operation. Die Veränderungen der einzelnen oralen oder pharyngealen Parameter zeigen sich nicht signifikant. Es gibt jedoch einen statistischen Trend zu Veränderungen des oralen Parameters Bolustransport und der pharyngealen Parameter Larynxlevation Hyoidverlagerung, pharyngeale Austreibungswelle, Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments, sowie pharyngeale Residuen.

7.5 Risikofaktoren

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der ventralen und der dorsalen Gruppen hinsichtlich der Risikofaktoren dargestellt.

Um zunächst einen zusammengefassten Gesamtüberblick über die Patienten hinsichtlich der Risikofaktoren (Geschlecht, Alter, Revision, Anzahl involvierter Segmente, Beteiligung obere HWS) zu erhalten, wird für jeden Risikofaktor der Unterschied des pharyngealen Summenscores mit dem U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon für unabhängige Stichproben berechnet.

Im Anschluss werden die einzelnen untersuchten Konsistenzen einzeln aufgeführt. Hierfür basieren die Berechnungen erneut auf dem U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon für unabhängige Stichproben bei einem ordinalen Skalenniveau. Abschließend werden die Konsistenzen zusammenfassend dargestellt, indem die beeinträchtigten Schlucke pro Patient (maximal vier beeinträchtigte Schlucke pro Messzeitpunkt) hinsichtlich der Risikofaktoren miteinander verglichen werden (Männer/Frauen; >65/<65; Erst-OP/Revision; ein Segment involviert/>ein Segment involviert; Beteiligung obere HWS ja/nein).

7.5.1 Geschlecht

Ventrale Gruppe

Pharyngealer Summenscore

Die Berechnung der statistischen Kennzahlen des pharyngealen Summenscore zeigt für die ventrale Gruppe präoperativ einen mittleren Rang von 8,39 bei den Frauen und 11,45 bei den Männern, postoperativ liegt dieser bei den Frauen bei 7,28, bei den Männern bei 12,45.

Der U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon ergibt präoperativ keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Risikofaktors Geschlecht ($U(9/10)=-1,18$; $p=.235$). Der Unterschied wird postoperativ signifikant ($U(9/10)=-2,05$; $p=.045$).

Einzel-Konsistenzen

Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Daten konnte in der ventralen Gruppe vor der Operation keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich des Geschlechts (weiblich/männlich) für einen der untersuchten oralen oder pharyngealen schluckphysiologischen Parameter nachweisen. Nach der Operation zeigte sich ein statistischer Trend bei der Konsistenz Biss Brot im Parameter Larynxlevation ($U(9/10)=18$, $p=.009$). Die Ergebnistabellen sind im Anhang A-4 (Geschlecht) zu finden.

Beeinträchtigte Schlucke

Hinsichtlich des Risikofaktors Geschlecht zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in der ventralen Gruppe vor der Operation keine signifikanten Unterschiede für orale oder pharyngeale Parameter (siehe *Tabelle 27*). Nach der Operation ist ein statistisch signifikanter Unterschied in keinem oralen oder pharyngealen Parameter nachweisbar. Ein statistischer Trend zeichnet sich für die Parameter Larynxlevation ($p=.044$) und Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments ($p=.04$) ab (siehe *Tabelle 27*).

Tabelle 27: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach ventraler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Geschlecht.

VENTRAL Parameter	Mittlerer Rang		p-Wert	Mittlerer Rang		p-Wert
	Prä-OP			Post-OP		
	Frauen	Männer		Frauen	Männer	
Zungenkontrolle	6,29	8,74	.203	7,63	10,22	.248
Kauvorgang	10,33	9,70	.770	9,61	8,31	.503
Bolustransport	7,93	8,94	.655	8,33	10,67	.342
Orale Residuen	5,43	10,89	.013	7,88	10,80	.186
Initiierung Schluck	10,83	9,25	.528	10,33	9,70	.797
Larynxlevation	8,06	11,75	.134	7,50	12,25	.044
Hyoidverlagerung	7,78	12,00	.092	7,94	11,85	.116
Epiglottis-Abkippung	10,44	9,60	.721	8,83	11,05	.372
Larynxverschluss	9,50	10,45	.633	7,72	12,05	.065
Austreibungswelle	10,50	9,55	.703	9,67	10,30	.783
Öffnung PÖS	8,83	11,05	.337	7,28	12,45	.040
Zungengrundretraktion	9,00	10,90	.367	8,00	11,80	.118
Pharyng Residuen	8,72	11,15	.319	8,39	11,45	.224
P/A-Skala	9,50	10,45	.720	9,00	10,90	.167

Dorsale Gruppe

Pharyngealer Summenscore

Die Berechnung der statistischen Kennzahlen des pharyngealen Summenscore zeigt für die dorsale Gruppe präoperativ einen mittleren Rang von 4,40 bei den Frauen und 5,75 bei den Männern, postoperativ liegt dieser bei den Frauen bei 4,70, bei den Männern bei 5,38.

Der U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon ergibt präoperativ keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Risikofaktors Geschlecht ($U(5/4)=-1,056$; $p=.461$). Auch postoperativ zeigt sich kein signifikanter Unterschied ($U(5/4)=-1,846$; $p=.712$).

Einzel-Konsistenzen

Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Daten konnte in der dorsalen Gruppe vor der Operation einen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich des Geschlechts (weiblich/männlich) bei der Konsistenz Teelöffelmenge Brei im Parameter pharyngeale Residuen ($U(5/4)=1$, $p=.006$) feststellen.

Nach der Operation war kein statistisch signifikanter Unterschied für einen der untersuchten oralen oder pharyngealen schluckphysiologischen Parameter nachweisbar. Die Ergebnistabellen sind im Anhang A-4 (Geschlecht) zu finden.

Beeinträchtigte Schlucke

Hinsichtlich des Risikofaktors Geschlecht zeigt sich in der Gesamtzahl aller beeinträchtigten Schlucke in der dorsalen Gruppe vor der Operation keine signifikanten Unterschiede für orale oder pharyngeale Parameter. Ein statistischer Trend zeichnet sich für den Parameter Kauvorgang ($p=.024$) ab (siehe *Tabelle 28*).

Nach der Operation sind keine signifikanten Unterschiede für orale oder pharyngeale Parameter nachweisbar (siehe *Tabelle 28*).

Tabelle 28: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Geschlecht.

Parameter Dorsal	Mittlerer Rang Prä-OP		p-Wert	Mittlerer Rang Post-OP		p-Wert
	Frauen	Männer		Frauen	Männer	
Zungenkontrolle	5,40	3,00	.121	4,50	5,63	.502
Kauvorgang	6,60	3,00	.024	6,10	3,63	.120
Bolustransport	5,60	4,25	.447	5,20	4,75	.803
Orale Residuen	5,80	4,00	.176	5,80	4,00	.180
Initiierung pharyn	6,00	3,75	.207	5,40	4,50	.612
Larynx elevation	5,80	4,00	.302	5,30	4,63	.694
Hyoidverlagerung	5,50	4,38	.464	4,80	5,25	.801
Epiglottis-Abkipf	4,70	5,38	.696	5,10	4,88	.900
Larynxverschluss	5,50	4,38	.464	5,40	4,50	.558
Austreibungswelle	4,50	5,63	.502	4,50	5,63	.530
Öffnung PÖS	4,50	5,63	.264	4,50	5,63	.264
Zungengrundret.	4,60	5,50	.558	5,40	4,50	.558
Pharyng Residuen	4,30	5,88	.306	4,00	6,25	.094
P/A-Skala	5,00	5,00	>.99	5,00	5,00	>.99

7.5.2 Alter

Ventrale Gruppe

Pharyngealer Summenscore

Die Berechnung der statistischen Kennzahlen des pharyngealen Summenscore zeigt für die ventrale Gruppe präoperativ einen mittleren Rang von 9,08 bei den jüngeren Patienten (<65 Jahre) und 12,00 bei den älteren Patienten (>65 Jahre), postoperativ liegt dieser für die jüngeren Patienten bei 8,38, bei den älteren Patienten bei 13,50.

Der U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon ergibt präoperativ keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Risikofaktors Alter ($U(13/6)=-1,06$; $p=.291$). Postoperativ zeigt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied ($U(13/6)=-1,85$; $p=.065$).

Einzel-Konsistenzen

Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Daten konnte in der ventralen Gruppe vor der Operation einen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich des Alters (<65/>65) bei Schluckmenge Flüssigkeit für den Parameter Bolustransport ($U(13/6)=20, p=.007$) nachweisen.

Nach der Operation zeigte sich bei der Konsistenz Teelöffelmenge Flüssigkeit ein statistisch signifikanter Unterschied der oralen Residuen. Die Ergebnistabellen sind im Anhang A-4 (Alter) zu finden.

Beeinträchtigte Schlucke

Hinsichtlich des Risikofaktors Alter zeigt sich in der Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke vor der Operation kein signifikanter Unterschied in einem oralen oder pharyngealen Parameter (siehe *Tabelle 29*).

Nach der Operation ist kein statistischer Unterschied für einen oralen oder pharyngealen Parameter nachweisbar. Ein statistischer Trend zeichnet sich für die Parameter Epiglottis-Abkippung ($p=.022$) und Zungengrundretraktion ($p=.050$) ab (siehe *Tabelle 29*).

Tabelle 29: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach ventraler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Alter.

VENTRAL Parameter	Mittlerer Rang Prä-OP		p-Wert	Mittlerer Rang Post-OP		p-Wert
	<65	>65		<65	>65	
Zungenkontrolle	7,22	8,00	.696	9,17	8,60	.818
Kauvorgang	9,85	10,33	.834	8,67	9,80	.594
Bolustransport	7,45	10,25	.229	9,12	10,50	.614
Orale Residuen	8,05	9,25	.596	8,21	12,08	.096
Initiierung pharyn	11,38	7,00	.103	10,92	8,00	.268
Larynxelavation	10,19	9,58	.818	10,54	8,83	.501
Hyoidverlagerung	9,62	10,83	.651	9,42	11,25	.494
Epiglottis-Abkipp	9,04	12,08	.231	8,08	14,17	.022
Larynxverschluss	9,58	10,92	.531	9,19	11,75	.310
Austreibungswelle	9,00	12,17	.237	8,73	12,75	.105
Öffnung PÖS	8,92	12,33	.169	9,38	11,33	.471
Zungengrundret.	10,00	10,00	>.99	8,38	13,50	.050
Pharyng Residuen	8,69	12,83	.152	8,96	12,25	.224
P/A-Skala	9,50	11,08	.579	9,00	12,17	.032

Dorsale Gruppe

Pharyngealer Summenscore

Die Berechnung der statistischen Kennzahlen des pharyngealen Summenscore zeigt für die dorsale Gruppe präoperativ einen mittleren Rang von 6,33 bei den jüngeren Patienten (<65 Jahre) und 4,33 bei den älteren Patienten (>65 Jahre), postoperativ liegt dieser für die jüngeren Patienten bei 5,83, bei den älteren Patienten bei 4,58.

Der U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon ergibt präoperativ keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Risikofaktors Alter ($U(3/6)=-1,04$; $p=.300$). Postoperativ zeigt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied ($U(3/6)=-,648$; $p=.517$).

Einzel-Konsistenzen

Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Daten konnte in der dorsalen Gruppe vor der Operation keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich des Alters (<65/>65) für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachweisen.

Nach der Operation zeigte sich ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied für einen der oralen oder pharyngealen Parameter. Die Ergebnistabellen sind im Anhang A-4 (Alter) zu finden.

Beeinträchtigte Schlucke

Hinsichtlich des Risikofaktors Alter zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in der dorsalen Gruppe vor der Operation keine signifikanten Unterschiede eines oralen oder pharyngealen Parameters (siehe *Tabelle 30*).

Auch nach der Operation waren keine signifikanten Unterschiede in einem oralen oder pharyngealen Parameter nachweisbar (siehe *Tabelle 30*).

Tabelle 30: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Alter.

DORSAL Parameter	Mittlerer Rang		p-Wert	Mittlerer Rang		p-Wert
	Prä-OP			Post-OP		
	<65	>65		<65	>65	
Zungenkontrolle	3,00	5,40	.121	4,17	5,42	.480
Kauvorgang	4,50	5,25	.655	4,00	5,50	.371
Bolustransport	4,00	5,50	.423	4,83	5,08	.896
Orale Residuen	4,00	5,50	.285	4,00	5,50	.289
Initiierung pharyn	3,83	5,58	.352	4,33	5,33	.593
Larynxelavation	6,50	4,25	.221	7,17	3,92	.073
Hyoidverlagerung	5,17	4,92	.877	3,66	4,33	.287
Epiglottis-Abkipf	7,00	4,00	.099	7,17	3,92	.084
Larynxverschluss	6,33	4,33	.217	6,67	4,17	.123
Austreibungswelle	5,83	4,58	.480	4,17	5,42	.508
Öffnung PÖS	4,50	5,25	.480	4,50	5,25	.480
Zungengrundret.	6,67	4,17	.123	5,33	4,83	.758
Pharyng Residuen	4,83	5,08	.877	5,33	4,83	.724
P/A-Skala	5,00	5,00	>.99	5,00	5,00	>.99

7.5.3 Revision

Ventrale Gruppe

Pharyngealer Summenscore

Die Berechnung der statistischen Kennzahlen des pharyngealen Summenscores zeigt für die ventrale Gruppe präoperativ einen mittleren Rang von 7,92 bei den Erst-OP-Patienten und 13,57 bei den Revisions-Patienten. Postoperativ war dieser in beiden Gruppen unverändert, für die Erst-OP-Patienten bei 7,92, bei den Revisions-Patienten bei 13,57.

Der U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon ergibt präoperativ einen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Risikofaktors Revision ($U(12/7)=-2,12; p=.034$). Dieser Unterschied bleibt postoperativ ebenso signifikant ($U(12/7)=-2,11; p=.034$).

Einzel-Konsistenzen

Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Daten konnte in der ventralen Gruppe nach der Operation keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich einer Revisions-OP (nein/ja) für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachweisen.

Nach der Operation konnte ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachgewiesen werden. Die Ergebnistabellen sind im Anhang A-4 (Revision) zu finden.

Beeinträchtigte Schlucke

Hinsichtlich des Risikofaktors Revisions-OP zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in der ventralen Gruppe vor der Operation keine signifikanten Unterschiede der oralen oder pharyngealen Parameter. Eine statistische Tendenz zeichnet sich für die Parameter Bolustransport ($p=.044$), Initiierung des pharyngealen Schlucks ($p=.016$) und pharyngeale Residuen ($p=.02$) ab (siehe *Tabelle 31*).

Nach der Operation zeigte sich bei den Patienten mit einer Revisions-Operation der Parameter Zungengrundretraktion ($p=.005$) signifikant häufiger beeinträchtigt. Ein statistischer Trend zeichnet sich für den Parameter pharyngeale Residuen ($p=.046$) ab (siehe *Tabelle 31*).

Tabelle 31: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach ventraler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Revision.

VENTRAL Parameter	Mittlerer Rang		<i>p</i> -Wert	Mittlerer Rang		<i>p</i> -Wert
	Prä-OP Erst-OP Revision			Post-OP Erst-OP Revision		
Zungenkontrolle	7,50	7,50	>.99	9,05	8,93	.957
Kauvorgang	10,33	9,43	.686	9,95	9,07	.951
Bolustransport	6,50	11,07	.044	8,41	11,21	.266
Orale Residuen	8,72	8,21	.818	9,00	10,29	.568
Initiierung pharyn	7,71	13,93	.016	8,83	1,00	.213
Larynxelavation	8,67	12,29	.156	10,21	9,64	.817
Hyoidverlagerung	9,63	10,64	.695	9,21	11,36	.403
Epiglottis-Abkipf	8,79	12,07	.180	8,46	12,64	.103
Larynxverschluss	9,21	11,36	.297	9,63	10,64	.675
Austreibungswelle	9,92	10,14	.930	9,21	11,36	.368
Öffnung PÖS	9,17	11,43	.344	8,38	12,79	.090
Zungengrundret.	9,25	11,29	.350	7,38	14,50	.005*
Pharyng Residuen	7,83	13,71	.020	8,08	13,29	.046
P/A-Skala	10,29	9,50	.445	9,79	10,36	.691

Dorsale Gruppe

Pharyngealer Summenscore

Die Berechnung der statistischen Kennzahlen des pharyngealen Summenscore zeigt für die ventrale Gruppe präoperativ einen mittleren Rang von 5,00 bei den Erst-OP-Patienten und 5,00 bei den Revisions-Patienten, postoperativ war dieser für die Erst-OP-Patienten bei 5,14, bei den Revisions-Patienten bei 4,50.

Der U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon ergibt präoperativ keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Risikofaktors Revision ($U(7/2)=-,000$; $p>.99$). Nach der Operation ergab sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied ($U(7/2)=-,294$; $p=.769$).

Einzel-Konsistenzen

Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Daten konnte in der dorsalen Gruppe vor der Operation keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich einer Revisions-OP (nein/ja) für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachweisen.

Auch nach der Operation konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachgewiesen werden. Die Ergebnistabellen sind im Anhang A-4 (Revision) zu finden.

Beeinträchtigte Schlucke

Hinsichtlich des Risikofaktors Revisions-OP zeigen sich in der Gesamtzahl aller beeinträchtigten Schlucke in der dorsalen Gruppe vor der Operation keine signifikanten Unterschiede der oralen oder pharyngealen Parameter (siehe *Tabelle 32*).

Nach der Operation konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede der schluckphysiologischen Parameter nachgewiesen werden (siehe *Tabelle 32*).

Tabelle 32: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Revision.

DORSAL Parameter	Mittlerer Rang Prä-OP		<i>p</i> -Wert	Mittlerer Rang Post-OP		<i>p</i> -Wert
	Erst-OP	Revision		Erst-OP	Revision	
Zungenkontrolle	5,00	3,00	.248	5,00	5,00	>.99
Kauvorgang	5,57	3,00	.176	5,71	2,50	.091
Bolustransport	5,43	3,50	.363	5,14	4,50	.766
Orale Residuen	5,29	4,00	.419	5,29	4,00	.423
Initiierung pharyn	6,00	1,50	.035	5,71	2,50	.130
Larynxlevation	4,86	5,50	.758	4,50	6,75	.273
Hyoidverlagerung	5,43	3,50	.294	4,93	5,25	.880
Epiglottis-Abkippen	4,43	7,00	.213	4,57	6,50	.365
Larynxverschluss	4,93	5,25	.861	4,86	5,50	.726
Austreibungswelle	5,00	5,00	>.99	5,14	4,50	.764
Öffnung PÖS	5,14	4,50	.593	5,14	4,50	.593
Zungengrundret.	4,86	5,50	.726	5,43	3,50	.294
Pharyng Residuen	4,86	5,50	.726	4,71	6,00	.423
P/A-Skala	5,00	5,00	>.99	5,00	5,00	>.99

7.5.4 Anzahl der beteiligten Segmente

Ventrale Gruppe

Pharyngealer Summenscore

Die Berechnung der statistischen Kennzahlen des pharyngealen Summenscore zeigt für die ventrale Gruppe präoperativ einen mittleren Rang von 9,46 bei Patienten, die an einem Segment operiert wurden und 10,93 bei Patienten, die an mehreren Segmenten operiert wurden. Postoperativ liegt dieser für Patienten, die an einem Segment operiert wurden bei 8,71, bei Patienten, die an mehreren Segmenten operiert wurden bei 12,21.

Der U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon ergibt präoperativ keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Risikofaktors Anzahl operierter Segmente ($U(12/7)=-,55$; $p=.581$). Postoperativ ergibt sich ebenfalls kein Unterschied ($U(12/7)=-1,31$; $p=.189$).

Einzel-Konsistenzen

Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Daten konnte in der ventralen Gruppe vor der Operation keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich der Anzahl beteiligter Segmente (1 Segment/>1 Segment) für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachweisen.

Nach der Operation konnte ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachgewiesen werden. Die Ergebnistabellen sind im Anhang A-4 (Anzahl der beteiligten Segmente) zu finden.

Beeinträchtigte Schlucke

Hinsichtlich des Risikofaktors Anzahl der beteiligten Segmente zeigen sich in der Gesamtzahl aller beeinträchtigten Schlucke in der ventralen Gruppe vor der Operation keine signifikanten Unterschiede bei den Patienten, die an mehreren Segmenten operiert wurden und den Patienten, die an einem Segment operiert wurden (siehe *Tabelle 33*).

Nach der Operation konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede der oralen oder pharyngealen Parameter nachgewiesen werden (siehe *Tabelle 33*).

Tabelle 33: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach ventraler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Anzahl der beteiligten Segmente.

VENTRAL Parameter	Mittlerer Rang		p-Wert	Mittlerer Rang		p-Wert
	Prä-OP 1 Seg.	>1Seg.		Post-OP 1 Seg.	>1Seg.	
Zungenkontrolle	7,36	8,00	.784	8,38	10,50	.388
Kauvorgang	9,54	10,79	.578	8,41	10,08	.409
Bolustransport	7,77	10,10	.339	8,58	11,33	.291
Orale Residuen	8,73	8,00	.758	9,04	10,42	.555
Initiierung pharyn	9,63	10,64	.695	9,00	11,71	.286
Larynxelevation	10,83	8,57	.376	10,88	8,50	.331
Hyoidverlagerung	9,83	10,29	.862	8,38	12,79	.086
Epiglottis-Abkipf	8,42	12,71	.079	8,83	12,00	.218
Larynxverschluss	9,00	11,71	.188	9,17	11,43	.352
Austreibungswelle	8,92	11,86	.254	8,29	12,93	.052
Öffnung PÖS	10,42	9,29	.636	10,17	9,71	.862
Zungengrundret.	9,50	10,86	.533	8,67	12,29	.150
Pharyng Residuen	9,63	10,64	.686	9,25	11,29	.435
P/A-Skala	9,50	10,86	.190	9,79	10,36	.691

Dorsale Gruppe

Pharyngealer Summenscore

Die Berechnung der statistischen Kennzahlen des pharyngealen Summenscores zeigt für die ventrale Gruppe präoperativ einen mittleren Rang von 6,00 bei Patienten, die an einem Segment operiert wurden und 4,88 bei Patienten, die an mehreren Segmenten operiert wurden. Postoperativ liegt dieser für Patienten, die an einem Segment operiert wurden bei 3,00, bei Patienten, die an mehreren Segmenten operiert wurden bei 5,25.

Der U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon ergibt präoperativ keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Risikofaktors Anzahl operierter Segmente ($U(8/1)=-,39; p=.697$). Postoperativ ergibt sich ebenfalls kein Unterschied ($U(8/1)=-,78; p=.437$).

Einzel-Konsistenzen

Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Daten konnte in der dorsalen Gruppe nach der Operation keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich der Anzahl beteiligter Segmente (1 Segment/ >1 Segment) für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachweisen.

Nach der Operation konnten ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachgewiesen werden. Die Ergebnistabellen sind im Anhang A-4 (Anzahl der beteiligten Segmente) zu finden.

Beeinträchtigte Schlucke

Hinsichtlich des Risikofaktors Anzahl der beteiligten Segmente zeigen sich in der Gesamtzahl aller beeinträchtigten Schlucke in der dorsalen Gruppe vor der Operation keine signifikanten Unterschiede bei den Patienten, die an mehreren Segmenten operiert wurden und den Patienten, die an einem Segment operiert wurden (siehe *Tabelle 34*).

Nach der Operation konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede der schluckphysiologischen Parameter nachgewiesen werden (siehe *Tabelle 34*).

Tabelle 34: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Anzahl der beteiligten Segmente.

DORSAL Parameter	Mittlerer Rang Prä-OP		p-Wert	Mittlerer Rang Post-OP		p-Wert
	1 Seg.	>1Seg.		1 Seg.	>1Seg.	
Zungenkontrolle	3,00	4,71	.450	7,50	4,69	.289
Kauvorgang	3,00	5,25	.371	2,50	5,31	.264
Bolustransport	5,00	5,00	>.99	5,50	4,94	.844
Orale Residuen	4,00	5,13	.593	4,00	5,13	.596
Initiierung pharyn	1,50	5,44	.162	3,00	5,25	.423
Larynx elevation	8,50	4,56	.153	5,50	4,94	.836
Hyoidverlagerung	3,50	5,19	.487	4,00	5,13	.690
Epiglottis-Abkipf	7,00	4,75	.410	6,50	4,81	.549
Larynxverschluss	7,00	4,75	.355	3,50	5,19	.487
Austreibungswelle	7,50	4,69	.289	3,50	5,19	.551
Öffnung PÖS	4,50	5,06	.724	4,50	5,06	.724
Zungengrundret.	7,50	4,69	.247	3,50	5,19	.487
Pharyng Residuen	7,50	4,69	.247	4,00	5,13	.596
P/A-Skala	5,00	5,00	>.99	5,00	5,00	>.99

7.5.5 Beteiligung obere HWS

Da in der ventralen Gruppe keine Patienten an der oberen HWS operiert wurden, werden ausschließlich die Ergebnisse der dorsalen Gruppe dargestellt.

Pharyngealer Summenscore

Die Berechnung der statistischen Kennzahlen des pharyngealen Summenscores zeigt für die dorsale Gruppe präoperativ einen mittleren Rang von 4,63 bei den Patienten ohne Beteiligung der oberen HWS, und 5,30 bei den Patienten mit Beteiligung der oberen HWS. Postoperativ liegt dieser bei den Patienten ohne Beteiligung der oberen HWS bei 4,50, bei den Patienten mit Beteiligung der oberen HWS bei 5,40.

Der U-Test nach Mann & Whitney und Wilcoxon ergibt präoperativ keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Risikofaktors Geschlecht ($U(4/5)=-,369$; $p=.712$). Auch postoperativ zeigt sich kein signifikanter Unterschied ($U(4/5)=-,492$; $p=.623$).

Einzel-Konsistenzen

Der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Daten konnte in der dorsalen Gruppe nach der Operation keinen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich der Betei-

ligung der oberen HWS (ja/nein) für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachweisen.

Nach der Operation konnte ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied für einen der oralen oder pharyngealen Parameter nachgewiesen werden. Die Ergebnistabellen sind im Anhang A-4 (Beteiligung der oberen HWS) zu finden.

Beeinträchtigte Schlucke

Hinsichtlich des Risikofaktors Beteiligung der oberen HWS zeigen sich in der Gesamtzahl aller beeinträchtigten Schlucke in der dorsalen Gruppe vor der Operation keine signifikanten Unterschiede bei den Patienten mit Beteiligung der oberen HWS und den Patienten ohne Beteiligung der oberen HWS (siehe *Tabelle 35*).

Nach der Operation konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede der schluckphysiologischen Parameter nachgewiesen werden (siehe *Tabelle 35*).

Tabelle 35: Statistische Kennzahlen der schluckphysiologischen Parameter vor und nach dorsaler Operation hinsichtlich des Risikofaktors Beteiligung der oberen HWS.

DORSAL Parameter Bet. obere HWS	Mittlerer Rang Prä-OP		<i>p</i> -Wert	Mittlerer Rang Post-OP		<i>p</i> -Wert
	ja	nein		ja	nein	
Zungenkontrolle	4,25	4,75	.739	5,00	5,00	>.99
Kauvorgang	5,25	4,80	.777	4,75	5,20	.777
Bolustransport	4,75	5,20	.800	4,88	5,10	.901
Orale Residuen	5,13	4,90	.866	5,25	4,80	.737
Initiierung pharyn	3,75	6,00	.207	4,50	5,40	.612
Larynxelevation	5,63	4,50	.519	5,38	4,70	.694
Hyoidverlagerung	4,75	5,20	.770	5,13	4,90	.900
Epiglottis-Abkipf	6,38	3,90	.152	5,88	4,30	.377
Larynxverschluss	5,63	4,50	.464	5,50	4,60	.558
Austreibungswelle	5,00	5,00	>.99	4,50	5,40	.615
Öffnung PÖS	4,50	5,40	.371	4,50	5,40	.371
Zungengrundret.	4,50	5,40	.558	4,50	5,40	.558
Pharyng Residuen	5,50	4,60	.558	5,00	5,00	>.99
P/A-Skala	5,00	5,00	>.99	5,00	5,00	>.99

Zusammenfassung

In der ventralen Gruppe zeigen Männer postoperativ einen signifikant höheren pharyngealen Summenscore. Im statistischen Trend sind die Parameter Larynxelevation und Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments häufiger betroffen. Ältere Patienten haben postoperativ in der Tendenz häufiger Beeinträchtigungen mit der Epi-

glottis-Abkippung und der Zungengrundretraktion. Patienten einer Revisions-Operation zeigen bereits vor der Operation tendenziell Einschränkungen im Bolustransport und in der Initiierung des pharyngealen Schlucks auf und sie weisen mehr pharyngeale Residuen auf. Nach der Operation haben Revisions-Patienten signifikant häufiger eine beeinträchtigte Zungengrundretraktion und in der Tendenz vermehrt pharyngeale Residuen.

7.7 Reliabilität

Um die Reliabilität zu überprüfen, wurden insgesamt 25% aller einzelnen Videos sowohl von der Autorin, als auch von einer zweiten, unabhängigen MBSImp[©]-zertifizierten Sprachtherapeutin erneut bewertet. Zur Berechnung der Reliabilität wurde aufgrund der ordinalen, nicht normalverteilten Daten eine Rangkorrelation nach Kendall-Tau-b durchgeführt (Bortz & Schuster, 2010).

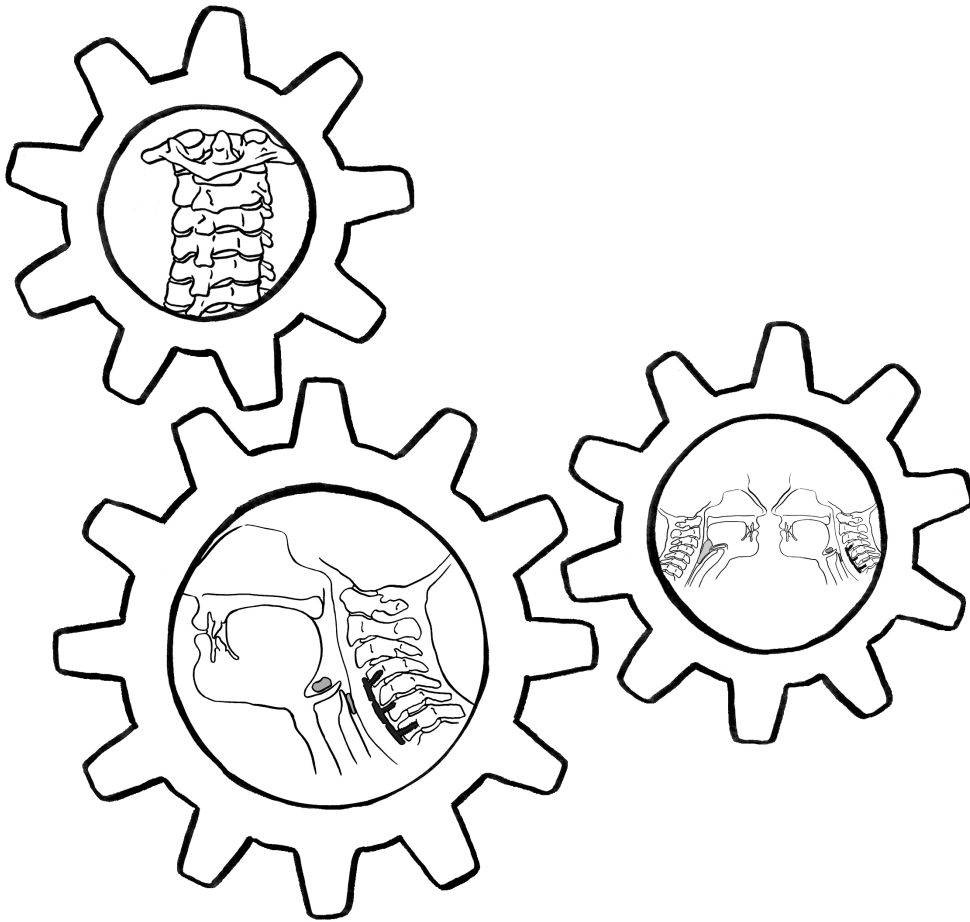
7.7.1 Interrater-Reliabilität

Die Interrater-Reliabilität für 25% aller Daten (n=56 Videos je 18 Kriterien) führen zu einer Grundlage von n=1008 Messwerten. Die Interrater-Reliabilität liegt für die vorhandenen Daten bei $\tau_b=.766$ bei einer Signifikanz von $p<.000$.

7.7.2 Intrarater-Reliabilität

Die Intrarater-Reliabilität für 25% aller Daten (n=56 Videos je 18 Kriterien) führen zu einer Grundlage von n=1008 Messwerten. Die Intrarater-Reliabilität liegt für die vorhandenen Daten bei $\tau_b=.902$ bei einer Signifikanz von $p<.000$.

8 Diskussion



Nach der statistischen Analyse werden in diesem Kapitel die Ergebnisse der ventralen und der dorsalen Gruppe sowie der Einfluss der Risikofaktoren auf die schluckphysiologischen Parameter in die Literaturanalyse eingebettet und diskutiert. Weiterhin werden die methodischen Schwächen und Stärken des vorliegenden Studiendesigns und die klinische Relevanz des Themas herausgearbeitet. Abschließend wird ein mögliches prospektives Folge-Studiendesign vorgeschlagen.

8.1 Formative Evaluation

Die Schwierigkeiten der Umsetzung der SOP im klinischen Alltag lagen überwiegend im organisatorischen Aufwand. Zunächst einmal stellte es eine Herausforderung dar, die entsprechenden Patienten überhaupt zu detektieren. Dies erfolgte täglich durch eine Sprachtherapeutin der Projektgruppe zusätzlich zu ihren klinischen Pflichten. Die Patienten wurden von der Abteilung Logopädie erst wahrgenommen, wenn sie bereits stationär aufgenommen waren. Dies verkleinerte das vorhandene Zeitfenster vor der Operation enorm. Eine mögliche Lösung für diese Problematik wäre, die Patienten bereits vorab über den zusätzlichen Behandlungspfad zu informieren. Dies könnte durch eine frühzeitige Terminvergabe zur präoperativen Videofluoroskopie durch das Belegungsmanagement ergänzt werden. Hierbei könnte ein automatisiertes Prozedere implementiert werden, bei dem die präoperative Videofluoroskopie automatisch am Tag der stationären Aufnahme terminiert wird.

Hier schließt sich bereits das zweite organisatorische Problem an. Die Termine der Videofluoroskopie mussten jeweils individuell von der Sprachtherapeutin mit dem Sekretariat der Radiologie vereinbart werden. Häufig standen so kurzfristig jedoch keine Termine mehr zur Verfügung beziehungsweise der entsprechende Raum war belegt. Daher war die Durchführung der präoperativen Videofluoroskopie häufig nur mit einem organisatorischen, personellen und zeitlichen Aufwand möglich. Hilfreich wäre die Vereinbarung fester Videofluoroskopie-Slots mit der Radiologie, ohne genaue Angabe der Patientendaten. Dies würde ebenfalls den Aufwand reduzieren, falls der OP-Plan geändert wird. Hierdurch könnten die Personalressourcen besser eingesetzt werden. Da diese Operationen routinemäßig durchgeführt werden, stünden stets Patienten zur Verfügung, so dass ein „Leerlauf“ auszuschließen wäre. Um

dieser Mehrbelastung und Managementproblematik in der Radiologie entgegenzuwirken, könnten auch Termine am Nachmittag entlastend wirken, da hier die klinische Routine des entsprechenden Röntgenraumes abgeschlossen ist.

Im Rahmen einer SOP sollten Schulungen der Mitarbeiter sowie schriftliche Anweisungen zur Vermittlung der geplanten Arbeitsschritte und Durchführungskriterien erfolgen. Im Rahmen des SOP-Projektes hat das so standardisiert nicht stattgefunden. Als Folge ergab sich ein unvollständiger Datensatz, da die klinischen Screenings nicht bei allen Patienten zu allen Untersuchungszeitpunkten durchgeführt wurden. Weiterhin zeigte sich dies durch nicht ausreichend vermittelte Informationen bezüglich der erforderlichen Bilddarstellungen der Videofluoroskopie. Dies resultierte in unvollständigen Bildausschnitten und damit fehlenden Werten in der Auswertung. Dennoch führte das teilstrukturierte Prozedere im Rahmen des SOP-Projektes zu einer engmaschigen Kontrolle der Patienten mit einer HWS-Operation. Insgesamt wurde die Thematik der postoperativen Schluckstörung sowohl bei den Ärzten, den Pflegekräften, den Therapeuten und den Patienten in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt. Kein Patient mit postoperativen Schluckbeschwerden blieb unbemerkt. Jeder konnte unmittelbar schlucktherapeutisch betreut werden.

8.2 Diskussion der Ergebnisse

8.2.1 Ventrale Gruppe

Im Folgenden werden die aufgestellten Nullhypothesen anhand der Ergebnisse verworfen oder aufrechterhalten, im Anschluss daran werden mögliche Erklärungsansätze diskutiert.

Orale Parameter

1. Nullhypothese: Es gibt keinen Einfluss einer ventralen Operation auf die oralen Parameter.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Nullhypothese aufrechterhalten bleibt, da sich keine signifikanten Veränderungen bei diesen Parametern zeigen.

Eine mögliche Erklärung für dieses Ergebnis könnte in der Tatsache liegen, dass in der ventralen Gruppe kein Patient an der oberen HWS operiert wurde. Unter Betrachtung der *Tabelle 1* (S. 70) wird deutlich, dass operative Eingriffe der oberen HWS bis hinab auf Höhe HWK 2 maximal HWK 3 mit Schädigungen des N. hypoglossus assoziiert werden (Haller et al., 2011). Demnach erscheint das Ergebnis der vorliegenden Arbeit nicht verwunderlich, sondern unterstützt die auch von Martin et al. (1997) getätigte Aussage, dass ventrale Eingriffe der oberen HWS zu einer oralen Problematik führen können, wohingegen tiefere Eingriffe pharyngeale Auffälligkeiten vermuten lassen.

Pharyngeale Parameter

2. Nullhypothese: Es gibt keinen Einfluss einer ventralen Operation auf die pharyngealen Parameter.

Die Nullhypothese kann verworfen werden, da eine ventrale Operation Einfluss auf die pharyngealen Parameter hat.

Daraus ergibt sich Folgendes für die Alternativhypothesen:

Die Alternativhypothese H2-1: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Larynxelavation. Die Alternativhypothese wird aufrechterhalten. Die Veränderungen dieses Parameters zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in einem statistischen Trend ($p=.04$). In den Einzel-Konsistenzen zeigt sich ebenfalls ein statistischer Trend in den Konsistenzen Teelöffelmenge Brei ($p=.01$), und Biss Brot ($p=.008$).

Die Alternativhypothese H2-2: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Hyoidverlagerung. Die Alternativhypothese wird aufrechterhalten. Die Veränderungen dieses Parameters zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in einem statistisch signifikanten Unterschied ($p=.002$). In den Einzel-Konsistenzen wird dieser Unterschied in der Konsistenz Teelöffelmenge Brei ($p=.002$) ebenfalls signifikant. In den Konsistenzen Teelöffelmenge Flüssigkeit ($p=.01$), Schluckmenge Flüssigkeit ($p=.008$) und Biss Brot ($p=.008$) zeichnet sich ein statistischer Trend ab.

Die Alternativhypothese H2-3: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Epiglottis-Abkippung. Die Alternativhypothese wird aufrechterhalten. Die Veränderungen dieses Parameters zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in einem statistischen Trend ($p=.01$). In den Einzel-Konsistenzen zeigt sich ebenfalls ein statistischer Trend in den Konsistenzen Teelöffelmenge Flüssigkeit ($p=.03$) und Biss Brot ($p=.03$).

Die Alternativhypothese H2-4: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Larynxverschluss. Die Alternativhypothese wird verworfen. Es zeigt sich kein statistischer Unterschied in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke ($p=.06$) oder den untersuchten Einzel-Konsistenzen.

Die Alternativhypothese H2-5: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters pharyngeale Austreibungswelle. Die Alternativhypothese wird aufrechterhalten. Die Veränderungen dieses Parameters zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in einem statistisch signifikanten Unterschied ($p=.001$). In den Einzel-Konsistenzen wird dieser Unterschied in den Konsistenzen Schluckmenge Flüssigkeit ($p=.002$), Teelöffelmenge Brei ($p=.001$) und Biss Brot ($p=.001$) ebenfalls signifikant. In der Konsistenz Teelöffelmenge Flüssigkeit ($p=.01$) zeichnet sich ein statistischer Trend ab.

Die Alternativhypothese H2-6: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments. Die Alternativhypothese wird aufrechterhalten. Die Veränderungen dieses Parameters zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in einem statistisch signifikanten Unterschied ($p=.002$). In den Einzel-Konsistenzen wird dieser Unterschied in der Konsistenz Schluckmenge Flüssigkeit ($p=.004$) ebenfalls signifikant. In den Konsistenzen Teelöffelmenge Flüssigkeit ($p=.01$) und Teelöffelmenge Brei ($p=.05$) zeichnet sich ein statistischer Trend ab.

Die Alternativhypothese H2-7: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters Zungengrundretraktion. Die Alternativhypothese wird aufrechterhalten. Die Veränderungen dieses Parameters zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in einem statistischen Trend ($p=.02$). In den Einzel-Konsistenzen wird dieser Unterschied in der Konsistenz Teelöffelmenge Brei statistisch signifikant

($p=.001$). In der Konsistenz Teelöffelmenge Flüssigkeit ($p=.01$) zeichnet sich ein statistischer Trend ab.

Die Alternativhypothese H2-8: Es findet sich ein Einfluss auf eine Verschlechterung des Parameters pharyngeale Residuen. Die Alternativhypothese wird aufrechterhalten. Die Veränderungen dieses Parameters zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke in einem statistisch signifikanten Unterschied ($p=.003$). In den Einzel-Konsistenzen wird dieser Unterschied in den Konsistenzen Teelöffelmenge Flüssigkeit ($p=.001$) und Schluckmenge Flüssigkeit ($p=.001$) ebenfalls signifikant. In der Konsistenz Teelöffelmenge Brei ($p=.007$) zeichnet sich ein statistischer Trend ab.

Der pharyngeale Summenscore ist nach der Operation signifikant höher als vor der Operation ($p<.000$).

Die Ergebnisse sind vergleichbar mit den beiden Studien, die sich ebenfalls retrospektiv mit schluckphysiologischen Parametern nach ventralen HWS-Operationen beschäftigt haben (Leonard & Belafsky, 2011; Martin et al., 1997). In den folgenden Abschnitten werden mögliche Erklärungen diskutiert.

Die Epiglottis-Abkippung während des Schluckens ist einer der Mechanismen um die Atemwege zu schützen. Durch die Epiglottis-Abkippung kann der Bolus seitlich vorbei durch den Pharynx in Richtung Ösophagus gelangen. Demnach kann eine eingeschränkte Abkippung der Epiglottis zum Einen zu pharyngealen Residuen führen, zum Anderen zu Penetration/Aspiration, sofern die anderen Schutzmechanismen nicht suffizient sind (Martin-Harris, 2015). Die beiden anderen Studien, die sich mit der Schluckphysiologie beschäftigt haben, detektierten ebenfalls eine reduzierte Epiglottis-Abkippung (Leonard & Belafsky, 2011; Martin et al., 1997). Die Autoren erklären dies hauptsächlich durch eine von Schwellungen der Rachenhinterwand verursachte Enge im Rachenraum, die die Epiglottis an einer vollständigen Abkippung hindert. Die Veränderung der Dicke der Rachenhinterwand prä- und postoperativ wurde im Rahmen der vorliegenden Studie nicht gemessen, würde in einem weiteren Studiendesign jedoch einen wertvollen Erkenntnisgewinn liefern. Inwieweit die Schwellungen tatsächlich Auswirkungen auf die Schluckfunktion haben, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Einige Studien konnten einen Zusammenhang zwischen Schwellungen und einer reduzierten Schluckfunktion feststel-

len (Kang, Kim, Seo, Kim, & Kim, 2011; Stachniak et al., 2011), wohingegen eine andere Untersuchung keine Korrelation festgestellt hat (Kepler et al., 2012).

Der Parameter pharyngeale Austreibungswelle zeigt sich in der Studie von Leonard & Belafsky (2011) ebenfalls beeinträchtigt. Sie fanden bei 71% der Patienten eine reduzierte pharyngeale Kontraktion in der frühen postoperativen Gruppe (<2 Monate). Auch Martin et al. (1997) fand diesen Parameter in 2 der 13 untersuchten Patienten beeinträchtigt. Die Ursache scheint eine herabgesetzte Motilität der Pharynxwände zu sein, die durch die postoperativen Schwellungen verursacht werden. Diese führt zu einem reduzierten Bolusfluss und reduziertem Druck, um den Bolus durch das pharyngo-ösophageale Segment zu befördern (Leonard & Belafsky, 2011; Martin et al., 1997).

Die Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments wird in den anderen Studien ebenfalls als beeinträchtigt beschrieben (Leonard & Belafsky, 2011; Martin et al., 1997). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde lediglich die Funktionalität der Öffnung bewertet. Zusätzlich wäre die Information, ob die Öffnung aufgrund einer eingeschränkten Öffnungsweite oder -dauer reduziert ist, relevant, um den Patienten gezielte Schlucktechniken anbieten zu können. Eine mögliche Ursache für die reduzierte Öffnung kann die durch den mechanischen Eingriff notwendige Retraktion des aerodigestiven Traktes, also eine Verschiebung der Trachea und des Ösophagus durch den Operateur, sein (Heese, Fritzsche, Heiland, Westphal, & Papavero, 2006; Papavero et al., 2007). Eine weitere mögliche Erklärung für die reduzierte Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments könnten intraoperative Verletzungen des N. laryngeus inferior (recurrens) sein, der zusätzlich zum Plexus pharyngeus auch für die Innervation M. cricopharyngeus zuständig ist. Um eine Schädigung dieses N. recurrens gezielt festzustellen, wäre die Untersuchung der Stimmqualität vor und nach der Operation sinnvoll (Apfelbaum et al., 2000; Tervonen et al., 2007; Winslow, Winslow, & Wax, 2001; Yue et al., 2005).

Die durch diese beiden Aspekte (Schwellung und Retraktion) reduzierte Funktionalität in einigen Parametern scheint zu einer signifikant erhöhten Anzahl an postoperativen pharyngealen Residuen zu führen. Die Wertung der Dysphagie als mechanische Zugangskomplikation einer ventralen Operation der Halswirbelsäule ist demnach schlüssig und bedarf weiterer Untersuchungen. Es gilt herauszufinden, ob

möglicherweise operative Parameter wie die Kontrolle des endotrachealen Cuffs oder bestimmte operative Instrumente einen Einfluss auf die Auswirkungen auf den Schluckmechanismus haben können (Mendoza-Lattes et al., 2008; Papavero et al., 2007).

Diese operativen Parameter können möglicherweise auch dazu beitragen, die in der Literatur diskutierte zweite Ursache von Schluckstörungen nach der ventralen Operation an der HWS zu verringern. Denn zusätzlich zu der mechanischen Komponente wird auch von neurogenen Mechanismen ausgegangen, die für die beobachteten Pathophysiologien verantwortlich sein können (Kalb et al., 2012; Martin et al., 1997; Riley et al., 2010). Dies erscheint auch nach Betrachtung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit plausibel, denn einige der postoperativ beeinträchtigten Parameter (Larynxelation, Hyoidverlagerung, Zungengrundretraktion) lassen sich allein durch Schwellung oder mechanischen Einfluss nicht erklären. Um eine mögliche Erklärung hierfür zu finden ist es notwendig, sich die anatomischen Strukturen bewusst zu machen, welche sich im Operationsgebiet einer ventralen Operation befinden. Diese für das Schlucken relevanten Strukturen sind die beiden Äste N. laryngeus superior und N. laryngeus recurrens des N. vagus (HN X), sowie der N. hypoglossus (HN XII) (Liguoro, Vital, Guerin, & Senegas, 1992). In Teilen ebenfalls betroffen sein können Nervenäste der Ansa cervicalis, welche die infrahyoidalen Muskeln sowie einen der suprahyoidalen Muskeln innervieren. Diese sind in die hyolaryngeale Komplexverlagerung involviert (Banneheka, 2008; D'Souza & Ray, 2010). Es kann vermutet werden, dass die hyolaryngeale Komplexverlagerung durch die Distraction dieser Strukturen beeinträchtigt wird. Da der N. hypoglossus ebenfalls im Operationsbereich verläuft und dieser in die Zungengrundretraktion involviert ist (Martin-Harris, 2015), könnte dies eine mögliche Erklärung für die signifikante Verschlechterung des Parameters Zungengrundretraktion sein. Dies wirft gleichzeitig die Frage auf, warum keine oralen Parameter beeinträchtigt sind, in deren Innervation der HN XII ebenfalls involviert ist. Dies kann mit der Höhe des operativen Eingriffs erklärt werden, wie bereits im Abschnitt orale Parameter beschrieben. In der ventralen Gruppe war die obere HWS in keiner Operation beteiligt.

Betrachtet man die Differenzwerte der einzelnen Konsistenzen und auch den pharyngealen Summenscore aller Patienten, so fügt sich dies in die Angaben der Lite-

ratur ein (Riley et al., 2010; Cho, Lu & Lee, 2013). Die Mehrheit der Patienten zeigt wenig oder nur geringfügige Veränderungen des pharyngealen Summscores oder bezüglich der Differenz der Einzelwertungen vor und nach einer Operation. Es gibt jedoch auch Patienten, deren pharyngealer Score sich um 38 bzw. 26 Wertpunkte erhöhen (Patienten CS03 und CS17).

Ein weiteres Ergebnis zeigt, dass sich der Status der Penetration/Aspiration nicht signifikant verändert hat. Insgesamt zeigen sich auf der P/A-Skala nach Rosenbek et al. (1996) lediglich 1% aller Schlucke auffällig, definiert als auffällig bei einem Wert ≥ 3 auf der P/A-Skala (Martin-Harris et al., 2015). Nach der Operation waren es 3% aller Schlucke ($p=.32$). In der Literatur finden sich immer wieder Studien, welche die P/A Skala als hauptsächliches Entscheidungskriterium für das Vorliegen einer Dysphagie wählen (Frempong-Boadu et al., 2002; Fix et al., 2015; Riley et al., 2010). Es sollte bedacht werden, dass das Vorhandensein einer Penetration/Aspiration kein umfassendes Bild über die Pathophysiologie liefert und daraus auch nur unzureichend Informationen über geeignete Therapiemaßnahmen gewonnen werden können. Hierfür ist vielmehr eine umfassende Kenntnis der zugrunde liegenden Pathophysiologie notwendig, die zum Auftreten von Penetration/Aspiration führt (Daniels & Huckabee, 2008).

Die Tatsache, dass nicht alle Parameter in allen Konsistenzen identische Veränderungen liefern (siehe Anhang A-4 Differenzen der Konsistenzen), unterstützt die Erkenntnis, dass es nicht ausreicht, im Rahmen einer instrumentellen Untersuchung lediglich eine Konsistenz zu testen, da das Schlucksystem bei den verschiedenen Konsistenzen unterschiedliche Anforderungen zu erfüllen hat (Steele et al., 2014). So könnte es beispielsweise sein, dass die Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments, welches sich in der Analyse der einzelnen Konsistenzen lediglich für die beiden flüssigen Konsistenzen signifikant verschlechterte, durch die beiden festeren Boli von Brei und Brot ausreichend Druck aufbauen konnte, um den Bolus durch den Sphinkter zu drücken.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Ergebnisse die existierende Literatur unterstützen, dass die Mehrzahl der Patienten postoperativ leicht- bis mittelgradig beeinträchtigt ist, es jedoch auch wenige schwer betroffene Patienten gibt.

Demnach sollte diese Patientengruppe im Hinblick auf schlucktherapeutische Versorgung nicht außer acht gelassen und die Wichtigkeit der Untersuchung dieser Patienten hinsichtlich der Schluckfunktion bedacht werden (Vanderveldt & Young, 2003).

Präoperative Schluckphysiologie

3. Nullhypothese: Vor einer ventralen Operation zeigen sich keine Auffälligkeiten der schluckphysiologischen Parameter.

Die Nullhypothese kann verworfen werden, da sich bereits vor einer ventralen Operation Auffälligkeiten der schluckphysiologischen Parameter zeigen.

H3: Es zeigen sich bereits vor der Operation Auffälligkeiten in der Schluckphysiologie. Die Alternativhypothese wird aufrechterhalten.

Bei Betrachtung der Parameter zum Zeitpunkt vor der Operation zeigten sich bereits Auffälligkeiten in einigen Parametern der Schluckphysiologie. Ein Vergleich mit der Literatur ist schwierig, da es aufgrund der einzelnen Studiendesigns kaum präoperative Daten gibt. Lediglich die Analyse von Frempong-Boadu et al. (2002) zeigte, dass 48% der Kohorte bereits vor der Operation Auffälligkeiten beim Schlucken aufwies. Nach der Operation zeigten 67% der vor Operation in der Videofluoroskopie unauffälligen Patienten neu hinzugekommene Schluckstörungen.

Es muss jedoch bedacht werden, dass in der vorliegenden Studie 7 der 19 Patienten (32% der Patienten) eine Wiederholungsoperation erhalten haben. Daher wäre es möglich, dass die Auffälligkeiten auf die vorhergehenden Operationen zurückgeführt werden können. Weiterhin muss bedacht werden, dass auch ältere Patienten inkludiert wurden, und bekanntermaßen sich das Schlucksystem mit dem Alter (Presbyphagie) verändert (Humbert & Robbins, 2008). Eventuell sind auch diesem Aspekt vor der Operation aufgetretene Beeinträchtigungen zuzuschreiben.

Frempong-Boadu et al. (2002) beschreiben, dass aufgrund von Kompression im Rahmen einer zervikalen Spondylose eine Dysfunktion des Schluckens, durch eine Störung der präganglionischen spinalen afferenten Bahnen, auslösen könnte. Hierbei könnte das Gleichgewicht zwischen der sympathischen und parasympathischen Kontrolle gestört, oder lokale Reflexmechanismen beeinträchtigt werden. In ihrer Studie beschreiben die Autoren, dass sich drei Patienten mit präoperativen Schluck-

auffälligkeiten nach der Operation verbessert haben. Sie schlussfolgern daraus, dass eine Dekompression bei einem solchen kausalen Zusammenhang dieses Defizit ausgleichen könnte. Bei Betrachtung der einzelnen Differenzwerte (Post-OP – Prä-Op) in der ventralen Gruppe zeigen sich ähnliche punktuelle Verbesserungen einzelner Parameter, die sich jedoch unter Betrachtung der Gesamtgruppe nicht statistisch auswirken.

Eine weitere mögliche Erklärung für die Auffälligkeiten der schluckphysiologischen Parameter könnte die Entwicklung von Kompensationsstrategien sein, welche die Patienten aufgrund von Schmerzen oder Haltungsveränderungen entwickeln (Papadopoulou, Exarchakos, Beris & Ploumis, 2013; Zerhouni et al. 1987). Da es sich beim Schluckvorgang um ein komplexes und fragiles System handelt, bei dem viele Organe und motorische Aktivitäten beteiligt sind, reicht unter Umständen eine kleine Disbalance aus, um die Funktion zu beeinträchtigen. Hierbei sollte beachtet werden, dass häufig nicht eine lokale Verletzung selbst die Beeinträchtigung verursacht, sondern dies durch den Zusammenschluss von mehreren Verletzungen zu transienten oder persistierenden Komplikationen kommen kann (Liguoro et al., 1992).

Die Autorin der vorliegenden Dissertation möchte sich demnach den Forderungen von Frempong-Boadu et al. (2002) nach weiterer Forschung in diesem Bereich anschließen, um zu einem besseren Verständnis zu kommen.

8.2.2 Dorsale Gruppe

Im Folgenden werden die aufgestellten Fragestellungen der dorsalen Gruppe anhand der Ergebnisse beantwortet und im Anschluss daran mögliche Erklärungsansätze diskutiert.

Orale Parameter

F1: Ergeben sich nach einer dorsalen Operation Veränderungen für die oralen Parameter?

Die Betrachtung der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke (siehe Kapitel 7.3.5) zeigte in der dorsalen Gruppe keine signifikanten Veränderungen nach Anpassung des Signifikanzniveaus. Es zeichnet sich jedoch eine statistische Tendenz für den Parameter

Bolustransport ($p=.02$) ab. In den Einzel-Konsistenzen wird eine statistische Tendenz für den Parameter Initiierung des pharyngealen Schlucks in der Konsistenz Teelöffelmenge Flüssigkeit ($p=.059$) und orale Residuen in der Konsistenz Biss Brot ($p=.059$) sichtbar.

Bei fünf der neun Patienten wurde an der obere Halswirbelsäule operiert. Möglicherweise hat dieser Eingriff an der oberen HWS Auswirkungen auf den N. hypoglossus (HN XII), in deren Folge es zu Beeinträchtigungen des Bolustransportes kam. Es muss jedoch auch bedacht werden, dass in der dorsalen Gruppe sechs Patienten älter als 65 Jahre waren und dies ebenfalls eine Auswirkung auf die Zungenkraft und Beweglichkeit gehabt haben könnte. Für eine weitere Beurteilung der Zungenbeweglichkeit und gegebenenfalls Lateralisierung ist eine zusätzliche klinische Untersuchung unablässig. Diese wurde im Rahmen dieses Studiendesigns nicht durchgeführt, sollte aber in weiteren Forschungsarbeiten inkludiert werden.

Eine Beeinträchtigung der Initiierung des pharyngealen Schlucks könnte ebenfalls mit dem höheren Alter der Patienten erklärt werden, in der älteren Gruppe sind postoperativ in diesem Parameter mehr Schlucke beeinträchtigt als bei den jüngeren Patienten (siehe Kapitel 7.5.2 Alter; 8.2.3 Risikofaktoren). Möglicherweise könnten diese Auffälligkeiten jedoch auch durch eine vorübergehende Dysfunktion des N. vagus als eine traumatische Reaktion der Nervenstämmen des N. vagus im Gebiet zwischen C1 und dem Foramen jugulare sein (Bekelis et al., 2010). Da der N. vagus jedoch lediglich nahe der Schädelbasis verläuft, ist eine Verletzung auf tieferem HWS-Level unwahrscheinlich (Tekdemir et al., 1998).

Pharyngeale Parameter

F2: Ergeben sich nach einer dorsalen Operation Veränderungen für die pharyngealen Parameter?

Die Betrachtung der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke (siehe Kapitel 7.4.5) zeigte in der dorsalen Gruppe, dass die Parameter Larynxverschluss ($p=.02$), Hyoidverlagerung ($p=.03$), und pharyngeale Austreibungswelle ($p=.02$) postoperativ in der Tendenz signifikant häufiger beeinträchtigt waren.

In der Analyse der Einzel-Konsistenzen zeigten sich für die pharyngealen Parameter keine signifikanten Veränderungen. Es konnten jedoch statistische Tenden-

zen der Parameter: Larynxelation beim Teelöffel ($p=.046$) und beim Schluck Flüssigkeit ($p=.025$), pharyngeale Austreibungswelle beim Schluck Flüssigkeit ($p=.046$) und beim Biss Brot ($p=.046$), Hyoidverlagerung bei Teelöffelmenge Brei ($p=.046$), Zungengrundretraktion beim Teelöffel Brei ($p=.046$) festgestellt werden. Des Weiteren zeigten sich postoperativ tendenziell mehr pharyngeale Residuen beim Schluck Flüssigkeit ($p=.014$).

Die Parameter der dorsalen Gruppe zeigten deutlich weniger Veränderungen als die der ventralen Gruppe. Dies wird vor allem im Vergleich der Einzelkonsistenzen deutlich. Da bei der dorsalen Patientenpopulation mechanische Komplikationen wie prävertebrale Schwellungen aufgrund des operativen Zugangsweges ausgeschlossen werden können, müssen andere Ursachen für die Auffälligkeiten der schluckphysiologischen Parameter zugrunde liegen.

Die Parameter Larynxelation, Hyoidverlagerung und pharyngeale Austreibungswelle wurden bereits im Rahmen einer Fallstudie als auffällig beschrieben (Bekelis et al., 2010). Die Autoren berichten über eine Einschränkung der Motilität der Pharynxwand und einer reduzierten hyolaryngealen Elevation nach einer dorsalen C1-C3 Fusion und Instrumentation. Es wurde vermutet, dass diese Auffälligkeiten durch eine vorübergehende Dysfunktion des N. vagus als eine traumatische Reaktion der Nervenstämme des N. vagus im Gebiet zwischen C1 und dem Foramen jugulare aufgetreten sein könnten (Bekelis et al., 2010). Da, wie bereits im Abschnitt orale Parameter zu Beginn dieses Kapitels dargestellt, in der vorliegenden Studie bei 5 der 9 Patienten an der oberen Halswirbelsäule operiert wurde, könnte dies damit zusammen hängen. Es sei auf den Verlauf des N. vagus nahe der Schädelbasis verwiesen, daher ist eine Verletzung auf tieferem HWS-Level unwahrscheinlich (Tekdemir et al., 1998). Die motorische Innervation des Pharynx erfolgt hauptsächlich durch den pharyngealen Ast des N. vagus (HN X), der sich nach dem Austreten aus dem Foramen jugulare mit Nervenfasern des N. accessorius (HN XI) zusammenschließt. Der Larynx wird vom Ast N. recurrens des N. vagus innerviert. Diese Innervationen durch verschiedene Nervenfasern könnte erklären, weshalb der Parameter des Larynxverschlusses postoperativ nicht signifikant häufiger beeinträchtigt ist. Ebenfalls sollte in Betracht gezogen werden, in welchem Ausmaß eine Beteiligung der Ansa cervicalis ursächlich für die Auffälligkeiten sein könnte, da diese Ner-

venfasern bis in die Wirbelkörper der Halswirbelsäule verläuft (Banneheka, 2008; D'Souza & Ray, 2010). Inwieweit eine Schädigung dieser Strukturen zu Schluckstörungen führt, muss in weiterführenden Studien untersucht werden.

Keiner der anderen Parameter zeigten postoperativ Veränderungen. Wie in der ventralen Gruppe, zeigte sich auch in der dorsalen Gruppe keine signifikante Veränderung des Penetration/Aspirations-Status. Insgesamt zeigten sich vor der Operation lediglich 1% aller Schlucke auffällig auf der P/A-Skala nach Rosenbek et al. (1996), definiert als ≥ 3 auf der Skala (Martin-Harris et al., 2015), nach der Operation war dies kein einziger Schluck ($p > .99$).

Als mögliche Ursachen für postoperative Auffälligkeiten nach dorsalen HWS-Operationen werden zudem Schmerz durch die dorsale Neck-dissection, Einbußen der Beweglichkeit durch eine Fusion oder Immobilität durch eine Halskrause genannt (Radcliff et al., 2013).

Präoperative Schluckphysiologie

F3: Treten bereits vor der Operation Auffälligkeiten der Schluckphysiologie auf?

Auch in der dorsalen Gruppe zeigten sich bereits vor der Operation Auffälligkeiten der Schluckphysiologie.

Dies könnte möglicherweise mit einer kompensatorischen Kopfhaltung (aufgrund von Schmerzen der HWS) zu tun haben, die sich über einen längeren Zeitraum implementiert und zu einer Schonhaltung geführt hat. Ob sich das fragile Schlucksystem anpasst, die Schonhaltung ausgleicht, und kompensatorische Maßnahmen adaptiert, muss in weiteren Untersuchungen vor allem auch mit genauen Messverfahren, beispielsweise Distanz- und Zeitmessungen der Hyoidelation überprüft werden. Diese Messungen waren im Rahmen dieser Arbeit nicht der primäre Fokus, und wären auch aufgrund der häufig fehlenden Referenzmarker auf den Videos nicht möglich gewesen (siehe Kapitel 8.3.1 Schwächen).

Zusammenfassung

Insgesamt zeigten sich die Auffälligkeiten in der dorsalen Gruppe weniger ausgeprägt als in der ventralen Gruppe. Dies entspricht den Ergebnissen anderer Studien (Campbell et al., 2010; Radcliff et al., 2013; Smith-Hammond et al., 2004).

Es stellt sich grundlegend die Frage, ob Schluckstörungen bei dorsal operierten Patienten aufgrund einer operativen Fixierung entstehen können. Infolge von nicht mehr möglichen kompensatorischen Kopfbewegungen, wie beispielsweise der Kopfanteflexion oder der Kopfretraktion könnte es zu Veränderungen im Schluckablauf kommen, welche zu einer dysphagischen Symptomatik führen können (vgl. Smith-Hammond et al., 2004).

8.2.3 Risikofaktoren

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Risikofaktoren auf die schluckphysiologischen Parameter diskutiert und mit möglichen Erklärungsansätzen aus der Literatur verknüpft.

Geschlecht

F4: Zeigen sich bei Männern und Frauen unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

Ventrale Gruppe

Der pharyngeale Summenscore weist vor der Operation keinen signifikanten Unterschied auf ($p=.235$). Nach der Operation haben die männlichen Patienten einen signifikant höheren pharyngealen Summenscore ($p=.045$).

Betrachtet man die Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke, so zeigen sich vor der Operation keine statistisch signifikanten Unterschiede. Im statistischen Trend ist der Parameter orale Residuen ($p=.013$) bei den männlichen Patienten häufiger beeinträchtigt.

Nach der Operation zeichnet sich ein statistischer Trend für eine häufigere Beeinträchtigung der Parameter Larynxelation ($p=.044$) und Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments ($p=.04$) bei den Männern ab.

Bei der Betrachtung der einzelnen Konsistenzen zeigt sich bei der Konsistenz Biss Brot der Parameter Larynxelation im statistischen Trend bei den Männern bereits vor der Operation auffälliger ($U(9/10)=34$, $p=.045$; Männer: *mittlerer Rang* 12,19; Frauen *mittlerer Rang* 7,67).

Postoperativ weisen in der Einzelbetrachtung der Konsistenzen mehrere Parameter signifikante Tendenzen auf. Die Larynxelation zeigt sich bei der Konsistenz Biss Brot ($U(9/10)=18$, $p=.009$; Frauen *Mittlerer Rang*: 6,94; Männer *Mittlerer Rang*: 12,75) bei den Männern auch nach der Operation auffälliger. Der Parameter anteriore Hyoidverlagerung zeigt sich in der Tendenz bei der Schluckmenge Flüssigkeit ($U(9/10)=18$, $p=.011$; Frauen *Mittlerer Rang*: 7; Männer *Mittlerer Rang*: 12,7) bei den Männern auffälliger. Im Parameter Larynxverschluss bei der Schluckmenge Flüssigkeit wiesen Männer tendenziell größere Beeinträchtigungen auf ($U(9/10)=19$, $p=.012$; Frauen *Mittlerer Rang*: 7,06; Männer *Mittlerer Rang*: 12,65). Im Parameter Öffnung PÖS zeichneten sich bei Schluckmenge Flüssigkeit ($U(9/10)=22$, $p=.032$; Frauen *Mittlerer Rang*: 7,39; Männer *Mittlerer Rang*: 12,35) und Teelöffelmenge Brei ($U(9/10)=21$, $p=.027$; Frauen *Mittlerer Rang*: 7,28; Männer *Mittlerer Rang*: 12,45) signifikante Tendenzen ab. Männer wiesen postoperativ in der statistischen Tendenz mehr pharyngeale Residuen auf ($U(9/10)=21$, $p=.038$; Frauen *Mittlerer Rang*: 7,28; Männer *Mittlerer Rang*: 12,45). In der Penetrations-/Aspirationsskala zeigten sich beim Schluck Flüssigkeit die Männer auffälliger ($U(9/10)=23$, $p=.030$; Frauen *Mittlerer Rang*: 7,56; Männer *Mittlerer Rang*: 12,2).

Der Faktor „weiblich“ wird in der Literatur als ein Risikofaktor für das Entwickeln einer postoperativen Dysphagie nach ventralen Eingriffen beschrieben (Lee et al., 2007; Papavero et al., 2007; Zeng et al., 2013). Dies kann durch die vorliegende Studie nicht bestätigt werden, da hier signifikante Unterschiede zwar festgestellt wurden, die Beeinträchtigungen allerdings häufiger bei den männlichen Patienten auftraten. Allerdings muss hier die Patientenstichprobe diskutiert werden, da durch die Unterteilung in weiblich und männlich nur 9 bzw. 10 Patienten pro Gruppe verbleiben. Bei Betrachtung der einzelnen pharyngealen Summenscores (siehe Kapitel 7.3) wird deutlich, dass die Patienten mit dem höchsten postoperativen Summenscore (CS03, CS10 und CS20) alle männlich sind. Die Untersuchungen, die das weibliche Geschlecht als Risikofaktor beschreiben basieren alle auf subjektiven Patientenfragebögen (Lee et al., 2007; Papavero et al., 2007; Zeng et al., 2013). Demnach könnte die Ursache des Unterschieds nicht in physiologischen Differenzen beider Geschlechter, sondern in einer unterschiedlichen Wahrnehmung der Defizite zu finden sein.

Dorsale Gruppe

Der pharyngeale Summenscore weist weder vor der Operation ($p=.461$), noch nach der Operation ($p=.712$) einen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Faktors Geschlecht auf.

Betrachtet man die Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke, so zeigten sich vor der Operation keine statistisch signifikanten Unterschiede. Im statistischen Trend ist der Parameter Kauvorgang ($p=.024$) bei den weiblichen Patientinnen häufiger beeinträchtigt.

Nach der Operation zeigen sich in der Anzahl der beeinträchtigten Schlucke keine statistisch signifikanten Unterschiede in einem oralen oder pharyngealen Parameter.

Unter Betrachtung der einzelnen Konsistenzen zeigen sich vor der Operation geschlechtsspezifische Unterschiede beim Parameter pharyngeale Residuen in der Konsistenz Teelöffelmenge Brei ($U(5/4)=1$, $p=.006$; Frauen *Mittlerer Rang*: 3; Männer *Mittlerer Rang*: 7,5). Die Männer wiesen mehr Residuen auf. Eine statistische Tendenz zeichnete sich bei den beiden oralen Parametern Kauvorgang beim Biss Brot ($U(5/4)=2$, $p=.028$; Frauen *Mittlerer Rang*: 6,6; Männer *Mittlerer Rang*: 3) und Initiierung des pharyngealen Schlucks bei der Konsistenz Schluckmenge Flüssigkeit ($U(5/4)=1$, $p=.016$; Frauen *Mittlerer Rang*: 6,9; Männer *Mittlerer Rang*: 2,63) ab, hier waren jeweils die Frauen auffälliger.

Bei Betrachtung der einzelnen Konsistenzen wiesen in der dorsalen Gruppe keine Parameter postoperativ signifikante Unterschiede hinsichtlich des Geschlechts auf.

In der Literatur gibt es kaum Hinweise darauf, ob das Geschlecht ein Risikofaktor bei dorsal operierten Patienten auf das Entwickeln einer postoperativen Dysphagie darstellt. Radcliff et al. (2013) machen keine Angaben über geschlechtsspezifische Unterschiede in ihrer dorsalen Untersuchungsgruppe im Vergleich zu der ventralen und lumbalen Kontrollgruppen einer früheren Studie (Rihn et al., 2011). In der Studie von Smith-Hammond et al. (2004) wurden aufgrund der Durchführung in einem Krankenhaus für Kriegsveteranen, bis auf eine weibliche Patientin in der lumbalen Kontrollgruppe, ausschließlich Männer inkludiert. Daher können auch hier keine Hinweise über geschlechtsspezifische Unterschiede entnommen werden.

Alter (>65)

F5: Zeigen sich bei älteren (>65 Jahre) und jüngeren Patienten (<65 Jahre) unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

Ventrale Gruppe

Der pharyngeale Summenscore weist weder vor der Operation ($p=.291$), noch nach der Operation ($p=.065$) einen signifikanten Unterschied auf.

Betrachtet man die Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke, so zeigen sich vor der Operation keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Nach der Operation zeichnet sich ein statistischer Trend für eine häufigere Beeinträchtigung der Parameter Epiglottis-Abkipfung ($p=.022$) und Zungengrundretraktion ($p=.050$) bei den älteren Patienten ab.

Bei der Betrachtung der einzelnen Konsistenzen wies der Parameter Bolustransport bei der Schluckmenge Flüssigkeit bei älteren Patienten bereits vor der Operation signifikant größere Unterschiede auf ($U(13/6)=20$, $p=.007$; <65 *Mittlerer Rang*: 8,5; >65 *Mittlerer Rang*: 13,25). In der statistischen Tendenz zeigten sich bei den älteren Patienten die Parameter Epiglottis-Abkipfung bei der Teelöffelmenge Flüssigkeit ($U(13/6)=26$, $p=.032$; <65 *Mittlerer Rang*: 9; >65 *Mittlerer Rang*: 12,17), die pharyngeale Austreibungswelle bei fester Konsistenz ($U(13/6)=19$, $p=.030$; <65 *Mittlerer Rang*: 8,46; >65 *Mittlerer Rang*: 13,33) und die Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments bei Teelöffelmenge Flüssigkeit ($U(13/6)=26$, $p=.032$, <65 *Mittlerer Rang*: 9; >65 *Mittlerer Rang*: 12,17) auffälliger. Weiterhin verblieben beim Schluck Flüssigkeit ($U(13/6)=23$, $p=.050$; <65 *Mittlerer Rang*: 9; >65 *Mittlerer Rang*: 12,17) und dem Biss Brot $U(13/6)=17$, $p=.045$; <65 *Mittlerer Rang*: 9; >65 *Mittlerer Rang*: 12,17) tendenziell mehr pharyngeale Residuen.

Nach der Operation zeigte sich bei den älteren Patienten der Parameter orale Residuen ($U(12/6)=12$, $p=.008$; <65 *Mittlerer Rang*: 7,5; >65 *Mittlerer Rang*: 13,5) bei der Teelöffelmenge Flüssigkeit signifikant auffälliger. Ein statistischer Trend zeichnete sich für den oralen Parameter Bolustransport bei der Schluckmenge Flüssigkeit ($U(13/6)=17$, $p=.035$; <65 *Mittlerer Rang*: 9; >65 *Mittlerer Rang*: 12,17) ab. Die Epiglottis-Abkipfung zeigte sich bei den älteren Patienten sowohl beim Schluck Flüs-

sigkeit ($U(13/6)=22$, $p=.022$; <65 *Mittlerer Rang*: 8,15; >65 *Mittlerer Rang*: 14) als auch beim Biss Brot ($U(13/6)=19$, $p=.033$; <65 *Mittlerer Rang*: 8,46; >65 *Mittlerer Rang*: 13,33) tendenziell auffälliger. Ebenso war dies beim Parameter Zungengrundretraktion ($U(13/6)=18$, $p=.043$; <65 *Mittlerer Rang*: 8,35; >65 *Mittlerer Rang*: 13,58) bei Schluckmenge Flüssigkeit der Fall.

Der Parameter Initiierung des pharyngealen Schlucks ($U(13/6)=18$, $p=.045$; <65 *Mittlerer Rang*: 11,62; >65 *Mittlerer Rang*: 6,5) zeigte sich bei der Schluckmenge Flüssigkeit bei den jüngeren Patienten in der statistischen Tendenz verspätet. Eine ausschließliche Verzögerung des pharyngealen Schlucks führt jedoch nicht zu einem pathologischen Schluck (Martin-Harris, Brodsky & Lee, 2007).

Sowohl vor als auch nach der Operation zeigten sich Unterschiede der oralen und pharyngealen Parameter. Inwieweit diese Unterschiede der Operation zugeschrieben werden können bleibt unklar. Die Tatsache, dass bereits vor der Operation Auffälligkeiten bestanden, weist darauf hin, dass die Unterschiede der schluckphysiologischen Parameter durch die Veränderung des Alterungsprozesses hervorgerufen werden könnten. Veränderungen aufgrund von Revisions-Operation oder mögliche kompensatorische Anpassungen an schmerzbedingte Haltungsänderungen sind jedoch nicht auszuschließen.

Dorsale Gruppe

Der pharyngeale Summenscore weist weder vor der Operation ($p=.30$) noch nach der Operation ($p=.52$) einen signifikanten Unterschied auf.

Betrachtet man die Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke, so zeigen sich vor und nach der Operation keine statistisch signifikanten Unterschiede eines oralen oder pharyngealen Parameters.

Die Betrachtung der Einzel-Konsistenzen liefert bei den jüngeren Patienten vor der Operation in der statistischen Tendenz der Parameter Epiglottis-Abkippung bei Schluckmenge Flüssigkeit ($U(3/6)=2$, $p=.025$; <65 *Mittlerer Rang*: 7,5; >65 *Mittlerer Rang*: 3,75) auffälliger Werte.

Postoperativ liefern die Parameter Epiglottis-Abkippung ($U(3/6)=2$, $p=.025$; <65 *Mittlerer Rang*: 7,5; >65 *Mittlerer Rang*: 3,75) und Larynxverschluss ($U(3/6)=3$, $p=.033$;

<65 *Mittlerer Rang*: 7; >65 *Mittlerer Rang*: 4) beim Schluck Flüssigkeit bei den jüngeren Patienten in der statistischen Tendenz auffälligere Werte.

Der Faktor Alter scheint in der dorsalen Gruppe kein ausschlaggebender Risikofaktor zu sein. Es zeigt sich entgegen der Literatur, dass die jüngeren Patienten sowohl vor als auch nach der Operation tendenziell eher betroffen sind. Allerdings muss auch hier auf die geringere Patientenzahl verwiesen werden und der damit einhergehenden limitierten Aussagekraft der Ergebnisse. Bei Betrachtung des pharyngealen Summenscores (Kapitel 7.3) wird deutlich, dass zwei der drei Patienten mit den höchsten Summenscores unter 65 Jahre alt sind. CS08 ist zum Zeitpunkt der Operation 24 Jahre, und CS21 ist 56 Jahre alt.

Revision

F6: Zeigen sich bei Patienten mit einer Revisions-Operation und Patienten die zum ersten Mal operiert werden, unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

Ventrale Gruppe

Der pharyngeale Summenscore ist sowohl vor ($p=.034$) als auch nach der Operation ($p=.034$) bei den Patienten mit einer Revision-Operation signifikant höher.

Betrachtet man die Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke, zeigen sich vor der Operation keine signifikanten Unterschiede der oralen oder pharyngealen Parameter. Eine statistische Tendenz zeichnet sich für die Parameter Bolustransport ($p=.044$), Initiierung des pharyngealen Schlucks ($p=.016$) und pharyngeale Residuen ($p=.02$) ab. Nach der Operation zeigte sich bei den Patienten mit einer Revisions-Operation der Parameter Zungengrundretraktion ($p=.005$) signifikant häufiger beeinträchtigt. Ein statistischer Trend zeichnet sich für den Parameter pharyngeale Residuen ($p=.046$) ab.

Unter Betrachtung der einzelnen Konsistenzen zeigen sich vor der Operation folgende Parameter bei den Mehrfach-Operierten tendenziell schlechter: Der Parameter Bolustransport ($U(12/7)=24$, $p=.017$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8,5; Revision *Mittlerer Rang*: 12,57) bei Schluckmenge Flüssigkeit; der Parameter Initiierung des pharyngealen Schlucks in allen untersuchten Konsistenzen (Teelöffel flüssig:

$U(12/7)=19$, $p=.038$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8,08; Revision *Mittlerer Rang*: 13,29; Schluck flüssig: $U(12/7)=19$, $p=.041$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8,08; Revision *Mittlerer Rang*: 13,29; Teelöffel Brei: $U(12/7)=19$, $p=.041$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8; Revision *Mittlerer Rang*: 13,43; Biss Brot: $U(12/7)=18$, $p=.031$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8; Revision *Mittlerer Rang*: 13,43); der Parameter Larynxelavation beim Schluck Flüssigkeit ($U(12/7)=17$, $p=.017$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8; Revision *Mittlerer Rang*: 13,43) ebenso wie die Epiglottis-Abkippung ($U(12/7)=21$, $p=.041$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8,25; Revision *Mittlerer Rang*: 13). Es verblieben sowohl bei der Schluckmenge Flüssigkeit ($U(12/7)=18$, $p=.027$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8; Revision *Mittlerer Rang*: 13,43) als auch beim Teelöffel Brei ($U(12/7)=18$, $p=.027$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8,17; Revision *Mittlerer Rang*: 13,14) tendenziell mehr pharyngeale Residuen bei den Patienten mit der Revisions-Operation. Die Patienten mit einer Revisions-Operation zeigten in der statistischen Tendenz mehr Penetration/Aspiration bei Schluckmenge Flüssigkeit ($U(12/7)=24$, $p=.042$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8,33; Revision *Mittlerer Rang*: 12,86).

Nach der Operation konnten bei Betrachtung der einzelnen Konsistenzen ebenfalls nur statistische Tendenzen festgestellt werden. Der Parameter Epiglottis-Abkippung ($U(12/7)=17$, $p=.010$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 7,92; Revision *Mittlerer Rang*: 13,57) war beim Biss Brot bei den Revisions-Patienten tendenziell schlechter. Der Parameter Zungengrundretraktion zeigte sich bei den Konsistenzen Schluck Flüssigkeit ($U(12/7)=23$, $p=.014$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 7,75; Revision *Mittlerer Rang*: 13,86), Teelöffel Brei ($U(12/7)=19$, $p=.039$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 8,08; Revision *Mittlerer Rang*: 13,29) und Biss Brot ($U(12/7)=15$, $p=.014$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 7,75; Revision *Mittlerer Rang*: 13,86) in der Tendenz auffälliger. Es verblieben bei den Patienten mit einer Wiederholungs-Operation postoperativ bei der festen Konsistenz Brot tendenziell mehr pharyngeale Residuen ($U(12/7)=18$, $p=.030$; Erst-OP *Mittlerer Rang*: 7,96; Revision *Mittlerer Rang*: 13,5).

Der Parameter Zungengrundretraktion ist bei diesen Patienten postoperativ im Vergleich zu den Patienten mit einer Erst-Operation häufiger betroffen. Möglicherweise konnte das Schlucksystem bei der ersten Operation die Reduzierung der Motilität kompensieren, nach mehrmaliger Operation und erneuter Retraktion und Druckausübung ist dies eventuell nicht mehr der Fall.

Aufgrund der Tatsache, dass bei diesem Teilergebnis viele Parameter bereits vor der Operation auffällig sind, kann vermutet werden, dass diese Einschränkungen der Schluckphysiologie von einer vorausgegangenen Operation verursacht wurden. Dass bereits vor der Operation die Revisionspatienten Einschränkungen in der Initiierung des pharyngealen Schlucks aufweisen, könnte möglicherweise auf Verletzungen des HN X aus der früheren Operation hinweisen. Inwieweit die pharyngeale Sensibilität durch einen ventralen Eingriff beeinträchtigt wird und dies in der Folge zu einer verzögerten Triggerung des pharyngealen Schlucks führt, sollte demnach in nachfolgenden Arbeiten weiter untersucht werden. Möglicherweise ist das komplexe System bereits durch die erste Operation fragiler und demnach anfälliger und nicht mehr in der Lage, bestimmte Einschränkungen zu kompensieren. Für Operationen an der Halswirbelsäule mit einem ventralen Zugang scheint der Faktor Revision eine Rolle zu spielen.

Dorsale Gruppe

Der pharyngeale Summenscore zeigt weder vor ($p > .099$) noch nach der Operation ($p = .769$) einen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Faktors Revision.

Betrachtet man die Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke zeigen sich vor der Operation keine signifikanten Unterschiede der oralen oder pharyngealen Parameter. Lediglich bei dem Parameter Initiierung des pharyngealen Schlucks zeichnet sich eine statistische Tendenz ab ($p = .035$) mit häufigeren Beeinträchtigungen bei den Patienten, die zum ersten Mal operiert wurden.

Nach der Operation konnten in der dorsalen Gruppe weder im Gesamtscore noch bei Betrachtung der einzelnen Konsistenzen signifikante Unterschiede hinsichtlich des Risikofaktors Revision festgestellt werden.

Der Risikofaktor scheint in der dorsalen Gruppe keinen signifikanten Einfluss auf die Veränderung der schluckphysiologischen Parameter zu haben, allerdings muss bei der Interpretation der Ergebnisse auch hier die kleine Patientenstichprobe bedacht werden.

Anzahl der beteiligten Segmente

F7: Zeigen sich bei Patienten, die an einem Segment operiert werden und bei Patienten, die an mehreren Segmenten operiert werden, unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

Ventrale Gruppe

Der pharyngeale Summenscore zeigt weder vor ($p=.581$) noch nach der Operation ($p=.189$) einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Anzahl der beteiligten Segmente.

Betrachtet man die Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke, zeigen sich weder vor noch nach der Operation signifikante Unterschiede der oralen oder pharyngealen Parameter. Lediglich im Parameter pharyngeale Austreibungswelle zeichnete sich postoperativ die statistische Tendenz ($p=.052$) ab, dass Patienten mit mehreren beteiligten Segmenten häufiger betroffen sind.

Bei Betrachtung der Einzel-Konsistenzen zeigte sich diese statistische Tendenz bei der Teelöffelmenge Flüssigkeit. Die pharyngeale Austreibungswelle war bei den Patienten, die an mehr als einem Segment operiert wurden sowohl vor der Operation ($U(12/7)=21$, $p=.023$; ein Segment *Mittlerer Rang*: 8,29; >ein Segment *Mittlerer Rang*: 12,93) als auch nach der Operation ($U(12/7)=21$, $p=.028$; ein Segment *Mittlerer Rang*: 8,78; >ein Segment *Mittlerer Rang*: 12,68) auffälliger. Der Parameter Hyoidverlagerung ($U(12/7)=24$, $p=.048$; ein Segment *Mittlerer Rang*: 8,5; >ein Segment *Mittlerer Rang*: 12,57) zeigte sich bei Teelöffelmenge Brei nach der Operation in der Tendenz auffälliger bei den Patienten, die an mehr als nur einem Segment operiert wurden.

Die Unterschiede der Gruppen (an einem Segment vs. an mehreren Segmenten operiert) fallen geringer aus als vermutet. Da die pharyngeale Austreibungswelle bereits vor der Operation Unterschiede aufwies, kann dies nicht ausschließlich dem Faktor Anzahl der operierten Segmente zugeschrieben werden.

Frempong-Boadu et al. (2002) identifizieren in ihrer Studie eine ventrale Operation an mehreren Segmenten als Risikofaktor für das Entwickeln einer postoperativen Schluckstörung. Die Autoren begründen dies in der größeren Menge an Weichteilgewebe, welche durch den Zugang freigelegt werden muss, was zu einem

großflächigeren Auseinanderreißen der Nervengeflechte oder größeren postoperativen Schwellungen führen kann. Die Autoren schlagen vor, dass bei Patienten mit einer notwendigen Operation an mehreren Segmenten ein dorsaler Operationszugang erwägt werden sollte, um die Risiken einer postoperativen Schluckstörung zu verringern (Frempong-Boadu et al., 2002).

Dorsale Gruppe

Der pharyngeale Summenscore zeigt weder vor ($p=.697$) noch nach der Operation ($p=.437$) einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Anzahl der beteiligten Segmente.

Betrachtet man die Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke, zeigen sich weder vor noch nach der Operation signifikante Unterschiede der oralen oder pharyngealen Parameter.

In der dorsalen Gruppe zeigte sich weder vor noch nach der Operation in einem der analysierten Parameter in einer der untersuchten Konsistenzen eine signifikante Veränderung im Hinblick auf die Anzahl der operierten Segmente. Bei dorsalen Operationen scheint dieser Risikofaktor keine wesentliche Rolle zu spielen. Allerdings muss bei der Interpretation der Ergebnisse, wie bereits erwähnt, die geringe Probandenzahl im Blick behalten werden. Weitere Forschung in diesem Bereich ist unerlässlich (siehe Kapitel 8.3.1 Schwächen).

Die Ergebnisse scheinen mit der vorhandenen Literatur übereinzustimmen. Weder in der Studie von Smith-Hammond et al. (2004) wurde die Anzahl der operierten Segmente nach dorsalen Operationen als ein Risikofaktor identifiziert, noch in der Untersuchung von Radcliff et al. (2013) wurde eine signifikante Korrelation zwischen der Anzahl der beteiligten Segmente und dem Auftreten einer Dysphagie nach 2, 6, 12 oder 24 Wochen gefunden.

Beteiligung obere HWS

F8: Zeigen sich bei Patienten mit Beteiligung der oberen HWS und Patienten ohne Beteiligung der oberen HWS unterschiedlich viele Veränderungen der schluckphysiologischen Parameter nach einer ventralen oder dorsalen Operation an der Halswirbelsäule?

Dorsale Gruppe

Da bei der ventralen Gruppe bei keinem Patienten die oberen HWS im operativen Eingriff beteiligt war, beziehen sich die Interpretationen ausschließlich auf die dorsale Gruppe.

Der pharyngeale Summenscore zeigt weder vor ($p=.712$) noch nach der Operation ($p=.623$) einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Anzahl der beteiligten Segmente.

Betrachtet man die Anzahl aller beeinträchtigten Schlucke, zeigen sich weder vor noch nach der Operation signifikante Unterschiede der oralen oder pharyngealen Parameter.

Es zeigen sich weder vor noch nach der Operation in einem der oralen oder pharyngealen Parameter in einer der untersuchten Konsistenzen signifikante Unterschiede. Lediglich bei Teelöffelmenge Flüssigkeit zeichnet sich bei den Patienten mit einer Beteiligung der oberen HWS vor der Operation eine statistische Tendenz zu einer verzögerten Initiierung des pharyngealen Schlucks ($U(4/5)=2$, $p=.024$; ein Segment *Mittlerer Rang*: 3; >ein Segment *Mittlerer Rang*: 6,6) ab. Auch bei diesem Teilergebnis muss die geringe inkludierte Patientenstichprobe beachtet werden. In der Literatur wurde die Beteiligung der oberen HWS bei ventralen Operationen in den meisten Studien nicht als Risikofaktor identifiziert (Bazaz et al., 2002; Chin et al., 2007; Lee et al., 2007; Smith-Hammond et al., 2004). Ein direkter Vergleich ist jedoch nicht möglich, da im vorliegenden Patientensample keine ventrale Operation an der oberen HWS durchgeführt wurde. Im Bereich der dorsalen Eingriffe gibt es bislang kaum Evidenz für den Einfluss eines operativen Eingriffs an der oberen HWS auf postoperative Schluckstörungen. Bei der bereits vorgestellten Fallstudie (Bekelis et al., 2010) war die obere HWS involviert. Um die Zusammenhänge besser einordnen zu können, sind weiterführende Studien dringend erforderlich.

Weitere Risikofaktoren, welche im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt wurden, sollten bei zukünftige Untersuchungen nicht außer Acht gelassen werden. So scheint beispielsweise eine Regulierung des endotrachealen Tubus-Drucks eine Maßnahme zu sein, um postoperative Dysphagien möglicherweise reduzieren zu können (Rieger et al., 1997). Die Frage, inwieweit möglicherweise bei ventralen Eingriffen die lange unter Narkose herbeigeführte Lagerung des Kopfes oder

auch Folgen der postoperativen Narbenbildung am Hals eine Auswirkung auf die Schluckfunktion haben könnten, wurde bislang nicht ausreichend untersucht, und sollte Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein.

8.2.4 Klinisches Screening

Das Wasserschluck-Screening nach Daniels wurde für eine andere Zielgruppe konzipiert, nämlich für die des akuten Schlaganfalls (Daniels et al., 1997). Aufgrund der vielen fehlenden Werte und damit einhergehenden geringen Fallzahl (siehe Kapitel 7.2.1 Wasserschluck-Screening) können über das Wasserschluck-Screening nur eingeschränkt Aussagen getätigt werden.

Es zeigte sich in der ventralen Gruppe präoperativ bei 9 Patienten ein unauffälliges Wasserscreening nach den Daniels-Kriterien, bei einem Patienten war es auffällig. Bei 9 Patienten fehlen die Werte. Postoperativ zeigten 6 Patienten keine Auffälligkeiten, 2 Patienten zeigten nach den Daniels-Kriterien ein erhöhtes Aspirationsrisiko (11 Patienten erhielten kein postoperatives Wasserschluck-Screening). In der dorsalen Gruppe waren präoperativ alle 6 untersuchten Patienten unauffällig (3 fehlende Werte), nach der Operation konnten 2 Patienten als auffällig identifiziert werden (wieder erhielten 3 Patienten kein Wasserschluck-Screening). Es zeigen sich in beiden Gruppen postoperativ mehr Patienten auffällig im Wasser-Screening, allerdings können auf dieser Datengrundlage keine verlässlichen Aussagen darüber gemacht werden. Um beurteilen zu können, ob sich dieses Screening für die hier fokussierte Patientengruppe nach HWS-Operation eignet, muss eine Validierung erfolgen. Bisher gibt es für diese Patienten jedoch keine Alternative. Dies ist für die weitere klinische Forschung in diesem Bereich ein wichtiger nächster Schritt.

8.2.5 Reliabilität

Die Intrarater-Reliabilität liegt für die vorhandenen Daten bei $\tau_b=.902$, bei einer Signifikanz von $p<.000$. Diese hohe Übereinstimmung lässt darauf schließen, dass sich nach einem solch intensiven Training, wie es bei der Zertifizierung des MBSImP[®] der Fall ist und durch die dadurch gewonnene Erfahrung ein konsistentes inneres Modell in der Bewertung der Videos gebildet hat.

Die Interrater-Reliabilität liegt für die vorhandenen Daten bei $\tau_b=0.766$ bei einer Signifikanz von $p<0.000$. Dieser Wert ist geringer als der Wert der Intrarater-Wertung und zeigt, dass trotz des intensiven Trainings ein gewisser subjektiver Faktor bei der Bewertung der Videos eine Rolle spielt. Die Ergebnisse der Reliabilitätsberechnungen sind mit den Ergebnissen der Originalarbeit vergleichbar (Martin-Harris et al., 2008).

8.3 Diskussion der Methodik

8.3.1 Schwächen

Zunächst muss bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden, dass es sich um eine retrospektive Datenanalyse handelt. Auch wenn die Daten im Rahmen eines prospektiv angelegten Projekts gewonnen werden konnten und daher wertvolle präoperative Informationen vorhanden sind, so wurden die Auswertungskriterien für die vorliegende Dissertation erst im Nachhinein festgelegt. Dies hat auch die große Anzahl an Drop-Outs zur Folge, zumeist durch nicht vorhandene prä- und postoperative Videofluoroskopien. Überwiegend war dies den bereits in Kapitel 8.1 Formative Evaluation geschilderten organisatorischen Schwierigkeiten geschuldet. Aus dieser relativ großen Drop-Out-Quote von insgesamt 69 Patienten verblieb schlussendlich nur noch eine kleine Patientenstichprobe, mit 19 Patienten in der ventralen und 9 Patienten in der dorsalen Gruppe.

Vor der Durchführung der Videofluoroskopie wurden kaum klinische Parameter erhoben. Es stellt sich in der klinischen Diagnostik von Schluckstörungen insgesamt die Schwierigkeit eines reliablen Instrumentes. Für diese nicht-neurologische Population gibt es keine Empfehlungen für ein klinisches Screening oder eine klinische Schluckuntersuchung. Hierfür müssten zunächst geeignete Screening- und klinische Untersuchungsinstrumente evaluiert werden. Dies wäre ein wichtiger nächster Schritt, um dann zukünftig noch gezielter Risikopatienten filtern zu können. Im Rahmen des SOP-Projektes wurde lediglich vereinzelt ein klinisches Wasser-Screening nach den Daniels-Kriterien durchgeführt (Daniels et al., 1997). Daher ergaben sich keine aussagenkräftigen Ergebnisse. In dem Wissen, dass eine Über-

tragbarkeit des Screenings auf eine andere Population als die akuten Schlaganfallpatienten nicht möglich ist und es für die zervikalen Patienten nicht validiert wurde, wurden zum Zeitpunkt der Datenerhebung aus Mangel an Alternativen dennoch die Kriterien nach Daniels ausgewählt.

In der vorliegenden Studie wurden keine subjektiven Patientenfragebögen oder entsprechende Erhebungen der Lebensqualität in Bezug auf die Nahrungsaufnahme durchgeführt. Dies hätte unter Umständen weitere wertvolle Informationen liefern können, vor allem in Bezug auf das Vorhandensein einer klinisch relevanten Schluckstörung. Dies sollte ebenfalls in Folgeprojekten Beachtung finden (siehe Kapitel 8.3.3 Klinische Relevanz).

Bei der Durchführung einer Videofluoroskopie muss immer die richtige Balance zwischen dem gewünschten Informationsgewinn und der Strahlenbelastung, die auf den Patienten einwirkt, gefunden werden. Die Tatsache, dass jede der vier Konsistenzen lediglich einmal untersucht wurde, könnte demnach als methodische Schwäche ausgelegt werden. Es gibt Hinweise aus der Literatur, dass mindestens zwei Wiederholungen notwendig sind, um ein reliables Ergebnis zu erhalten (Martin-Harris, Logemann, McMahon, Schleicher & Sandidge, 2000; Green et al., 2004). Die klinische Routine zum Zeitpunkt der Datenerhebung hat lediglich eine Wiederholung vorgesehen, um die Strahlenbelastung der Patienten so gering wie möglich zu halten, vor allem auch im Hinblick auf die präoperativen Untersuchungen. Bezieht man sich auf aktuelle Literatur zum Thema Strahlenbelastung einer Videofluoroskopie (Kim, Choi & Kim, 2013; Lemen, 2004; Wright, Boyd & Workman, 1998) so wird deutlich, dass die Strahlenbelastung einer VFS sehr begrenzt ist, so dass für zukünftige Projekte über eine Wiederholung der einzelnen Konsistenzen nachgedacht werden sollte.

Durch die Bildeinstellung der Röntgenröhre konnten in vielen Untersuchungen einzelne interessante Strukturen nicht begutachtet werden. Dies führte zu fehlenden Werten, vor allem in der Analyse der oralen Parameter. Für die klinische Routine wird der Bildausschnitt häufig so gering wie möglich gewählt, um auf diesem Weg ebenfalls die Strahlenbelastung zu minimieren. Dies verhindert jedoch die Sicht auf notwendige fixe Referenzpunkte (wie beispielsweise die Mandibula), um umfassende Distanz- und Zeitmessungen durchführen zu können. Daher sollte in nachfolgenden prospektiven Studiendesigns bereits vor Beginn der Datenerhebung genau

festgelegt werden, welche Messungen durchgeführt werden, um die notwendigen anatomischen Strukturen entsprechend auf dem Video darstellen zu können.

Dem Umstand des retrospektiven Charakters und dem Bestreben nach einer reduzierten Strahlenbelastung ist auch geschuldet, dass es im Rahmen dieses Patienten-Samples kaum Aufnahmen im anterior/posterioren Strahlengang gab, sondern lediglich im lateralen Strahlengang. Eine standardisierte Auswertung dieser a-p-Ansicht wäre gerade bei der zervikalen Population wünschenswert gewesen, da nur in dieser Ansicht der Parameter pharyngeale Kontraktion im Hinblick auf Symmetrie beurteilt werden kann. Da sich die pharyngeale Austreibungswelle als einer der am häufigsten betroffenen Parameter zeigte, wäre die Kenntnis über mögliche Seitenunterschiede (unilaterale Beeinträchtigung) eine interessante Zusatzinformation.

Generell wurden im Rahmen der Datenanalyse der vorliegenden Arbeit keine Zeit- und Distanzmessungen vorgenommen. Diese Entscheidung wurde bewusst getroffen, da der Fokus zunächst darauf lag, einen umfassenden Blick auf die Schluckphysiologie zu erhalten.

Um präziser zwischen einer transienten und einer persistierenden Veränderung der Schluckphysiologie unterscheiden zu können, wäre eine weitere Follow-up Videofluoroskopie nach Rückgang der Schwellungen wünschenswert gewesen. Dies war in der SOP-Routine so nicht vorgesehen und organisatorisch zu diesem Zeitpunkt nicht umsetzbar. Allerdings bleibt dadurch die Frage nach der Beständigkeit der schluckphysiologischen Veränderung unbeantwortet. Dies sollte in weiteren Studien Beachtung finden.

8.3.2 Stärken

Trotz der vorhandenen Einschränkungen des methodischen Studiendesigns können doch wertvolle Erkenntnisse aus dieser Arbeit gezogen werden. Nach Wissen der Autorin wurde die Schluckphysiologie bei Patienten mit Operationen an der ventralen und dorsalen Halswirbelsäule im prä- und postoperativen Vergleich zum ersten Mal auf diese standardisierte Weise untersucht.

Die meisten vorhandenen Studien beziehen sich auf subjektive Patienteneinschätzungen, die sich nicht als reliabel erwiesen haben (Smith-Hammond et al.,

2004). Um jedoch den Rehabilitationsprozess zu beschleunigen und den Patienten wirkungsvolle Strategien vermitteln zu können, ist eine umfassende Kenntnis über die der Schluckstörung zugrunde liegenden Pathophysiologie unerlässlich. Der Autorin sind lediglich zwei Studien bekannt, die sich mit der postoperativen Schluckphysiologie bei den Patienten nach ventralen HWS-Operationen beschäftigen (Leonard & Belafsky, 2011; Martin et al., 1997).

Es ist notwendig zu wissen, welche Veränderungen durch die Operation hervorgerufen werden und welche möglicherweise schon vor der Operation bestanden haben. Dies kann nur durch einen prä-/postoperativen Vergleich geschehen. Lediglich eine Studie bedient sich einer instrumentellen Diagnostik zur Analyse der Schluckfunktion (Smith-Hammond et al., 2004). Hier wird jedoch nicht genau auf die zugrunde liegende Pathophysiologie eingegangen, sondern lediglich das Vorhandensein einer Dysphagie, durch eine Sprachtherapeutin diagnostiziert, beschrieben.

Diese Studie von Smith-Hammond et al. (2004) ist die einzige, welche unterschiedliche operative Zugangswege miteinander vergleicht. Radcliff et al. (2013) vergleichen in ihrer Studie eine dorsal operierte Kohorte mit bereits früher veröffentlichten Daten von ventral und lumbal operierten Patienten (Rihn et al., 2011). Diese Studie basiert jedoch ebenfalls auf einer subjektiven 10-stufigen Patienteneinschätzung. Dies stellt nochmals die Stärke der vorliegenden Dissertation heraus, die zwei Patientengruppen sowohl vor als auch nach der Operation objektiv beurteilt.

Zusätzlich wurde mit dem MBSImP[®] ein Auswertungsinstrument gewählt, welches auf standardisierte Weise die komplette Schluckphysiologie umfasst und nicht lediglich einzelne Fragmente herausgreift. Dies scheint vor allem in dem Bewusstsein, dass derzeit viele Erkenntnisse noch auf Einzelfallberichten basieren, ein wichtiger Erkenntnisgewinn zu sein.

Durch das für die Zertifizierung notwendige umfassende Training bezüglich der Auswertungskriterien wurde ein hohes Maß an Reliabilität erreicht, was sich auch in den Berechnungen widerspiegelt (siehe Kapitel 7.8 Reliabilität).

Im nächsten Schritt können die aus dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse dazu genutzt werden, spezifische Parameter von Interesse auszuwählen, um diese durch Zeit- und Distanzmessungen genauer zu untersuchen. Dadurch wird ein Vergleich mit bereits vorhandenen Normdaten möglich, die bei der Entscheidung helfen

können, ob sich die schluckphysiologischen Veränderungen nach Operationen an der Halswirbelsäule überwiegend innerhalb eines Norm-Varianzbereichs befinden oder ob eine klinische Implikation zur Behandlung besteht. Darüber hinaus kann weiter abgeleitet werden, welche Strategien zur Kompensation bzw. Rehabilitation indiziert sind.

Weder die Autorin und Hauptauswerterin dieser Arbeit noch die Sprachtherapeutin, welche die Reliabilitätsberechnungen durchgeführt hat, waren aktiv an der klinischen oder videofluoroskopischen Datenerhebung beteiligt und demnach hinsichtlich der unabhängigen Faktoren so weit wie möglich geblindet. Aufgrund der in den Videos teilweise sichtbaren Instrumentation kann eine vollständige Verblindung nicht erfolgen, dennoch lagen den beiden Sprachtherapeutinnen durch die pseudonymisierten Videos zum Zeitpunkt der Datenauswertung keine Informationen über die jeweiligen Patienten vor. Ein Bias kann demnach ausgeschlossen werden.

8.3.3 Klinische Relevanz

Durch die retrospektive Datenanalyse der beiden veröffentlichten Studien (Leonard & Belafsky, 2011; Martin et al., 1997) wurden ausschließlich die Patienten untersucht, die aufgrund einer angegebenen Problematik sprachtherapeutisch behandelt wurden. Im Gegensatz dazu wurden in der hier vorliegenden Studie sämtliche Patienten bereits vor der Operation inkludiert, um ein umfassendes Bild der Schluckphysiologie prä- und postoperativ zu erhalten. Dennoch ist es für zukünftige Forschungsprojekte wichtig, geeignete Untersuchungsinstrumente zu finden, die eine Kombination aus subjektiven und objektiven Verfahren darstellen. Zum Einen muss die subjektive Beschwerdelage im Hinblick auf die klinische Relevanz bei dieser kognitiv uneingeschränkten Patientengruppe in sämtliche Entscheidungen einbezogen werden, zum Anderen haben diverse Untersuchungen gezeigt, dass die subjektive Wahrnehmung der Patienten und die objektive Beurteilung nicht reliabel übereinstimmen. In der Studie von Smith-Hammond et al. (2004) zeigte sich, dass es Abweichungen in beide Richtungen gibt. Im Rahmen dieser Studie gaben ca. 10% der untersuchten Patienten lediglich minimale Beschwerden an, im Rahmen der instrumentellen Diagnostik wurde jedoch eine signifikante Schluckstörung mit teilweise stiller Aspiration festgestellt

(falsch-negatives Ergebnis). Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Frempong-Boadu et al. (2002). Sie gaben an, dass eine klinisch asymptomatische Dysphagie bei 17%-50% der Patienten auftreten kann, die eine Operation an der Halswirbelsäule erhalten und subjektiv über keine Schwierigkeiten beim Schlucken berichten. Auf der anderen Seite zeigte die Studie von Smith-Hammond et al. (2004), dass einige Patienten über deutliche Schluckbeschwerden klagten, die sich in der instrumentellen Untersuchung als keine signifikanten Schluckstörungen erwiesen (falsch-positives Ergebnis) (Smith-Hammond et al., 2004). Es ist weitgehend gängige Praxis, dass Ärzte sich auf die Einschätzungen der Patienten verlassen und viele Auffälligkeiten demnach nicht erkannt werden. So zeigte eine Studie, dass ca. 80% der Schluckstörungen nicht dokumentiert werden (Edwards et al., 2004). Diese Ergebnisse machen die Notwendigkeit eines strukturierten Vorgehens deutlich, um die Patienten herausfiltern zu können, die einen Bedarf an schlucktherapeutischer Diagnostik und Therapie haben.

Demnach scheint es sinnvoll zu sein, Sprachtherapeutinnen in den Prozess mit diesem Patientenkontext einzubeziehen, vor allem bei Patienten mit einem erhöhten Risiko, eine Schluckstörung zu entwickeln (Smith-Hammond et al., 2004).

Auch wenn die Anzahl der Patienten, die nach einer Operation an der Halswirbelsäule schwere und langfristige Schluckstörungen entwickeln, gering ist, so macht eine möglichen Aspirationspneumonie doch den größten Faktor im Hinblick auf die Mortalität dieser Patientengruppe aus (Starmer et al., 2013). Damit verbunden sind ein verlängerter Krankenhausaufenthalt und steigende Kosten für das Gesundheitswesen. Demnach sollte die frühzeitige Identifikation und Behandlung von betroffenen Patienten nicht nur im Hinblick auf eine Reduzierung von Folgekomplikationen wie Mangelernährung oder Beeinträchtigung der Lungenfunktion und auf die Steigerung der Lebensqualität für den Patienten, sondern auch im Hinblick auf ökonomische Aspekte von großem Interesse sein. Die Studie von Starmer et al. (2013) stellte im Rahmen einer nationalen Datenbankanalyse der USA fest, dass einer von 15 dysphagischen Patienten nach einer Operation an der ventralen Halswirbelsäule eine Ernährungssonde benötigt. Schluckstörungen waren assoziiert mit einem verlängerten Krankenhausaufenthalt, 4% der Patienten mit einer Dysphagie entwickelten eine Aspirationspneumonie während des Krankenhausaufenthaltes. Das Vorhandensein einer Schluckstörung stellte sich als signifikanter Prädiktor für das Entwi-

ckeln einer Aspirationspneumonie heraus. Weiterhin hatte die Aspirationspneumonie signifikante Auswirkungen auf die Länge des Krankenhausaufenthaltes und die Kosten, Patienten mit einer Aspirationspneumonie hatten ein 16-fach erhöhtes Mortalitäts-Risiko (Starmer et al., 2013). Die Autoren fanden heraus, dass von diesen Patienten mit einer Aspirationspneumonie kein einziger Patient zur Sprachtherapie überwiesen wurde und nur 0,2% der Patienten mit einer Dysphagie. Dabei wurde bereits gezeigt, dass sprachtherapeutische Diagnostik und Therapie nachweislich mit einem reduzierten Risiko medizinischer und pulmonaler Komplikationen, aber auch mit einer reduzierten Mortalität während des Krankenhausaufenthaltes assoziiert ist (Carnaby et al., 2006). Eine frühe Identifikation einer Schluckstörung und die Implementierung eines adäquaten Dysphagiemanagements könnten die negativen Outcomes abmildern. Interventionen könnten möglicherweise Übungen zur Muskelkräftigung, Kostanpassung oder kompensatorische Techniken, um das Schlucken effektiver und sicherer zu machen, darstellen (Starmer et al., 2013).

Starmer et al. (2013) fassen zusammen, dass im Rahmen der Datenbankanalyse lediglich bei 2% aller Patienten mit ventraler HWS-OP eine Dysphagie codiert wurde. Da dies nicht mit den Inzidenzen der Literatur übereinstimmt, wonach zwischen einem Drittel und der Hälfte dieser Patienten postoperativ Schluckstörungen aufweisen (Cho et al., 2013; Riley et al., 2010), schlussfolgern Starmer et al. (2013), dass es, ähnlich den Ergebnissen von Edwards et al. (2004), eine Lücke in der Routine-Beobachtung für potentielle Schluckstörungen gibt. Diese Lücke wurde offensichtlich in den 10 Jahren, die zwischen beiden Untersuchungen liegen, nicht geschlossen.

Im Hinblick auf die klinische Relevanz ist es unerlässlich, Informationen über den Verlauf der Schluckstörungen dieser Patientengruppe zu haben. Es wurde bereits herausgestellt, dass es sowohl häufig passagere Auffälligkeiten der Schluckfunktion zu geben scheint, als auch weniger häufig schwergradige und langfristige Verläufe. Generell sind Langzeitstudien (>12 Monate) kaum vorhanden. Eine Studie evaluierte 74 Patienten, bei denen im Durchschnitt nach 7,2 Jahren Post-Onset ein Follow-Up im Rahmen einer subjektiven Patienteneinschätzung durchgeführt wurde (Yue et al., 2005). Die Autoren berichten über eine persistierende Dysphagie bei 26 (35,1%) Patienten. Inwiefern im Rahmen dieses langen Zeitabstandes auch andere Ursachen für

Schluckbeschwerden möglich sein können, wird im Rahmen der Studie nicht näher erläutert. Auch darauf, ob möglicherweise altersbedingte Veränderungen der Schluckmechanismen (Presbyphagie) eine Rolle spielen, wird nicht eingegangen.

Die Erwartung, dass sich postoperative Schwellungen und dysphagische Symptome im Lauf der Zeit spontan verbessern, könnten einen Einfluss auf die geringe Überweisungsrate zur Sprachtherapie haben. Jedoch kann eine Sprachtherapeutin durch kompensatorische Ansätze wie Haltungsänderungen und Kostanpassungen positive Auswirkungen auf die Schluckfunktion erreichen. So könnten sogar Patienten mit postoperativen Schwellungen von einer sprachtherapeutischen Beratung profitieren, selbst wenn keine rehabilitative Dysphagietherapie indiziert ist (Starmer et al., 2013). Die Autoren schlagen vor, dass eine sprachtherapeutische Intervention in der postoperativen Behandlungsroutine bei diesem Patientenkontext eingesetzt werden sollte, ob sie nun auf Rehabilitation der pathophysiologischen Defizite oder Kompensationsstrategien bei postoperativen Schwellungen fokussieren. Für die Patienten ist dies in jedem Fall erstrebenswert (Starmer et al., 2013).

Unter Betrachtung der Evidenz, die sich sowohl aus subjektiven und objektiven Messinstrumenten zusammensetzt, zeigt sich eine hohe Komplikationsrate auch noch Monate nach der Operation an der Halswirbelsäule. Möglicherweise könnte eine größere Beachtung dieses Aspektes bereits während der Operation die Komplikationsrate minimieren (Starmer et al., 2013). So wurde beispielsweise bislang noch nicht untersucht, ob der operative Schnitt, um zum Operationsgebiet zu gelangen, einen Einfluss auf postoperative Komplikationen hat. Es gibt keine Empfehlungen, ob die ventrale Operation mit einem Längsschnitt oder einem Querschnitt durchgeführt werden sollte. Es gibt jedoch Hinweise, dass aus kosmetischen Gründen bezüglich der späteren Narbenbildung häufiger ein Querschnitt durchgeführt wird, aufgrund der anatomischen Verhältnisse ein Längsschnitt jedoch besseren Zugang zum Operationsgebiet bietet (Denaro, D'Avella, & Denaro, 2010).

Um für die Patienten gezielt geeignete präventive oder rehabilitative Therapiemöglichkeiten ableiten zu können, ist eine umfassende Kenntnis der Pathomechanismen notwendig. Es ist unablässig, in einem nachfolgenden prospektiv angelegten Studiendesign sowohl subjektive als auch objektive Verfahren anzuwenden, um sowohl Kenntnisse der Schluckphysiologie zu erhalten, als auch die subjektive Be-

schwerdelage der Patienten mittels eines standardisierten Patientenfragebogens zu erfahren.

8.4 Ableitung eines prospektiven Studiendesigns

Im Folgenden wird ein mögliches mehrschrittiges Studiendesign vorgeschlagen, das im Anschluss als Folgeprojekt an dieses Dissertationsprojekt durchgeführt werden könnte. Hierbei wird versucht, die methodischen Schwächen der vorliegenden Studie in Stärken umzuwandeln und einige neue inhaltliche Aspekte hinzuzufügen. Es handelt sich um ein prospektiv randomisiertes, kontrolliertes und einfach verblindetes Studiendesign. Das exemplarische Studiendesign soll ein Beispiel für einen möglichen nächsten Schritt darstellen, und bezieht sich daher nur auf ventral operierte Patienten. Das für dieses Studiendesign gewählte operative Entscheidungskriterium (Längs- vs Querschnitt) ist primär für den ventraen Zugangsweg relevant. Dennoch ist es mindestens ebenso wichtig, entsprechende Studiendesigns für dorsal operierte Patienten anzustreben, wie die Ergebnisse dieser Arbeit gezeigt haben.

8.4.1 Ziele

Um Informationen zu erhalten, inwieweit klinisch bereits Hinweise auf das Auftreten einer Schluckstörung zu erfassen sind, müssen valide und reliable Instrumente eingesetzt werden. Da es für dieses Patientenkontinuum bislang kein validiertes Screening-Instrument gibt, wird in einem ersten Schritt ein geeignetes Wasserschluck-Screening für die Patientengruppe, die an der Halswirbelsäule operiert werden, validiert.

Hauptzielkriterien:

Zielsetzung des Studienvorhabens ist es zum Einen operative Prädiktoren zu identifizieren, die zur Ausbildung einer postoperativen Dysphagie bei Patienten mit einer Operation der Halswirbelsäule (von ventral) führen können, zum Anderen ein umfassendes Bild der Schluckphysiologie durch objektive und subjektive Messinstrumente zu erhalten. In diesem Fall soll der operative Parameter Längsschnitt vs. Querschnitt untersucht werden. Bislang wurde dieser Aspekt noch nicht gezielt untersucht, sondern obliegt der Entscheidung durch den Chirurgen. Es gibt jedoch Hinweise, dass

aus kosmetischen Gründen eher ein Querschnitt durchgeführt wird, aufgrund der anatomischen Verhältnisse bietet ein Längsschnitt jedoch besseren Zugang zum Operationsgebiet (Denaro, D'Avella, & Denaro, 2010).

Nebenzielkriterien:

Weiterhin soll untersucht werden, ob es bei diesem Patientenkollektiv bestimmte Merkmale hinsichtlich individuell angewendeter Kompensationsstrategien gibt (Veränderung der Kopfhaltung wie Kopfanteflexion, Kopfretraktion, Translation und Kieferöffnung), welche Veränderungen in der Schluckphysiologie nach dem operativen Eingriff zur Folge haben, und inwieweit bereits Auffälligkeiten der Schluckfunktion vor der Operation vorhanden sind. Die Schluckfunktionen sollen auf allen Ebenen der ICF untersucht werden, also auf Ebene der Struktur, der Aktivität und der Partizipation (WHO, 2005).

8.4.2 Fragestellungen

Folgende Fragestellungen können im Rahmen des Studienvorhabens bearbeitet werden:

1. Hat eine HWS-OP (Längs- vs. Querschnitt) Auswirkungen auf schluckrelevante Strukturen (Weichteilschwellungen)?
2. Hat eine HWS-OP (Längs- vs. Querschnitt) Auswirkungen auf biomechanische Aspekte der Deglutition (bzw. auf die Funktionsfähigkeit der schluckrelevanten Strukturen im Schluckprozess)?
3. Hat eine HWS-OP (Längs- vs. Querschnitt) Auswirkungen auf die Fähigkeit zur Nahrungsaufnahme?
 - a. objektiv beurteilt (FOIS)
 - b. aus Sicht des Patienten (SWAL-QOL)
4. Hat eine HWS-OP (Längs- vs. Querschnitt) Auswirkungen auf die Lebensqualität hinsichtlich des Essens und des Trinkens (ICF d550.11, d560.11)?
 - a. aus Sicht des Patienten (SWAL-QOL)
5. Treten nach einer HWS-OP (Längs- vs. Querschnitt) veränderte Kopfbewegungen beim Schlucken auf und stehen diese in signifikantem Zusammenhang mit Fragestellung 1, 2, 3, 4?
6. Zeigen sich bereits präoperativ Auffälligkeiten in Fragestellung 1, 2, 3, 4 (Vergleichsbasis: funktionelle Schluckparameter)?
 - a. Präoperative Auffälligkeiten im Schluck?
Falls ja: besteht eine Korrelation mit CT?
 - b. Ursache, Anatomie, Physiologie

8.4.3 Hypothesen

Der geplanten Studie wird folgende Hypothese zu Grunde gelegt:

H0: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen operativen Parametern und dem Auftreten einer postoperativen Dysphagie. Die schluckphysiologischen Parameter unterscheiden sich bei den Patienten nicht signifikant vor und nach dem operativen Eingriff.

H1: Es gibt einen Zusammenhang zwischen operativen Parametern und dem Auftreten einer postoperativen Dysphagie. Die schluckphysiologischen Parameter unterscheiden sich bei den Patienten signifikant vor und nach dem operativen Eingriff.

8.4.4 Prüfverfahren

Um die Schluckphysiologie beurteilen zu können, ist zusätzlich zur klinischen Schluckuntersuchung die Diagnostik mittels instrumenteller Verfahren unerlässlich. Hier stellt die Videofluoroskopie (VFS) das Mittel der Wahl dar. Denn zusätzlich zu den schluckphysiologischen Parametern kann anhand der radiographischen Bilder direkt zwischen prä- und postoperativer Schwellung verglichen werden. Der Stellenwert der postoperativen Schwellungen kann festgestellt werden, sowie genaue biomechanische Analysen des Schluckaktes, wie Zeit- und Distanzmessungen können durchgeführt werden. Zudem können die klinisch relevanten Ergebnisse der Videofluoroskopien nach dem operativen Eingriff an der Halswirbelsäule bei Bedarf gezielt zur Ableitung geeigneter schlucktherapeutischer Maßnahmen führen.

8.4.5 Ein- & Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien:

- Die Patienten müssen über 18 Jahre alt sein (keine Altersgrenzen nach oben).
- Die Patienten erhalten eine Operation an der HWS (Zugang ventral).

Ausschlusskriterien:

- Schwere vorbestehende Schluckstörung;
- HWS-Trauma (Verletzung);

- Entzündlich-rheumatische Erkrankung, z.B. rheumatoide Arthritis (chronische Polyarthritis), Spondylitis ankylosans (Morbus Bechterew);
- Spondylophyten;
- Akute (Insult/Blutungen) sowie degenerative (z.B. Morbus Parkinson, Multiple Sklerose, Amyotrophe Lateralsklerose) neurologisch Erkrankungen;
- Aktuell bestehende Schwangerschaft (wg. Strahlenbelastung).

Randomisierungsverfahren

Die Patienten werden vor der Operation per Losverfahren der jeweiligen Gruppe (Gruppe 1: operativer Zugang per Längsschnitt, Gruppe 2: operativer Zugang per Querschnitt) zugeordnet.

8.4.6 Studienablauf

Es handelt sich um ein prospektiv angelegtes Studiendesign mit einer Datenerhebung über einen Zeitraum von einem Jahr. Es werden alle Patienten, die eine Operation an der ventralen Halswirbelsäule erhalten, in die Datenerhebung aufgenommen.

Im Zentrum für Wirbelsäulenchirurgie (Spine Center) des SRH Klinikums Karlsbad-Langensteinbach werden jährlich ca. 160 Halswirbelsäulenoperationen (mit ventralem Zugang) durchgeführt. Angestrebt wird eine Vollerhebung aller Patienten, die eine Operation der Halswirbelsäule (mit ventralem Zugang) erhalten und die freiwillig an der Studie teilnehmen möchten. Ein Antrag bei der zuständigen Ethikkommission wird vor Beginn der Datenerhebung gestellt.

Jeder Patient durchläuft ein standardisiertes Studienprotokoll (siehe *Abbildung 13*) bestehend aus einem Screening, einer klinischen Schluckuntersuchung, einer instrumentellen Diagnostik sowie einem Fragebogen zur Fähigkeit der Nahrungsaufnahme und Lebensqualität, bezogen auf die Schluckfähigkeit. Alle Untersuchungen werden vor der Operation durchgeführt, ein zweites mal 2-4 Tage nach der Operation, ein drittes Mal 8-12 Wochen nach der Operation und schließlich ein Jahr nach der Operation. Zur klinischen Erfassung der Schluckfunktionen wird die Functional Oral Intake Scale (FOIS) verwendet (Crary, Mann, & Groher, 2005). Zur Erhebung der Lebensqualität wird die deutsche Übersetzung des SWAL-QOL (Prosiegel, Wagner-Sonntag & Koch, 2006 in: Rosenbek & Donovan, 2006) angewandt.

Datenerhebung

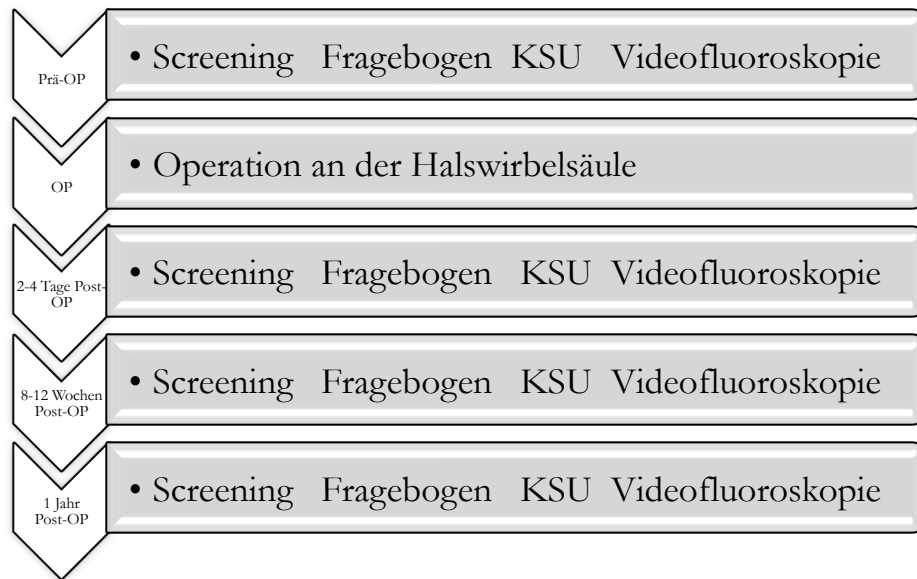


Abbildung 13: Schematische Darstellung des Studienablaufs.

Die standardisierte Durchführung der Videofluoroskopie besteht aus jeweils zwei Untersuchungsdurchgängen im lateralen Strahlengang (5ml Kontrastmittel, 20ml Kontrastmittel, 5ml Apfelbrei mit Kontrastmittel, ein Biss Bariumbrot). Zusätzlich werden zwei Untersuchungsdurchgänge von anterior-posterior durchgeführt (5ml Apfelbrei mit Kontrastmittel), um die Schluckfunktion hinsichtlich der Symmetrie beurteilen zu können. Dies entspricht den Empfehlungen zur Durchführung einer Videofluoroskopie nach den MBSImp[®]-Standard (Martin-Harris et al., 2008).

8.4.7 Datenauswertung

Jede der Videofluoroskopien wird hinsichtlich der Auswertungskriterien von zwei erfahrenen verblindeten Ratern ausgewertet. Beide Rater werden vor Beginn der Datenauswertung im Rahmen einer Schulung intensiv in allen auszuwertenden Parametern geschult und müssen eine Zertifizierung des MBSImp[®] vorweisen.

Jeder Patient bekommt während des lateralen Strahlengangs eine Münze als Referenzeinheit submental angebracht. Während der Durchleuchtung von anterior-posterior wird die Referenzmünze unterhalb des Ohres auf den M. Sternocleido-

mastoideus angebracht. Diese Referenzgröße erlaubt es in der Auswertung verschiedene Bewegungsausmaße in ein Verhältnis zu setzen.

Schluckphysiologie

Die Durchführung und Auswertung erfolgt nach den Parametern des Modified Barium Swallow impairment Profile[®]™ (MBSImP[®]™). Das MBSImP[®]™ besteht aus 17 einzelnen Parametern zur Beurteilung des Schluckvorgangs, welche mittels eines Kriterienschlüssels einzeln an allen untersuchten Konsistenzen ausgewertet werden. Zusätzlich erfolgt die Beurteilung von Penetration/Aspiration mit der Penetrations-/Aspirationsskala nach Rosenbek et al. (1996). Zusätzlich werden die Residuen standardisiert mit der Normalized Residue Ratio Scale (NRRS) ausgewertet (Pearson, Molfenter, Smith, & Steele, 2013). Dies erfolgt basierend auf einer Bildanalyse mit dem Programm Image J, um eine möglichst objektive Einschätzung über die Menge der Residuen zu erhalten.

Zeitmessungen

Ein weiterer Bestandteil neben der Beurteilung einzelner Parameter der Schluckfunktionen stellt die Messung verschiedener Zeitaspekte dar. So wird beispielsweise die orale Transitzeit (OTT), die pharyngeale Transitzeit (PTT), die gesamte Dauer des oropharyngealen Transportes sowie die Öffnungsdauer des oberen Ösophagussphinkters berechnet (Molfenter & Steele, 2012).

Distanzmessungen

Um schluckphysiologische Veränderungen untersuchen zu können, werden Referenzmarker auf den Schlüsselbildern der Videofluoroskopie gesetzt. Die Bilderauswahl erfolgt nach festgelegten Kriterien. Zunächst wird das Bild extrahiert, auf der sich die zu untersuchende Struktur in Ruheposition befindet, in einem weiteren Bild dann im Zustand der maximalen Verlagerung. In einem separaten Bildprogramm (Image J) werden an festgelegten Punkten Marker gesetzt, um somit die Distanz der Verschiebung berechnen zu können. Auf diesem Weg kann die Distanz der hyolaryngealen Komplexverlagerung, der pharyngealen Verkürzung und die Öffnungsweite des oberen Ösophagussphinkters berechnet werden (Molfenter & Steele, 2011; Pearson, Langmore, Yu, & Zumwalt, 2012). Zusätzlich zu den schluckphysiologi-

schen Distanzmessungen wird die Dicke der Rachenhinterwand gemessen, um Erkenntnisse über den tatsächlichen Einfluss von postoperativen Schwellungen zu bekommen.

Die aus der VFS abgeleitete Diät-Empfehlung wird in der Case-Report-Form des Studienvorhabens dokumentiert und im weiteren Verlauf in Form einer fortlaufenden Verlaufsdagnostik mittels der FOIS stetig kontrolliert sowie bei Veränderungen der Schluckfunktion des Patienten durch den betreuenden Sprach- und Schlucktherapeuten angepasst.

8.4.8 Abbruchkriterien

Die Teilnahme an der Studie wird abgebrochen, wenn der Patient seine Einwilligungserklärung widerruft oder durch eine Verschlechterung des Allgemeinzustandes des Patienten eine Fortführung der Studie nicht mehr gerechtfertigt ist. Die Videofluoroskopie wird entsprechend den Abbruchkriterien des MBSImp[®] durchgeführt (Martin-Harris et al., 2002).

8.4.9 Statistische Verfahren

Messreihe

Aus der geplanten Untersuchung werden Daten aus wiederholten Messungen an denselben Fällen vorliegen. Die verbundenen Messreihen entstehen aufgrund der prä- und postoperativen Datenerhebungen.

Bei allen Patienten (allen Fällen) werden an drei Messzeitpunkten die im Weiteren erläuterten Kriteriumsvariablen gemessen:

1. Messzeitpunkt (t1): 1-2 Tage vor der Operation
2. Messzeitpunkt (t2): 2-4 Tage nach der Operation
3. Messzeitpunkt (t3): 8-12 Wochen nach der Operation

Variablen und Skalen

Als Kriteriumsvariablen werden Daten auf nominalem, ordinalem und metrischem Skalenniveau erhoben:

Nominale Daten: demographische Daten; Wasserschlucktest positiv/negativ

Ordinale Daten: MBSImP[®], FOIS (Functional Oral Intake Scale)

Metrische Daten: Gesamt-Wert SWAL-QOL; in Videofluoroskopie: u.a. Zeit- und Distanzmessungen von Hyoid und Larynx, Öffnungsdauer des oberen Ösophagus-sphinkter.

Within-Case Analyse (verbundene Stichproben): Vergleich der Kriteriumsvariablen innerhalb der untersuchten Patientengruppe zwischen den Messzeitpunkten t1, t2 und t3

- Häufigkeitstest: Unterscheiden sich die Häufigkeitsdifferenzen bei wiederholter Messung (t1, t2 und t3) signifikant?
- McNemar-Test bzw. Symmetrietest nach Bowker: für zwei verbundene Stichproben bei dichotomen bzw. nicht-dichotomen Kategorien nominal skaliertester Messwertpaare
- Falls 3 Messzeitpunkte: Q-Häufigkeits-Symmetrietest nach Cochran: für mehr als zwei verbundene Stichproben bei dichotom, nominal skalierten Messwertpaaren
- Unterschiedstests: Gibt es einen signifikanten Unterschied in der zentralen Tendenz der wiederholten Messreihen (t1, t2 und t3)?
- t-Test für verbundene Stichproben: für verbundene Stichproben bei metrisch skalierten Daten (bei Normalverteilung der Daten)
- Vorzeichen-Rangsummentest nach Wilcoxon: für verbundene Stichproben bei ordinal skalierten Daten

Between-Case Analyse (unabhängige Stichproben): Vergleich von Patientengruppen bezogen auf zu analysierende operative Parameter zu einem Messzeitpunkt (t1 oder t2 oder t3). In diesem Fall die Unterscheidung in Längsschnitt vs. Querschnitt.

- Häufigkeitstest nach Pearson: Unterscheiden sich zwei oder mehr beobachtete Häufigkeiten signifikant voneinander?
- Unterschiedstest: t-Test für unabhängige Stichproben, für unabhängige Stichproben bei metrisch skalierten Daten (bei Normalverteilung der Daten)
- U-Rangsummentest nach Mann & Whitney und Wilcoxon: für unabhängige Stichproben bei ordinal skalierten Daten

Varianzanalyse: Vergleich von Gruppenunterschieden zu den wiederholten Messzeitpunkten

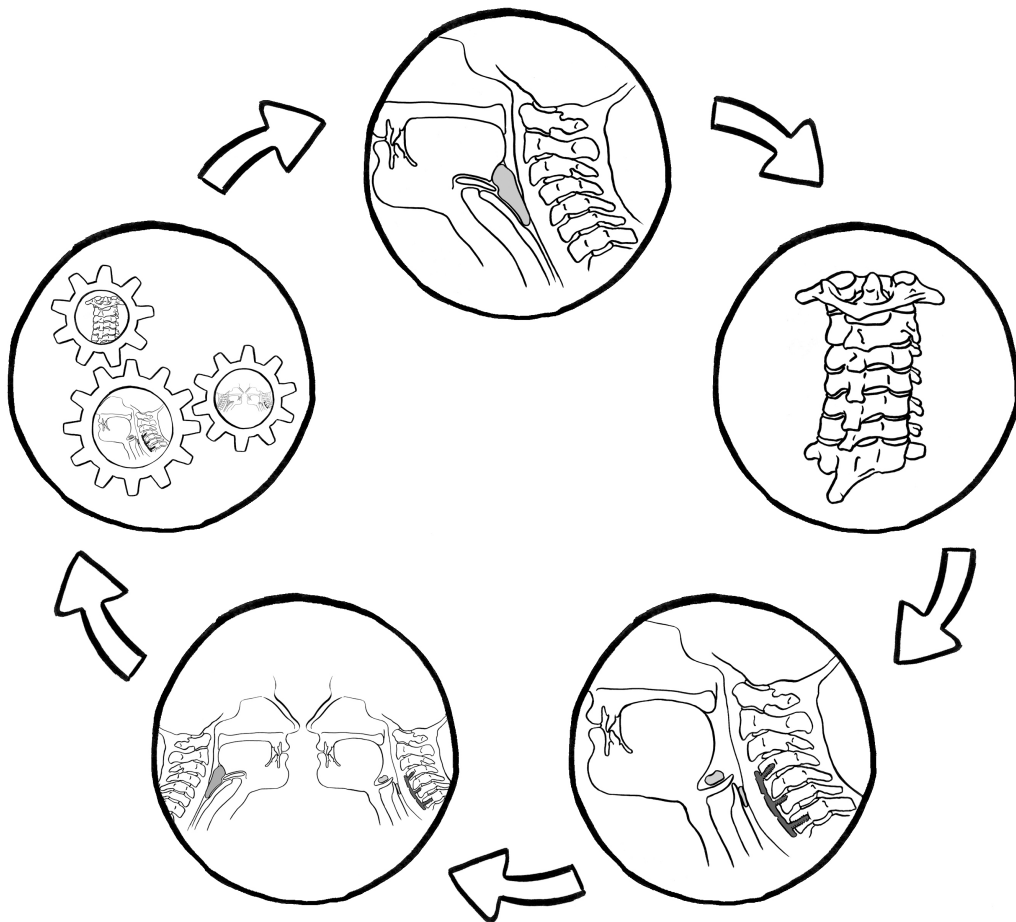
- ANOVA: Allgemeines Lineares Modell bei Messwiederholung. Unterscheiden sich die Mittelwerte mehrerer Stichproben signifikant voneinander und welche Faktoren bzw. Bedingungskombinationen sind dafür verantwortlich?

Zusammenhangstests: Bestehen signifikante Zusammenhänge zwischen zwei oder mehreren Variablen?

- Test des Korrelationskoeffizienten nach Bravais und Pearson: Zusammenhang zweier metrisch skaliertter Untersuchungsvariablen
- Test des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman: Zusammenhang zweier ordinal skaliertter Untersuchungsvariablen
- Test des Kontingenzkoeffizienten nach Pearson bzw. Test des Kontingenzkoeffizienten nach Cole: Zusammenhang zweier nominal skaliertter Variablen mit mehr als zwei Kategorien bzw. genau zwei Kategorien

Die Ergebnisse eines solch exemplarischen Studiendesigns können einen weiteren Schritt in dem Verstehen der zervikalen Dysphagien darstellen.

9 Zusammenfassung und Ausblick



Die vorliegende Arbeit stellt nach Kenntnis der Autorin die erste standardisierte Analyse der Schluckphysiologie nach ventraler und dorsaler Operation an der Halswirbelsäule im direkten Prä-Post-Vergleich dar.

Die Ergebnisse liefern wertvolle Informationen für mögliche therapeutische Ansätze und machen deutlich, dass diese Patienten bislang hinsichtlich ihrer schluckphysiologischen Auffälligkeiten unterschätzt werden. Es zeigen sich sowohl in der ventralen als auch in der dorsalen Gruppe Auffälligkeiten, auch wenn in der ventralen Gruppe mehr Parameter betroffen sind als in der dorsalen Gruppe. Die Schluckphysiologie zeigt in der ventralen Gruppe kein einheitliches Bild, sondern variiert bei den einzelnen Patienten. Dies entspricht den Ergebnissen anderer Studien (Leonard & Belafsky, 2011; Martin et al., 1997), so dass davon ausgegangen werden kann, dass für manche Patienten die postoperative Schwellung mit ihren mechanischen Komplikationen im Vordergrund steht, bei anderen Patienten Schädigungen von Nerven die Auffälligkeiten der Schluckphysiologie verursachen. Für die Ursachen der schluckphysiologischen Auffälligkeiten in der dorsalen Gruppe sind weiterführende Arbeiten notwendig, bislang konnten und können weiterhin lediglich Spekulationen angestellt werden.

Die Tatsache, dass einige der schluckphysiologischen Auffälligkeiten bereits vor der Operation auftreten, könnte zum Einem den Revisions-Operationen geschuldet sein, zum Anderen stellt sich auch die Frage, inwiefern durch Schmerzen an der HWS verursachte kompensatorische Kopfhaltungen oder Schluckbewegungen zu diesen Auffälligkeiten führen.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Bezeichnung der schluckphysiologischen Auffälligkeiten und Veränderungen bewusst gewählt und nicht der Ausdruck Dysphagie verwendet. Nach Auffassung der Autorin dieser Arbeit impliziert die Verwendung des Begriffes Dysphagie eine klinisch relevante Schluckstörung, die schlucktherapeutische Maßnahmen mit sich bringt. Aufgrund des retrospektiven Charakters dieser Arbeit, können hierzu jedoch nur unzureichend Aussagen gemacht werden. Dennoch muss in weiterführenden Arbeiten genau dieser nächste Schritt gemacht werden. Die Definition des Begriffes Dysphagie für zervikale Patienten kann in der Folge zur Vereinheitlichung von Ergebnissen und einem besseren Verständnis führen.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche und der empirischen Arbeit zeigen, dass weiterhin mit Nachdruck an der Erforschung dieses Themenkomplexes gearbeitet werden sollte. Zunächst sind weitere Arbeiten nötig, um zwischen den transienten und persistierenden Dysphagien unterscheiden zu können und zu detektieren, welche Kriterien für das Entwickeln einer schwerwiegenden und langfristigen Dysphagie verantwortlich sein können. Zudem sollte vor allem bei den Patienten mit langfristigen Dysphagien ein Augenmerk auf die Inzidenz von möglichen Aspirationspneumonien gelegt werden. Auch wenn im Rahmen der vorliegenden Studie Penetration/Aspiration sich nicht als das primäre Leitsymptom der schluckphysiologischen Veränderung gezeigt hat, so sollte im Rahmen von prospektiven Studien mit Follow-up dieser Aspekt nicht außer Acht gelassen werden, da diese schwere Komplikation mit deutlichen medizinischen Risiken und erhöhten Kosten verbunden ist.

Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Erarbeitung von standardisierten und validierten klinischen Entscheidungskriterien, um klinisch relevante Schluckstörungen zu detektieren. Im Rahmen von klinischen Behandlungspfaden muss dann gegebenenfalls eine instrumentelle Diagnostik durchgeführt werden. Nur mit diesem umfassenden Wissen können geeignete therapeutische Maßnahmen für eine effiziente Rehabilitation generiert werden.

Neben den bislang veröffentlichten Arbeiten und entsprechenden Schlussfolgerungen (Smith-Hammond et al., 2004) möchte auch diese Arbeit ermutigen, Sprachtherapeutinnen stärker in das Behandlungsprozedere dieser Patientengruppe einzubinden. Neben diätetischen Anpassungen profitieren die Patienten von schlucktherapeutischer Therapie, sowohl mit kompensatorischen als auch rehabilitativen Zielen. Viele therapeutische Manöver beinhalten jedoch in irgendeiner Art und Weise Haltungänderungen des Kopfes. Dies kann bei zervikalen Patienten eine Herausforderung darstellen, da speziell diese Patientengruppe aufgrund der möglicherweise stark eingeschränkten Beweglichkeit diese Maßnahmen nicht oder nur sehr eingeschränkt umsetzen kann. Als Beispiel sei die Shaker-Übung genannt (Logemann et al., 2009; Shaker et al., 2002). Speziell zur Kräftigung der suprahyoidalen Muskulatur entwickelt, wird die Muskulatur hierbei durch eine Kopfhebe-Übung in liegender Position gekräftigt. Diese Übung wird in den seltensten Fällen von einem Patienten nach einer Operation an der Halswirbelsäule durchgeführt werden können, obwohl

die Patienten mit reduzierter Hyoidelevation hiervon profitieren könnten. Daher müssen alternative Trainingsmethoden entwickelt und evaluiert werden. Ein Ansatz könnte beispielsweise eine Kieferöffnungs-Übung gegen Widerstand sein, da dieselben suprahyoidalen Muskeln unter Schonung der Halswirbelsäule trainiert werden können. Eine solche Übung wurde bereits entwickelt und an gesunden Probanden erprobt (unveröffentlichte Masterarbeit der Autorin dieser Dissertation, Bauer 2010). Diese könnte gegebenenfalls in zukünftigen Studien bei diesem Patientenkollektiv untersucht werden.

Die erhaltenen Kenntnisse über die schluckphysiologischen Besonderheiten führen darüber hinaus zu der Überlegung, ob bestimmte therapeutische Maßnahmen oder Schlucktrainings möglicherweise auch schon präventiv vor der Operation eingesetzt werden könnten, um postoperativ auftretende Beeinträchtigungen zu minimieren. Es gab bislang im Rahmen einer Studie (Chen et al., 2012) die Überlegung, mit einer manuellen präoperativen Dehnungsübung der Trachea die postoperative Dysphagie zu minimieren, allerdings müssten hier nicht nur subjektive Patienteneinschätzungen erfragt werden, sondern objektive Parameter der Schluckphysiologie zur Analyse eingesetzt werden.

Um vor allem dem Aspekt der postoperativen Schwellung und damit verbundenen Einschränkungen der pharyngealen Peristaltik sowie eingeschränkter Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments zu beleuchten, sollte über eine gezielte Überprüfung der pharyngealen Druckverhältnisse nachgedacht werden. Die Videofluoroskopie als zweidimensionale Bildgebung stößt hier an ihre Grenzen. Diese Lücke kann komplementär mit dem Einsatz von Manometrie geschlossen werden. Weitere Forschungsarbeiten in diesem Bereich sind erforderlich und sollten angestrebt werden.

Ebenfalls sollte weiterführend nicht außer Acht gelassen werden spezifisch zu untersuchen, ob die Dysphagie auch ein Resultat des Schmerzes oder der Bewegungseinschränkung darstellen kann. Auch ob die Bildung von Narbengewebe im Operationsgebiet möglicherweise die Beweglichkeit der relevanten Strukturen hemmt, wurde bislang nicht bearbeitet. Die Beantwortung dieser Frage und ob möglicherweise manualtherapeutische Ansätze positive Auswirkung auf die Schluckfunk-

tion haben könnten, wäre ein weiterer interessanter Aspekt für künftige Forschungsarbeiten.

Die Patienten, die eine Operation an der Halswirbelsäule erhalten, sollten bereits im Informationsgespräch über diese mögliche Komplikation aufgeklärt werden. Nur durch die umfassende Kenntnis aller möglichen Operations-Ergebnisse ist es dem Patienten möglich eine fundierte Entscheidung bezüglich der Operation zu treffen sowie postoperativ zielorientierte, therapeutische Maßnahmen einzuleiten, welche ihm schnellstmöglich wieder zu einem Höchstmaß an individueller Lebensqualität verhelfen.

Literaturverzeichnis

- Akbal, A., Kurtaran, A., Selcuk, B., Gurcan, A., Ersoz, M. & Akyuz, M. (2009). The development of dysphagia and dysphonia due to anterior cervical osteophytes. *Rheumatol Int*, 29(3), 331–334.
- Allis, T. J., Grant, N. N. & Davidson, B. J. (2010). Hypopharyngeal diverticulum formation following anterior discectomy and fusion: case series. *Ear, Nose & Throat Journal*, 89(11), 4–9.
- Apfelbaum, R. I., Kriskovich, M. D. & Haller, J. R. (2000). On the incidence, cause, and prevention of recurrent laryngeal nerve palsies during anterior cervical spine surgery. *Spine*, 25(22), 2906–2912.
- Baine, W. B., Yu, W. & Summe, J. P. (2001). Epidemiologic trends in the hospitalization of elderly Medicare patients for pneumonia, 1991-1998. *American Journal of Public Health*, 91(7), 1121–3.
- Banneheka, S. (2008). Anatomy of the ansa cervicalis: Nerve fiber analysis. *Anatomical Science International*, 83, 61–67.
- Bauer, J. M., Wirth, R., Volkert, D., Werner, H. & Sieber, C. C. (2008). Malnutrition, Sarkopenie und Kachexie im Alter – Von der Pathophysiologie zur Therapie. *Dtsch Med Wochenschr*, 133, 305–310.
- Bauer, S. (2010). *An Ultrasound-Based Comparison of Exercises concerning Suprahyoidal Muscles and Hyoid Movement*. Unveröffentlichte Masterarbeit. Hildesheim: HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst.
- Bazaz, R., Lee, M. J. & Yoo, J. U. (2002). Incidence of dysphagia after anterior cervical spine surgery: a prospective study. *Spine*, 27(22), 2453–8.
- Bekelis, K., Gottfried, O. N., Wolinsky, J.-P., Gokaslan, Z. L. & Omeis, I. (2010). Severe dysphagia secondary to posterior C1-C3 instrumentation in a patient with atlantoaxial traumatic injury: a case report and review of the literature. *Dysphagia*, 25(2), 156–60.
- Bendebba, M., Heller, J., Ducker, T. B. & Eisinger, J. M. (2002). Cervical Spine Outcomes Questionnaire Its Development and Psychometric Properties. *Spine*, 27(19), 2116–2124.
- Benzel, Edward, C. (2012). *The Cervical Spine*. Herausgeber: Benzel, Edward; 5. Aufl., M Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Bogaardt, H. (2006). Entwicklung eines multidisziplinären Protokolls für das Management von Dysphagien bei chronisch kranken Patienten. In S. Stanschus (Hrsg.), *Rehabilitation von Dysphagien* (1. Aufl. S. 49–60). Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag.
- Boriani, S., Badiera, S., Boriani, L. & Weinstein, J. N. (2012). Primary Malignant Tumors of the Cervical Spine. In E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Aufl., S. 765–781). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Bortz, J., & Lienert, G. (2008). *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung* (3. Auflage.). Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Bortz, J., & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Auflage.). Berlin, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

- Campbell, P. G., Yadla, S., Malone, J., Zussman, B., Maltenfort, M. G., Sharan, A. D. & Ratliff, J. K. (2010). Early complications related to approach in cervical spine surgery: single-center prospective study. *World Neurosurgery*, 74(2-3), 363–368.
- Carnaby, G., Hankey, G. J. & Pizzi, J. (2006). Behavioural intervention for dysphagia in acute stroke : a randomised controlled trial. *Lancet Neurology*, 5, 31–37.
- Chen, Z., Wei, X., Li, F., He, P., Huang, X., Zhang, F. & Riew, K. D. (2012). Tracheal traction exercise reduces the occurrence of postoperative dysphagia after anterior cervical spine surgery. *Spine*, 37(15), 1292–1296.
- Chhetri, D. K. & Berke, G. S. (1997). Ansa cervicalis nerve: review of the topographic anatomy and morphology. *The Laryngoscope*, 107(10), 1366–1372.
- Chin, K. R., Eiszner, J. R. & Adams, S. B. (2007). Role of plate thickness as a cause of dysphagia after anterior cervical fusion. *Spine*, 32(23), 2585–90.
- Cho, S. K., Lu, Y. & Lee, D.-H. (2013). Dysphagia following anterior cervical spinal surgery: a systematic review. *The Bone & Joint Journal*, 95-B(7), 868–73.
- Cook, I. J. (2008). Diagnostic evaluation of dysphagia. *Nature Clinical Practice. Gastroenterology & Hepatology*, 5(7), 393–403.
- Cramer, J., Haase, N., Behre, I. & Ostermann, P. W. (2003). Spondylitis und Spondylodiszitis. *Trauma Und Berufskrankheit*, 5(3), 336–341.
- Crary, M. A., Mann, G. D. C. & Groher, M. E. (2005). Initial Psychometric Assessment of a Functional Oral Intake Scale for Dysphagia in Stroke Patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(8), 1516–1520.
- D’Souza, A. S. & Ray, B. (2010). Study of the formation and distribution of the ansa cervicalis and its clinical significance. *European Journal of Anatomy*, 14(3), 143–148.
- Daniels, S. K., Brailey, K. & Foundas, L. (1999). Lingual discoordination and dysphagia following acute stroke: analyses of lesion localization. *Dysphagia*, 14, 85–92.
- Daniels, S. K., & Huckabee, M.-L. (2008). *Dysphagia following stroke*. San Diego, CA: Plural Publishing Inc.
- Daniels, S. K., McAdam, C. P., Brailey, K. & Foundas, A. L. (1997). Clinical Assessment of Swallowing and Prediction of Dysphagia Severity. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 6(4), 17–24.
- Daniels, S. K., Schroeder, M. F., DeGeorge, P. C., Corey, D. M. & Rosenbek, J. C. (2007). Effects of verbal cue on bolus flow during swallowing. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 16(5), 140–147.
- Denaro, L., D’Avella, D. & Denaro, V. (2010). *Pitfalls in Cervical Spine Surgery*. Berlin: Springer Verlag
- DGN (2012). Neurogene Dysphagien - Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie, 1–23.
- Donner, M. W., Bosma, J. F. & Robertson, D. L. (1985). Anatomy and Physiology of the Pharynx. *Gastrointestinal Radiology*, 10, 196–212.
- Duffy, J. R. (1995). *Motor speech disorders: Substrates, differential diagnosis, and management*. St. Louis, MO: Mosby-Year Book.

- Dvorak, M. F., Street, J. T. & Lenchan, Brain, J. (2012). Injuries to C1 and C2. In E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Auflage, S. 615–631). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Edwards, C. C., Karpitskaya, Y., Cha, C., Heller, J. G., Lauryssen, C., Yoon, S. T. & Riew, K. D. (2004). Accurate identification of adverse outcomes after cervical spine surgery. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 86-A(2), 251–6.
- Ekberg, O., Hamdy, S., Woisard, V., Wuttge-Hannig, A. & Ortega, P. (2002). Social and psychological burden of dysphagia: Its impact on diagnosis and treatment. *Dysphagia*, 17(2), 139–146.
- Ertekin, C. (2011). Voluntary versus spontaneous swallowing in man. *Dysphagia*, 26(2), 183–92.
- Fechler, A., Farr, A., Duchac, S., Wasilesku, A. & Stanschus, S. (2011). Die digitale Videofluoroskopie - Technische Möglichkeiten und Realisierung im klinischen Alltag. In S. Stanschus (Hrsg.), *Strukturierte Praxis und Forschung in der klinischen Dysphagiologie* (1. Aufl., S. 19–28). Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag.
- Feinberg, M. J. & Ekberg, O. (1991). Videofluoroscopy in Elderly Patients with Aspiration : Importance of Evaluating Both Oral and Pharyngeal Stages of Deglutition. *American Journal of Roentgenology*, 156, 293–296.
- Fengbin, Y., Xinwei, W., Haisong, Y., Yu, C., Xiaowei, L. & Deyu, C. (2013). Dysphagia after anterior cervical discectomy and fusion: a prospective study comparing two anterior surgical approaches. *European Spine Journal*, 22(5), 1147–1151.
- Figley, S. A., Austin, J. W., Rowland, J. W., & Fehlings, M. (2012). Pathophysiology of Spinal Cord Injury. In: E. Benzel, (Herausgeber), *The Cervical Spine* (5. Auflage, S. 557–569). Philadelphia, PA, USA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Fix, C., Drumm, J., Wilmskötter, J., Pitzen, T., Duchac, S., Schumann, B., & Stanschus, S. (2015). Dysphagien nach ventralen Halswirbelsäulenoperationen. *Forum HNO*, 17, 126–133.
- Fountas, K. N., Kapsalaki, E. Z., Nikolakakos, L. G., Smisson, H. F., Johnston, K. W., Grigorian, A. & Robinson, J. S. (2007). Anterior cervical discectomy and fusion associated complications. *Spine*, 32(21), 2310–2317.
- Frempong-Boadu, A., Houten, J. K., Osborn, B., Opulencia, J., Kells, L., Guida, D. D. & Le Roux, P. D. (2002). Swallowing and speech dysfunction in patients undergoing anterior cervical discectomy and fusion: a prospective, objective preoperative and postoperative assessment. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 15(5), 362–368.
- Geddes, D. T., Chadwick, L. M., Kent, J. C., Garbin, C. P. & Hartmann, P. E. (2010). Ultrasound Imaging of Infant Swallowing During Breast-Feeding. *Dysphagia*, 25(3), 183–191.
- Gleeson, D. C. L. (1999). Oropharyngeal Swallowing and Aging. A Review. *Journal of Communication Disorders*, 32(616), 373–396.
- Green, J., Hiss, S., Kelchner, L., Lazarus, C., Miller, C. & Hasselkus, A. (2004). Guidelines for Speech-Language Pathologists Performing Videofluoroscopic Swallowing Studies. *ASHA Special Interest Division 13, Swallowing and Swallowing Disorders (Dysphagia)*.
- Grimmer, A. & Wurm, G. (2011). Chirurgische Strategien bei Bandscheibenvorfällen an der Halswirbelsäule. *Journal Für Neurologie, Neurochirurgie Und Psychiatrie*, 12, 23–30.

- Grosso, M. J., Steinmetz, M. P. & Benzel, E. C. (2012). Cervical Deformity. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Aufl, S. 1083–1095). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Haller, J. M., Iwanik, M. & Shen, F. H. (2011). Clinically relevant anatomy of high anterior cervical approach. *Spine*, *36*(25), 2116–21.
- Hamdy, S., Rothwell, J. C., Brooks, D. J., Bailey, D., Aziz, Q., Thompson, D. G., & Warnecke, T. (1999). Identification of the Cerebral Loci Processing Human Swallowing With H₂ 15O PET Activation. *J Neu*, *81*, 1917–1926.
- Harris, M. L., Julyan, P., Kulkarni, B., Gow, D., Hobson, A., Hastings, D. & Hamdy, S. (2005). Mapping metabolic brain activation during human volitional swallowing: a positron emission tomography study using fluorodeoxyglucose. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism: Official Journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism*, *25*, 520–526.
- Heese, O., Fritzsche, E., Heiland, M., Westphal, M. & Papavero, L. (2006). Intraoperative measurement of pharynx/esophagus retraction during anterior cervical surgery. Part II: perfusion. *European Spine Journal*, *15*(12), 1839–1843.
- Hong, J. T., Lee, S. W., Son, B. C., Sung, J. H., Kim, I. S., & Park, C. K. (2006). Hypoglossal nerve palsy after posterior screw placement on the C-1 lateral mass. *Journal of Neurosurgery: Spine*, *5*(1), 83–85.
- Huckabee, M.-L. (2011). Vom Labor in den klinischen Alltag. In S. Stanschus (Hrsg), *Strukturierte Praxis und Forschung in der klinischen Dysphagiologie* (1. Aufl., S. 31–47). Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag.
- Humbert, I. A. & Robbins, J. (2008). Dysphagia in the elderly. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. *19*(4), 853–866.
- Jean, A. (2001). Brain Stem Control of Swallowing: Neuronal Network and Cellular Mechanisms. *Physiological Reviews*, *81*(2), 929–970.
- Kalb, S., Reis, M. T., Cowperthwaite, M. C., Fox, D. J., Lefevre, R., Theodore, N. & Sonntag, V. K. H. (2012). Dysphagia after anterior cervical spine surgery: incidence and risk factors. *World Neurosurgery*, *77*(1), 183–187.
- Kang, S. H., Kim, D.-K., Seo, K. M., Kim, K.-T. & Kim, Y.-B. (2011). Multi-level spinal fusion and postoperative prevertebral thickness increase the risk of dysphagia after anterior cervical spine surgery. *Journal of Clinical Neuroscience: Official Journal of the Neurosurgical Society of Australasia*, *18*(10), 1369–1373.
- Kepler, C. K., Rihn, J. A., Bennett, J. D., Anderson, D. G., Vaccaro, A. R., Albert, T. J. & Hilibrand, A. S. (2012). Dysphagia and soft-tissue swelling after anterior cervical surgery: a radiographic analysis. *The Spine Journal* *12*(8), 639–644.
- Kim, H. M., Choi, K. H. & Kim, T. W. (2013). Patients' radiation dose during videofluoroscopic swallowing studies according to underlying characteristics. *Dysphagia*, *28*(2), 153–8.
- König, S. A. & Spetzger, U. (2014). *Degenerative Erkrankungen der Halswirbelsäule*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Langmore, S. E., Terpenning, M. S., Schork, A., Chen, Y., Murray, J. T., Lopatin, D. & Loesche, W. J. (1998). Predictors of aspiration pneumonia: How important is dysphagia? *Dysphagia*, *13*(2), 69–81.

- Lee, M. J., Bazaz, R., Furey, C. G. & Yoo, J. (2007). Risk factors for dysphagia after anterior cervical spine surgery: a two-year prospective cohort study. *The Spine Journal*, 7(2), 141–147.
- Lemen, L. C. (2004). A Discussion of Radiation in Videofluoroscopic Swallow Studies. *Perspectives on Swallowing and Swallowing Disorders (Dysphagia)*, 13(3), 5–13.
- Leonard, R. & Belafsky, P. (2011). Dysphagia following cervical spine surgery with anterior instrumentation: evidence from fluoroscopic swallow studies. *Spine*, 36(25), 2217–2223.
- Leopold, N. & Kagel, M. C. (1997). Pharyngo-Esophageal Dysphagia in Parkinson's Disease. *Dysphagia*, 12(1), 11–18.
- Levine, A. M. & Boriani, S. (2012). Benign Tumors of the Cervical Spine. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Aufl., S. 739–764). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Liguoro, D., Vital, J. M., Guerin, J. & Senegas, J. (1992). Anatomical basis of the anterior cervical spine approach: topographic study of the nerve structure. *Surgical and Radiologic Anatomy*, 14(3), 203–208.
- Logemann, J. A. (1998). *Evaluation and treatment of swallowing disorders* (2nd ed.). Austin, TX: ProEd.
- Logemann, J. A., Rademaker, A., Roa, B., Kelly, A., Jodi, C. S., Barbara, A. & Shaker, R. (2009). A Randomized Study Comparing the Shaker Exercise with Traditional Therapy : A Preliminary Study. *Dysphagia*.
- Louis-Ugbo, J., Pedlow Jr., F. X. & Heller, J. G. (2012). Anatomy of the Cervical Spine. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Aufl, S. 1–33). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Loukas, M., Thorsell, a., Tubbs, R. S., Kapos, T., Louis, R. G., Vulis, M. & Jordan, R. (2007). The ansa cervicalis revisited. *Folia Morphologica*, 66(2), 120–125.
- Macrae, P. R., Doeltgen, S. H., Jones, R. D. & Huckabee, M.-L. (2012). Intra- and inter-rater reliability for analysis of hyoid displacement measured with sonography. *Journal of Clinical Ultrasound*, 40(2), 74–78.
- Marik, P. E., & Kaplan, D. (2003). Aspiration pneumonia and dysphagia in the elderly. *Chest*, 124(1), 328–336.
- Martin, R. E., Neary, M. a, & Diamant, N. E. (1997). Dysphagia following anterior cervical spine surgery. *Dysphagia*, 12(1), 2–10.
- Martin-Harris, B. (2015). *Standardized Training in Swallowing Physiology - Evidence Based Assessment Using the Modified Barium Swallow Impairment Profile (MBSImP) Approach*. Gaylord, Michigan: Nothern Speech Services.
- Martin-Harris, B., Brodsky, M. B., & Lee, F. (2007). Delayed Initiation of the Pharyngeal Swallow : Normal Variability in Adult Swallows. *Hearing Research*, 50(6), 585–595.
- Martin-Harris, B., Brodsky, M. B., Michel, Y., Castell, D. O., Schleicher, M., Sandidge, J. & Blair, J. (2008). MBS measurement tool for swallow impairment-MBSImP: establishing a standard. *Dysphagia*, 23(4), 392–405.
- Martin-Harris, B., Logemann, J. A., McMahon, S., Schleicher, M. & Sandidge, J. (2000). Clinical Utility of the Modified Barium Swallow. *Dysphagia*, 15, 136–141.

- Martin-Harris, B., McFarland, D., Hill, E. G., Strange, C. B., Focht, K. L., Wan, Z. & McGrattan, K. (2015). Respiratory-Swallow Training in Patients With Head and Neck Cancer. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *96*(5), 885–893.
- Martin-Harris, B., Michel, Y. & Castell, D. O. (2005). Physiologic model of oropharyngeal swallowing revisited. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery: Official Journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, *133*(2), 234–240.
- McAfee, P. C., Reah, C., Gilder, K., Eisermann, L. & Cunningham, B. (2012). A meta-analysis of comparative outcomes following cervical arthroplasty or anterior cervical fusion: results from 4 prospective multicenter randomized clinical trials and up to 1226 patients. *Spine*, *37*(11), 943–952.
- McCullough, G. & Martino, R. (2013). Clinical Evaluation of Patients with Dysphagia: Importance of History Taking and Physical Exam. In: R. Shaker, C. Easterling, P. Belafsky, & G. N. Postma (Herausgeber), *Manual of Diagnostic and Therapeutic Techniques for Disorders of Deglutition* (S. 11–30). Springer-Verlag.
- 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*, *118*, 110–118.
- McHorney, C. A., Bricker, D. E., Kramer, A. E., Rosenbek, J. C., Robbins, J., Chignell, K. A., & Clarke, C. (2000). The SWAL-QOL Outcomes Tool for Oropharyngeal Dysphagia in Adults : I. Conceptual Foundation and Item Development, *121*, 115–121.
- McHorney, C. A., Bricker, D. E., Robbins, J., Kramer, A. E., Rosenbek, J. C. & Chignell, K. A. (2000). The SWAL-QOL Outcomes Tool for Oropharyngeal Dysphagia in Adults : II. Item Reduction and Preliminary Scaling, *133*, 122–133.
- McHorney, C. A., Robbins, J., Lomax, K., Rosenbek, J. C., Chignell, K., Kramer, A. E. & Bricker, D. E. (2002). The SWAL-QOL and SWAL-CARE outcomes tool for oropharyngeal dysphagia in adults: III. Documentation of reliability and validity. *Dysphagia*, *17*(2), 97–114.
- Meinhardt, P. A., Milam, A. & Darden, B. V. (2012). Cervical Spine: Plain Radiography. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Aufl., S. 278–290). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Mekata, K., Takigawa, T., Matsubayashi, J., Hasegawa, Y., & Ito, Y. (2013). Cervical spine motion during swallowing. *European Spine Journal*, *22*(11), 2558–63.
- Mendoza-Lattes, S., Clifford, K., Bartelt, R., Stewart, J., Clark, C. R. & Boezaart, A. P. (2008). Dysphagia Following Anterior Cervical Arthrodesis Is Associated with Continuous, Strong Retraction of the Esophagus. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, *90*(2), 256–263.
- Molfenter, S. M. & Steele, C. M. (2011). Physiological variability in the deglutition literature: hyoid and laryngeal kinematics. *Dysphagia*, *26*(1), 67–74.
- Molfenter, S. M. & Steele, C. M. (2012). Temporal variability in the deglutition literature. *Dysphagia*, *27*(2), 162–77.
- Mosier, K. & Bereznaya, I. (2001). Parallel cortical networks for volitional control of swallowing in humans. *Experimental Brain Research*, *140*, 280–289.
- Netter, F. H. (2011). *Atlas der Anatomie* (5. Auflage.). München: Elsevier, Urban & Fischer.
- Neuhuber, W. (2007). Anatomie und funktionelle Neuroanatomie der oberen Halswirbelsäule. *Manuelle Medizin*, *45*(4), 227–231.

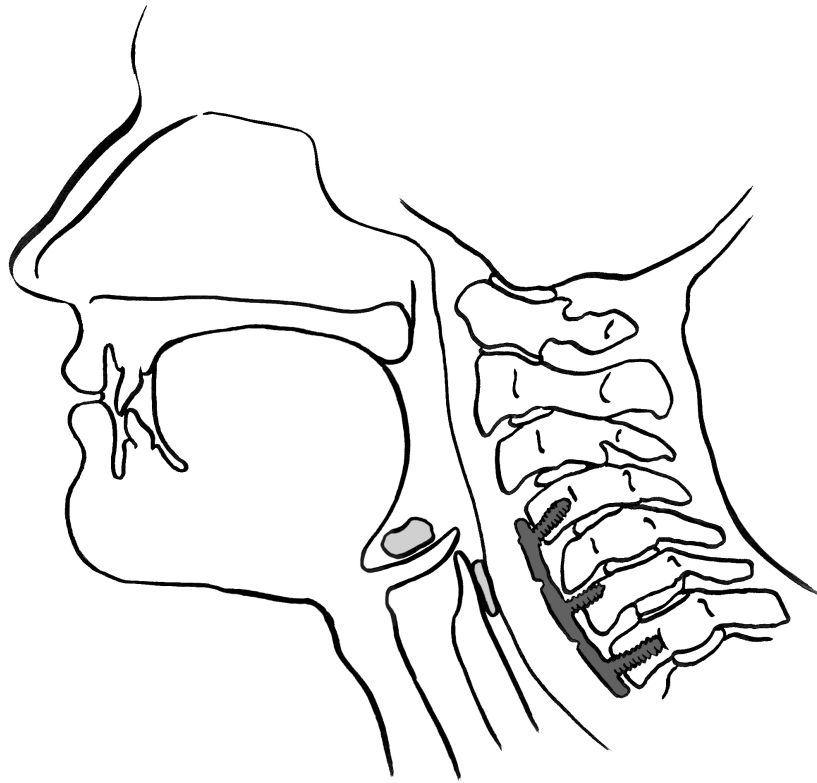
- Odderson, I. R., Keaton, J. C. & McKenna, B. S. (1995). Swallow management in patients on an acute stroke pathway: quality is cost effective. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76(12), 1130–1133.
- Papadopoulou, S., Exarchakos, G., Beris, A. & Ploumis, A. (2013). Dysphagia associated with cervical spine and postural disorders. *Dysphagia*, 28(4), 469–80.
- Papavero, L., Heese, O., Klotz-Regener, V., Buchalla, R., Schröder, F. & Westphal, M. (2007). The impact of esophagus retraction on early dysphagia after anterior cervical surgery: does a correlation exist? *Spine*, 32(10), 1089–1093.
- Patel, A. A., Anderson, P. A. & Vaccaro, A. R. (2012). Subaxial Cervical Injuries: Current Concepts in Classification and Treatment. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Aufl, S. 665–674). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Patel, A. A., Spiker, W. R. & Ghanayem, A. J. (2012). Functional Anatomy of Joints, Ligaments, and Disks. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Aufl, S. 53–72). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Paulsen, F., Cetin, Y. & Hildebrand, R. (2010). Organe des Verdauungssystems. In: K. Zilles & B. Tillmann (Herausgeber), *Anatomie* (S. 424–448). Heidelberg: Springer Verlag.
- Pearson, W. G., Langmore, S. E., Yu, L. B. & Zumwalt, A. C. (2012). Structural analysis of muscles elevating the hyolaryngeal complex. *Dysphagia*, 27(4), 445–451.
- Pearson, W. G., Molfenter, S. M., Smith, Z. M. & Steele, C. M. (2013). Image-based Measurement of Post-Swallow Residue: The Normalized Residue Ratio Scale. *Dysphagia*, 28(2), 167–177.
- Perlman, A. L. & Schulze-Delrieu, K. (1996). *Deglutition and Its Disorders: Anatomy, Physiology, Clinical Diagnosis, and Management*. New York, USA: Delmar, Centage Learning.
- Pluschinski, P. & Blonder, M. (2009). Die fiberoptische Evaluation des Schluckens (FEES). In S. Stanschus (Hrsg), *Dysphagie - Diagnostik und Therapie* (1. Aufl., S. 111–126). Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag.
- Prosiegel, M. (2011). Neuroanatomie des Schluckens - Implikationen für therapeutische Ansätze. In S. Stanschus (Hrsg.), *Strukturierte Praxis und Forschung in der klinischen Dysphagiologie* (1. Aufl., S. 9–17). Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag.
- Prosiegel, M. & Weber, S. (2013). *Dysphagie*. (2. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Radcliff, K. E., Koyonos, L., Clyde, C., Sidhu, G. S., Fickes, M., Hilibrand, A. S. & Rihn, J. A. (2013). What Is the Incidence of Dysphagia After Posterior Cervical Surgery? *Spine*, 38(13), 1082–1088.
- Ramsey, D., Smithard, D. & Kalra, L. (2005). Silent Aspiration: What Do We Know? *Dysphagia*, 20(3), 218–225.
- Ratnaraj, J., Todorov, A. & McHugh, T. (2002). Effects of decreasing endotracheal tube cuff pressures during neck retraction for anterior cervical spine surgery. *Of Neurosurgery: Spine*, 97, 176–179.
- Rieger, A., Brunne, B., Hass, I., Brummer, G., Spies, C., Striebel, H. W., & Eyrich, K. (1997). Laryngo-pharyngeal complaints following laryngeal mask airway and endotracheal intubation. *Journal of Clinical Anesthesia*, 9(1), 42–47.

- Rihn, J. A., Kane, J., Albert, T. J., Vaccaro, A. R. & Hilibrand, A. S. (2011). What is the incidence and severity of dysphagia after anterior cervical surgery? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 469(3), 658–665.
- Riley, L. H., Skolasky, R. L., Albert, T. J., Vaccaro, A. R. & Heller, J. G. (2005). Dysphagia after anterior cervical decompression and fusion: prevalence and risk factors from a longitudinal cohort study. *Spine*, 30(22), 2564–2569.
- Riley, L. H., Vaccaro, A. R., Dettori, J. R. & Hashimoto, R. (2010). Postoperative dysphagia in anterior cervical spine surgery. *Spine*, 35(9), 76–85.
- Rippmann, K. & Hoffmann, L. (2005). Die Leistungsgestaltung erfolgt durch geplante Handlungsabläufe und Behandlungsstufen. In: U. Vetter & L. Hoffmann (Herausgeber), *Leistungsmanagement im Krankenhaus: G-DRGs* (S. 93–106). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Rosenbek, J. C. & Donovan, N. J. (2006). Assessment der Behandlungsqualität und der Lebensqualität als Teil eines Repertoires der Ergebnismessung bei Erwachsenen mit erworbenen Dysphagien. In S. Stanschus (Hrsg.), *Rehabilitation von Dysphagien* (1. Aufl., S. 11–48). Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag.
- Rosenbek, J. C., McCullough, G. H. & Wertz, R. T. (2004). Is the information about a test important? Applying the methods of evidence-based medicine to the clinical examination of swallowing. *Journal of Communication Disorders*, 37(5), 437–50.
- Rosenbek, J. C., Robbins, J. A., Roecker, E. B., Coyle, J. L. & Wood, J. L. (1996). A penetration-aspiration scale. *Dysphagia*, 11(2), 93–98.
- Ryu, J. S., Lee, J. H., Kang, J. Y., Kim, M. Y., Shin, D. E. & Shin, D. A. (2012). Evaluation of dysphagia after cervical surgery using laryngeal electromyography. *Dysphagia*, 27(3), 318–24.
- Schindelmeiser, J. (2010). *Anatomie und Physiologie für Sprachtherapeuten* (2. Aufl.). München: Elsevier GmbH.
- Schindler, A., Ginocchio, D. & Ruoppolo, G. (2008). What we don't know about dysphagia complications? *Revue de Laryngologie - Otologie - Rhinologie*, 129(2), 75–78.
- Schneider, J. H. (2004). *Motilitätsstörungen der Speiseröhre*. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Schoenfeld, A. J. & Bono, C. M. (2012). Cervical Degenerative Disk Disease: Overview and Epidemiology. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Aufl., S. 885–896). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Scott, a, Perry, a, & Bench, J. (1998). A study of interrater reliability when using videofluoroscopy as an assessment of swallowing. *Dysphagia*, 13(4), 223–7.
- Searcy, D. F., Cha, C. W., Boden, S. D. & Clark, C. R. (2012). Rheumatoid Arthritis in the Cervical Spine. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Aufl., S. 821–832). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Shaker, R., Easterling, C., Kern, M., Nitschke, T., Massey, B., Daniels, S. & Dikeman, K. (2002). Rehabilitation of Swallowing by Exercise in Tube-Fed Patients With Pharyngeal Dysphagia Secondary to Abnormal UES Opening. *Gastroenterology*, 1314–1321.
- Siska, P. a, Ponnappan, R. K., Hohl, J. B., Lee, J. Y., Kang, J. D. & Donaldson, W. F. (2011). Dysphagia after anterior cervical spine surgery: a prospective study using the swallowing-quality of life questionnaire and analysis of patient comorbidities. *Spine*, 36(17), 1387–1391.

- Smith-Hammond, C. A., New, K. C., Pietrobon, R., Curtis, D. J., Scharver, C. H. & Turner, D. A. (2004). Prospective Analysis of Incidence and Risk Factors of Dysphagia in Spine Surgery Patients Lumbar Procedures. *Spine*, 29(13), 1441–1446.
- Stachniak, J. B., Diebner, J. D., Brunk, E. S. & Speed, S. M. (2011). Analysis of prevertebral soft-tissue swelling and dysphagia in multilevel anterior cervical discectomy and fusion with recombinant human bone morphogenetic protein-2 in patients at risk for pseudarthrosis. *Journal of Neurosurgery. Spine*, 14(2), 244–249.
- Stanschus, S. (2003). Videofluoroskopie in der Untersuchung von oro-pharyngealen Dysphagien: Zur Methode des sprachtherapeutischen Aufgabenteils. In S. Stanschus (Hrsg.), *Methoden in der Klinischen Dysphagiologie* (2. Aufl., S. 41–104). Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag.
- Starmer, H. M., Riley, L. H., Hillel, A. T., Akst, L. M., Best, S. R. & Gourin, C. G. (2013). Dysphagia, Short-Term Outcomes, and Cost of Care After Anterior Cervical Disc Surgery. *Dysphagia-published online 14.8.13*.
- Steele, C. M., Abdulrahman, W., Sona, A., Lam, P., Lecko, C., Leigh, C. & Wang, H. (2014). The Influence of Food Texture and Liquid Consistency Modification on Swallowing Physiology and Function : A Systematic Review. *Dysphagia-published online 25.10.14*.
- Stoeckli, S. J., Huisman, T. a G. M., Seifert, B., & Martin-Harris, B. J. W. (2003). Interrater reliability of videofluoroscopic swallow evaluation. *Dysphagia*, 18(1), 53–7.
- Stone, M. (2005). A guide to analysing tongue motion from ultrasound images. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 19(6), 455-501.
- Stutz, E. (1951). Über Aspiration und Aspirationspneumonie. *Langenbecks Arch. U. Dtsch. Z. Chir.*, 269, 484–495.
- Tekdemir, I., Tuccar, E., Aslan, A., Elhan, A., Ph, D., Deda, H. & Akyar, S. (1998). The Jugular Foramen. *Neurology*, 301(98), 557–562.
- Tervonen, H., Niemelä, M., Lauri, E.-R., Back, L., Juvas, A., Räsänen, P. & Aaltonen, L.-M. (2007). Dysphonia and dysphagia after anterior cervical decompression. *Journal of Neurosurgery. Spine*, 7(2), 124–30.
- Thomas, D. R., Cote, T. R., Lawhorne, L., Levenson, S. A., Rubenstein, L. Z., Smith, D. A. & Morley, J. E. (2008). Understanding clinical dehydration and its treatment. *Journal of the American Medical Directors Association*, 9(5), 292–301.
- Traurig, H. (2008). The Brain Stem and Cranial Nerves. In *Neuroscience in Medicine* (S. 247–269). Totowa, NJ: Humana Press.
- Ullrich, C. G. (2012a). Computed Tomography and Myelography of the Cervical Spine. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Auflage, S. 291–307). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Ullrich, C. G. (2012b). Magnetic Resonance Imaging of the Cervical Spine and Spinal Cord. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Auflage, S. 308–323). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Ullrich, C. G., Nakanishi, K., & Nakamura, H. (2012). Catheter Angiography of the Cervical Spine and Spinal Cord. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Auflage, S. 324–333). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.
- Upadhyaya, C. D., Sasso, R. C. & Mummaneni, P. V. (2012). Ankylosing Spondylitis. In: E. Benzel, (Ed.), *The Cervical Spine* (5. Auflage, S. 854–862). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business.

- Vaccaro, A. R., Hulbert, R. J., Patel, A. a, Fisher, C., Dvorak, M., Lehman, R. A. & Shainline, M. (2007). The subaxial cervical spine injury classification system: a novel approach to recognize the importance of morphology, neurology, and integrity of the discoligamentous complex. *Spine*, 32(21), 2365–2374.
- Vanderveldt, H. S. & Young, M. F. (2003). The evaluation of dysphagia after anterior cervical spine surgery: a case report. *Dysphagia*, 18(4), 301–304.
- Vilgis, T. A. (2015). Verdicken: Speichelfluss und Schluckbeschwerden. In: *Ernährung bei Pflegebedürftigkeit und Demenz* (S. 151–176). Wien: Springer-Verlag.
- Voigt, N. (2009). Klinische Schluckuntersuchung. In S. Stanschus (Ed.), *Dysphagie - Diagnostik und Therapie* (1. Aufl., S. 37–61). Idstein: Schulz-Kirchner-Verlag.
- von Heymann, W. & Smolenski, U. C. (2011). Die kranio-mandibuläre Dysfunktion (CMD). *Manuelle Medizin*, 49(5), 347–360.
- WHO (2005). *Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF). Handbuch der Neuro-und Biopsychologie.*
- Wicht, H. (2014). Von der Negation der Affirmation, oder: Baruch Spinoza und die Halswirbelsäule. In: *Andere anatomische Anekdoten* (S. 49–52). Berlin: Springer-Verlag.
- Winslow, C. P., Winslow, T. J. & Wax, M. K. (2001). Dysphonia and dysphagia following the anterior approach to the cervical spine. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 127(1), 51–55.
- Wright, R. E., Boyd, C. S. & Workman, A. (1998). Radiation doses to patients during pharyngeal videofluoroscopy. *Dysphagia*, 13(2), 113–115.
- Yoshida, M., Neo, M., Fujibayashi, S., & Nakamura, T. (2007). Upper-airway obstruction after short posterior occipitocervical fusion in a flexed position. *Spine*, 32(8), 267–270.
- Yue, W.-M., Brodner, W. & Highland, T. R. (2005). Persistent swallowing and voice problems after anterior cervical discectomy and fusion with allograft and plating: a 5-11-year follow-up study. *European Spine Journal*, 14(7), 677–682.
- Zeng, J.-H., Zhong, Z.-M., & Chen, J.-T. (2013). Early dysphagia complicating anterior cervical spine surgery: incidence and risk factors. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 133(8), 1067–1071.
- Zerhouni, E. a., Bosma, J. F. & Donner, M. W. (1987). Relationship of cervical spine disorders to dysphagia. *Dysphagia*, 1(3), 129–144.
- Zhang, J., Tsuzuki, N., Hirabayashi, S., Saiki, K. & Fujita, K. (2003). Surgical anatomy of the nerves and muscles in the posterior cervical spine: a guide for avoiding inadvertent nerve injuries during the posterior approach. *Spine*, 28(13), 1379–1384.

A-Anhang



A-1 Tabellen aller am Schluckakt beteiligten Muskeln

Lippenschluss

Tabelle 36: Muskeln, die mit dem Lippenschluss in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 15)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Lippen Muskeln des Mundes, oberflächliche Schicht	M. orbicularis oris	HN VII N. facialis	Schließen des Mundes	Lippenschluss Eingrenzung vorderer Mundbereich
	M. levator labii superioris		Heben der Oberlippe	
	M. levator labii superior alaeque nasi		Heben von Oberlippe und Nasenflügel	
	M. levator anguli oris		Heben des Mundwinkels	
	M. zygomaticus minor		Heben der Oberlippe	
	M. zygomaticus major		Heben des Mundwinkels	
	M. risorius		Hochziehen des Mundwinkels	
	M. depressor anguli oris		Herabziehen des Mundwinkels	
	M. depressor labii inferioris		Senken der Unterlippe	
M. mentalis	Hochziehen der Kinnhaut			

Zungenkontrolle

Tabelle 37: Muskeln, die mit der Zungenkontrolle in Verbindung stehen, während der Bolus gehalten wird. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 18)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Innere Muskeln der Zunge (intrinsische Zungenmuskulatur)	M. longitudinalis superior	HN XII	Verkürzung und Verbreiterung der Zunge, Heben der Zungenspitze	Formt die Zunge, um Bolus halten und kontrollieren zu können
	M. longitudinalis inferior			
	M. transversus linguae		Verlängerung und Verschmälerung der Zunge, Herausstrecken der Zungenspitze	
	M. verticalis linguae			

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Muskel des weichen Gaumens	M. tensor veli palatini	HN V	Spannung des Gaumensegels, Erweiterung der Tube	Versteift den weichen Gaumen Ermöglicht Abgrenzung des hinteren Mundbereichs
Äußere Muskeln der Zunge (extrinsische Zungenmuskulatur)	M. palatoglossus	Plexus pharyngeus HN IX / X	Verengung der Rachenenge (Isthmus faucium)	Schließt den Eingang zum Oropharynx durch Zurückziehen der Zunge und Herunterdrücken des Gaumens, um den glossopalatalen Abschluss zu erreichen Ermöglicht Abgrenzung des hinteren Mundbereichs
	M. genioglossus	HN XII	Zieht die Zunge nach vorne unten	Formt die Zunge, um Bolus halten und kontrollieren zu können
Suprahyale Muskulatur (Obere Gruppe)	M. geniohyoideus	Ansa cervicalis HN XII/C1/C2	Fixiert das Os hyoideum (Hyoid), senkt den Unterkiefer	Stabilisiert den Mundboden
	M. mylohyoideus	HN V	Hebt Mundboden und Zunge, senkt den Unterkiefer	

Kauvorgang

Tabelle 38: Muskeln, die mit der Bolusvorbereitung und dem Kauen in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 21)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Kaumuskeln	M. masseter	HN V	Kieferschluss	Hebt Mandibula an, um Kiefer zu schließen
	M. pterygoideus		lateralis: Kieferöffnung und Verschieben des Unterkiefers medialis: Kieferschluss	lateralis: Seitwärtsbewegung (rotierend) der Mandibula medialis: Hebt Mandibula an, um Kiefer zu schließen
	M. temporalis		Kieferschluss, Zurückziehen des Unterkiefers	Hebt Mandibula an, um Kiefer zu schließen
Innere Muskeln der Zunge	M. longitudinalis superior	HN XII	Verkürzung und Verbreiterung der Zunge, Heben	Bewegt den Bolus auf die Kaufläche der Zähne

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
(intrinsische Zungenmuskeln)	M. longitudinalis inferior		der Zungenspitze	ne und unterstützt bei der Bolusformung
	M. transversus linguae		Verlängerung und Verschmälerung der Zunge, Herausstrecken der Zungenspitze	
	M. verticalis linguae			
Äußere Muskeln der Zunge (extrinsische Zungenmuskeln)	M. genioglossus	HN XII	zieht die Zunge nach vorne unten	Bewegt die Zunge seitwärts
	M. hypoglossus		zieht die Zunge nach hinten unten	Drückt die Zunge nach unten
	M. styloglossus		zieht die Zunge nach hinten oben	Abgrenzung des hinteren Mundbereichs
	M. palatoglossus	Plexus pharyngeus HN IX / X	Verengung des Isthmus faucium	
Mimischer Muskel	M. buccinator	HN VII	Verschiebung der Nahrung beim Kauen, pfeifen	Drückt die Wangen gegen die Zähne
Suprahyale Muskulatur (Obere Gruppe)	M. geniohyoideus	Ansa cervicalis HN XII / C1 / C2	Fixiert das Os hyoideum (Hyoid), senkt den Unterkiefer	Stabilisiert den Mundboden um bei Kauvorgang und Zungenbewegung zu unterstützen
	M. mylohyoideus	HN V	Hebt Mundboden und Zunge, senkt den Unterkiefer	Senkt Mandibula um Kiefer zu öffnen Stabilisiert den Mundboden um bei Kauvorgang und Zungenbewegung zu unterstützen
Lippen Muskeln des Mundes, oberflächliche Schicht	M. digastricus	venter anterior: HN V venter posterior: HN VII	Kieferöffnung; heben und Fixieren des Os hyoideum	Stabilisiert den Mundboden um bei Kauvorgang und Zungenbewegung zu unterstützen
	M. stylohyoideus	HN VII	Hebt das Os hyoideum; senkt den Unterkiefer	Stabilisiert den Mundboden um bei Kauvorgang und Zungenbewegung zu unterstützen
	M. orbicularis oris	HN VII	Schließen des Mundes	Lippenschluss Abgrenzung vorderer Mundbereich
	M. levator labii superioris		Heben der Oberlippe	
	M. levator labii superioris alaeque nasi		Heben von Oberlippe und Nasenflügel	
	M. levator anguli oris		Heben des Mundwinkels	
	M. zygomaticus minor		Heben der Oberlippe	
M. zygomaticus major	Heben des Mundwinkels			

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
	M. risorius		Hochziehen des Mundwinkels	
	M. depressor angulioris		Herabziehen des Mundwinkels	
	M. depressor labii inferioris		Senken der Unterlippe	
	M. Mentalis		Hochziehen der Kinnhaut	

Bolustransport

Tabelle 39: Muskeln, die mit dem Bolustransport in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 24)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Innere Muskeln der Zunge (intrinsische Zungenmuskeln)	M. longitudinalis superior	HN XII	Verkürzung und Verbreiterung der Zunge, Heben der Zungenspitze	Drückt die Zunge gegen den Gaumen um den Bolus nach hinten zu bewegen Hält Bolus zwischen Zunge und Gaumen zusammen
	M. longitudinalis inferior			
	M. transversus linguae		Verlängerung und Versmälnerung der Zunge, Herausstrecken der Zungenspitze	
	M. verticalis linguae			
Äußere Muskeln der Zunge (extrinsische Zungenmuskeln)	M. genioglossus	HN XII	zieht die Zunge nach vorne unten	Positionieren die Zunge gegen den Gaumen, um den Bolus nach hinten zu bewegen
	M. hypoglossus		zieht die Zunge nach hinten unten	
	M. styloglossus		zieht die Zunge nach hinten oben	
	M. palatoglossus	Plexus pharyngeus HN IX / X	Verengung der Rachenenge (Isthmus faucium)	
Suprahyale Muskulatur (Obere Gruppe)	M. geniohyoideus	Ansa cervicalis HN XII / C1 / C2	Fixiert das Os hyoideum (Hyoid), senkt den Unterkiefer	Stabilisiert Mundboden, um Effektivität der Zungenbewegung zu erhöhen
	M. mylohyoideus	HN V	Hebt Mundboden und Zunge, senkt den Unterkiefer	
	M. digastricus	venter anterior: HN V	Kieferöffnung; Heben und Fixieren des Os hyoideum	
	M. stylohyoideus	HN VII	Hebt das Os hyoideum; senkt den Unterkiefer	

Initiierung des pharyngealen Schlucks

Table 40: Muskeln, die mit der Initiierung des pharyngealen Schlucks in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 32)

<i>Bereiche der sensorischen Wahrnehmung</i>	<i>Innervation</i>	<i>Zweig</i>	<i>Aktion</i>
Glossopharyngeale (faucial) Bögen Zungenrücken	HN IX	pharyngealer Ast	Iniziierung des pharyngealen Schlucks
Zungengrund Valleculae Epiglottis Pharyngeale Wände Aryepiglottische Falten Taschenfalten Aryknorpel Echte und Falsche Stimmlippen Sinus Piriformes	HN X	HN X, N. laryngeus superior; Innerer Ast (ramus internus)	

Elevation weicher Gaumen

Table 41: Muskeln, die mit der Elevation des weichen Gaumens in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 35)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Muskeln des weichen Gaumens	M. levator veli palatini	HN X	Heben des Gaumensegels gegen die hintere Rachenwand	Eleviert, spannt und zieht den weichen Gaumen nach hinten gegen die Rachenhinterwand
	M. tensor veli palatini	HN V	Spannung des Gaumensegels, Erweiterung der Tube	
	M. uvulae	HN X	Verkürzung des Zäpfchens	

Larynxelation

Table 42: Muskeln, die mit der Larynxelation in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 38)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion</i>
M. levator pharyngis	M. stylopharyngeus	HN IX	Hebt und erweitert den Schlund	Kürzt und weitet den Pharynx Eleviert den Larynx*
	M. salpingopharyngeus	HN X	Hebt den Schlund	
	M. palatopharyngeus		Hebt den Schlund	

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion</i>
Infrahyale Muskulatur (Untere Gruppe)	M. thyrohyoideus	Ansa cervicalis HN XII/C1/C2	Verkürzt Zungenbein-Kehlkopfabstand; Kehlkopfschluss	Eleviert Schildknorpel zum Hyoid
Intrinsische Kehlkopfmuskeln	M. thyroarytenoideus	HN X	Unterstützung des Stimmritzenschließens	Drehung nach unten, innen und vorne und Annäherung der Aryknorpel um die vorgewölbte Petiolus epiglottidis zu treffen. Schließt die echten Stimmlippen und nähert die Taschenfalten an.
	M. cricoarytenoideus lateralis		Schließen der Pars intermembranacea der Stimmritze	
	M. interarytenoideus		Schließen der Pars intercartilaginea der Stimmritze	

*Elevation des Larynx verlagert die Epiglottis zu einer horizontalen Position

Hyoidverlagerung

Tabelle 43: : Muskeln, die mit der anterior Verlagerung des Hyoids in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 43)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion</i>
Suprahyale Muskulatur (Obere Gruppe)	M. geniohyoideus	Ansa cervicalis HN XII / C1 /C2	Fixiert das Os hyoideum (Hyoid), senkt den Unterkiefer	Vorverlagerung des Hyoids
	M. mylohyoideus	HN V	Hebt Mundboden und Zunge, senkt den Unterkiefer	
	M. digastricus	venter anterior: HN V	Kieferöffnung; Heben und Fixieren des Os hyoideum	

Epiglottis-Abkippung

Tabelle 44: : Muskeln, die mit der Epiglottis-Abkippung in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 46)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion</i>
Suprahyale Muskulatur (Obere Gruppe)	M. geniohyoideus	Ansa cervicalis HN XII / C1 /C2	Fixiert das Os hyoideum (Hyoid), senkt den Unterkiefer	Eleviert und bewegt das Hyoid nach vorne und trägt zur superior-anterior Bewegungsbahn bei
	M. mylohyoideus	HN V	Hebt Mundboden und Zunge, senkt den Unterkiefer	

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion</i>
	M. digastricus	venter anterior: HN V	Kieferöffnung; Heben und Fixieren des Os hyoideum	
Muskeln des Zungengrunds	M. hypoglossus	HN XII	zieht die Zunge nach hinten unten	Zieht Zungengrund zurück
	M. styloglossus		zieht die Zunge nach hinten oben	
	M. palatoglossus	Plexus pharyngeus HN IX/X	Verengung der Rachenenge (Isthmus faucium)	
	M. constrictor pharyngis medius	Plexus pharyngeus HN IX/X	Einschnürung der pars oralis pharyngis; Vorschieben der Nahrung in Richtung des Oesophagus	Unterstützt die anderen hier aufgelisteten Muskeln, inkl. Laryngeale Elevation und Kontakt von Zungengrund und Rachenhinterwand
M. levator pharyngis	M. stylopharyngeus	HN IX	Hebt und erweitert den Schlund	Kürzt und weitet den Pharynx
	M. salpingopharyngeus	HN X	Hebt den Schlund	
	M. palatopharyngeus		Hebt den Schlund	Eleviert den Larynx*
Infrahyale Muskulatur (Untere Gruppe)	M. thyro-hyoideus	Ansa cervicalis HN XII/C1/C2	Verkürzt Zungenbein-Kehlkopfabstand; Kehlkopfschluss	Eleviert Schildknorpel zum Hyoid

* Elevation des Larynx verlagert die Epiglottis zu einer horizontalen Position

Larynxverschluss

Tabelle 45: : Muskeln, die mit dem Verschluss des Larynx in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 48)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Intrinsische Kehlkopfmuskeln	M. thyroarytenoideus	HN X	Unterstützung des Stimmritzenschließens	Drehung nach unten, innen und vorne und Annäherung der Aryknorpel um die vorgewölbte Petiolus epiglottidis zu treffen.
	M. cricoarytenoideus lateralis		Schließen der Pars intermembranacea der Stimmritze	
	M. interarytenoideus		Schließen der Pars intercartilaginea der Stimmritze	Schließt die echten Stimmlippen und nähert die Taschenfalten an.

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Muskeln des Zungengrunds	M. styloglossus	HN XII	zieht die Zunge nach hinten oben	Zieht den Zungengrund nach hinten und unterstützt das Vermeiden von laryngealem Eindringen
	M. palatoglossus	Plexus pharyngeus HN IX / X	Verengung der Rachenenge (Isthmus faucium)	

Pharyngeale Austreibungswelle

Tabelle 46: : Muskeln, die mit der pharyngealen Austreibungswelle in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 52)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Pharyngeale Konstriktoren	M. constrictor pharyngis superior	Plexus pharyngeus HN IX / X	Einschnürung der Pars nasalis pharyngis; verhindert Eindringen von Nahrung in die Nasenhöhle	Erzeugen positiven Druck auf den Bolus durch sequentielle Kontraktionen von oben nach unten
	M. constrictor pharyngis medius		Einschnürung der Pars oralis pharyngis; Vorschieben der Nahrung in Richtung des Ösophagus	
	M. constrictor pharyngis inferior		Einschnürung der Pars laryngea pharyngis; Vorschieben der Nahrung in Richtung des Ösophagus	

Pharyngeale Kontraktion

Tabelle 47: : Muskeln, die mit der pharyngealen Kontraktion in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 55)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Pharyngeale Konstriktoren	M. constrictor pharyngis superior	Plexus pharyngeus HN IX/X	Einschnürung der Pars nasalis pharyngis; verhindert Eindringen von Nahrung in die Nasenhöhle	Erzeugen positiven Druck auf den Bolus durch sequentielle Kontraktionen von oben nach unten
	M. constrictor pharyngis medius		Einschnürung der Pars oralis pharyngis; Vorschieben der Nahrung in Richtung des Öso-	

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
			phagus	
	M. constrictor pharyngis inferior		Einschnürung der Pars laryngea pharyngis; Vorschieben der Nahrung in Richtung des Ösophagus	
M. levator pharyngis	M. stylopharyngeus	HN IX	Hebt und erweitert den Schlund	Kürzt und weitet den Pharynx Eleviert den Larynx*
	M. salpingopharyngeus	HN X	Hebt den Schlund	
	M. palatopharyngeus		Hebt den Schlund	

* Elevation des Larynx verlagert die Epiglottis zu einer horizontalen Position

Öffnung pharyngo-ösophageales Segment

Tabelle 48: : Muskeln, die mit der Öffnung des pharyngo-ösophagealen Segments in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 59)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Pharyngo-ösophageales Segment (PÖS)	M. constrictor pharyngis inferior	Plexus pharyngeus HN IX / X	Einschnürung der Pars laryngea pharyngis; Vorschieben der Nahrung in Richtung des Ösophagus	Funktionelle Komponente der PÖS Region
	M. cricopharyngeus			Tonisch kontrahiert während Ruhe, aber relaxiert während des Schluckens um eine Bolus Passage zu ermöglichen
Suprahyale Muskulatur (Obere Gruppe)	M. geniohyoideus	Ansa cervicalis HN XII / C1 / C2	Fixiert das Os hyoideum (Hyoid), senkt den Unterkiefer	Hebt das Hyoid an und bewegt es in einer superior-anterior Bewegungsbahn und zieht das Cricoid (Ringknorpel) weg von der Rachenhinterwand
	M. mylohyoideus	HN V	Hebt Mundboden und Zunge, senkt den Unterkiefer	
	M. digastricus	venter anterior: HN V	Kieferöffnung; Heben und Fixieren des Os hyoideum	
	M. stylohyoideus*	HN VII	Hebt das Os hyoideum; senkt den Unterkiefer	
M. levator pharyngis	M. stylopharyngeus	HN IX	Hebt und erweitert den Schlund	Kürzt und weitet den Pharynx und unterstützen bei der Larynx-elevation
	M. salpingopharyngeus	HN X	Hebt den Schlund	
	M. palatopharyngeus		Hebt den Schlund	

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Infrahyale Muskulatur (Untere Gruppe)	M. thyrohyoideus	Ansa cervicalis HN XII / C1 / C2	Verkürzt Zungenbein-Kehlkopfabstand; Kehlkopfschluss	Eleviert Schilddknorpel zum Hyoid

*Obwohl der Stylohyoid kein Hauptakteur, assistiert er in der Hyoid Elevation

Retraktion Zungengrund

Tabelle 49: Muskeln, die mit der Retraktion des Zungengrundes in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 61)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Name</i>	<i>Innervation</i>	<i>Funktion</i>	<i>Aktion der Funktionsgruppe</i>
Äußere Muskeln der Zunge (extrinsische Zungenmuskeln)	M. styloglossus	HN VII	zieht die Zunge nach hinten oben	Zieht Zungengrund nach hinten*
	M. palatoglossus	Plexus pharyngeus HN IX / X	Verengung der Rachenenge (Isthmus faucium)	
Pharyngealer Konstriktor	M. constrictor pharyngis medius	Plexus pharyngeus HN IX / X	Einschnürung der Pars oralis pharyngis; Vorschieben der Nahrung in Richtung des Ösophagus	Verengt den mittleren Pharynx um Zungengrund anzunähern*

*Das Zusammenfügen von Zungengrund und Pharynxhinterwand (mit ähnlicher Reichweite)

Ösophageale Austreibung

Tabelle 50: Muskeln, die mit der ösophagealen Austreibung in Verbindung stehen. (Adaptiert von Martin-Harris, 2015, S. 68)

<i>Funktionsgruppe</i>	<i>Innervation</i>	<i>Aktion</i>
Längsgestreifte und quergestreifte Muskeln des Ösophagus	HN X Plexus myentericus	Primäre und sekundäre peristaltische Kontraktion

A-2 Informationsschreiben für Patienten

Informationsschreiben

Spine Center & Abteilung Logopädie



Erhebung postoperativen Dysphagie nach Operationen an der Halswirbelsäule

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient, eine bekannte Komplikation nach einer Halswirbeloperation sind vorübergehende Schluckstörungen (postoperative Dysphagien). Trotz dieses Wissens hat in den vergangenen 10 Jahren nur wenig klinische Forschung in diesem Bereich stattgefunden. Die Informationen zur Auftretenshäufigkeit dieser meist vorübergehenden Komplikation variieren in der aktuellen Literatur von 1% bis 79%. Um diese Komplikation besser verstehen zu können haben wir die Standard Operational Procedure hier im Klinikum etabliert.

In diesem Schreiben finden Sie alle relevanten Informationen zu dem Projekt. Wir bitten Sie, diese Information sorgfältig zu lesen und anschließend zu entscheiden, ob Sie an dem Projekt teilnehmen möchten.

1. Projektleitung: Bei dem Forschungsvorhaben handelt es sich um ein gemeinsames Projekt des Zentrums für Wirbelsäulenchirurgie (Spine Centers) und der Abteilung Logopädie des SRH Klinikums Karlsbad unter der Leitung des Chefarztes des Spine Centers, PD Dr. Tobias Pitzen.

2. Zielsetzung: Ziel dieser Studie ist es, Faktoren zu identifizieren, die zur Ausbildung einer Schluckstörung nach einer Operation (postoperativen Dysphagie) an der Halswirbelsäule führen können. Mit Hilfe der Studienergebnisse soll die Komplikationsrate gesenkt und die Versorgungsqualität der betroffenen Patienten optimiert werden.

3. Untersuchungsablauf: Alle Patienten, die eine Operation an der Halswirbelsäule erhalten, werden in die Studie aufgenommen. Um mögliche Schluckbeschwerden zu identifizieren, erhalten die Teilnehmer im Rahmen des Projekts vor und nach der Operation eine logopädische Untersuchung.

Im Rahmen eines Wasser-Screenings werden klinische Anzeichen der Schluckfähigkeit erhoben, hierbei werden Sie von einer erfahrenen Sprachtherapeutin gebeten, zunächst eine Teelöffelmenge und einen Schluck Wasser zu trinken.

Im Anschluss erhalten Sie eine Röntgenschluckuntersuchung (Videofluoroskopie). Bei der Videofluoroskopie (VFS) werdenuzi mit einer Bildrate von 25 Bildern pro Sekunde Ihre Schluckfunktionen untersucht. Es ist die einzige Untersuchung, die ein weitgehend umfassendes Bild einer Schluckstörung darstellen kann und wird von nationalen und internationalen Experten empfohlen. Die Strahlenbelastung für den Patienten fällt im Vergleich zu anderen radiologischen Untersuchungen im Durchschnitt gering aus (z.B. Thorax-CT: 6–8mSv, VFS: 0.01-1,1 mSv). Zur Bildgebung wird den verschiedenen Nahrungskonsistenzen ein Kontrastmittel beigeetzt.

4. Vor- und Nachteile: In äußerst seltenen Fällen kann es bei einer Videofluoroskopie zu Unverträglichkeiten wie z.B. Übelkeit kommen sowie bei einer Überdosierung des Kontrastmittels zu Herz-Kreislaufstörungen oder Schilddrüsenfunktionsstörungen. Dies ist im Rahmen einer Videofluoroskopie jedoch nahezu ausgeschlossen.

Ihr möglicher Vorteil besteht darin, dass die von Ihnen erhobenen Daten in einem besonderen Maße ausgewertet werden und eine Sprachtherapeutin gegebenenfalls mit Ihnen in Kontakt treten wird. Zudem leisten Sie damit einen wertvollen Beitrag zur wissenschaftlichen Evaluierung von Schluckstörungen.

5. Einschlusskriterien: An dieser klinischen Studie dürfen Männer und Frauen ab 18 Jahren teilnehmen, die an der Halbwirbelsäule operiert werden.

6. Freiwilligkeit und Rücktrittsrecht: Die Teilnahme an dem Projekt ist freiwillig. Selbstverständlich können Sie Ihre Teilnahme jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für Ihre weitere medizinische Behandlung beenden. Bei einem Rücktritt können auf Wunsch bereits erhobene Daten vernichtet werden. Sie können sich bei einem Ausscheiden entscheiden, ob Sie mit der Auswertung Ihrer Studiendaten einverstanden sind oder nicht. Sollten Sie zu einem späteren Zeitpunkt Ihre Entscheidung ändern wollen, setzen Sie sich bitte mit der Projektleitung in Verbindung.

7. Datenschutz: Alle Mitarbeiter, die durch den direkten Kontakt mit Ihnen über personenbezogene Daten verfügen, unterliegen der Schweigepflicht. Alle Informationen, die im Rahmen des Studienprojekts von Ihnen erhoben werden, werden vertraulich behandelt. Während der Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Ihrer persönlichen Akte niedergeschrieben und elektronisch gespeichert. Die für das Projekt wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls weitergegeben. Die Daten sind vor unbefugtem Zugriff gesichert. Eine Entschlüsselung erfolgt nur im Falle eines Rücktritts, damit die Daten gelöscht werden können.

8. Kosten: Durch die Teilnahme an der klinischen Prüfung werden Ihnen keine zusätzlichen Kosten entstehen. Es entsteht durch eine Teilnahme kein Anspruch auf finanzielle Aufwandsentschädigung.

Wir bedanken uns für Ihr Interesse und stehen Ihnen selbstverständlich jederzeit gern für weitere Fragen zur Verfügung.

A-3 Gekürzte Version der MBSImP-Beurteilungskriterien

The MODIFIED BARIUM SWALLOW IMPAIRMENT PROFILE: MBSImP™ © Components, Scores, and Score Definitions

ORAL Impairment

Component 1—Lip Closure

- 0 = No labial escape
- 1 = Interlabial escape; no progression to anterior lip
- 2 = Escape from interlabial space or lateral juncture; no extension beyond vermilion border
- 3 = Escape progressing to mid-chin
- 4 = Escape beyond mid-chin

Component 2—Tongue Control During Bolus Hold

- 0 = Cohesive bolus between tongue to palatal seal
- 1 = Escape to lateral buccal cavity/floor of mouth (FOM)
- 2 = Posterior escape of less than half of bolus
- 3 = Posterior escape of greater than half of bolus

Component 3—Bolus Preparation/Mastication

- 0 = Timely and efficient chewing and mashing
- 1 = Slow prolonged chewing/mashing with complete re-collection
- 2 = Disorganized chewing/mashing with solid pieces of bolus unchewed
- 3 = Minimal chewing/mashing with majority of bolus unchewed

Component 4—Bolus Transport/Lingual Motion

- 0 = Brisk tongue motion
- 1 = Delayed initiation of tongue motion
- 2 = Slowed tongue motion
- 3 = Repetitive/disorganized tongue motion
- 4 = Minimal to no tongue motion

PHARYNGEAL Impairment

Component 7—Soft Palate Elevation

- 0 = No bolus between soft palate (SP)/pharyngeal wall (PW)
- 1 = Trace column of contrast or air between SP and PW
- 2 = Escape to nasopharynx
- 3 = Escape to nasal cavity
- 4 = Escape to nostril with/without emission

Component 8—Laryngeal Elevation

- 0 = Complete superior movement of thyroid cartilage with complete approximation of arytenoids to epiglottic petiole
- 1 = Partial superior movement of thyroid cartilage/partial approximation of arytenoids to epiglottic petiole
- 2 = Minimal superior movement of thyroid cartilage with minimal approximation of arytenoids to epiglottic petiole
- 3 = No superior movement of thyroid cartilage

Component 9—Anterior Hyoid Excursion

- 0 = Complete anterior movement
- 1 = Partial anterior movement
- 2 = No anterior movement

Component 10—Epiglottic Movement

- 0 = Complete inversion
- 1 = Partial inversion
- 2 = No inversion

Component 11—Laryngeal Vestibular Closure – Height of Swallow

- 0 = Complete; no air/contrast in laryngeal vestibule
- 1 = Incomplete; narrow column air/contrast in laryngeal vestibule
- 2 = None; wide column air/contrast in laryngeal vestibule

Component 12—Pharyngeal Stripping Wave

- 0 = Present - complete
- 1 = Present - diminished
- 2 = Absent

Component 5 – Oral Residue

- 0 = Complete oral clearance
- 1 = Trace residue lining oral structures
- 2 = Residue collection on oral structures
- 3 = Majority of bolus remaining
- 4 = Minimal to no clearance

Location

- A = Floor of mouth (FOM)
- B = Palate
- C = Tongue
- D = Lateral sulci

Component 6—Initiation of Pharyngeal Swallow

- 0 = Bolus head at posterior angle of ramus (first hyoid excursion)
- 1 = Bolus head in valleculae
- 2 = Bolus head at posterior laryngeal surface of epiglottis
- 3 = Bolus head in pyriforms
- 4 = No visible initiation at any location

Component 13—Pharyngeal Contraction (A/P VIEW ONLY)

- 0 = Complete
- 1 = Incomplete (Pseudodiverticulae)
- 2 = Unilateral Bulging
- 3 = Bilateral Bulging

Component 14—Pharyngoesophageal Segment Opening

- 0 = Complete distension and complete duration; no obstruction of flow
- 1 = Partial distension/partial duration; partial obstruction of flow
- 2 = Minimal distension/minimal duration; marked obstruction of flow
- 3 = No distension with total obstruction of flow

Component 15—Tongue Base (TB) Retraction

- 0 = No contrast between TB and posterior pharyngeal wall (PW)
- 1 = Trace column of contrast or air between TB and PW
- 2 = Narrow column of contrast or air between TB and PW
- 3 = Wide column of contrast or air between TB and PW
- 4 = No visible posterior motion of TB

Component 16—Pharyngeal Residue

- 0 = Complete pharyngeal clearance
- 1 = Trace residue within or on pharyngeal structures
- 2 = Collection of residue within or on pharyngeal structures
- 3 = Majority of contrast within or on pharyngeal structures
- 4 = Minimal to no pharyngeal clearance

Location

- A = Tongue Base
- B = Valleculae
- C = Pharyngeal wall
- D = Aryepiglottic folds
- E = Pyriform sinuses
- F = Diffuse (>3 areas)

ESOPHAGEAL Impairment

Component 17—Esophageal Clearance Upright Position

- 0 = Complete clearance; esophageal coating
- 1 = Esophageal retention
- 2 = Esophageal retention with retrograde flow below pharyngo-esophageal segment (PES)
- 3 = Esophageal retention with retrograde flow through PES
- 4 = Minimal to no esophageal clearance

A-4 Ergebnistabellen

Geschlecht

GESCHLECHT	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
TL flüssig	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	15(5/6)	>.99	4(4/4)	>.99	20(5/9)	.456	6(4/4)	.317
Zungenkontrolle	31(7/9)	.927	6(5/4)	.176	19(8/10)	.871	8(5/4)	.584
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	26(7/9)	.556	6(5/4)	.273	35(9/10)	.366	8(5/4)	.606
Orale Residuen	31(7/9)	.951	8(5/4)	.371	30(8/10)	.293	9(5/4)	.655
Init. Pharyng. Schluck	44(9/10)	.931	9(5/4)	.777	43(9/10)	.861	10(5/4)	>.99
Elev. weicher Gaumen	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99
Larynxlevation	37(9/10)	.460	6(5/4)	.273	32(9/10)	.193	6(5/4)	.180
Ant. Hyoidverlagerung	44(9/10)	.908	9(5/4)	.655	41(9/10)	.678	9(5/4)	.777
Epiglottis-Abkippung	45(9/10)	.939	9(5/4)	.777	27(9/10)	.065	9(5/4)	.777
Larynxverschluss	45(9/10)	.939	8(5/4)	.371	45(9/10)	.939	6(5/4)	.176
Austreibungswelle	39(9/10)	.521	7(5/4)	.371	44(9/10)	.979	9(5/4)	.655
Öffnung PÖS Segment	36(9/10)	.167	8(5/4)	.264	27(9/10)	.065	8(5/4)	.264
Zungengrundretraktion	34(9/10)	.243	9(5/4)	.786	31(9/10)	.218	9(5/4)	.787
Pharyngeale Residuen	32(9/10)	.165	8(5/4)	.264	21(9/10)	.038*	5(5/4)	.091
P/A-Skala	41(9/10)	.606	8(5/4)	.371	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (weiblich/männlich); Mann-Whitney-U-Test

GESCHLECHT	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
Schluck flüssig	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	36(9/8)	>.99	5(3/3)	>.99	25(7/8)	.350	3(3/3)	.317
Zungenkontrolle	41(9/9)	>.99	5(5/3)	.237	41(9/9)	>.99	4(5/4)	.078
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	39(9/10)	.440	9(5/4)	.770	40(9/9)	.903	7(5/4)	.416
Orale Residuen	31(9/10)	.213	9(5/4)	.655	23(9/10)	.050	7(5/4)	.317
Init. Pharyng. Schluck	36(9/10)	.439	1(5/4)	.016	35(9/10)	.350	7(5/4)	.373
Elev. weicher Gaumen	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99
Larynxlevation	32(9/10)	.193	9(5/4)	.655	36(9/10)	.370	8(5/4)	.558
Ant. Hyoidverlagerung	28(9/10)	.076	9(5/4)	.655	18(9/10)	.011	7(5/4)	.322
Epiglottis-Abkippung	45(9/10)	>.99	9(5/4)	.777	31(9/10)	.213	9(5/4)	.777
Larynxverschluss	37(9/10)	.326	9(5/4)	.655	19(9/10)	.012	10(5/4)	.866
Austreibungswelle	38(9/10)	.475	9(5/4)	.655	40(9/10)	.292	6(5/4)	.176
Öffnung PÖS Segment	41(9/10)	.343	8(5/4)	.264	22(9/10)	.032	8(5/4)	.264
Zungengrundretraktion	25(9/10)	.065	9(5/4)	.770	25(9/10)	.080	10(5/4)	>.99
Pharyngeale Residuen	23(9/10)	.050	5(5/4)	.094	30(9/10)	.163	6(5/4)	.180
P/A-Skala	32(9/10)	.152	6(5/4)	.176	23(9/10)	.030	7(5/4)	.371

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (weiblich/männlich); Mann-Whitney-U-Test

GESCHLECHT TL Brei	Ventral Prä-OP		Dorsal Prä-OP		Ventral Post-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	18(5/7)	>.99	2(2/4)	.157	18(6/7)	.280	8(4/4)	>.99
Zungenkontrolle	34(9/9)	.455	10(5/4)	>.99	26(9/9)	.136	10(5/4)	>.99
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	43(9/10)	.826	8(5/4)	.558	38(9/10)	.500	9(5/4)	.694
Orale Residuen	41(9/10)	.730	8(5/4)	.592	39(9/10)	.574	9(5/4)	.558
Init. Pharyng. Schluck	39(9/10)	.602	8(5/4)	.558	39(9/10)	.602	10(5/4)	.896
Elev. weicher Gaumen	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99
Larynx elevation	44(9/10)	.879	9(5/4)	.655	28(9/10)	.051	7(5/4)	.371
Ant. Hyoidverlagerung	28(9/10)	.076	6(5/4)	.176	32(9/10)	.152	9(5/4)	.655
Epiglottis-Abkippung	45(9/10)	>.99	10(5/4)	.866	38(9/10)	.476	9(5/4)	.655
Larynxverschluss	41(9/10)	.343	8(5/4)	.371	40(9/10)	.292	10(5/4)	>.99
Austreibungswelle	44(9/10)	.979	10(5/4)	.866	35(9/10)	.125	7(5/4)	.322
Öffnung PÖS Segment	32(9/10)	.165	8(5/4)	.264	21(9/10)	.027	8(5/4)	.264
Zungengrundretraktion	36(9/10)	.301	10(5/4)	.866	30(9/10)	.180	7(5/4)	.371
Pharyngeale Residuen	37(9/10)	.489	1(5/4)	.006*	34(9/10)	.326	10(5/4)	.893
P/A-Skala	41(9/10)	.343	10(5/4)	>.99	40(9/10)	.292	10(5/4)	>.99

[†]Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (weiblich/männlich); Mann-Whitney-U-Test

GESCHLECHT Biss Brot	Ventral Prä-OP		Dorsal Prä-OP		Ventral Post-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	27(7/9)	.257	4(2/4)	>.99	28(7/8)	>.99	6(4/4)	.317
Zungenkontrolle	36(9/10)	.276	10(5/4)	>.99	35(9/9)	.538	8(5/4)	.317
Kauvorgang	36(9/10)	.413	2(5/4)	.028	23(9/9)	.168	4(5/4)	.107
Bolustransport	31(9/10)	.196	10(5/4)	.866	32(9/10)	.377	9(5/4)	.662
Orale Residuen	30(9/10)	.179	4(5/4)	.079	41(9/10)	.695	3(5/4)	.058
Init. Pharyng. Schluck	39(9/10)	.602	10(5/4)	.655	42(9/10)	.795	5(5/4)	.120
Elev. weicher Gaumen	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99
Larynx elevation	34(9/10)	.045	9(5/4)	.655	18(9/10)	.009	9(5/4)	.777
Ant. Hyoidverlagerung	29(9/10)	.118	6(5/4)	.176	33(9/10)	.186	9(5/4)	.777
Epiglottis-Abkippung	36(9/10)	.168	10(5/4)	>.99	34(9/10)	.274	10(5/4)	>.99
Larynxverschluss	45(9/10)	>.99	10(5/4)	>.99	36(9/10)	.167	10(5/4)	>.99
Austreibungswelle	44(9/10)	.879	8(5/4)	.264	45(9/10)	.960	9(5/4)	.777
Öffnung PÖS Segment	42(9/10)	.765	8(5/4)	.264	30(9/10)	.191	8(5/4)	.264
Zungengrundretraktion	45(9/10)	>.99	8(5/4)	.371	33(9/10)	.291	9(5/4)	.655
Pharyngeale Residuen	38(9/10)	.553	8(5/4)	.464	39(9/10)	.608	8(5/4)	.600
P/A-Skala	40(9/10)	.292	10(5/4)	>.99	41(9/10)	.343	10(5/4)	>.99

[†]Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (weiblich/männlich); Mann-Whitney-U-Test

Alter

ALTER	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
TL flüssig	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	15(6/5)	>.99	4(2/4)	>.99	21(8/6)	.386	5(2/6)	.564
Zungenkontrolle	29(10/6)	.777	6(3/6)	.285	33(12/6)	.606	9(3/6)	>.99
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	28(10/6)	.763	5(3/6)	.248	25(13/6)	.195	9(3/6)	.982
Orale Residuen	19(10/6)	.166	8(3/6)	.480	12(12/6)	.008*	9(3/6)	>.99
Init. Pharyng. Schluck	19(13/6)	.055	8(3/6)	.655	22(13/6)	.111	6(3/6)	.317
Elev. weicher Gaumen	39(13/6)	>.99	9(3/6)	>.99	39(13/6)	>.99	9(3/6)	>.99
Larynx elevation	24(13/6)	.137	5(3/6)	.248	25(13/6)	.134	5(3/6)	.157
Ant. Hyoidverlagerung	37(13/6)	.756	9(3/6)	>.99	35(13/6)	.655	8(3/6)	.655
Epiglottis-Abkippung	26(13/6)	.032	6(3/6)	.371	29(13/6)	.261	8(3/6)	.655
Larynxverschluss	36(13/6)	.564	6(3/6)	.157	36(13/6)	.564	8(3/6)	.593
Austreibungswelle	35(13/6)	.646	5(3/6)	.157	31(13/6)	.355	9(3/6)	>.99
Öffnung PÖS	26(13/6)	.032	8(3/6)	.480	26(13/6)	.148	8(3/6)	.480
Zungengrundretraktion	36(13/6)	.732	9(3/6)	.886	31(13/6)	.449	8(3/6)	.670
Pharyngeale Residuen	26(13/6)	.121	8(3/6)	.480	29(13/6)	.363	6(3/6)	.285
P/A-Skala	39(13/6)	.934	6(3/6)	.157	35(13/6)	.510	9(3/6)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (<65 Jahre/>65 Jahre); Mann-Whitney-U-Test

ALTER	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
Schluck flüssig	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	33(11/6)	>.99	4(2/4)	>.99	23(10/5)	.480	3(2/4)	.480
Zungenkontrolle	34(12/6)	.797	5(3/5)	.237	19(13/5)	.470	7(3/6)	.475
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	20(13/6)	.007*	5(3/6)	.165	17(13/6)	.035	9(3/6)	.886
Orale Residuen	23(13/6)	.126	9(3/6)	>.99	23(13/6)	.126	5(3/6)	.157
Init. Pharyng. Schluck	35(13/6)	.712	3(3/6)	.081	18(13/6)	.045	7(3/6)	.502
Elev. weicher Gaumen	39(13/6)	>.99	9(3/6)	>.99	39(13/6)	>.99	9(3/6)	>.99
Larynx elevation	33(13/6)	.535	5(3/6)	.157	26(13/6)	.148	4(3/6)	.123
Ant. Hyoidverlagerung	38(13/6)	.913	9(3/6)	>.99	24(13/6)	.131	3(3/6)	.074
Epiglottis-Abkippung	36(13/6)	.762	2(3/6)	.025*	15(13/6)	.022	2(3/6)	.025
Larynxverschluss	32(13/6)	.385	5(3/6)	.157	25(13/6)	.152	3(3/6)	.033
Austreibungswelle	25(13/6)	.152	5(3/6)	.157	36(13/6)	.497	6(3/6)	.285
Öffnung PÖS Segment	36(13/6)	.497	8(3/6)	.480	36(13/6)	.769	8(3/6)	.480
Zungengrundretraktion	39(13/6)	>.99	4(3/6)	.090	18(13/6)	.043	7(3/6)	.564
Pharyngeale Residuen	27(13/6)	.251	8(3/6)	.724	33(13/6)	.561	9(3/6)	>.99
P/A-Skala	24(13/6)	.531	8(3/6)	.593	29(13/6)	.326	5(3/6)	.157

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (<65 Jahre/>65 Jahre); Mann-Whitney-U-Test

ALTER	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
TL Brei	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	14(9/3)	>.99	3(2/4)	.480	14(9/4)	.134	4(2/6)	.378
Zungenkontrolle	28(13/5)	.551	9(3/6)	>.99	12(13/5)	.954	9(3/6)	>.99
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	39(13/6)	.962	5(3/6)	.165	34(13/6)	.629	8(3/6)	.783
Orale Residuen	22(13/6)	.115	6(3/6)	.322	20(13/6)	.070	7(3/6)	.440
Init. Pharyng. Schluck	39(13/6)	>.99	9(3/6)	.977	30(13/6)	.401	7(3/6)	.581
Elev. weicher Gaumen	39(13/6)	>.99	9(3/6)	>.99	39(13/6)	>.99	9(3/6)	>.99
Larynxlevation	38(13/6)	.913	5(3/6)	.157	36(13/6)	.711	9(3/6)	>.99
Ant. Hyoidverlagerung	38(13/6)	.913	8(3/6)	.593	23(13/6)	.060	9(3/6)	>.99
Epiglottis-Abkippung	33(13/6)	.459	8(3/6)	.593	21(13/6)	.066	5(3/6)	.157
Larynxverschluss	33(13/6)	.141	8(3/6)	.480	36(13/6)	.497	9(3/6)	>.99
Austreibungswelle	38(13/6)	.913	6(3/6)	.285	33(13/6)	.323	6(3/6)	.371
Öffnung PÖS Segment	35(13/6)	.646	8(3/6)	.480	25(13/6)	.175	8(3/6)	.480
Zungengrundretraktion	33(13/6)	.459	8(3/6)	.593	22(13/6)	.114	9(3/6)	>.99
Pharyngeale Residuen	28(13/6)	.307	7(3/6)	.564	26(13/6)	.195	6(3/6)	.322
P/A-Skala	33(13/6)	.141	9(3/6)	>.99	36(13/6)	.497	9(3/6)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (<65 Jahre/>65 Jahre); Mann-Whitney-U-Test

ALTER	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
Biss Brot	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	25(10/6)	.191	4(2/4)	>.99	25(10/5)	>.99	5(2/6)	.564
Zungenkontrolle	33(13/6)	.424	9(3/6)	>.99	28(13/5)	.532	8(3/6)	.480
Kauvorgang	25(13/6)	.696	7(3/6)	.564	26(13/5)	.642	6(3/6)	.322
Bolustransport	28(13/6)	.924	6(3/6)	.285	29(13/5)	.701	5(3/6)	.167
Orale Residuen	24(13/6)	.149	9(3/6)	.877	21(13/6)	.092	6(3/6)	.317
Init. Pharyng. Schluck	29(13/6)	.351	9(3/6)	>.99	31(13/6)	.457	6(3/6)	.317
Elev. weicher Gaumen	39(13/6)	>.99	9(3/6)	>.99	39(13/6)	>.99	9(3/6)	>.99
Larynxlevation	34(13/6)	.609	5(3/6)	.157	37(13/6)	.798	3(3/6)	.074
Ant. Hyoidverlagerung	27(13/6)	.228	8(3/6)	.593	28(13/6)	.212	6(3/6)	.371
Epiglottis-Abkippung	36(13/6)	.622	9(3/6)	>.99	19(13/6)	.033	9(3/6)	>.99
Larynxverschluss	39(13/6)	>.99	9(3/6)	>.99	36(13/6)	.564	9(3/6)	>.99
Austreibungswelle	19(13/6)	.030	8(3/6)	.480	26(13/6)	.148	6(3/6)	.371
Öffnung PÖS Segment	29(13/6)	.286	8(3/6)	.480	39(13/6)	.963	7(3/6)	.480
Zungengrundretraktion	27(13/6)	.200	6(3/6)	.157	26(13/6)	.219	5(3/6)	.157
Pharyngeale Residuen	17(13/6)	.045	5(3/6)	.165	18(13/6)	.054	8(3/6)	.679
P/A-Skala	38(13/6)	.497	9(3/6)	>.99	36(13/6)	.497	9(3/6)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (<65 Jahre/>65 Jahre); Mann-Whitney-U-Test

Revision

REVISION TL flüssig	Ventral Prä-OP		Dorsal Prä-OP		Ventral Post-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	15(5/6)	>.99	4(4/2)	>.99	21(7/7)	.317	5(6/2)	.564
Zungenkontrolle	31(9/7)	.927	5(7/2)	.419	37(11/7)	.730	5(7/2)	.513
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	22(9/7)	.263	7(7/2)	>.99	26(12/7)	.141	5(7/2)	.537
Orale Residuen	24(9/7)	.356	6(7/2)	.593	36(11/7)	.789	6(7/2)	.593
Init. Pharyng. Schluck	19(12/7)	.038	3(7/2)	.176	32(12/7)	.343	7(7/2)	>.99
Elev. weicher Gaumen	42(12/7)	>.99	7(7/2)	>.99	42(12/7)	>.99	7(7/2)	>.99
Larynx elevation	40(12/7)	.811	7(7/2)	>.99	33(12/7)	.344	7(7/2)	>.99
Ant. Hyoidverlagerung	28(12/7)	.094	4(7/2)	.285	38(12/7)	.667	7(7/2)	.866
Epiglottis-Abkippung	40(12/7)	.591	7(7/2)	.866	26(12/7)	.099	7(7/2)	.866
Larynxverschluss	35(12/7)	.266	6(7/2)	.593	35(12/7)	.266	5(7/2)	.419
Austreibungswelle	34(12/7)	.376	6(7/2)	.593	31(12/7)	.228	6(7/2)	.593
Öffnung PÖS Segment	40(12/7)	.691	6(7/2)	.593	36(12/7)	.099	6(7/2)	.593
Zungengrundretraktion	42(12/7)	.956	3(7/2)	.195	22(12/7)	.068	3(7/2)	.197
Pharyngeale Residuen	31(12/7)	.224	6(7/2)	.593	23(12/7)	.088	5(7/2)	.419
P/A-Skala	41(12/7)	.894	6(7/2)	.593	35(12/7)	.267	7(7/2)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (Erst-OP/Wiederholungs-OP); Mann-Whitney-U-Test

REVISION Schluck flüssig	Ventral Prä-OP		Dorsal Prä-OP		Ventral Post-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	33(11/6)	>.99	4(4/2)	>.99	24(8/7)	.285	3(4/2)	.480
Zungenkontrolle	34(12/6)	.797	4(6/2)	.378	37(11/7)	.740	7(7/2)	.871
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	24(12/7)	.017	4(7/2)	.294	27(11/7)	.151	6(7/2)	.627
Orale Residuen	38(12/7)	.713	6(7/2)	.593	40(12/7)	.854	6(7/2)	.593
Init. Pharyng. Schluck	19(12/7)	.041	1(7/2)	.068	37(12/7)	.578	6(7/2)	.648
Elev. weicher Gaumen	42(12/7)	>.99	7(7/2)	>.99	42(12/7)	>.99	7(7/2)	>.99
Larynx elevation	18(12/7)	.017	6(7/2)	.593	29(12/7)	.164	6(7/2)	.726
Ant. Hyoidverlagerung	25(12/7)	.075	4(7/2)	.285	30(12/7)	.244	3(7/2)	.176
Epiglottis-Abkippung	21(12/7)	.041	2(7/2)	.091	32(12/7)	.357	2(7/2)	.091
Larynxverschluss	28(12/7)	.083	6(7/2)	.593	32(12/7)	.324	5(7/2)	.312
Austreibungswelle	42(12/7)	.961	6(7/2)	.593	39(12/7)	.445	5(7/2)	.419
Öffnung PÖS Segment	36(12/7)	.190	6(7/2)	.593	22(12/7)	.060	6(7/2)	.593
Zungengrundretraktion	30(12/7)	.253	5(7/2)	.484	15(12/7)	.014	5(7/2)	.513
Pharyngeale Residuen	18(12/7)	.027	5(7/2)	.423	23(12/7)	.076	7(7/2)	>.99
P/A-Skala	24(12/7)	.042	5(7/2)	.419	27(12/7)	.135	6(7/2)	.593

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (Erst-OP/Wiederholungs-OP); Mann-Whitney-U-Test

REVISION TL Brei	Ventral Prä-OP		Dorsal Prä-OP		Ventral Post-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	18(7/5)	>.99	3(4/2)	.480	18(7/6)	.280	4(6/2)	.378
Zungenkontrolle	38(11/7)	.913	7(7/2)	>.99	34(11/7)	.635	7(7/2)	>.99
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	39(12/7)	.785	4(7/2)	.294	35(12/7)	.514	7(7/2)	.876
Orale Residuen	37(12/7)	.623	6(7/2)	.748	41(12/7)	.893	6(7/2)	.726
Init. Pharyng. Schluck	18(12/7)	.031	4(7/2)	.294	31(12/7)	.323	6(7/2)	.639
Elev. weicher Gaumen	42(12/7)	>.99	7(7/2)	>.99	42(12/7)	>.99	7(7/2)	>.99
Laryxelevation	31(12/7)	.228	6(7/2)	.593	40(12/7)	.812	6(7/2)	.593
Ant. Hyoidverlagerung	40(12/7)	.834	5(7/2)	.419	41(12/7)	.869	6(7/2)	.593
Epiglottis-Abkippung	39(12/7)	.721	5(7/2)	.312	28(12/7)	.153	6(7/2)	.593
Larynxverschluss	39(12/7)	.445	6(7/2)	.593	39(12/7)	.445	7(7/2)	>.99
Austreibungswelle	40(12/7)	.834	5(7/2)	.419	40(12/7)	.691	7(7/2)	.866
Öffnung PÖS Segment	41(12/7)	.868	6(7/2)	.593	25(12/7)	.103	6(7/2)	.593
Zungengrundretraktion	27(12/7)	.075	5(7/2)	.419	19(12/7)	.039	6(7/2)	.593
Pharyngeale Residuen	20(12/7)	.049	3(7/2)	.190	24(12/7)	.087	6(7/2)	.748
P/A-Skala	39(12/7)	.445	7(7/2)	>.99	39(12/7)	.445	7(7/2)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (Erst-OP/Wiederholungs-OP); Mann-Whitney-U-Test

REVISION Biss Brot	Ventral Prä-OP		Dorsal Prä-OP		Ventral Post-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	25(10/6)	.197	4(4/2)	>.99	27(9/6)	>.99	5(6/2)	.564
Zungenkontrolle	37(12/7)	.514	7(7/2)	>.99	38(11/7)	.909	6(7/2)	.593
Kauvorgang	38(12/7)	.706	3(7/2)	.190	30(11/7)	.591	2(7/2)	.109
Bolustransport	33(12/7)	.406	5(7/2)	.419	32(11/7)	.513	4(7/2)	.297
Orale Residuen	35(12/7)	.501	4(7/2)	.294	33(12/7)	.391	4(7/2)	.257
Init. Pharyng. Schluck	18(12/7)	.031	4(7/2)	.285	26(12/7)	.139	2(7/2)	.091
Elev. weicher Gaumen	42(12/7)	>.99	7(7/2)	>.99	42(12/7)	>.99	7(7/2)	>.99
Laryxelevation	24(12/7)	.068	6(7/2)	.593	32(12/7)	.301	3(7/2)	.176
Ant. Hyoidverlagerung	37(12/7)	.578	5(7/2)	.419	39(12/7)	.743	7(7/2)	.856
Epiglottis-Abkippung	39(12/7)	.634	7(7/2)	>.99	17(12/7)	.010	7(7/2)	>.99
Larynxverschluss	42(12/7)	>.99	7(7/2)	>.99	40(12/7)	.691	7(7/2)	>.99
Austreibungswelle	25(12/7)	.075	6(7/2)	.593	36(12/7)	.536	7(7/2)	.856
Öffnung PÖS Segment	37(12/7)	.572	6(7/2)	.593	40(12/7)	.821	6(7/2)	.593
Zungengrundretraktion	25(12/7)	.080	6(7/2)	.593	15(12/7)	.014*	6(7/2)	.593
Pharyngeale Residuen	28(12/7)	.220	4(7/2)	.294	18(12/7)	.030*	6(7/2)	.754
P/A-Skala	39(12/7)	.445	7(7/2)	>.99	36(12/7)	.190	7(7/2)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (Erst-OP/Wiederholungs-OP); Mann-Whitney-U-Test

Anzahl operierte Segmente

ANZ. SEGMENTE	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
TL flüssig	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	$U(H')$	p	$U(H')$	p	$U(H')$	p	$U(H')$	p
Lippenschluss	12(8/3)	>.99	3(1/5)	>.99	18(10/4)	.527	3(1/7)	.705
Zungenkontrolle	25(11/5)	.622	3(1/8)	.593	33(12/6)	.606	1(1/8)	.083
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	17(11/5)	.165	2(1/8)	.386	41(12/7)	.929	4(1/8)	.838
Orale Residuen	18(11/5)	.211	4(1/8)	.724	33(12/7)	.740	3(1/8)	.480
Init. Pharyng. Schluck	36(12/7)	.558	2(1/8)	.371	32(12/7)	.343	1(1/8)	.134
Elev. weicher Gaumen	42(12/7)	>.99	4(1/8)	>.99	42(12/7)	>.99	4(1/8)	>.99
Larynx elevation	36(12/7)	.566	2(1/8)	.386	39(12/7)	.765	4(1/8)	>.99
Ant. Hyoidverlagerung	37(12/7)	.550	3(1/8)	.480	24(12/7)	.085	2(1/8)	.371
Epiglottis-Abkippung	30(12/7)	.057	2(1/8)	.264	35(12/7)	.439	2(1/8)	.371
Larynxverschluss	30(12/7)	.057	4(1/8)	.724	30(12/7)	.057	3(1/8)	.593
Austreibungswelle	22(12/7)	.023	1(1/8)	.157	21(12/7)	.028	3(1/8)	.480
Öffnung PÖS Segment	40(12/7)	.691	4(1/8)	.724	41(12/7)	.918	4(1/8)	.724
Zungengrundretraktion	39(12/7)	.742	3(1/8)	.391	34(12/7)	.466	2(1/8)	.394
Pharyngeale Residuen	41(12/7)	.868	4(1/8)	.724	27(12/7)	.175	3(1/8)	.593
P/A-Skala	34(12/7)	.256	4(1/8)	.724	30(12/7)	.057	4(1/8)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (ein Segment/mehrere Segmente);
Mann-Whitney-U-Test

ANZ. SEGMENTE	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
Schluck flüssig	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	$U(H')$	p	$U(H')$	p	$U(H')$	p	$U(H')$	p
Lippenschluss	33(11/6)	>.99	3(1/5)	>.99	23(10/5)	.480	2(1/5)	.655
Zungenkontrolle	30(12/6)	.439	3(1/7)	.564	33(12/6)	.606	3(1/8)	.520
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	33(12/7)	.231	3(1/8)	.487	31(12/6)	.519	1(1/8)	.134
Orale Residuen	38(12/7)	.713	1(1/8)	.157	38(12/7)	.713	3(1/8)	.480
Init. Pharyng. Schluck	23(12/7)	.091	1(1/8)	.227	40(12/7)	.854	2(1/8)	.421
Elev. weicher Gaumen	42(12/7)	>.99	4(1/8)	>.99	42(12/7)	>.99	4(1/8)	>.99
Larynx elevation	39(12/7)	.765	1(1/8)	.157	37(12/7)	.606	4(1/8)	.817
Ant. Hyoidverlagerung	35(12/7)	.432	3(1/8)	.480	33(12/7)	.382	2(1/8)	.371
Epiglottis-Abkippung	25(12/7)	.099	2(1/8)	.264	38(12/7)	.713	2(1/8)	.264
Larynxverschluss	37(12/7)	.550	1(1/8)	.157	42(12/7)	.961	3(1/8)	.593
Austreibungswelle	42(12/7)	.961	1(1/8)	.157	36(12/7)	.190	3(1/8)	.593
Öffnung PÖS Segment	39(12/7)	.445	4(1/8)	.724	40(12/7)	.814	4(1/8)	.724
Zungengrundretraktion	38(12/7)	.703	1(1/8)	.105	33(12/7)	.389	1(1/8)	.194
Pharyngeale Residuen	38(12/7)	.713	1(1/8)	.112	36(12/7)	.576	4(1/8)	>.99
P/A-Skala	30(12/7)	.188	3(1/8)	.593	36(12/7)	.517	3(1/8)	.480

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (ein Segment/mehrere Segmente);
Mann-Whitney-U-Test

ANZ. SEGMENTE	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
TL Brei	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	14(9/3)	>.99	2(1/5)	.655	14(9/4)	.134	3(1/7)	.564
Zungenkontrolle	26(12/6)	.234	4(1/8)	>.99	2(12/6)	.623	4(1/8)	>.99
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	34(12/7)	.439	3(1/8)	.487	22(12/7)	.063	2(1/8)	.301
Orale Residuen	23(12/7)	.089	3(1/8)	.525	23(12/7)	.089	4(1/8)	.817
Init. Pharyng. Schluck	24(12/7)	.106	3(1/8)	.487	30(12/7)	.281	2(1/8)	.301
Elev. weicher Gaumen	42(12/7)	>.99	4(1/8)	>.99	42(12/7)	>.99	4(1/8)	>.99
Larynxlevation	40(12/7)	.834	1(1/8)	.157	31(12/7)	.191	1(1/8)	.157
Ant. Hyoidverlagerung	40(12/7)	.834	3(1/8)	.593	24(12/7)	.048	1(1/8)	.157
Epiglottis-Abkippung	38(12/7)	.634	3(1/8)	.593	31(12/7)	.279	3(1/8)	.480
Larynxverschluss	36(12/7)	.190	4(1/8)	.724	36(12/7)	.190	4(1/8)	>.99
Austreibungswelle	35(12/7)	.432	3(1/8)	.593	35(12/7)	.266	2(1/8)	.264
Öffnung PÖS Segment	41(12/7)	.868	4(1/8)	.724	39(12/7)	.780	4(1/8)	.724
Zungengrundretraktion	29(12/7)	.122	3(1/8)	.593	32(12/7)	.347	1(1/8)	.157
Pharyngeale Residuen	37(12/7)	.655	2(1/8)	.386	40(12/7)	.817	2(1/8)	.289
P/A-Skala	36(12/7)	.190	4(1/8)	>.99	36(12/7)	.190	4(1/8)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (ein Segment/mehrere Segmente); Mann-Whitney-U-Test

ANZ. SEGMENTE	Ventral		Dorsal		Ventral		Dorsal	
Biss Brot	Prä-OP		Prä-OP		Post-OP		Post-OP	
Parameter	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>	<i>U(H¹)</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	22(11/5)	.138	3(1/5)	>.99	18(12/3)	>.99	3(1/7)	.705
Zungenkontrolle	38(12/7)	.594	4(1/8)	>.99	24(12/6)	.812	4(1/8)	.724
Kauvorgang	36(12/7)	.540	2(1/8)	.385	22(12/6)	.223	2(1/8)	.289
Bolustransport	31(12/7)	.310	3(1/8)	.593	26(12/6)	.274	3(1/8)	.490
Orale Residuen	37(12/7)	.654	3(1/8)	.487	27(12/7)	.162	1(1/8)	.134
Init. Pharyng. Schluck	40(12/7)	.857	3(1/8)	.480	32(12/7)	.347	2(1/8)	.264
Elev. weicher Gaumen	42(12/7)	>.99	4(1/8)	>.99	42(12/7)	>.99	4(1/8)	>.99
Larynxlevation	32(12/7)	.324	1(1/8)	.157	40(12/7)	.806	2(1/8)	.371
Ant. Hyoidverlagerung	38(12/7)	.686	3(1/8)	.593	31(12/7)	.208	2(1/8)	.371
Epiglottis-Abkippung	40(12/7)	.751	4(1/8)	>.99	28(12/7)	.149	4(1/8)	>.99
Larynxverschluss	42(12/7)	>.99	4(1/8)	>.99	40(12/7)	.691	4(1/8)	>.99
Austreibungswelle	35(12/7)	.432	4(1/8)	.724	28(12/7)	.135	2(1/8)	.264
Öffnung PÖS Segment	14(12/7)	.918	4(1/8)	.724	37(12/7)	.652	4(1/8)	.724
Zungengrundretraktion	33(12/7)	.354	4(1/8)	.724	34(12/7)	.466	3(1/8)	.480
Pharyngeale Residuen	36(12/7)	.599	3(1/8)	.487	41(12/7)	.894	2(1/8)	.301
P/A-Skala	36(12/7)	.190	4(1/8)	>.99	39(12/7)	.445	4(1/8)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (ein Segment/mehrere Segmente); Mann-Whitney-U-Test

Beteiligung obere HWS

Anmerkung. Da in der ventralen Gruppe bei keinem Patient die obere HWS beteiligt war, wird hier ausschließlich die dorsale Gruppe dargestellt.

BET. OBERE HWS TL flüssig	Dorsal Prä-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	$U(H')$	p	$U(H')$	p
Lippenschluss	5(3/3)	>.99	6(4/4)	.317
Zungenkontrolle	10(4/5)	.866	8(4/5)	.584
Kauvorgang	-	-	-	-
Bolustransport	10(4/5)	>.99	6(4/5)	.302
Orale Residuen	8(4/5)	.371	9(4/5)	.655
Init. Pharyng. Schluck	2(4/5)	.024	10(4/5)	>.99
Elev. weicher Gaumen	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99
Larynxelevation	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99
Ant. Hyoidverlagerung	9(4/5)	.655	9(4/5)	.777
Epiglottis-Abkipfung	9(4/5)	.777	9(4/5)	.777
Larynxverschluss	8(4/5)	.371	10(4/5)	.866
Austreibungswelle	9(4/5)	.655	7(4/5)	.371
Öffnung PÖS Segment	8(4/5)	.371	8(4/5)	.371
Zungengrundretraktion	6(4/5)	.223	7(4/5)	.345
Pharyngeale Residuen	8(4/5)	.371	6(4/5)	.176
P/A-Skala	8(4/5)	.371	10(4/5)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (Obere HWS nichtbeteiligt/Obere HWS beteiligt); Mann-Whitney-U-Test

BET. OBERE HWS Schluck flüssig	Dorsal Prä-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	$U(H')$	p	$U(H')$	p
Lippenschluss	5(3/3)	>.99	3(3/3)	.317
Zungenkontrolle	8(4/4)	>.99	9(4/5)	.786
Kauvorgang	-	-	-	-
Bolustransport	9(4/5)	.770	9(4/5)	.786
Orale Residuen	7(4/5)	.371	9(4/5)	.655
Init. Pharyng. Schluck	8(4/5)	.610	8(4/5)	.524
Elev. weicher Gaumen	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99
Larynxelevation	7(4/5)	.371	8(4/5)	.558
Ant. Hyoidverlagerung	9(4/5)	.655	7(4/5)	.322
Epiglottis-Abkipfung	5(4/5)	.120	5(4/5)	.120
Larynxverschluss	7(4/5)	.371	10(4/5)	.866
Austreibungswelle	7(4/5)	.371	10(4/5)	.866
Öffnung PÖS Segment	8(4/5)	.371	8(4/5)	.371
Zungengrundretraktion	9(4/5)	.770	6(4/5)	.273
Pharyngeale Residuen	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99
P/A-Skala	10(4/5)	.866	9(4/5)	.655

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (Obere HWS nicht beteiligt/Obere HWS beteiligt); Mann-Whitney-U-Test

BET. OBERE HWS TL Brei	Dorsal Prä-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	3(2/4)	.480	4(4/4)	.127
Zungenkontrolle	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99
Kauvorgang	-	-	-	-
Bolustransport	8(4/5)	.558	9(4/5)	.793
Orale Residuen	10(4/5)	.893	5(4/5)	.107
Init. Pharyng. Schluck	10(4/5)	.884	10(4/5)	.896
Elev. weicher Gaumen	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99
Larynx elevation	7(4/5)	.371	9(4/5)	.655
Ant. Hyoidverlagerung	10(4/5)	.866	7(4/5)	.371
Epiglottis-Abkippung	5(4/5)	.091	7(4/5)	.371
Larynxverschluss	8(4/5)	.264	10(4/5)	>.99
Austreibungswelle	10(4/5)	.865	9(4/5)	.777
Öffnung PÖS Segment	8(4/5)	.371	8(4/5)	.371
Zungengrundretraktion	6(4/5)	.176	9(4/5)	.655
Pharyngeale Residuen	10(4/5)	>.99	8(4/5)	.592
P/A-Skala	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (Obere HWS nicht beteiligt/Obere HWS beteiligt); Mann-Whitney-U-Test

BET. OBERE HWS Biss Brot	Dorsal Prä-OP		Dorsal Post-OP	
Parameter	<i>U(H')</i>	<i>p</i>	<i>U(H')</i>	<i>p</i>
Lippenschluss	5(3/3)	>.99	6(4/4)	.317
Zungenkontrolle	10(4/5)	>.99	8(4/5)	.371
Kauvorgang	10(4/5)	>.99	8(4/5)	.592
Bolustransport	6(4/5)	.176	10(4/5)	.884
Orale Residuen	8(4/5)	.558	10(4/5)	>.99
Init. Pharyng. Schluck	9(4/5)	.655	9(4/5)	.777
Elev. weicher Gaumen	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99
Larynx elevation	9(4/5)	.655	9(4/5)	.777
Ant. Hyoidverlagerung	10(4/5)	.865	9(4/5)	.777
Epiglottis-Abkippung	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99
Larynxverschluss	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99
Austreibungswelle	8(4/5)	.371	9(4/5)	.777
Öffnung PÖS Segment	8(4/5)	.371	8(4/5)	.371
Zungengrundretraktion	8(4/5)	.371	9(4/5)	.655
Pharyngeale Residuen	9(4/5)	.770	10(4/5)	.896
P/A-Skala	10(4/5)	>.99	10(4/5)	>.99

¹Häufigkeiten der beiden berechneten Gruppen. Hier: (Obere HWS nicht beteiligt/Obere HWS beteiligt); Mann-Whitney-U-Test

Differenzen der Konsistenzen

VENTRAL Prä-OP	Teelöffel Flüssig	Schluck Flüssig	Teelöffel Apfelbrei	Biss Brot	Statistische Kennzahlen ^a			
Parameter	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	n	bi²	df	p
Lippenschluss	2,44	2,44	2,44	2,69	8	3,000	3	.392
Zungenkontrolle	2,43	2,50	2,68	2,39	14	1,629	3	.653
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	2,50	2,06	2,75	2,69	16	4,625	3	.201
Orale Residuen	1,64	2,63	2,56	2,88	16	8,612	3	.035
Init. Pharyng. Schluck	2,47	2,92	2,34	2,26	19	4,878	3	.181
Elev. weicher Gaumen	2,50	2,50	2,50	2,50	19	-	3	-
Larynxlevation	2,39	2,68	2,55	2,37	19	2,564	3	.464
Ant. Hyoidverlagerung	2,18	2,39	2,39	3,03	19	11,368	3	.010
Epiglottis-Abkippung	2,29	2,92	2,50	2,29	19	11,077	3	.011
Larynxverschluss	2,53	2,74	2,42	2,32	19	7,000	3	.072
Austreibungswelle	2,37	2,68	2,47	2,47	19	1,727	3	.631
Öffnung PÖS Segment	2,32	2,21	2,58	2,50	19	10,271	3	.016
Zungengrundretraktion	2,39	2,71	2,29	2,61	19	3,243	3	.356
Pharyngeale Residuen	1,74	2,58	2,63	3,05	19	15,302	3	.002*
P/A-Skala	2,55	2,84	2,34	2,26	19	10,610	3	.014

^aFriedman-Test

VENTRAL Post-OP	Teelöffel Flüssig	Schluck Flüssig	Teelöffel Apfelbrei	Biss Brot	Statistische Kennzahlen ^a			
Parameter	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	n	bi²	df	p
Lippenschluss	2,55	2,55	2,55	2,36	11	1,286	3	.733
Zungenkontrolle	2,26	2,26	2,79	2,68	17	9,429	3	.024
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	2,72	2,00	2,56	2,72	18	6,641	3	.084
Orale Residuen	1,94	2,61	2,75	2,69	18	8,713	3	.033
Init. Pharyng. Schluck	2,61	3,08	2,08	2,24	19	11,363	3	.010
Elev. weicher Gaumen	2,50	2,50	2,50	2,50	19	-	3	-
Larynxlevation	2,16	2,42	2,87	2,55	19	7,000	3	.072
Ant. Hyoidverlagerung	2,08	2,37	2,68	2,87	19	11,113	3	.011
Epiglottis-Abkippung	2,24	2,97	2,45	2,34	19	12,429	3	.006*
Larynxverschluss	2,37	3,00	2,26	2,37	19	12,724	3	.005*
Austreibungswelle	2,16	2,68	2,58	2,58	19	5,364	3	.147
Öffnung PÖS Segment	2,13	2,45	2,53	2,89	19	7,261	3	.064
Zungengrundretraktion	2,29	2,71	2,68	2,32	19	4,346	3	.226
Pharyngeale Residuen	2,16	2,34	2,63	2,87	19	6,265	3	.099
P/A-Skala	2,42	2,95	2,32	2,32	19	10,241	3	.017

^aFriedman-Test

DORSAL Prä-OP	Teelöffel Flüssig	Schluck Flüssig	Teelöffel Apfelbrei	Biss Brot	Statistische Kennzahlen ^a			
Parameter	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	n	bi ²	df	p
Lippenschluss	2,38	2,38	2,38	2,38	8	3,000	3	.392
Zungenkontrolle	2,69	2,81	2,25	2,25	8	4,714	3	.194
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	2,67	2,50	2,72	2,11	9	2,707	3	.439
Orale Residuen	2,00	2,44	2,89	2,67	9	4,565	3	.207
Init. Pharyng. Schluck	2,44	3,06	2,28	2,22	9	5,605	3	.132
Elev. weicher Gaumen	2,50	2,50	2,50	2,50	9	-	3	-
Larynx elevation	2,83	2,39	2,39	2,39	9	2,571	3	.463
Ant. Hyoidverlagerung	2,61	2,61	2,39	2,39	9	3,000	3	.392
Epiglottis-Abkippung	2,83	2,83	2,39	1,94	9	7,333	3	.062
Larynxverschluss	2,44	2,89	2,44	2,22	9	5,182	3	.159
Austreibungswelle	2,67	2,67	2,44	2,22	9	1,737	3	.629
Öffnung PÖS Segment	2,50	2,50	2,50	2,50	9	-	3	-
Zungengrundretraktion	2,94	2,72	2,28	2,06	9	6,000	3	.112
Pharyngeale Residuen	2,17	2,39	2,83	2,61	9	4,286	3	.232
P/A-Skala	2,56	2,78	2,33	2,33	9	4,714	3	.194

^aFriedman-Test

DORSAL Post-OP	Teelöffel Flüssig	Schluck Flüssig	Teelöffel Apfelbrei	Biss Brot	Statistische Kennzahlen ^a			
Parameter	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	Mittlerer Rang	n	bi ²	df	p
Lippenschluss	2,50	2,50	2,50	2,50	6	,000	3	>.99
Zungenkontrolle	2,89	2,89	2,00	2,22	9	7,650	3	.054
Kauvorgang	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolustransport	2,72	2,28	2,83	2,17	9	3,391	3	.335
Orale Residuen	1,83	2,39	2,78	3,00	9	6,927	3	.074
Init. Pharyng. Schluck	2,56	3,11	2,39	1,94	9	6,519	3	.089
Elev. weicher Gaumen	2,50	2,50	2,50	2,50	9	-	3	-
Larynx elevation	2,94	2,72	2,28	2,06	9	4,615	3	.202
Ant. Hyoidverlagerung	2,50	2,50	2,72	2,28	9	1,333	3	.721
Epiglottis-Abkippung	2,94	2,72	2,50	1,83	9	8,400	3	.038
Larynxverschluss	2,72	2,72	2,28	2,28	9	4,800	3	.187
Austreibungswelle	2,56	2,78	2,33	2,33	9	1,941	3	.585
Öffnung PÖS Segment	2,50	2,50	2,50	2,50	9	-	3	-
Zungengrundretraktion	2,61	2,78	2,61	2,00	9	3,420	3	.331
Pharyngeale Residuen	1,67	3,17	2,50	2,67	9	9,295	3	.026
P/A-Skala	2,33	3,00	2,33	2,33	9	9,000	3	.029

^aFriedman-Test

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass mir die geltende Promotionsordnung der Fakultät für Linguistik und Literaturwissenschaft der Universität Bielefeld bekannt ist.

Die vorliegende Arbeit habe ich selbst und ohne unzulässige Hilfe Dritter sowie ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt. Ich habe keine Textabschnitte von Dritten oder eigene Prüfungsarbeiten ohne Kennzeichnung übernommen. Alle aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Von mir hat niemand, weder mittelbar noch unmittelbar, geldwerte Leistungen für Vermittlungstätigkeiten oder Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Weiterhin habe ich diese Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht.

Weder diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form, noch eine andere Abhandlung wurde von mir bisher im Inland oder im Ausland bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht.

Ich versichere an Eides statt, dass ich nach bestem Wissen die Wahrheit gesagt und nichts verschwiegen habe.

Pforzheim, den 02.02.2016

Stefanie Duchac