

Aus der
Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Einfluss der Untersuchungsmodalität in der hochauflösenden
Impedanz-Manometrie auf die Diagnose der axialen Hiatushernie**

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Ornela Velollari
aus Tirana, Albanien

Mainz, 2023

Wissenschaftlicher Vorstand: [REDACTED]

1. Gutachter: [REDACTED]

2. Gutachter: [REDACTED]

Tag der Promotion: 03.07.2023

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	6
Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	8
Anlagenverzeichnis.....	9
1 Einleitung.....	10
2 Literaturdiskussion.....	13
2.1 Anatomische Grundlagen der Speiseröhre	13
2.1.1 Anatomie der Speiseröhre.....	12
2.1.2 Gefäßversorgung und Innervation.....	13
2.1.3 Physiologie des Schluckaktes.....	14
2.1.4 Anatomie des gastroösophagealen Übergangs.....	15
2.2 Anatomische Grundlagen des Zwerchfells.....	24
2.3 Krankheitsbild "axiale Hiatushernie".....	17
2.4 Untersuchungsverfahren.....	18
2.5 Chicago Klassifikation.....	20
3 Material und Methoden	25
3.1 Studiendesign.....	25
3.2 Zielpopulation	22
3.2.1 Datenbank.....	22
3.2.2 Einschlusskriterien.....	23
3.2.3 Ausschlusskriterien.....	23
3.2.4 Abbruchkriterien.....	24
3.3 Messmethoden.....	24
3.3.1 HRIM.....	24
3.3.2 Ösophagographie mit Kontrastmittelgabe (Ösophagusbreischluck).....	25
3.4 Untersuchungsablauf.....	25
3.4.1 Vorbereitung.....	25
3.4.3 Durchführung der Untersuchung.....	26
3.5 Messparameter der High Resolution Impedanz Manometrie.....	28
3.5.1 Primäre Zielparameter	28
3.5.1.1 Der integrierte Relaxationsdruck (IRP)	28
3.5.1.2 Das distale kontraktile Integral (DCI)	28
3.5.1.3 Die distale Latenz (DL)	29

3.5.1.4	Der kontraktile Dezelerationspunkt (CDP)	29
3.5.1.5	Die kontraktile Frontengeschwindigkeit (CFV)	29
3.5.2	Sekundäre Zielparameter.....	29
3.5.2.1	Der EGJ Typ.....	29
3.5.2.2	Die proximale LES Grenze	30
3.5.2.3	Der Pressure Inversion Point	30
3.5.2.4	Die LES-Länge	30
3.5.2.5	Der basale LES-Druck.....	30
3.5.2.6	Parameter der Bolusfunktionalität.....	30
3.5.2.7	Incomplete Bolus Clearance.....	31
3.6	Auswertung der Untersuchung.....	31
3.7	Statistische Auswertung.....	31
4	Ergebnisse	36
4.1	Patientenkohorte	36
4.1.1	Einteilung nach Geschlecht.....	36
4.1.2	Einteilung nach dem EGJ-Typ.....	36
4.1.3	Einteilung nach dem Alter.....	38
4.1.4	Einteilung nach dem BMI.....	39
4.1.5	Auswertung des GERD HQRL Questionnaire.....	41
4.2	Referenzgruppe.....	41
4.2.1	Einteilung nach dem Geschlecht.....	41
4.2.2	Einteilung nach dem Alter	42
4.2.3	Einteilung nach dem BMI.....	42
4.3	HRIM-Parameter.....	43
4.3.1	Primäre Parameter für die Kohorte.....	43
4.3.2	Sekundäre Parameter für die Kohorte.....	45
4.3.3	Primäre Parameter für die Referenzgruppe.....	47
4.3.4	Sekundäre Parameter für die Referenzgruppe.....	50
4.4	Vergleich zwischen Patientenkohorte und Referenzgruppe.....	52
4.5	Regressionsanalys zwischen Herniengröße und BMI, Alter, Geschlecht.....	53
4.6	Regressionsanalyse zwischen Herniengröße und IRP, BLESP, DCI, DL, CFV.....	55
4.7	Vergleich zwischen HRIM und Ösophagographie.....	56
5	Diskussion.....	58
5.1	Allgemein.....	58

5.2 HRIM-Parameter	58
5.2.1 Der integrierte Relaxationsdruck (IRP).....	58
5.2.2 Der basale LES-Druck (BLESP).....	59
5.2.3 Das distale kontraktile Integral (DCI).....	60
5.2.4 Die Herniengröße und der EGJ-Typ.....	60
5.2.5 Die distale Latenz (DL).....	61
5.2.6 Die kontraktile Frontengeschwindigkeit	61
5.2.7 Die LES-Länge.....	62
5.2.8 Die proximale LES-Grenze und der PIP-Abstand.....	62
5.2.9 Parameter der Bolusfunktionalität.....	62
5.3 Vergleich zwischen Kohorten- und Referenzgruppe.....	63
5.4 Regressionsanalyse.....	64
5.5 Vergleich zwischen HRIM und Ösophagographie.....	65
5.6 Fehlerquellen.....	66
6 Zusammenfassung	68
7 Literaturverzeichnis.....	70
8 Anhang	75
9 Tabellarischer Lebenslauf.....	79

Abkürzungsverzeichnis

Abb.....	Abbildung
BMI.....	Body-Mass-Index
BLESP.....	basal LES Pressure (basale UÖS-Druck)
CC.....	Chicago Classification
CD.....	Crus diaphragmaticus
CFV.....	kontraktile Frontengeschwindigkeit
CT.....	Computertomographie
DCI.....	distale kontraktile Integral
DL.....	Distale Latenz
EGJ.....	Esophagogastric junction (ösophagogastrale Übergang)
EGJOO.....	Esophagogastric junction outflow obstruction
EPT.....	Esophageal Pressure Topography Plots
GERD.....	Gastro-esophageal Reflux Disease (gastroösophageale Refluxkrankheit)
GERD-HRQL.....	GERD Health Related Quality of Life
HH.....	Hiatushernie
HRIM.....	High Resolution Impedanz Manometrie (hochauflösende Impedanz-Manometrie)
IEM.....	Ineffektive ösophagiale Motilität
IRP.....	Integrated relaxation Pressure (integrierte Relaxationsdruck)
IQR.....	Interquartile Abstand
LES.....	Lower esophageal sphincter (Untere Ösophagus sphinkter)
MDT.....	Magen-Darm-Trakt
mRS.....	multiple rapid swallow (multiple schnelle Schlucke)
ÖGD.....	Ösophagogastroduodenoskopie
PIP.....	Pressure inversion Point
RDC.....	Rapid Drink Challenge
RIP.....	Respiratory Inversion Point
STM.....	Solid Test Meal (solider Bolustest)
Tab.....	Tabelle

Abbildungsverzeichnis

- 2.1 Topografische Lage der Speiseröhre und Anatomische Einteilung der Speiseröhre
- 2.2a/b Der histologische Aufbau des Ösophagus und das autonome Nervensystem
- 2.3 Innervation der Speiseröhre
- 2.4 Anatomie des gastroösophagealen Übergangs
- 2.5a/b Der anatomische Aufbau des Zwerchfells und des Hiatus oesophageus
- 2.6 Klassifikation der Hiatushernien in Typ I-IV und die jeweiligen Auftrittshäufigkeiten
- 2.7 Fließdiagramm der Chicago Klassifikation Version 4.0
- 3.1 Fließdiagramm der Patientenkohorte und Referenzgruppe bezüglich der Ösophagographie.
- 3.2 36-Kanal-Solid-State-Katheter für die HRIM-Untersuchung
- 3.3 Untersuchungsmaterialien für die hochauflösende Impedanz-Manometrie
- 3.4 Normaler Schluckakt in der HRIM mit den wichtigsten Parametern eingezeichnet
- 3.5 Darstellung der EGJ-Typ-Klassifikation in der hochauflösenden Impedanz-Manometrie
- 4.1 Balkendiagramm für die Einteilung der axialen Hiatushernie nach dem EGJ-Typ
- 4.2 Balkendiagramm für die Einteilung nach dem EGJ-Typ in der L-Position abhängig vom Geschlecht
- 4.3 Balkendiagramm für die Einteilung nach dem EGJ-Typ in der S-Position abhängig vom Geschlecht
- 4.4 Boxplotdiagramm für die Alter-Verteilung nach dem Geschlecht
- 4.5 Boxplotdiagramm für die BMI-Verteilung nach dem Geschlecht
- 4.6 Boxplotdiagramm für die BMI-Verteilung nach dem EGJ-Typ in der L-Position
- 4.7 Boxplotdiagramm für die BMI-Verteilung nach dem EGJ-Typ in der S-Position
- 4.10 Liniendiagramm für den integrierten Relaxationsdruck in der primären und sekundären Position in der Patientenkohorte
- 4.11 Liniendiagramm der Herniengröße in der primären und sekundären Position (* Diskrepanz der Größe der Hernie zwischen beiden Positionen)
- 4.12 Liniendiagramm für den IRP in der Referenzgruppe in der liegenden und sitzenden Position
- 4.13 Liniendiagramm für das DCI in der Referenzgruppe für der liegenden und sitzenden Position
- 4.14 Liniendiagramm für die CFV in der Referenzgruppe in der liegenden und sitzenden Position
- 4.15 Liniendiagramm für den BLESP in der Referenzgruppe in der liegenden und sitzenden Position
- 4.16 Streudiagramm der logarithmisch transformierten Größe der Hernie gegen den BMI-Wert mit Regressionsgerade

4.17 Multiple Streudiagramme der logarithmisch transformierten Größe der Hernie in der liegenden Position gegen den BLESP, IRP und die DL, CFV in der liegenden Position mit den jeweiligen Regressionsgeraden

Tabellenverzeichnis

- 4.1: Kreuztabelle EGJ-Typ Verteilung in der liegenden und sitzenden Position
- 4.2: Einteilung der Anzahl der axialen Hiatushernien nach dem Alter in der Kohorte
- 4.3: Die absolute und relative Häufigkeit nach dem Geschlecht in der Referenzgruppe
- 4.4: Einteilung der Anzahl der Probanden in der Referenzgruppe nach dem Alter
- 4.5: Darstellung der HRIM-Parameter durch den Median und IQR sowie den Mittelwert \pm Standardabweichung in der liegenden und sitzenden Position für die Kohorte.
- 4.6: Das Signifikanz-Niveau, dargestellt durch den p-Wert, für jede körperlageabhängige Änderung der HRIM-Parameter innerhalb der Patientenkohorte.
- 4.7: Darstellung der HRIM-Parameter durch den Median und IQR sowie den Mittelwert \pm Standardabweichung in der liegenden und sitzenden Position für die Referenzgruppe
- 4.8: Das Signifikanz-Niveau, dargestellt durch den p-Wert, für jede körperlageabhängige Änderung der HRIM-Parameter innerhalb der Referenzgruppe
- 4.9: Das Signifikanz-Niveau, dargestellt durch den p-Wert, für den Vergleich zwischen Kohorten- und Referenzgruppe bezüglich der Mittelwerte der HRIM-Parameter in der liegenden und sitzenden Position.
- 4.10: einfaches Regressionsmodell der logarithmisch transformierten Größe der Hernie gegen den BMI-Wert.
- 4.11: multiples Regressionsmodell der logarithmisch transformierten Größe der Hernie gegen den BMI-Wert, das Alter und Geschlecht
- 4.12: multiples Regressionsmodell der logarithmisch transformierten Größe der Hernie gegen den IRP, BLESP, das DCI, die DL, und die CFV
- 4.13: Vierfeldertafel für die HRIM gegen die Ösophagographie in der primären Position
- 4.14: Vierfeldertafel für die HRIM gegen die Ösophagographie in der sekundären Position

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 GERD-HRQL& Foregut Symptom Questionnaire.....	75-78
--	-------

1 Einleitung

Eine Hiatushernie wird als Verlagerung von abdominellen Organen nach intramediastinal definiert. Der häufigste Subtyp mit 90% ist der Typ I, die axiale Hiatushernie. Diese wiederum definiert die Verlagerung der Kardie durch den Hiatus oesophageus nach intramediastinal. Axiale Hiatushernien kommen mit einer Inzidenz von 2,2% bis 49% in der Normalbevölkerung vor.

Risikofaktoren wie Alter, Geschlecht und Adipositas können die Entwicklung von axialen Hiatushernien begünstigen [14] [28] [39] [40]. Ethnische Herkunft kann auch eine Rolle spielen, da axiale Hiatushernien häufiger in der weißen Bevölkerung der westlichen Länder als in der asiatischen und afrikanischen Bevölkerung zu beobachten sind [36].

Axiale Hiatushernien können symptomatisch und asymptomatisch sein. Häufige Beschwerden sind Reflux, Sodbrennen, Oberbauchschmerzen, Regurgitation, Dysphagie [12] [14]. Vor allem die Entwicklung der Refluxbeschwerden korreliert mit der Größe der Hernie [14] [43]. Neben diesen Beschwerden kann eine Eisenmangelanämie und Ulzeration (Cameron-Ulzera) auftreten [14].

Oft begünstigen axiale Hiatushernien die Entwicklung von Refluxkrankheit (GERD), Refluxösophagitis, Barrett-Ösophagus sowie gastroösophagealem Adenokarzinom. Patienten mit GERD zeigen endoskopisch häufig eine begleitende axiale Hiatushernie, aber die Diagnose einer axialen Hiatushernie muss nicht unbedingt mit GERD oder Refluxösophagitis korrelieren [30-35].

HRIM, Ösophagographie sowie Ösophagogastroduodenoskopie sind die häufigsten Untersuchungsverfahren, die zur Diagnostik einer Hernie eingesetzt werden. Diese Untersuchungsmethoden können mit unterschiedlicher Sensitivität und Spezifität eine axiale Hiatushernie diagnostizieren. Aufgrund der besseren Sensitivität und Spezifität vor allem für Hernie mit EGJ-Typ I-II kann die hochauflösende Impedanz-Manometrie die Dynamik der axialen Hiatushernie besser beurteilen [13].

Die diagnostische Feststellung einer Hernie ist keine Indikation für eine Therapie. Erst beim Auftreten von Beschwerden, vor allem GERD wird eine Therapie eingeleitet. An erster Stelle steht die konservative Therapie mit Diätumstellung, Gewichtsverlust und Lebensstiländerung. Die medikamentöse Therapie mit Protonenpumpeninhibitoren, H₂-Rezeptor-Antagonisten und Antazida spielt erst beim Auftreten von Refluxbeschwerden eine Rolle.

Eine operative Therapie wie eine Fundoplicatio (nach Nissen, Toupet) und eine Hiatoplastik wird erst bei chronischen Beschwerden, niedriger Compliance und bei Komplikationen einer Hernie wie: Ulzeration, Blutung und Striktur eingeleitet [12] [14] [27].

Die detaillierte und exakte Beurteilung der EGJ-Morphologie ergibt wichtige Informationen zur weiteren Behandlung der Hernie-Patienten, entweder operativ, medikamentös oder konservativ.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, wie die Körperposition die HRIM-Messparameter sowie die Diagnosestellung der axialen Hiatushernien beeinflussen kann. Studien wie Xiao et al. [25] haben diesen Einfluss in einer kleinen Kohorte (n=44) mit einer LES-CD Separation ab 2 cm nur für die HRIM-Grundparameter wie DCI, DL, CFV, IRP sowie im Vergleich zu einer Referenzgruppe (n=75) untersucht. Jedoch wurde diese Studie mit einer kleinen Kohorte und mit Hernien von EGJ Typ III ohne Berücksichtigung weiterer Herniengrößen.

Hier werden weitere HRIM-Parameter wie BLESP, pLES, PIP, LES-Länge sowie Bolusfunktionalität in einer großen Kohorte (n=94) mit variabler EGJ-Typ Klassifikation untersucht und mit einer Referenzgruppe (n=34) verglichen. Andere Studien wie Roman et al. [55] haben nur axiale Hiatushernien ab 5 cm in der liegenden Position mit einer Referenzgruppe für die Grundparameter wie DCI, DL, CFV, IRP in der HRIM verglichen.

Zusätzlich wird der Einfluss von Risikofaktoren wie BMI, Alter und Geschlecht auf die Hernienpräsenz und Größe untersucht. Diese Assoziation wurde mehrfach in Studien mit unterschiedlichen Ergebnissen aufgeklärt [14] [39] [40] [46] [49]. In der Literatur wird vor allem eine positive Assoziation zwischen Hernienpräsenz, Größe und BMI gezeigt [14] [40] [46] [49]. Darüber hinaus wird der Zusammenhang zwischen Hernienpräsenz sowie Größe und HRIM-Grundparameter beurteilt. Dieser wird in der Studienlage nur begrenzt aufgeführt [46] [49].

Ähnlich wie die HRIM wird die Ösophagographie in verschiedenen Positionen durchgeführt. Ein zweiter Schwerpunkt dieser Arbeit ist die Untersuchung der diagnostischen Wertigkeit der hochauflösenden Impedanz-Manometrie für axiale Hiatushernien abhängig von der Körperposition und im Vergleich zur Ösophagographie.

In der Studie von Weijenborg et al. [23] wurde eine hohe Sensitivität und Spezifität für HRIM in der liegenden Position mit Ösophagographie als Referenzuntersuchung gezeigt, währenddessen in der Studie von Weitzendorfer et al. [42] die HRIM eine niedrige Sensitivität zeigte. Der Einfluss der Körperlage auf die Diagnosestellung in der HRIM wurde bisher nicht untersucht.

2 Literaturdiskussion

2.1 Anatomische Grundlagen der Speiseröhre

Die Speiseröhre (Ösophagus) verbindet mit einer Länge von 23 cm bis 28 cm den Hypopharynx mit dem Mageneingang. Kranial und dorsal wird die Speiseröhre durch den oberen und den unteren Ösophagussphinkter begrenzt. Die Speiseröhre wird weiterhin in drei Abschnitte unterteilt: 1. Pars cervicalis, 2. Pars thoracica und 3. Pars abdominalis. Der zervikale Abschnitt beginnt am oberen Ösophagussphinkter und der abdominale Abschnitt endet mit dem unteren Ösophagussphinkter beim Übergang in die Pars cardiaca ventriculi. Der Ösophagus zeigt in seinem Verlauf drei physiologische Engstellen (siehe Abb 2.1):

1. Die engste Stelle des Ösophagus, der obere Ösophagussphinkter auf Höhe des Ringknorpels
2. Thorakal durch die Kompression des Aortenbogens und des linken Hauptbronchus
3. Beim Durchtritt in den Hiatus ösophageus des Zwerchfells auf Höhe des unteren Ösophagussphinkters [4].

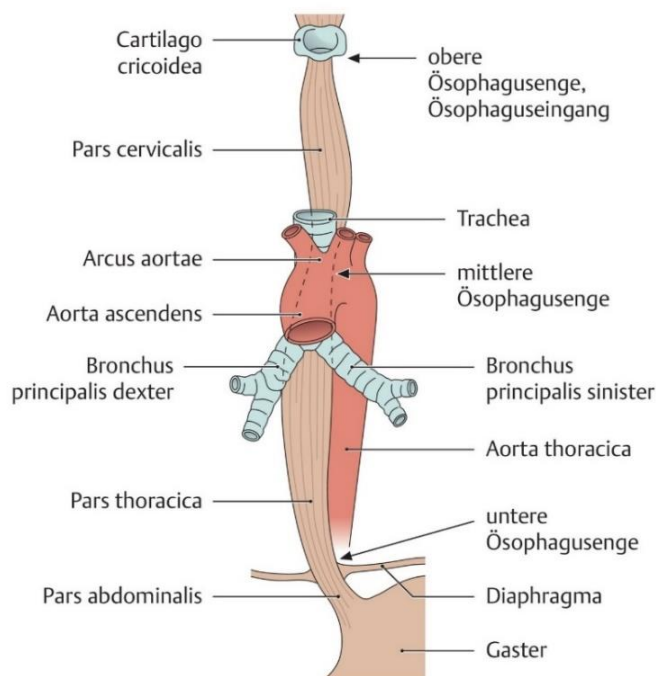


Abbildung 2.1: Topografische Lage der Speiseröhre und Anatomische Einteilung der Speiseröhre [58]

Histologisch wird die Speiseröhre aus drei Schichten aufgebaut (Abb. 2.2b):

1. Tunica mucosa- mehrschichtiges, unverhorntes Plattenepithel

Die Tunica mucosa bildet die innerste Schicht der Ösophaguswand, diese besteht aus einem mehrschichtigen, unverhornten Plattenepithel [4] [10].

2. Tunica muscularis- innere Ringmuskulatur (Str. circulare) und äußere Längsmuskulatur (Str. longitudinale)

Die Tunica muscularis besteht aus einer Ringmuskelschicht und einer Längsmuskelschicht, zwischen diesen beiden Schichten befindet sich der Plexus myentericus (Auerbach Plexus), der für die Darmmotilität zuständig ist (Abb2.2a). Im oberen Drittel der Speiseröhre überwiegt

die quergestreifte Muskulatur, im unteren Drittel die glatte Muskulatur und im mittleren Drittel eine Mischung aus der quergestreiften und glatten Muskulatur.

Die Tela submucosa besteht aus kollagenen Fasern und enthält u.a (Lymph- und Blutgefäßen, Drüsen) den Plexus submucosus (Meissner Plexus) des enterischen Nervensystems (Abb 2.2a).

3. Tunica adventitia

Die äußerste Schicht der Ösophaguswand, die Tunica adventitia, bestehend aus lockerem Bindegewebe, überzieht im cervicalen und thorakalen Anteil die Speiseröhre, im abdominalen Anteil wird die äußere Schicht aus der Tunica serosa gebildet.

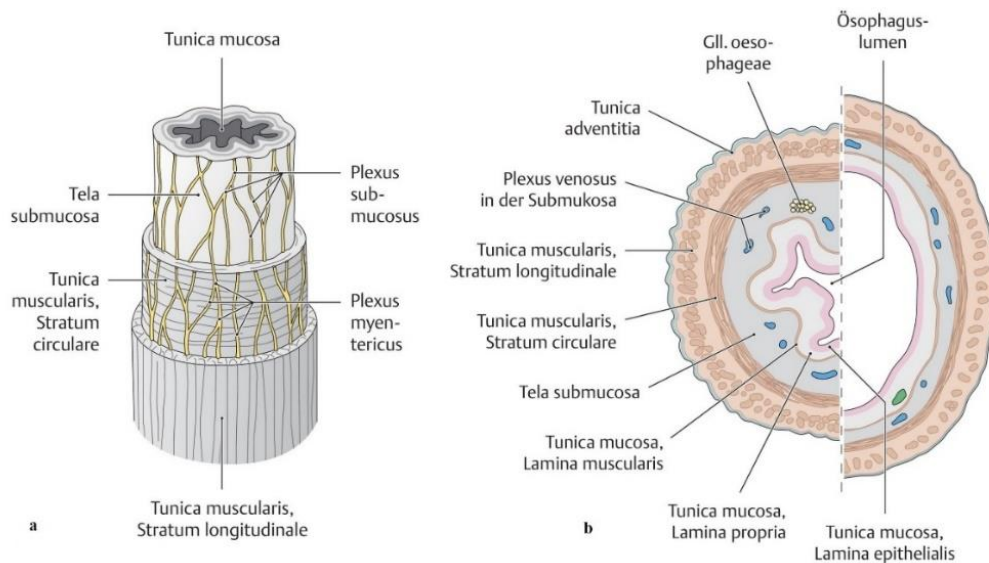


Abbildung 2.2 a: Der histologische Aufbau des Ösophagus und b: das autonome Nervensystem des Ösophagus [58]

Gefäßversorgung der Speiseröhre

Die arterielle Versorgung der Speiseröhre erfolgt durch die A. thyroidea inferior aus dem Truncus thyreocervicalis in Pars cervicalis, durch die Aa. Intercostales, direkte Äste aus der Aorta descendens oder Äste aus den Bronchialarterien in Pars thoracica und durch Äste aus der A. gastrica sinistra oder A. phrenica inferior in Pars abdominalis.

Der venöse Abfluss erfolgt über die V. thyroidea inferior in Pars cervicalis, über die V. azygos und V. hemiazygos in Pars thoracica und über die V. coronaria in die V. gastrica sinistra in Pars abdominalis [4].

Innervation

Das obere Drittel der Speiseröhre (die quergestreifte Muskulatur) wird durch den N. recurrens innerviert. Die glatte Muskulatur im mittleren Drittel wird parasympathisch durch den N. vagus innerviert. Der Plexus oesophageus, der aus dem rechten und linken N. vagus gebildet wird, zieht durch den Hiatus oesophageus als Truncus vagalis anterior und posterior und innerviert das untere Drittel der Speiseröhre parasympathisch.

Die sympathische Innervation erfolgt durch die Ganglien cervicothorakale und thorakolumbale (Abb.1.3). Die Axonen der postganglionären Ganglienzellen ziehen zum Plexus oesophageus und enden im Plexus myentericus.

Die parasympathische Innervation fördert die Magen-Darmtrakt-Motilität und die Sekretion der Drüsen im MDT. Die sympathische Innervation wirkt hemmend auf die Motilität und Sekretion [4].

Das autonome enterische Nervensystem besteht aus dem Plexus myentericus (Auerbach Plexus) und dem Plexus submucosus (Meissner Plexus). Der Plexus myentericus steuert die Motilität der glatten Muskelzellen, indem er efferente Impulse vom zentralen Schluckzentrum und afferente Impulse vom Ösophagus bekommt. Die Koordination der Motilität durch den Plexus myentericus findet unabhängig von der Aktivität des N. vagus statt. Der Plexus submucosus (Meissner Plexus) innerviert die Lamina muscularis mucosae und vor allem die Glandulae oesophagiales [4] [5].

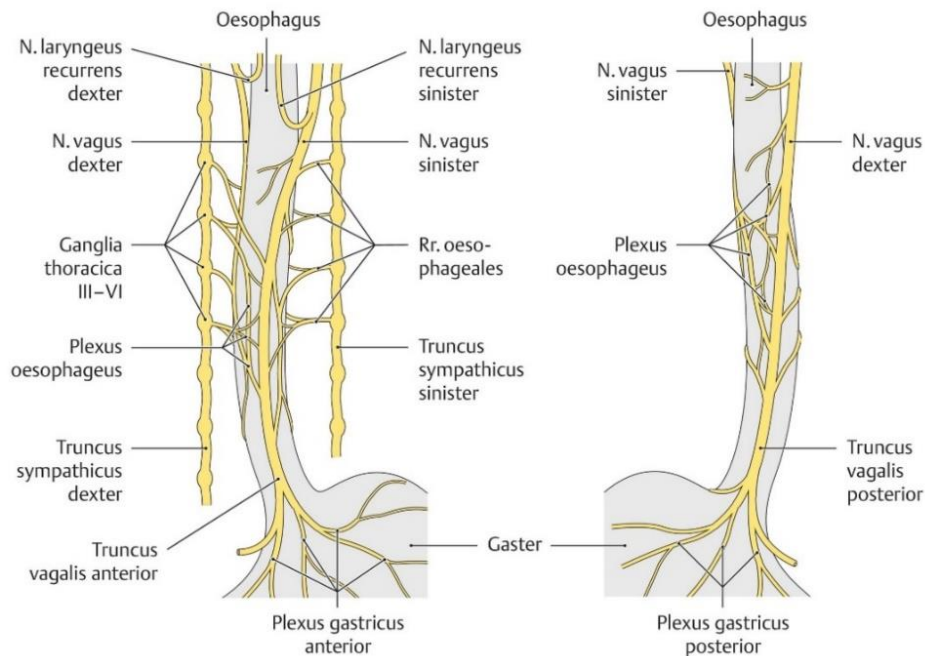


Abbildung 2.3: Innervation der Speiseröhre [58]

Physiologie des Schluckaktes

Der Schluckakt entsteht als Zusammensetzung der willkürlichen und unwillkürlichen Muskulatur und wird in 3 Phasen unterteilt, 1. die orale Phase, 2. die pharyngeale Phase und 3. die ösophageale Phase.

Die orale Phase beginnt im Mund und dient der Zerkleinerung und Durchmischung des Bolus. Durch die quergestreifte (willkürliche) Aktivität der Zungemuskulatur wird der Bolus in den Oropharynx transportiert. Damit beginnt die pharyngeale Phase und durch Kontakt des Bolus mit dem Zungengrund, der Uvula und mit Pharynx wird der Schluckreflex ausgelöst. Die Stimmritze wird verschlossen, der Kehlkopf hebt sich und die Epiglottis verschließt die Trachea.

Die Transportzeit des Bolus ist von der seiner Beschaffenheit abhängig, flüssiger Bolus wird schneller als der solide Bolus transportiert. Die Kraftübertragung von der Wand auf den Bolus erfolgt besser und beschleunigt diese Transportzeit [6]. Allgemein dauert der Transport für den flüssigen Bolus 1 Sekunde und für den soliden 9 bis 10 Sekunden [7].

Der obere Ösophagussphinkter öffnet sich durch die Steuerung des N. vagus. Der obere Ösophagussphinkter ist ein 2-4 cm langer Abschnitt bestehend aus der Ösophagusmuskulatur (quergestreift) und dem M. constrictor pharyngis inferior [8]. Die Relaxation des oberen Ösophagussphinkters erlaubt den weiteren Transport des Bolus. Damit beginnt die ösophageale Phase und die unwillkürliche Muskelaktivität.

Der Bolus führt zu einer Dehnung und Verkürzung des Ösophagus durch die Kontraktion der Längsmuskulatur proximal des Speisebreis, gleichzeitig ermöglicht die Kontraktion der Ringmuskulatur das Pressen des Bolus nach distal und verhindert einen Rückfluss. Somit

bildet sich die peristaltische Welle im tubulären Ösophagus. Man unterscheidet zwischen 3 Arten der Peristaltik:

1. Die primäre Peristaltik
2. Die sekundäre Peristaltik
3. Die tertiäre Peristaltik

Die primäre Peristaltik wird zentral durch das Schluckzentrum in der Medulla oblongata gesteuert. Diese entsteht als Fortsetzung des begonnenen Schluckaktes im Pharynx und wird im Ösophagus als eine propulsive Kontraktionswelle mit einer Geschwindigkeit von 2-4 cm/s weitergeleitet. Die Hauptfunktion ist der Bolustransport nach distal.

Die sekundäre Peristaltik wird nicht zentral vom Schluckzentrum gesteuert, sondern durch Reize wie Dehnung des Ösophagus oder chemische, thermische Reize ausgelöst. Die sekundäre Peristaltik entsteht aus segmentalen Kontraktionen der Ringmuskulatur und gewährleistet den Bolustransport und die Ösophagusclearance.

Die tertiäre Peristaltik entsteht durch spontane segmentale, nicht propulsive Kontraktionen der Lamina muscularis mucosae. Diese Peristaltik ist nur bei älteren Patienten mit neurologischen Ausfällen und bei der Röntgenschluckdiagnostik mit Kontrastmittelgabe zu sehen. Bis jetzt wird der tertiären Peristaltik keine bestimmte Funktion zugeschrieben [6].

5-8 Sekunden bevor der Bolus den UÖS erreicht, erfolgt durch die Steuerung des N. vagus eine Relaxation des unteren Ösophagussphinkters und ermöglicht damit den Bolustransport in den Magen. Danach kontrahiert der UÖS und verhindert einen gastralen Rückfluss in die Speiseröhre. Somit beendet die ösophageale Phase.

Der physiologische Schluckakt wird durch das Schluckzentrum im Pons und in der Medulla oblongata in Zusammenarbeit mit den Kerngebieten der am Schluckakt beteiligten Hirnnerven gesteuert.

Die orale Phase wird durch die motorischen Kerne des N. trigeminus (Ncl. motorius n. trigemini), N. facialis (Ncl. n. facialis) und N. hypoglossus (Ncl. n. hypoglossi) innerviert. Der N. trigeminus(V) innerviert die Kaumuskulatur, der N. facialis (VII) die Gesichtsmuskulatur und der N. hypoglossus (XII) die Zungenmuskulatur.

Die pharyngeale Phase wird durch die motorischen Kerne (Ncl. ambiguus) des N. vagus und des N. glossopharyngeus innerviert. Der N. vagus(X) und der N. glossopharyngeus (IX) innervieren die Schlund- und Kehlkopfmuskulatur.

Die ösophageale Phase wird durch die viszeromotorischen (Ncl. dorsalis n. vagi) und viszerosensiblen (Ncl. tractus solitarii) Kernen des N. vagus und N. glossopharyngeus innerviert [5].

Anatomie des gastroösophagealen Übergangs

Der gastroösophageale Übergang besteht aus dem unteren Ösophagussphinkter (UÖS), dem Zwerchfell und dem proximalen Magen. Der UÖS ist ein 3-4 cm langer Abschnitt des Ösophagus bestehend aus glatter Muskulatur. In der Tunica muscularis ist das Str. circulare im Vergleich zum Str. longitudinale und zum Rest des Ösophagus verdickt angelegt. Der UÖS wird durch erregende und hemmende Motorneurone innerviert. Wenn der Sphinkter kontrahiert, ist er geschlossen. Bei einer Dehnung oral des Sphinkters kommt es zu einer reflektorischen Aktivierung der hemmenden Motorneurone und zu einer Relaxation des Sphinkters. Der untere ösophageale Sphinkter wird durch seine myogene Struktur und seine Funktion der Reflux- und Druckbarriere als ein digestiver Sphinkter betrachtet [5-6]. Echte anatomischen Sphinkteren steuern die myogene Aktivität und unterliegen keiner reflektorischen oder hormonellen Steuerung wie beim unteren ösophagealen Sphinkter. Die Sphinkterfunktion ist den Bolustransport zu gewährleisten und als Barriere gegen den gastroösophagealen Reflux zu fungieren. Diese Funktion wird durch die anatomische Struktur des UÖS, durch den His-Winkel und durch das Zwerchfell ermöglicht.

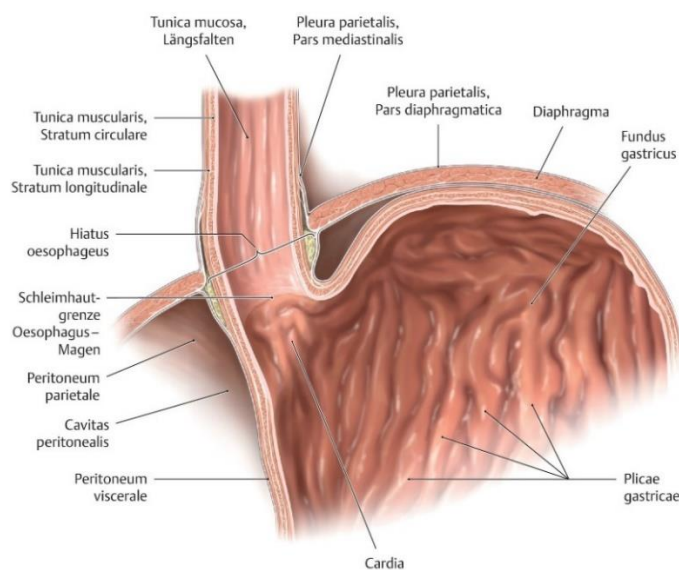


Abbildung 2.4: Anatomie des gastroösophagealen Übergangs [58]

Der untere Ösophagussphinkter (UÖS) zeigt drei physiologische Phasen:

1. Tonisierungsphase
2. Relaxationsphase
3. Kontraktionsphase

Während der tonischen Phase ist der UÖS im Normalzustand kontrahiert und geschlossen, baut damit einen Ruhedruck von 10 mmHg bis 20 mmHg auf. Damit wird die Funktion der Refluxbarriere ermöglicht. Während des pharyngealen physiologischen Schluckaktes relaxiert der UÖS, der Druck sinkt und der UÖS wird geöffnet. Damit wird der Transport des Bolus in den Magen ermöglicht. Nach der Relaxationsphase und dem Bolustransport, kontrahiert der UÖS, der Tonus sinkt und der UÖS wird verschlossen [6].

2.2 Anatomische Grundlagen des Zwerchfells

Das Diaphragma thorakolumbale dient als Trennstruktur zwischen dem thorakalen und abdominellen Raum und ist der wichtigste Muskel für die Atmungsfunktion. Das Zwerchfell besteht aus quergestreifter Muskulatur und dem Centrum tendineum, eine mediale Sehnenplatte. Das Zwerchfell entspringt aus dem Rippenbogen mit Pars costalis, aus dem Sternum mit Pars sternalis und aus dem 1-3 Lendenwirbelkörper mit Pars lumbalis (Crus mediale und laterale dextrum et sinistrum) und setzt sich am Centrum tendineum an (Abb.2.5a). Die motorische Innervation erfolgt durch den N. phrenicus sinister et dexter (aus dem Plexus cervicalis C3-C5, vorwiegend C4).

Im Zwerchfell befinden sich drei präformierte, physiologische Öffnungen für den Durchtritt der Aorta (Hiatus aorticus BWK 12), des Ösophagus (Hiatus ösophageus BWK 10) und der V. cava inferior (Hiatus V. cavae BWK 8) (Abb.2.5b). Die medialen Crura des Zwerchfells rechts und links ziehen zum Centrum tendineum und umschließen den Ösophagus und bilden damit die Hiatusränder. Der Ösophagus wird am Hiatus durch das Lig. phrenicoösophageale fixiert. Das Lig. phrenicoösophageale entspringt kaudal des Hiatus und zieht nach kranial an den Ösophagus, dadurch wirkt es entgegen der Ziehkraft des Ösophagus und verschließt zusätzlichen den Spaltraum zwischen dem Abdomen und dem Mediastinum.

Die Spalten zwischen den Zwerchfellanteilen sind nur bindegewebig verschlossen, dadurch entstehen weitere anatomische Lücken wie das Trigonum sternocostale dextrum et sinistrum (Larrey Spalte) und das Trigonum lumbocostale (Bochdalek-Dreieck). Pathophysiologisch entsteht durch das Trigonum sternocostale sinistrum die Larrey-Hernie, durch das Trigonum sternocostale dextrum die Morgagni-Hernie und durch das Trigonum lumbocostale die Bochdalek-Hernie [9].

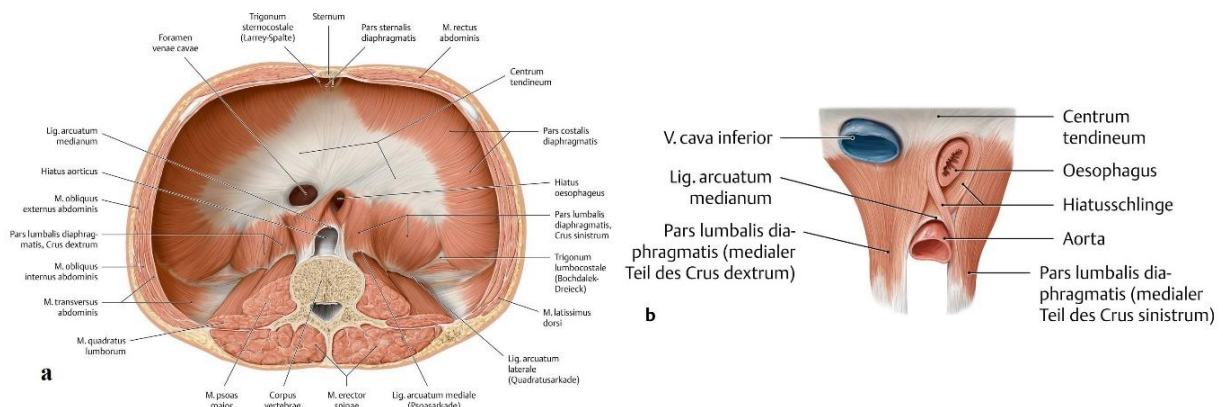


Abbildung 2.5a: Der anatomische Aufbau des Zwerchfells und b: des Hiatus oesophageus [59]

2.3 Krankheitsbild „axiale Hiatushernie“

Eine Zwerchfellhernie wird definiert als eine Verlagerung von abdominellen Strukturen durch eine Schwachstelle beziehungsweise durch einen Zwerchfelldefekt nach intrathorakal. Die Zwerchfellhernien können alters-, kongenital- oder traumatisch bedingt sein. Die häufigsten Zwerchfellhernien mit einer Häufigkeit von 90%, sind die Hiatushernien. Diese entstehen durch eine Verlagerung durch den Hiatus oesophageus der Kardia oder anderen Magenanteilen wie Fundus gastricus nach mediastinal. Die Hiatushernien werden wiederum in vier Arten eingeteilt:

1. Axiale Gleithernie ~70%
2. Paraösophageale Hernie ~ 15%
3. Kombination aus Typ I und Typ II ~ 10%
4. Upside-Down-Magen ~ 5%

Axiale Gleithernien entstehen durch eine Herniation der Kardia entlang des UÖS durch den Hiatus oesophageus. Eine Aufweitung des Hiatus oesophageus und eine zunehmende Laxizität des Lig. phrenicoösophageale sind die wichtigsten Ursachen, die zur Bildung einer Gleithernie führen. Die ösophagogastrale Junktion wird mit der Hernie verlagert. Damit entsteht ein Brachyösophagus.

Paraösophagealen Hernien sind die zweithäufigsten Hiatushernien und entstehen durch eine Verlagerung des Magenfundus oder anderen Magenanteilen neben dem UÖS durch den Hiatus oesophageus, währenddessen die Kardia und damit der ÖGJ durch das Lig. arcuatum fixiert bleibt. Wenn Strukturen wie das Lig. gastrocolicum und Lig. gastrosplenicum gelockert werden, kommt es zur Bildung der paraösophagealen Hernien.

Extreme Formen der paraösophagealen Hernien sind die Typ IV-Hernien, indem sich der Magen (Upside-Down-Magen) oder andere abdominelle Organe (Kolon, Milz) durch den Hiatus oesophageus nach intrathorakal verlagern und um die Longitudinalachse verdrehen und damit einen Volvulus bilden. Typ IV-Hernien entstehen durch große Defekte am Hiatus oesophageus. Typ III-Hernien sind eine Kombination aus axialen Gleithernien und paraösophagealen Hernien. Weitere Hernien wie: Larrey-, Morgagni-, oder Bochdalekhernien, kongenitale oder traumatischbedingte Hernien sind nicht Ziel dieser Arbeit und werden nicht weiter betrachtet [9] [11-13].

Pathophysiologie:

Mit fortschreitendem Alter kommt es zu einer zunehmenden Schwäche des ligamentären Bandapparates am ösophagogastralen Übergang durch eine Abnahme der elastischen Fasern (Lig. phrenicoösophageale, Lig. gastrohepaticum, Lig. gastrophrenicum, Lig. gastrolienale etc.) und zu einer Aufweitung des Hiatus oesophageus. Risikofaktoren, die den intrabdominellen Druck erhöhen wie Adipositas, Aszites, Schwangerschaft und Lungenemphysem begünstigen die hiatale Bruchbildung. Weitere Risikofaktoren wie das Rauchen, Übergewicht und das Geschlecht beeinflussen die Bildung der Hernien. Bsp: Frauen sind häufiger als Männer betroffen und bei 70% der über 70-Jährigen wird eine Hiatushernie diagnostiziert [12] [14].

1. Bindegewebslockerung der fixierenden Strukturen des Zwerchfells und des Ösophagus wie das Ligamentum phrenicoösophageale.
2. Erweiterung des Hiatus ösophageus
3. Erhöhung des intraabdominellen Drucks, der wiederum eine Verlagerung durch Durchtrittspunkte des Zwerchfells begünstigen.

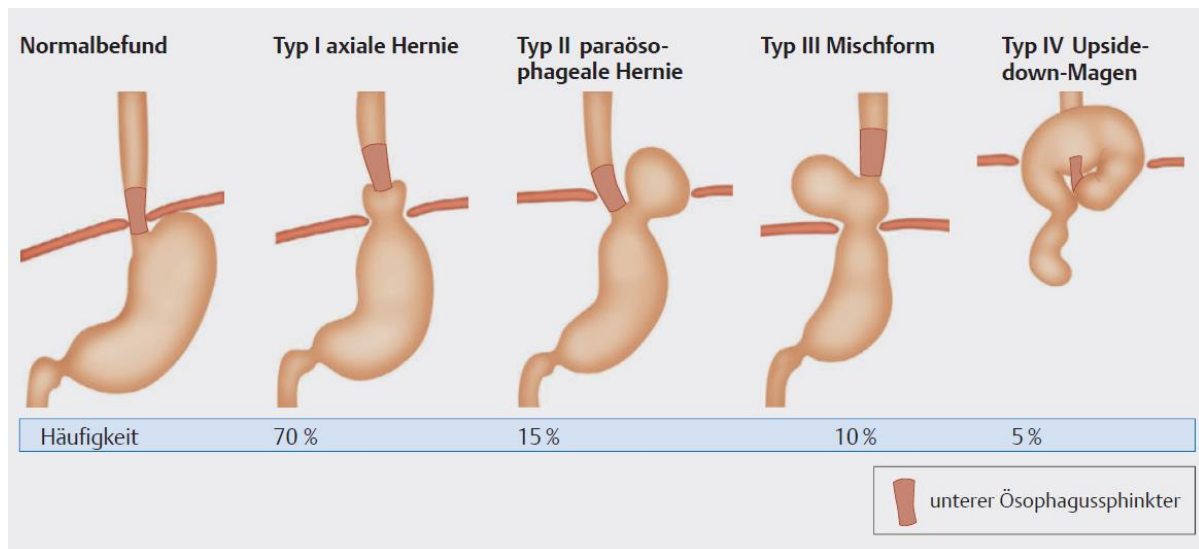


Abbildung 2.6: Klassifikation der Hiatushernien in Typ I-IV und die jeweiligen Auftrittshäufigkeiten [12]

Symptomatik:

Die Entwicklung einer Symptomatik ist abhängig von der Größe und Art der Hernie. Axiale Gleithernien sind häufig mit der Entwicklung von gastroösophagealen Refluxkrankheit assoziiert. Sie werden erst symptomatisch, wenn der ösophagogastrale Übergang herniert und damit die Reluxbarriere des unteren Ösophagussphinkters komprimiert wird.

Paraösophagealen Hernien und kombinierten Hernien verursachen häufiger kardiopulmonale Beschwerden, weil sie größer als axiale Gleithernien sind und dadurch eine größere Kompression der intrathorakalen Organe (Lunge) verursachen. Sonstige weitere typische Symptome für paraösophagealen Hernien sind Passagestörungen (Völlegefühl, Aufstoßen) und mechanische Komplikationen wie eine Stauungsgastritis.

90% der Hiatushernien werden als zufällig diagnostiziert, 70% davon sind asymptomatisch, 20% werden durch Refluxbeschwerden und 10% durch mechanische Reizung mit Druck und Schmerzen symptomatisch. Die häufigsten Symptome sind:

1. Gastrointestinal: gastroösophagealer Reflux, Regurgitation, Sodbrennen, Dysphagie, unspezifischer Schmerz im Oberbauch, Aufstoßen, Erbrechen, Völlegefühl, Ileus oder Inkarzeration.
2. Kardiopulmonal: Dyspnoe, Tachypnoe, Pleuritis, Pneumonie, Pleuraerguss, unspezifischer Schmerz retrosternal, Tachykardie, Herzrhythmusstörungen [11-12] [14].

2.4 Untersuchungsverfahren

Zur Untersuchung und Feststellung der Diagnose „axiale Hiatushernie“ können verschiedene Untersuchungsverfahren angewendet werden. Dazu zählen:

1. Hochauflösende Impedanz-Manometrie (HRIM)

Die hochauflösende Impedanz-Manometrie ist das Standardverfahren zur Untersuchung von Ösophagusmotilitätsstörungen. HRIM als dynamische Untersuchung erlaubt eine bessere Beurteilung der Struktur des ösophagogastralen Übergangs und seiner Druckkomponenten. HRIM zeigt mit einer Sensitivität von 92% und Spezifität von 93% eine diagnostische Überlegenheit im Vergleich zur Endoskopie und Ösophagographie [23] [28]. Im Vergleich zu allen anderen Untersuchungsverfahren erlaubt die HRIM eine genaue Beurteilung der intermediären LES-CD Separation unter 2 cm [13].

2. Ösophagogastroduodenoskopie

Die Endoskopie ist ein Untersuchungsverfahren, das zur Beurteilung der Ösophagusschleimhaut, der Art der Hernie sowie zur Darstellung einer axialen Hiatushernie bei einer Separation von mehr als 2 cm zwischen der Z-Linie und dem Zwerchfell angewendet werden kann. Der UÖS befindet sich in der Nähe der Z-Linie [13] [27].

Einflussfaktoren wie eine Barrett-Metaplasie, ein klaffender Hiatus, vergrößerte Insufflation des Magens sowie ein fehlendes Standard-Protokoll limitieren die Wertigkeit der Untersuchung in der Diagnosestellung. Die Barrett-Metaplasie limitiert die Lokalisation der Z-Linie, der klaffende Hiatus erschwert die Lokalisation des Zwerchfells sowie die Insufflation des Magens verfälscht die Herniengröße [13].

Aufgrund der dynamischen Struktur des ösophagogastralen Übergangs, der Subjektivität der Untersuchung und der Fehlerspanne von 2 cm kann die Diagnose einer axialen Hiatushernie von weniger als 3 cm nicht zuverlässig gestellt werden. Die Endoskopie kann die axiale Hiatushernie, die ÖGÜ-Struktur in der rückwärtsneigenden Position sowie die Hiatusintegrität beurteilen [13].

3. Ösophagographie

Der Ösophagusbreischluck mit Bariumsulfat- oder wasserlöslichem Kontrastmittel ist eine funktionelle Diagnostik zur Beurteilung der Speiseröhre. Damit können Hiatushernien, Ösophagusdivertikeln und Ösophagusperforationen dargestellt werden [26].

Wichtige Strukturen zur Beurteilung einer Hernie im Ösophagogramm sind der A-Ring, eine muskuläre Verengung während des Schluckaktes in Höhe des UÖSs, und der B-Ring, die sogenannte Z-Linie. Ein B-Ring mit einem Durchmesser von weniger als 13 mm wird als Schatzki Ring definiert. Damit die Position dieser Strukturen beurteilt werden kann, muss der Ösophagus erweitert und der ösophagogastrale Übergang verkürzt und verlagert [13].

Nicht alle Strukturen sind im Ösophagogramm zu sehen. Bsp: Der B-Ring kommt nur bis zu 15% in der Normalbevölkerung vor. Dementsprechend ändert sich auch abhängig davon das diagnostische Kriterium. Bei einem sichtbaren B-Ring wird die Diagnose einer axialen Hiatushernie bei einer Separation zwischen der Z-Linie (B-Ring) und dem Hiatus diaphragmaticus von mehr als 2 cm gestellt. Falls der A-Ring sichtbar ist, ist das diagnostische Kriterium die Herniation der Magenfalten durch den Hiatus [13].

Eine Separation von weniger als 2 cm wird aufgrund der Schluckaktivität und der damit verbundenen Herniation des ÖGÜs häufig als physiologische Hernie bezeichnet. Die Bestimmung der Herniengröße kann durch die Schluckaktivität während der Untersuchung beeinflusst werden. Je nachdem, ob die Bildaufnahme am Anfang oder am Ende der Schluckaktivität erfolgt, kann eine Größendiskrepanz von 1 cm vorliegen.

Aufgrund der dynamischen Struktur des ösophagogastralen Übergangs, der Subjektivität der Untersuchung, eines fehlendes Standardprotokolls kann die Diagnose einer axialen Hiatushernie von weniger als 3 cm nicht zuverlässig gestellt werden [13] [28].

4. Röntgen-Untersuchung

Die Röntgen-Thorax Untersuchung ist nicht die Hauptuntersuchungsmethode zur Darstellung von axialen Hiatushernien. Häufig werden Hiatushernien als Zufallsbefund festgestellt. Dabei ist eine Luftblase oder ein Luft-Flüssigkeitsspiegel oberhalb des Zwerchfells ein Hinweis auf eine Hernie. Der Nachteil dieser Untersuchung ist die eingeschränkte Differenzierung zwischen axialer Hiatushernie und paraösophagealer Hernie [14] [28].

5. Computertomographie/Magnetresonanztomographie

Ein Computertomogramm/Magnetresonanztomogramm des Thorax kann präoperativ zur besseren Beurteilung der Hiatushernie sowie des Hiatus oesophageus durchgeführt werden. Es ist keine Standard-Untersuchung zur Diagnosestellung [27].

2.5 Chicago Klassifikation

Die Chicago Klassifikation ist ein standardisierter Algorithmus zur Interpretation der hochauflösenden Impedanz-Manometrie. Diese wurde zum ersten Mal während der Digestive Disease Week in San Diego 2007 entwickelt. Seitdem sind mehrere Versionen ins Leben gerufen, die die Diagnosestellung der ösophagealen Motilitätsstörungen weiter definiert und begrenzt hat. Im Januar 2021 wurde die CC Version 4.0 veröffentlicht [16]. (Abb. 2.7)

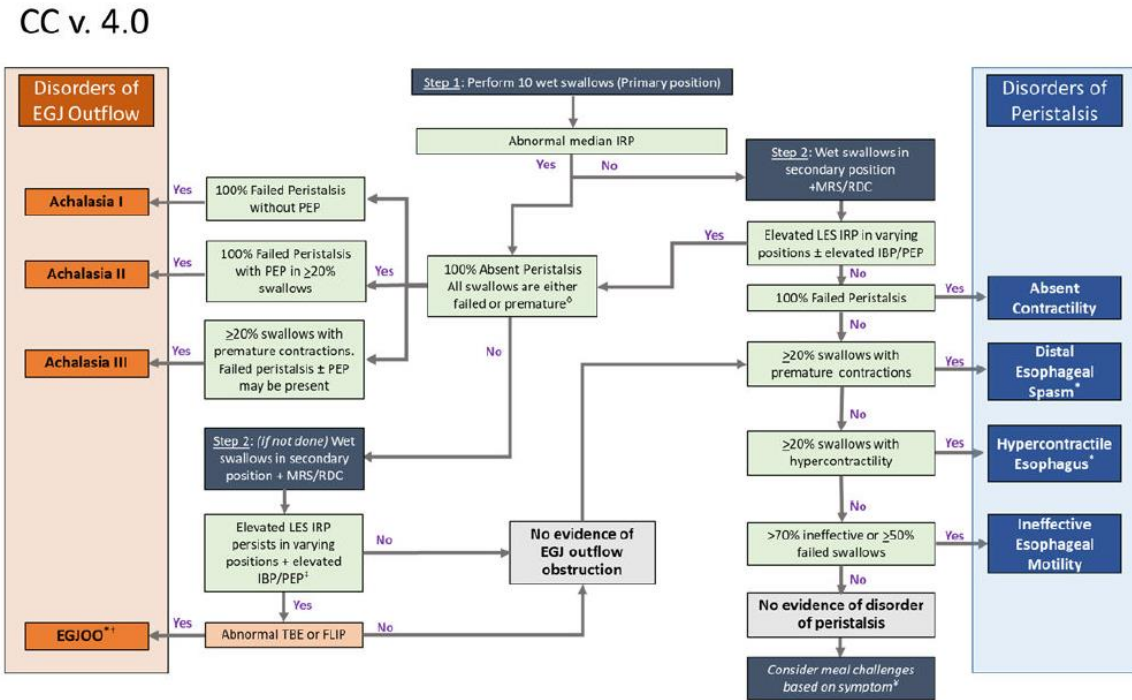


Abbildung 2.7: Fließdiagramm der Chicago Klassifikation Version 4.0 [16]

HRIM-Parameter wie: die distale Latenz (DL), das distale kontraktile Integral (DCI) sowie der integrierte Relaxationsdruck (IRP) sind die Grundparameter, die in der Chicago Klassifikation zur Interpretation und Diagnosestellung verwendet werden.

Die neue Version hat das Standardprotokoll der Untersuchung mit einer sekundären Position sowie Provokationstests (mRS, RDC, STM, pharmakologisch) erweitert und damit die Diagnosestellung verfeinert.

Provokationstests wie multiple schnelle Schlucke (mRS) oder solider Bolustest (STM) können bei der Einschränkung der Diagnose Ineffektive ösophageale Motilität (IEM) helfen, währenddessen ein schneller Trinktest (RDC) schon Hinweise auf eine latente Obstruktion liefert.

Es ist zudem wichtig, dass gewisse manometrische Diagnosen nur dann relevant sind, wenn eine klinische Symptomatik besteht und weitere Hinweise durch andere Untersuchungsmethoden wie Ösophagographie oder Endoskopie erhoben worden sind [16] [56].

In der CCv.4.0 werden die Motilitätsstörungen in zwei Kategorien: Störung der Peristaltik und Störung der EGJ- Outflow (Ausfluss) eingeteilt.

Störung der Peristaltik beinhaltet:

1. Ineffektive ösophagiale Motilität: $\geq 70\%$ ineffektive Peristaltik oder $> 50\%$ fehlgeschlagene Peristaltik. Die fragmentierte Peristaltik ist keine eigene Diagnose in der CCv4.0 und fließt in die Definition der IEM mit ein. Ein EGJOO (Esophagogastric junction outflow obstruction) muss vorher ausgeschlossen werden.
2. Fehlende Peristaltik: Bei einem normalen IRP in liegender und sitzender Position und 100% fehlende Peristaltik und $DCI < 100 \text{ mmHg} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}$
3. Hyperkontraktilität: Bei einem $DCI > 800 \text{ mmHg} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}$
4. Distaler Ösophagusspasmus: Bei einer $DL < 4,5 \text{ s}$ und $DCI > 450 \text{ mmHg} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}$

Störung der EGJ-Outflow beinhaltet:

1. Achalasie Typ I-III: Eine Erhöhung des IRPs ($> 15 \text{ mmHg}$) nur in der primären Position sowie eine 100% fehlende Peristaltik in dieser Position mit fehlgeschlagenen oder vorzeitigen Kontraktionen.
2. EGJOO: Eine Erhöhung des IRPs in der primären ($> 15 \text{ mmHg}$) sowie in der sekundären ($> 12 \text{ mmHg}$) Position sowie ein erhöhter IBP bei $> 20\%$ der Schluckakten. Eine EGJOO-Diagnose sollte durch andere Untersuchungsmethoden bestätigt werden [16].

Vor allem EGJOO (Esophagogastric junction outflow obstruction), DES (Distaler Ösophagusspasmus) und Hyperkontraktilität sind manometrische Diagnosen, die zumindest eine klinische Symptomatik verlangen, damit sie als klinisch relevant definiert werden können.

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Im Rahmen einer diagnostizierenden Untersuchung in der Sprechstunde obere Gastrointestinaltrakt (OGT) im Ösophagus Labor der Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie der Universitätsklinik Mainz sind 94 Patienten in dieser retrospektiven-prospektiven Kohortenstudie eingeschlossen worden. Die geplante Untersuchung wurde bei einer entsprechenden Indikation: wie anhaltende nicht kardiale Schmerzen, Dysphagie, Refluxsymptomatik, Übelkeit/Erbrechen nach Mahlzeiten und Oberbauchschmerzen veranlasst und durchgeführt.

42,55% (40) der Patienten wurden im Zeitraum 10/2014- 03/2019 retrospektiv anhand Ihrer Diagnose in der Studie eingeschlossen und 57,45% (54) der Patienten sind im Zeitraum 03/2019-08/2021 prospektiv rekrutiert worden. Zusätzlich zu unserer Kohorte wurde eine Kontrollgruppe/Referenzgruppe von 34 Probanden und gesunden Patienten erstellt. Die Patienten sind bei einer entsprechenden Indikation und Beschwerdesymptomatik sowie Einwilligung zur Teilnahme an der Studie untersucht worden und die Probanden wurden ausführlich über die Untersuchung und über die möglichen Nebenwirkungen aufgeklärt. Die Patientendaten wurden pseudoanonymisiert gespeichert. Es gab keinen finanziellen Ausgleich für die Teilnahme an der Studie. Es erfolgte keine statistische Fallzahlplanung, weil in einer explorativen Studie für die Patientenkohorte das einzige Kriterium, die Diagnose axiale Hiatushernie in der HRIM-Untersuchung, erfüllt sein musste.

3.2 Zielpopulation

3.2.1 Datenbank High Resolution Impedanz Manometrie

Die Patienten, die retrospektiv in der Studie eingeschlossen wurden, sind über die Datenbank des Ösophagus-Funktions- Labors rekrutiert worden. Aus der Datenbank im MS Access 2013 sind 573 Patienten von Oktober 2014 bis März 2019 für unsere Kohorte anhand des wichtigsten Einschlusskriteriums, die Diagnose axiale Hiatushernie, ausgewählt. Diese Kohorte wurde mittels der weiteren Suche im Dokumentationssystem SAP von HRIM-Befunden, Arztberichten, OP-Berichten, Verlaufsberichten der Spezialsprechstunde "Obere GIT", radiologischen Befunden überprüft und anhand der Ausschlusskriterien aussortiert. Nach dieser Datenkontrolle sind 40 Patienten für die Studie selektiert worden. Die Dokumentation dieser Daten ist über Microsoft Excel erfolgt.

Die Daten der Patienten, die prospektiv nach der Studienplanung rekrutiert worden sind, wurden über Microsoft Excel dokumentiert. Dabei sind von März 2019 bis Oktober 2021 54 Patienten mit der Diagnose Hiatushernie in die Studie eingeschlossen.

Neben der Erstellung einer Datenbank mit Patienten, die eine diagnostizierte axiale Hiatushernie in der HRIM-Untersuchung zeigten, war ein zweiter Schwerpunkt dieser Arbeit der Vergleich der diagnostischen Wertigkeit zwischen High-Resolution-Impedanz Manometrie und Ösophagographie mit Kontrastmittelgabe. Es wurde eine zweite Tabelle mit denselben Patienten erstellt, die eine Röntgen-Breischluck-Untersuchung intern in der Klinik und Poliklinik für diagnostische und interventionelle Radiologie der Universitätsmedizin Mainz oder extern bekommen haben. Dazu wurde eine systematische Abfrage im Dokumentationssystem SAP durchgeführt, bei der nach der Diagnose axiale Hiatushernie in der Untersuchung Ösophaguographie mit Kontrastmittelgabe in einem engen Zeitraum mit der Referenzuntersuchung HRIM gesucht wurde.

Von 94 Patienten in unserer Kohorte zeigten 88 Patienten eine zusätzliche Ösophagusbreischluck-Untersuchung mit Kontrastmittelgabe. 12 Patienten von 88 zeigten eine unvollständige Untersuchung, damit diese ausgeschlossen wurden. Bei 4 von 76 Patienten wurde die Untersuchung in einem zeitlichen Unterschied von bis maximal 5 Monate

und bei 72 Patienten in einem zeitlichen Raum von weniger als 3 Monate. Für 72 Patienten erfolgte eine interne Untersuchung und für 4 Patienten eine externe Untersuchung.

Innerhalb der Referenzgruppe wurde eine interne Ösophagusbreischluck-Untersuchung für 22 symptomatische Patienten ohne axiale Hiatushernie durchgeführt. Diese Untersuchung erfolgte im Anschluss der HRIM-Untersuchung, zur weiteren Abklärung der Beschwerdesymptomatik, womit sich die Patienten initial in der Spezialsprechstunde des oberen Gastrointestinaltrakts der Universitätsmedizin Mainz vorgestellt haben. Es erfolgte keine Ösophagusbreischluck-Untersuchung für die 9 gesunden Probanden, die in der Studie eingeschlossen wurden.

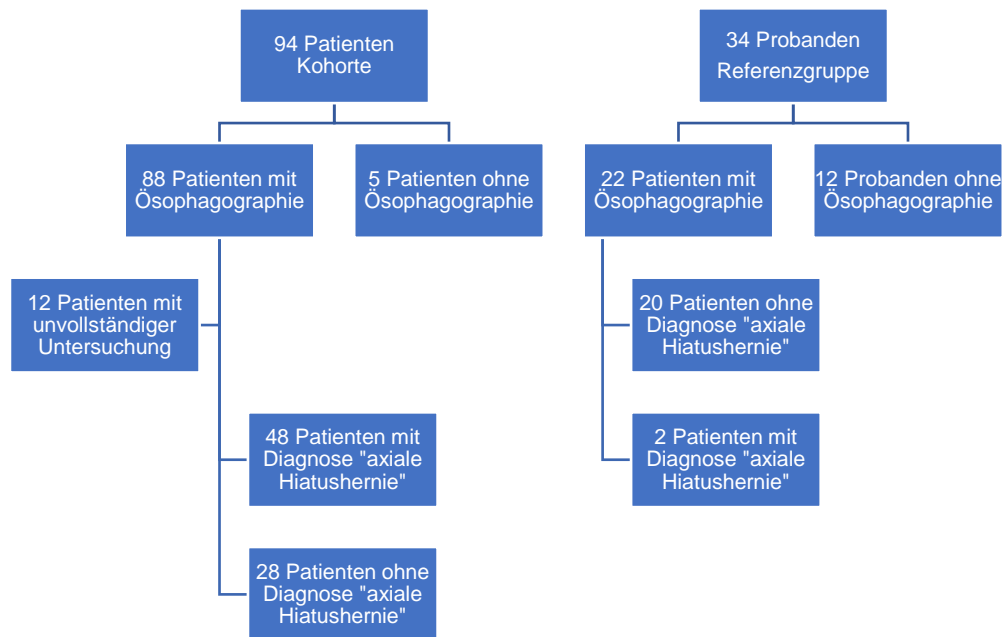


Abbildung 3.1: Fließdiagramm der Patientenkohorte und der Referenzgruppe bezüglich der Untersuchung Ösophagographie. Quelle: Eigene Darstellung

3.2.2 Einschlusskriterien

Die Hauptdiagnose axiale Hiatushernie, die mittels der HRIM diagnostiziert wurde.

Alter: >18 Jahre

Geschlecht: weiblich und männlich

3.2.3 Ausschlusskriterien

Laut der neuen Chicago-Klassifikation Version 4.0:

1-Obstruktionen des ösophagogastralen Übergangs (EGJ), wie Achalasie (Typ I-III) und Funktionelle Obstruktion im Bereich des ösophagogastralen Übergangs (EGJOO)

2-Störungen der Peristaltik wie ineffektive Motilität des tubulären Ösophagus, fehlende tubuläre Kontraktilität, diffuser Ösophagusspasmus, hyperkontraktiler Ösophagus

Große Hiatushernien, weil eine richtige Platzierung der manometrischen Sonde nicht sicherzustellen ist und dadurch die Ergebnisse fehlerhaft sind.

Rezidiv-Hiatushernie bei vorbehandelten Patienten entweder durch eine Hiatoplastik-Operation oder Intervention (Ballondilatation oder Botox-Injektion).

Ausgeprägte Formen der paraösophagealen Hernie wie: Upside-down-Magen (Hernation des Magens), die einen externen Druck auf den distalen Ösophagus ausüben und eine richtige Platzierung der Sonde beeinträchtigen.

Kollagenosen wie systemische Sklerose (Sklerodermie), systemischer Lupus erythematodes, Sjörger-Syndrom, Dermato-, Polymyositis, Antiphospholipidsyndrom [1]

Pseudoachalasie, Myasthenia gravis, Chagas-Krankheit [1]

Diagnose einer Hernie in anderen Untersuchungsmethoden wie Ösophaguspassage mit Kontrastmittelgabe, Ösophagogastroduodenoskopie aber nicht in HRIM.

Unvollständige Patientendaten

Technische Fehler wie: defekte Drucksensoren der Sonde, Sensorausfall der HRIM-Sonden, da eine korrekte Impedanzbestimmung ausfällt.

Fehlen der thermalen Kompensation am Ende der Untersuchung, weil eine richtige Auswertung der Untersuchung aufgrund Artefakte nicht mehr möglich ist [48].

Manometrische Untersuchung ohne Impedanz, da eine Beurteilung der Clearance für jeden Schluckakt nicht mehr möglich ist.

3.2.4 Abbruchkriterien

Entwicklung von Intoleranz gegenüber der Untersuchung durch Beschwerden wie Übelkeit, Erbrechen, Husten, Rausperzwang.

Starkes Fremdkörpergefühl bei der Platzierung der Sonde.

3.3 Messmethoden

3.3.1 Hochauflösende Impedanz-Manometrie (HRIM)

Die Manometrie erlaubt die Druckmessung in einem geschlossenen Lumen anhand eines Messgeräts. Diese Untersuchung wurde zur Messung der Druckverhältnisse im Ösophagus in Ruhe und während der Schluckaktivität verwendet. [1] Die hochauflösende Manometrie erlaubt anhand der Impedanz eine zusätzliche Beurteilung der Boluszusammensetzung und des Bolustransports. Insgesamt dient die HRIM der Diagnostik der Ösophagusmotilitätstörungen.

Die HRIM-Untersuchung wird heutzutage mit einem Solid-State-Katheter durchgeführt. Dieser Katheter (Abb. 3.2) in 35 cm Länge besteht aus 36 Drucksensoren und 16 Impedanzkanälen in 2 cm Abstand. Die Drucksensoren befinden sich in 1 bis 2 cm Abstand im tubulären Ösophagus und in ≤ 1 cm Abstand im Sphinkterbereich des Ösophagus. Der Messkatheter kann anhand seiner zirkumferenziellen Mikrotransducern den intraösophagealen Druck in 12 verschiedenen Richtungen messen und daraus den Mittelwert bestimmen. Die Software kann dann diese Messungen in ein analoges elektrisches Signal umsetzen [37-38]. Die HRIM erlaubt eine kontinuierliche Aufnahme der Druckverhältnisse sowie der Impedanz in der gesamten Speiseröhre [38].

Die Impedanz wird als ein Wechselstromwiderstand definiert, der zwischen zwei benachbarten Elektroden beziehungsweise Impedanzkanälen gemessen wird. Es zeigt ein umgekehrt proportionales Verhältnis zur Stromleitfähigkeit. Luft zeigt die höchste Impedanz (niedrigste Leitfähigkeit), währenddessen Flüssigkeit aufgrund der hohen Ionenkonzentration die niedrigste Impedanz aufweist. Die Impedanzbestimmung erlaubt die Beurteilung des Bolustransports und der Boluszusammensetzung und seiner Geschwindigkeit. Beim Boluseingang sinkt die Impedanz mindestens 50% unterhalb der Baseline und beim Bolusausgang nimmt seinen Normwert wieder auf. Dadurch kann man einen vollständigen Bolustransport durch einen erfolgreichen Boluseingang und-ausgang definieren. Ein inkompletter und somit ineffektiver Bolustransport wird durch fehlende Impedanzänderung von

mindestens 50% unter dem Normwert sowie eine fehlende Wiederaufnahme des Normwertes definiert [19-20] [28].

Im raumzeitlichen Modus werden die gesamten Daten der EPT als kontinuierliche Variablen der Zeit und Lokalisation jeweils in die x- und y-Achse dargestellt. Die abgeleiteten Druckverhältnisse werden durch die Software durch Farbkonturen umkodiert und als Clouse Plots (EPT) im raumzeitlichen Modus dargestellt. Die Colour Plots zeigen die gesamten Druckverhältnisse entlang der Speiseröhre, hohe Druckverhältnisse werden durch warme Farben und niedrige Druckverhältnisse durch helle Farben dargestellt.

Im gleichen Modus wurden die oberen und unteren Grenzen des UÖS mit einem isobaren Kontur-Tool bestimmt, der ein Druckbereich von ≥ 2 mmHg über dem gastrischen Druck definiert. Die Isobaren sind Drucklinien, die Areale mit denselben Druckverhältnissen in Colour Contour Plots abgrenzen [1] [43].

Indikation für die Durchführung der HRIM ist die Abklärung der nicht obstruktiven Dysphagie, der nicht kardialen Schmerzen, der Abklärung der Refluxkrankheit (GERD), der Diagnostik von Achalasie, der Lokalisation des UÖS vor der 24h-pH-Metrie sowie als präoperative Diagnostik zur Beurteilung des ÖGÜs vor einer Anti-Reflux-Operation [1] [38].



Abbildung 3.2: 36-Kanal-Solid-State-Katheter für die HRIM-Untersuchung.

Quelle: Eigene Darstellung

3.3.2 Ösophagographie

Der Ösophagusbreischluck oder die Ösophagographie wird protokollgemäß in stehender Position sowie in Kopftieflage mit Provokationsmanövern durchgeführt, um die Sensitivität der Diagnostik zu erhöhen. Die Untersuchung kann entweder mit Flüssigkeit (Gastrografin) oder mit verflüssigtem beziehungsweise suspendiertem Bariumsulfat durchgeführt werden. Patienten werden im Stehen und in seitlicher Position (Rechts-/Linksseitenlage) gelagert. In dieser Lagerung erfolgt die Durchleuchtung des Ösophagus und des ÖGÜs und die Bilderaufnahme.

Danach werden die Patienten in der liegenden und seitlichen Position (Rechts-/Linksseitenlage) und ggf. in Kopftieflage gelagert und nach der Kontrastmittelgabe erfolgt eine Aufnahme des Ösophagus und v.a. des ösophagogastralen Übergangs [52-53]. In dieser Position unter Provokationsmanövern wie Valsalva-Manöver erfolgt eine weitere Aufnahme.

Provokationsmanövern erhöhen den intraabdominellen Druck und führen zu einer Verlagerung der Kardie und damit einer Verdeutlichung kleiner Hiatushernien [13] [53]. Der Nachteil dieser Untersuchung ist ein fehlendes einheitliches Standardprotokoll, eine subjektive Befundung sowie eine Strahlenbelastung [13] [54].

3.4 Untersuchungsablauf

3.4.1 Vorbereitung

Vor der Untersuchung werden die Patienten von den ärztlichen Mitarbeitern ausführlich über die vorstehende Untersuchung, über die typischen Risiken und die möglichen Komplikationen (Epistaxis, Emesis, Verletzung des Gastrointestinaltraktes, Heiserkeit, Schmerzen) aufgeklärt und ihre Einwilligung für die Untersuchung schriftlich eingeholt.

Danach erfolgt die Befragung der aktuellen Beschwerden (GERD-HRQL& Foregut Questionnaire), des nüchternen Zustandes, der Vorerkrankungen, der Allergianamnese, der Medikamentenanamnese und der bisherigen Interventionen beziehungsweise Operationen.

Es wurde mit den Patienten bei der Terminvereinbarung kommuniziert, dass eine Nüchternheit von mind. 6 Stunden für feste Nahrung und mind. 2 Stunden für Flüssigkeiten für die Untersuchung eingehalten werden sollte. Bei Krankheiten wie Achalasie sollte eine Nüchternheit von 12 Stunden eingehalten werden. Der nüchterne Zustand spielt eine wichtige Rolle, weil die Normwerte der Ösophagusmanometrie nüchtern erhoben werden, sowie eine Emesis ggf. Aspiration während der Platzierung des Katheters verhindert werden kann. Allergien gegen bestimmte lokale Betäubungsmittel wie Lidocain, Xylocain und sonstige Na⁺-Kanal-Blocker sollen erfasst werden, da die Untersuchung unter Betäubung der Nasenschleimhaut und des Oropharynx durchgeführt wird.

Es ist zudem wichtig bestimmte Medikamente wie: Prokinetika, Antiemetika, Nitrate, Kalziumantagonisten, Opiate, Spasmolytika, Theophyllin, die die Untersuchungsergebnisse beeinflussen können, mindestens 48 Stunden vorher zu pausieren [1]. Andere Medikamente wie Protonen-Pumpen-Inhibitoren oder H₂-Antagonisten sollten mindestens 10 Tage vorher pausiert werden [6].

3.4.2 Untersuchungsmaterialien

Wichtige Materialien (Abb. 3.3) zur Durchführung der Untersuchung sind: Xylocain ® Pumpspray (1), Xylocain ® Gel 2% (2), 100mL verdünnte 0,9% NaCl-Lösung (4) in Raumtemperatur, 100mL Spritze (3), Nierenschale (6), Pflasterstreifen zur Katheterfixation am Naseneingang (7), Solid-State-Katheter (8), ManoView-Software sowie eine Registriereinheit. Es wird eine 0,9% NaCl-Lösung verwendet, damit man aufgrund der hohen Ionenkonzentration einen höheren Impedanzkontrast zur Ösophaguswand herstellen kann [1]. Nachdem alle nötigen Materialien vorbereitet sind, werden die Patientendaten in das Motility Visualization System v 2.1 Programm eingegeben.

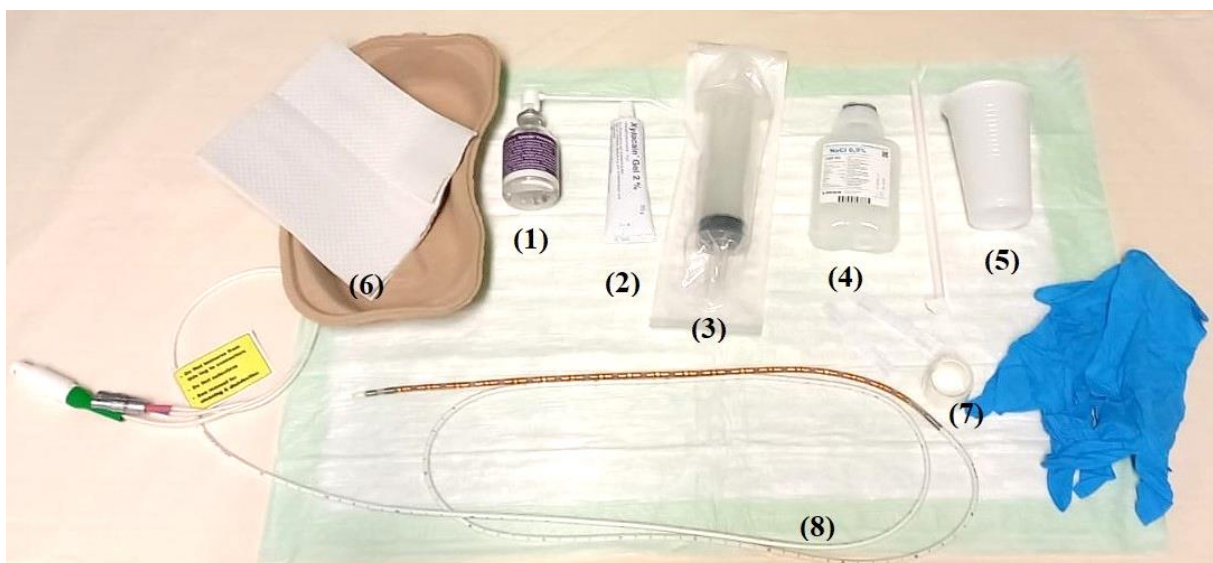


Abbildung 3.3: Untersuchungsmaterialien für die hochauflösende Impedanz-Manometrie. Quelle: Eigene Darstellung

3.4.3 Durchführung

Die Untersuchungsdurchführung erfolgte von den Doktoranden der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie unter ärztlicher Betreuung.

Es erfolgt zunächst eine Kalibrierung des Messkatheters bis zu 300 mmHg [37]. In aufrechter Position wird der Oropharynx mittels 2 Hüben von 50 mL Lösung Xylocain® Pumpspray und die Nasenschleimhaut beim Einführen des Katheters mit Xylocain® Gel 2% betäubt.

Der Katheter wird transnasal bis in den Oropharynx vorgeschoben, danach wird durch gleichzeitige Deglutition von Wasser und durch eine aktive Bewegung des Kinns in Richtung Brust transösophageal bis in den Magen vorgeschoben. Die Kopfbeugung führt den Katheter in Richtung UÖS und der Schluckvorgang hilft für ein reibungsloses Einführen des Katheters. 1 Drucksensor des Messkatheters muss oberhalb des oberen Ösophagussphinkters im Rachenbereich und mindestens drei Drucksensoren müssen unterhalb des unteren Ösophagussphinkters intragastral platziert werden, damit eine richtige Aufnahme des intragastralen Druckes erfolgen kann. Der gastrale Basisdruck dient wiederum als Referenz für die Beurteilung der Messparameter in HRIM [38].

Die richtige Platzierung des Katheters erfolgt mittels Überprüfung der Aufnahme der Hochdruckzonen für den oberen und unteren Ösophagussphinkter sowie der Kontur des Zwerchfells bei Inspiration und Expiration in ManoView. Bei korrekter Lage wird der Messkatheter fixiert, damit es zu keiner Verlagerung des Katheters während der Untersuchung kommt. Bevor mit der Aufnahme der Untersuchung begonnen wird, soll man eine Zeit von 5 Minuten einräumen, um den Patienten die Gewöhnung an die Sonde zu erlauben [38].

Nach dem Standard-Protokoll erfolgt die Untersuchung in zwei Positionen, in 30° Rückenlage und in 90° aufrechter sitzender Position. In Rückenlage wird eine Ruhephase ohne Schluckaktivität für 30s aufgenommen, um die anatomischen Referenzpunkte wie ÖGÜ, OÖS, UÖS sowie wichtige Parameter wie der integrierte Relaxationsdruck, der basale UÖS-Druck und PIP/RIP zu erkennen und bestimmen.

Nach der Baseline erfolgt das Protokoll von insgesamt zehn Schluckakten mit 5mL verdünnter 0,9% NaCl-Lösung in Raumtemperatur [38]. Anhand der Schluckakten kann die Relaxationsfähigkeit des UÖS sowie die tubuläre Peristaltik beurteilt werden. Es ist wichtig, einen zeitlichen Abstand von 20-30s zwischen den einzelnen Schluckakten einzuhalten [1].

Nach dem Positionswechsel ist wichtig eine Gewöhnungsphase von mindestens 60 Sekunden in der sekundären Position einzuhalten. Nach dem Standard-Protokoll wird die Untersuchung mit der Ruhephase und den zehn Schluckakten von 5mL verdünnter 0,9%NaCl-Lösung durchgeführt. Als letzter Versuch gilt die multiple schnelle Schlucke (mRS). Dabei werden die Patienten 5 Schluckakten von 2mL ohne Zwischenpausen insgesamt drei Mal wiederholen [37-38].

Nach der vollständigen Aufnahme der Untersuchung wird der Messkatheter entfernt. Dabei ist es wichtig eine thermale Kompensation durchzuführen, indem man den Katheter ex-vivo in der Luft für einige Sekunden hängen lässt, die Drucksensoren nicht berührt und die Untersuchung weiterhin aufnimmt. Die thermale Kompensation ist für die richtige Interpretation der Parameter sowie zur Vermeidung von Artefakten wichtig [38].

Nach der Untersuchung erfolgt eine chemische Aufarbeitung des Katheters nach Empfehlung des Herstellers. Der Katheter wird für 10 Minuten mit der Lösung Bodetex® forte 1% gereinigt und mit der Lösung Korselex® Basic 4% 30 Minuten lang desinfiziert.

3.5 Messparameter der High Resolution Impedanz Manometrie

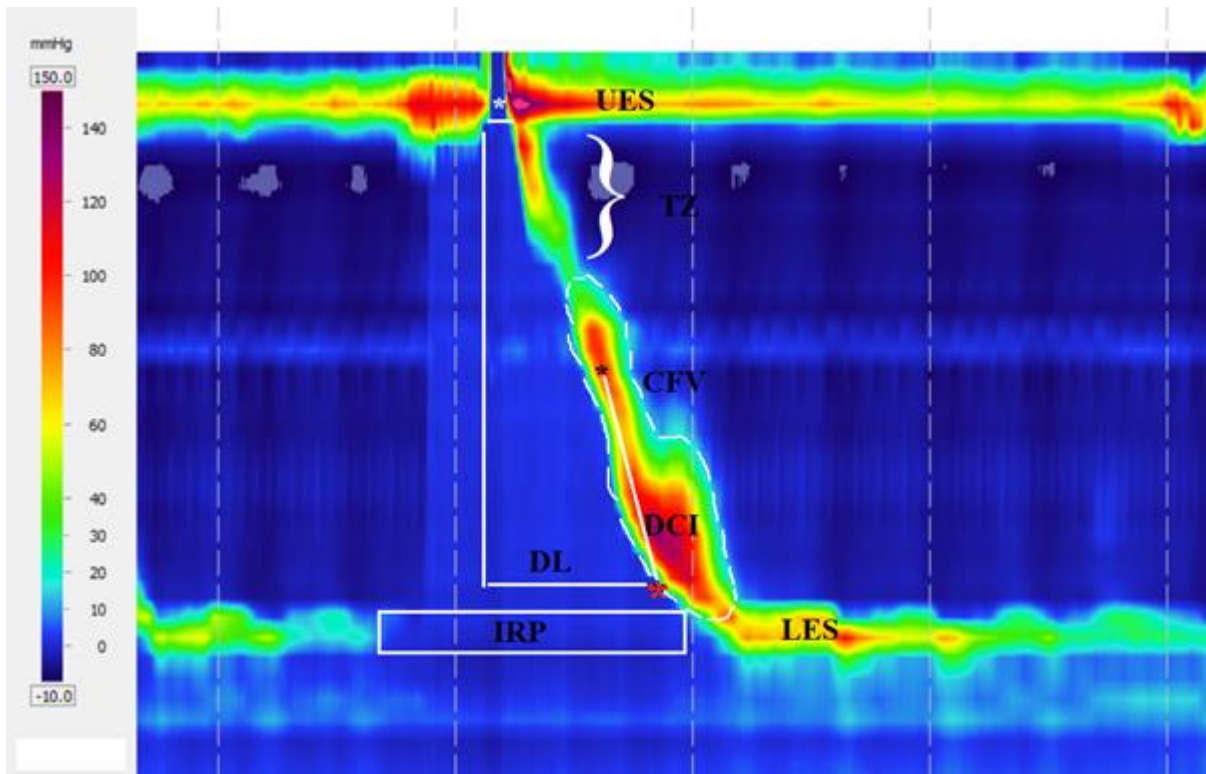


Abbildung 3.4: Normaler Schluckakt in der HRIM mit den wichtigsten Parametern eingezeichnet. Weißer Stern= Öffnung des UES, UES=oberer Ösophagusphinkter, TZ=Transitionszone, CFV=kontraktile Frontengeschwindigkeit, DCI= distales kontraktiles Integral, DL= distale Latenz, *= kontraktiver Dezelerationspunkt (CDP), IRP=integrierter Relaxationsdruck, LES= unterer Ösophagusphinkter.

Quelle: Eigene Darstellung

1. Der integrierte Relaxationsdruck (IRP)

Ab dem Beginn des Schluckaktes in einem Zeitraum von zehn Sekunden werden die niedrigsten Drücke des unteren Ösophagusphinkters bei maximaler Relaxation von der Software bestimmt und über vier Sekunden (eSleeve) gemittelt. Aus den zehn Schluckakten wird der Medianwert des IRPs berechnet [1] [16].

Normwert: < 15 mmHg in liegender und < 12 mmHg in sitzender Position

Pathologisch: > 15 mmHg

2. Das distale kontraktile Integral

Ist die Kontraktionskraft des distalen Ösophagus. Dieser Parameter wird aus der Amplitude, Dauer und Länge der Kontraktion berechnet(mmHg*s*cm) [1] [16] [18].

Normwert: 450- 8000 mmHg*s*cm

Schwach: 100-450 mmHg*s*cm

Fehlgeschlagen: < 100 mmHg*s*cm

Hyperkontraktile: >8000 mmHg*s*cm

3. Die distale Latenz

Ist das Intervall zwischen dem Beginn des Schluckaktes und der Relaxation des oberen Ösophagussphinkters bis zum kontraktilem Dezelerationspunkt (CDP). Es ist ein Maß der zum Schluck dienenden Relaxation [1] [16].

Normwert: > 4,5 s

Pathologisch: < 4,5 s (spastische Kontraktion bei $DCI \geq 450 \text{ mmHg} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}$)

4. Der kontraktile Dezelerationspunkt (CDP)

Der Übergang des Bolus von der quergestreiften Muskulatur zur glatten Muskulatur des Ösophagus wird als Transitionszone bezeichnet, die mit einer erniedrigten Druckzone einhergeht. Die peristaltische Welle im tubulären Ösophagus schreitet mit einer Geschwindigkeit von 2-4 cm/s bis zum Knickpunkt voran, indem sich die Fortleitungsgeschwindigkeit beim Übergang zum unteren Ösophagussphinkter verlangsamt. Dieser Umwendepunkt wird als der kontraktile Dezelerationspunkt definiert. Der CDP befindet sich normalerweise in einem Abstand von 3 cm zur proximalen Grenze des unteren Ösophagussphinkters [1] [6] [16].

5. Die kontraktile Frontengeschwindigkeit (CFV)

Wird definiert als die Geschwindigkeit, womit sich die Kontraktion entlang des Ösophagus ausbreitet. In der HRIM wird die CFV als Neigung der tangentialen Linie zwischen der ösophagealen Kontraktion der proximalen glatten Muskulatur und dem CDP definiert. Die Signifikanz dieses Parameters ist bis jetzt unbekannt und wird in der Chicago Klassifikation für die Diagnose ösophagealer Pathologien nicht berücksichtigt. Eine spastische Kontraktion wird durch die distale Latenz und nicht durch die kontraktile Frontengeschwindigkeit definiert [15] [17] [22].

Normwert: < 9 cm/s

Pathologisch: > 9 cm/s (rapide Kontraktion)

6. Der ösophagogastrale Übergang (EGJ)

Der ösophagogastrale Übergang bildet sich aus dem unteren Ösophagussphinkter (LES) und dem Zwerchfell (CD). Anhand der Herniengröße erfolgt eine Klassifikation des EGJ Typs. Eine Separation zwischen dem LES und CD von weniger als 1 cm entspricht dem EGJ Typ I, eine Separation zwischen 1 und 2 cm entspricht dem EGJ Typ II und eine Separation von mehr als 2 cm entspricht dem EGJ Typ III [22] [24].

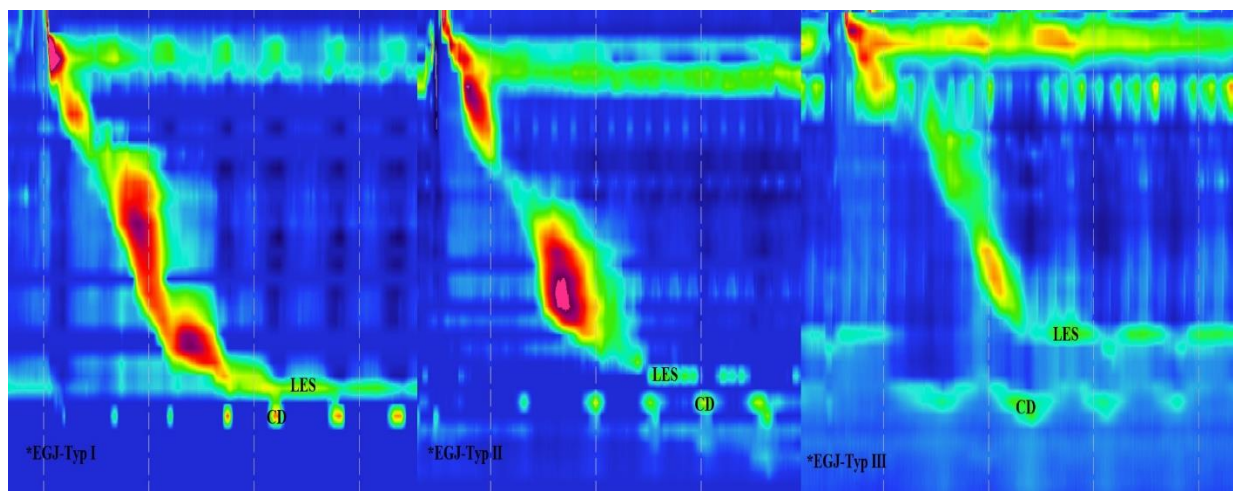


Abbildung 3.5: Darstellung der EGJ-Typ-Klassifikation in der hochauflösenden Impedanz-Manometrie. LES= unterer Ösophagusphinkter, CD=Crus diaphragmaticus. Von links nach rechts: EGJ Typ I, EGJ Typ II und EGJ Typ III.

Quelle: Eigene Darstellung

7. Proximale LES Grenze

Der untere Ösophagusphinkter wird mittels der ManoView-Software durch eine proximale und distale Grenze definiert. Der Abstand der proximalen Grenze von den Nares in cm ist ein Maß ohne einheitliche Normwerte, das aber von physiologischen und pathologischen Phänomenen des Ösophagus beeinflusst wird.

8. Pressure Inversion Point (PIP)

Der respiratorische Übergangspunkt wird als die Lokalisation entlang des ÖGÜs definiert, indem sich der inspiratorische ÖGÜ-Druck niedriger als der expiratorische ÖGÜ-Druck wird. Pressure Inversion Point (PIP) entspricht dem respiratorischen Übergangspunkt (RIP) im Umfeld des ösophagogastralen Übergangs. Anders wird der PIP als der Übergangspunkt von dem positiven, intraabdominellen Druckpunkt zum negativen, intrathorakalen Druckpunkt. Da der PIP von der Zwerchfellbewegung während der Atmung gebildet wird, hilft es die Lokalisation des Zwerchfells in der ManoView-Software zu definieren [16] [28].

Der Abstand des respiratorischen Übergangspunktes von den Nares (Nasenlöchern) in cm ist wiederum ein Maß, das bei vorliegenden Pathologien des unteren Ösophagusphinkters von der Norm abweicht.

9. Die LES-Länge

Der untere Ösophagusphinkter ist der distale Abschnitt des Ösophagus mit einer durchschnittlichen Länge von ca. 3 cm. Dieses Maß ist von der Körperposition, ösophagialen Peristaltik und der transienten LES Relaxation abhängig. Dies führt zu einer Verkürzung und einer Verlagerung aufgrund der Kontraktion der Längsmuskulatur [28-29]

Normwert: 2,7- 4,8 cm

10. Der basale LES-Druck

Der basale LES-Druck ist der mittlere Ruhedruck des unteren Ösophagusphinkters nach der Schluckaktivität und vor der Relaxationsphase. Dieser wird von der Inspirations- und Expirationsbewegung des Zwerchfells, von der LES-CD Separation, falls eine vorliegt, sowie von der Peristaltik beeinflusst. Es wird empfohlen, den basalen LES-Druck während der Ruhephase ohne Schluckaktivität zu bestimmen. Dieser Parameter spielt bis jetzt keine Rolle in der Chicago-Klassifikation. Ein erhöhter basaler LES-Druck definiert einen hypertensiven Sphinkter [1] [22].

Normwert: < 45 mmHg

Pathologisch: > 45 mmHg

11. Parameter der Bolusfunktionalität

Bei der Auswertung der Untersuchung in ManoView werden die Proportionen in % der fehlgeschlagenen, schwachen, ineffektiven, fragmentierten und intakten Schluckakten von den insgesamt zehn aufgenommen Schluckakten berechnet [16] [18].

-fehlgeschlagene Schluckaktivität: Kontraktion mit einem DCI < 100 mmHg*s*cm.

-schwache Schluckaktivität: Kontraktion mit einem DCI zwischen 100-450 mmHg*s*cm.

-fragmentierte Schluckaktivität: Unterbrechung in > 5 cm Länge der Peristaltik bei einem DCI < 450 mmHg*s*cm.

-ineffektive Schluckaktivität: schwache/fehlgeschlagene Peristaltik oder peristaltische Unterbrechung von > 5cm in Länge innerhalb der 20 mmHg Isobaren bei einem DCI > 450 mmHg*s*cm.

-intakte Schluckaktivität: keine der oben erwähnten Kriterien sind erfüllt.

12. Inkomplette Bolus Clearance

Die Bolus Clearance definiert den erfolgreichen Transport des Bolus von der Speiseröhre in den Magen. Manometrisch definiert sich die komplette Bolus Clearance durch den Boluseingang in die Speiseröhre als eine $\geq 50\%$ Senkung der Impedanz und durch die Clearance als $\geq 50\%$ Erhöhung der Impedanz in Bezug auf die Impedanz Baseline. Die inkomplette Bolus Clearance definiert sich durch den Boluseingang ohne erfolgreiche Bolus Clearance, die durch Impedanzänderung manometrisch aufgenommen werden konnte. Die Auswertung erfolgte für jeden einzelnen aufgenommenen Schluckakt. Dieser Parameter wird am Ende quantifiziert, um eine bessere Übersicht über den Bolustransport zu gewährleisten. Bei > 70% der Schluckakten mit kompletter Bolus Clearance wird der Bolustransport als normal und bei < 30% der Schluckakten mit kompletter Bolus Clearance als abnormaler Bolustransport definiert [19-20].

3.6 Auswertung der Untersuchung

Die manometrische Datenauswertung wurde mittels der Analysensoftware *Manoview*TM Version 3.3 (Given Scientific Instruments Inc, Los Angeles, CA, USA) von der Doktorandin und Verfasserin dieser Arbeit durchgeführt. Die Auswertungen der HRIM-Untersuchungen dieser Studie basieren sich auf die CC v4.0.

Für diese Arbeit waren nur die zehn Schluckakten in jeweils liegender und sitzender Position wichtig, sodass die mRS für die weitere Analyse nicht betrachtet wird. Es wurde für jede Position eine Analyse durchgeführt und eine Auswertungsdatei angelegt. Vor der Auswertung wird eine thermale Kompensation zur Vermeidung von Artefakten durchgeführt. 5-6 Sekunden vor dieser Aufnahme (siehe Durchführung) wird bei der Auswertung der Untersuchung die thermale Kompensation durchgeführt. Man beginnt die Auswertung mit der 30s Basisperiode (Landmark-ID), indem die LES Grenzen mittels Guidelines bestimmt werden und mittels PIP-Guideline das Zwerchfell (CD) markiert wird. Somit wird der EGJ definiert. Je nachdem ob eine Separation zwischen diesen beiden Strukturen vorliegt, kann man die Diagnose Hiatushernie stellen. Die EGJ-Separation wird in drei Typen eingeteilt: EGJ Typ I (Abstand von < 1cm), EGJ Typ II (Abstand 1-2cm), EGJ Typ III (Abstand von > 2cm). Die Richtlinie des intragastralen Druckes wird distal des unteren Ösophagusphinkters in einer Zone ohne Kontraktion mit dem niedrigsten Druck gesetzt.

Für jeden Schluckakt erfolgte eine manuelle Auswertung. Der kontraktile Dezelerationspunkt (CDP) wird manuell am Knick der peristaltischen Welle im Übergang zum unteren Ösophagusphinkter gesetzt. Automatisch daraus wird die distale Latenz (DL) berechnet. Die kontraktile Frontengeschwindigkeit (CFV) wird auch manuell bestimmt, indem man die Neigung der tangentialen Linie zwischen der proximalen glatten Muskulatur Ösophaguskontraktion und dem CDP richtet. Der Relaxionsdruck des UÖS (IRP) wird automatisch mittels 4s-eSleeve als Medianwert der zehn Schluckakten ermittelt. Das distale kontraktile Integral (DCI) der ösophagealen Kontraktion wird automatisch ermittelt. Letztlich wird die Bolusclearance mittels farbiger Markierung der Impedanz ermittelt. Bei einer angedeuteten Impedanz hinter der ösophagealen Kontraktion gilt die Bolusclearance als inkomplett.

Bei der Ausführung der Auswertung in *Manoview*TM erfolgt eine automatische Bearbeitung der zehn Schluckakten (fehlgeschlagenen, schwachen, intakten und fragmentieren) in jeder Position nach der Chicago Klassifikation unter Angabe der Werte in %. Dieser Auswertungsprozess wird für alle zehn Schluckakte in der liegenden und sitzenden Position wiederholt.

3.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit der SPSS Version 27 durchgeführt. Zusätzlich erfolgte eine Beratung für die statistische Auswertung durch das Institut für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik der Universitätsmedizin Mainz. Die statistische Auswertung wurde einzeln für die Patientenkohorte sowie für die Referenzgruppe durchgeführt. Unvollständige Patientendaten wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

Die Normalverteilung kann mittels SPSS graphisch oder analytisch überprüft werden. Für die analytische Über wurde anhand von SPSS der Kolmogorov-Smirnov-Test und der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Bei einem Signifikanzniveau $p < 0,05$, konnte die Nullhypothese (H_0), die Variable in der Grundgesamtheit sei normalverteilt, abgelehnt werden und die Alternativhypothese (H_1), die Variable in der Grundgesamtheit sei nicht normalverteilt beziehungsweise verteilungsfrei, angenommen werden. Damit wurden die Daten als nicht normalverteilt beziehungsweise verteilungsfrei interpretiert. Bei einem Signifikanzniveau $p > 0,05$ wurden die Daten als normalverteilt interpretiert.

Zu den beiden Tests wurde der Shapiro-Wilk-Test vorgezogen, da er eine größere Teststärke zeigt. Zusätzlich erfolgte die Überprüfung der Normalverteilung mithilfe von graphischen Darstellungen wie ein Histogramm mit einer Normalverteilungskurve und mithilfe der Berechnung der Schiefe. Darauf bezüglich wird der Quotient aus der Schiefe und dem Standardfehler der Schiefe berechnet, bei einem Wert in dem Intervall $[-1,96; 1,96]$ für eine Kohortengruppe von < 200 Patienten, wird die Normalverteilung bestätigt [2]. Für Werte außerhalb des Intervalls kann keine Normalverteilung bestätigt werden. Bei einem positiven Schiefe-Wert und einem Mittelwert $>$ Median liegt eine rechtsschiefe Verteilung, bei einem negativen Schiefe-Wert und einem Mittelwert $<$ Median liegt eine linksschiefe Verteilung [3]. Mittels eines Histogramms kann die Verteilung graphisch dargestellt werden und gegen oder für eine Normalverteilung entschieden werden. Die normalverteilten Daten werden durch den Mittelwert und deren Standardabweichungen beschrieben und die nicht normalverteilten Daten werden anhand des Medians und des Interquartilsabstandes (IQR).

Die normalverteilten abhängigen Variablen werden anhand des gepaarten t-Tests für abhängige Stichproben auf einen signifikanten Unterschied abhängig von der Körperposition untersucht. Die verteilungsfreien abhängigen Variablen werden anhand des Wilcoxon-Tests untersucht. Zusätzlich werden die Kohorte und die Referenzgruppe anhand des Mann-Whitney-U-Tests für verteilungsfreien, unabhängigen Stichproben miteinander verglichen, um eine signifikante Änderung abhängig von der Körperposition zu untersuchen. Parametrische Tests wie der t-Test für unabhängige Stichproben werden zum Vergleich von normalverteilten Parametern zwischen der Kohorte und der Referenzgruppe angewandt [3].

Der gerichtete Zusammenhang zwischen einer abhängigen Variabel und mehreren unabhängigen Variablen wird anhand einer multiplen linearen Regression durchgeführt. Voraussetzung dieser Regression ist eine normalverteilte abhängige Variable. Bei einer nicht vorliegenden Normalverteilung wird eine logarithmische Transformation durchgeführt, damit die Variable normalverteilt wird.

Um den Zusammenhang zwischen einer Zielvariable und einer unabhängigen Variabel zu untersuchen, kann man eine einfache Regressionsanalyse durchführen. Dabei werden Parameter wie das R-Quadrat, das korrigierte R-Quadrat bei multipler linearer Regression, die F-Statistik mit dem Signifikanzniveau sowie die Regressionskoeffizienten mit dem entsprechenden Standardfehler und Signifikanzniveau beurteilt. Ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ für die F-Statistik bestätigt, dass das Modell signifikante Ergebnisse liefert. Bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ für die Regressionskoeffizienten wird bestätigt, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen besteht. Für die Regressionsanalyse wird eine Regressionsgleichung formuliert [3].

Zur Beurteilung der diagnostischen Wertigkeit einer Untersuchung wird anhand der Vierfeldertafel, die Sensitivität, Spezifität sowie der positive und negative prädiktive Wert für

die primäre und sekundäre Position berechnet. Dabei wird ein anderes Untersuchungsverfahren als Vergleichsverfahren genommen.

Darüber hinaus wird der Wert der Übereinstimmung zwischen beiden Untersuchungsmethoden bestimmt, nämlich der Kappa-Koeffizient nach Cohen anhand SPSS berechnet. Der Kappa-Koeffizient nach Cohen wird berechnet, um eine Übereinstimmung zwischen zwei Untersuchungsverfahren, in den beiden Untersuchungsmodalitäten zu bestimmen. Ein Kappa-Wert von 0-0,2 spricht für eine schwache, 0,21-0,4 für eine mäßige/ausreichende, 0,41-0,60 für eine moderate, 0,61-0,80 für beträchtliche und 0,81-1,00 für eine fast perfekte Übereinstimmung. Zusätzlich wurde der McNemar Test durchgeführt, um beide Untersuchungsverfahren in jeder Position auf einen signifikanten Unterschied zu testen. Ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ bestätigt die Annahme auf einen signifikanten Unterschied [3].

4 Ergebnisse

4.1 Patientenkohorte

4.1.1 Einteilung nach dem Geschlecht

Es wurden insgesamt 94 (100%) Probanden im Alter von 22 bis 84 Jahren untersucht. In der Gesamtauswertung zeigt sich eine Einteilung nach dem Geschlecht wie folgendes: 50 (53,2%) Frauen und 44 (46,8%) Männer.

4.1.2 Einteilung nach dem EGJ-Typ

Die Auswertung für das Krankheitsbild axiale Hiatushernien erfolgt per Goldstandard in liegender Position. Die Einteilung erfolgt nach der Größe der axialen Hiatushernien in cm sowie nach dem EGJ-Typ. Die Verteilung nach der Häufigkeit für jeden EGJ-Typ (Abb.4.1) und abhängig vom Geschlecht (Abb.4.2) wird im Balkendiagramm dargestellt.

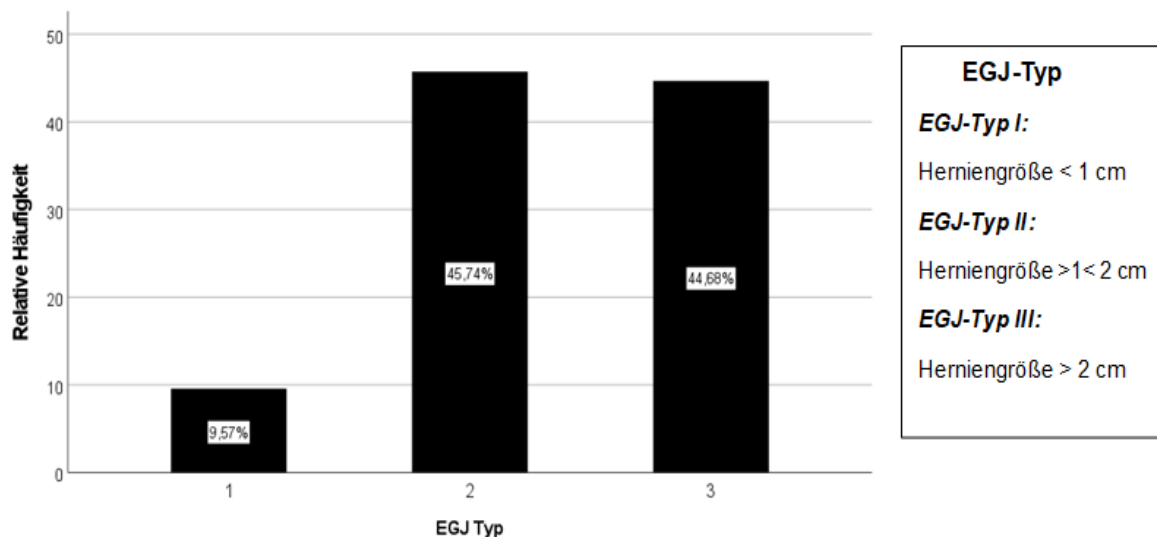


Abbildung 4.1: Balkendiagramm für die Einteilung der axialen Hiatushernie nach dem EGJ-Typ

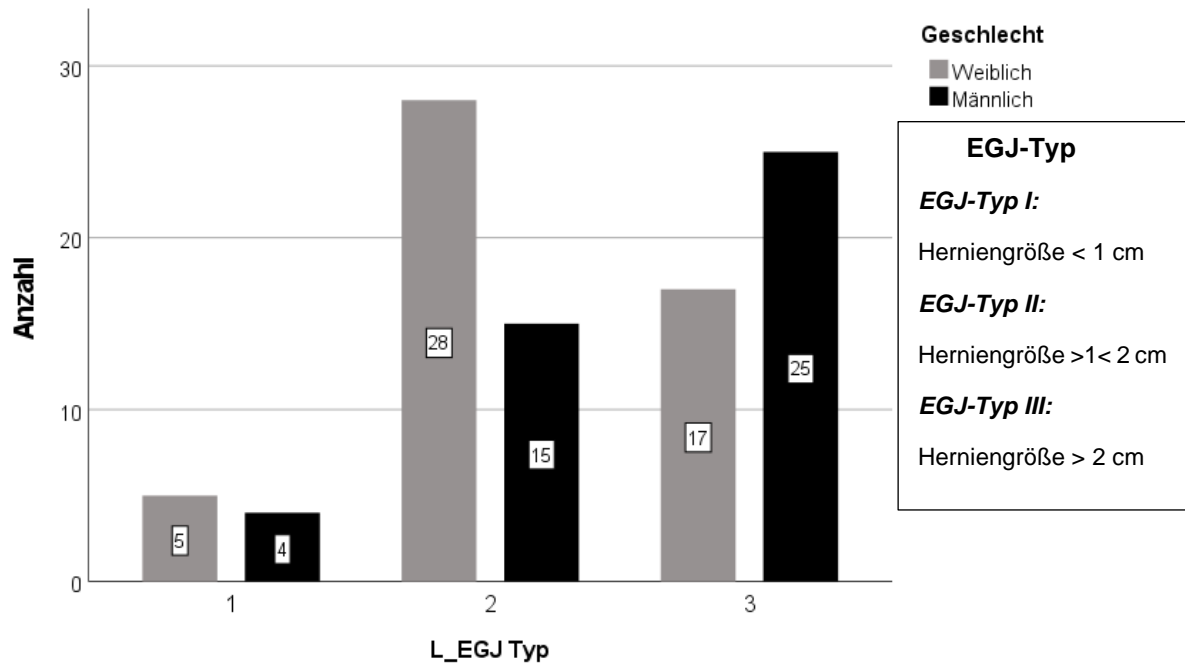


Abbildung 4.2: Balkendiagramm für die Einteilung nach dem EGJ-Typ in der L-Position abhängig vom Geschlecht

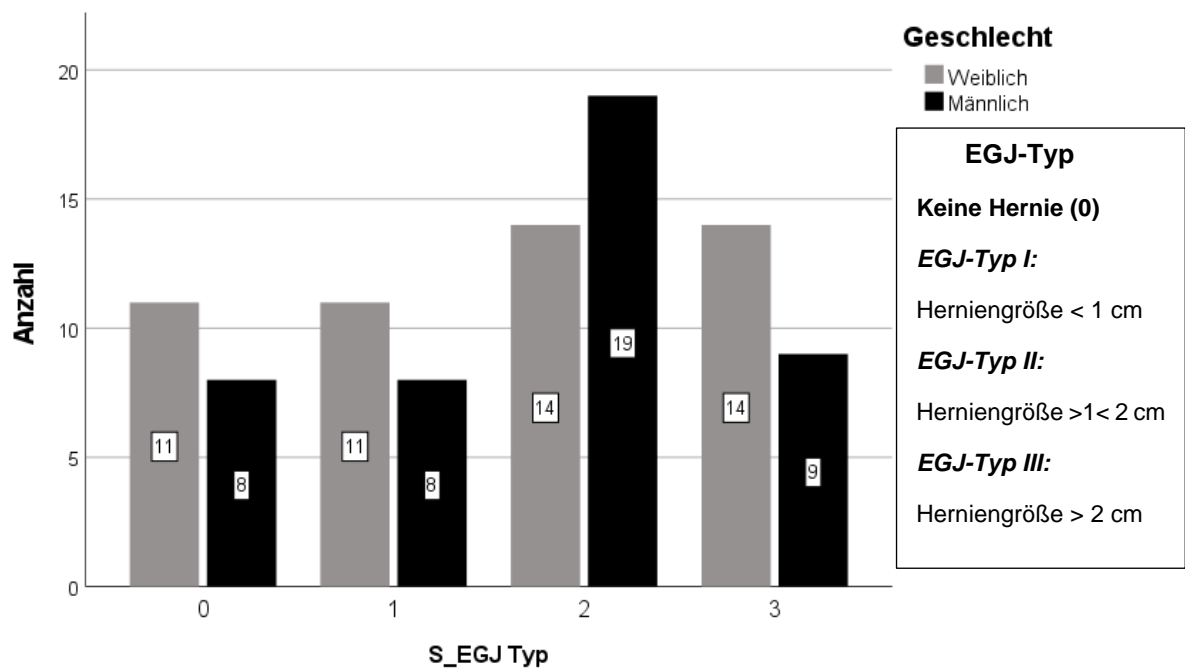


Abbildung 4.3: Balkendiagramm für die Einteilung nach dem EGJ-Typ in der S-Position abhängig vom Geschlecht

Kreuztabelle: L_EGJ Typ * S_-EGJ Typ

Anzahl

		S_EGJ Typ				Gesamt
		0	1	2	3	
L_EGJ Typ	1	4	5	0	0	9
	2	15	11	14	3	43
	3	0	3	19	20	42
Gesamt		19	19	30	23	94

Tabelle 4.1: Kreuztabelle EGJ-Typ Verteilung in der liegenden und sitzenden Position

Übereinstimmungsmaß für den EGJ-Typ zwischen zwei Körperpositionen

		Wert	Asymptotischer Standardfehler ^a	Näherungsweise Signifikanz
Maß der Übereinstimmung	Kappa	,177	,064	,002
Anzahl der gültigen Fälle		94		

a. Die Null-Hyphothese wird nicht angenommen.

Der Kappa-Koeffizient nach Cohen zeigt eine signifikante Übereinstimmung für den EGJ-Typ zwischen zwei Untersuchungsmodalitäten in der HRIM. Mit einem Wert von 0,177 zeigt sich eine schwache Übereinstimmung. Die Konkordanzrate zwischen beiden Positionen für den EGJ-Typ beträgt 41,49%.

4.1.3 Einteilung nach dem Alter

Der Gesamtmittelwert des Alters ist 58,27 Jahre. Der Mittelwert für die 50(53,2%) weiblichen Patienten ist 61,48 ±13,77 Jahre und für die 44(46,8%) männlichen Patienten 54,61±16,71 Jahre. Das Boxplotdiagramm zeigt eine Normalverteilung (Abb. 4.4).

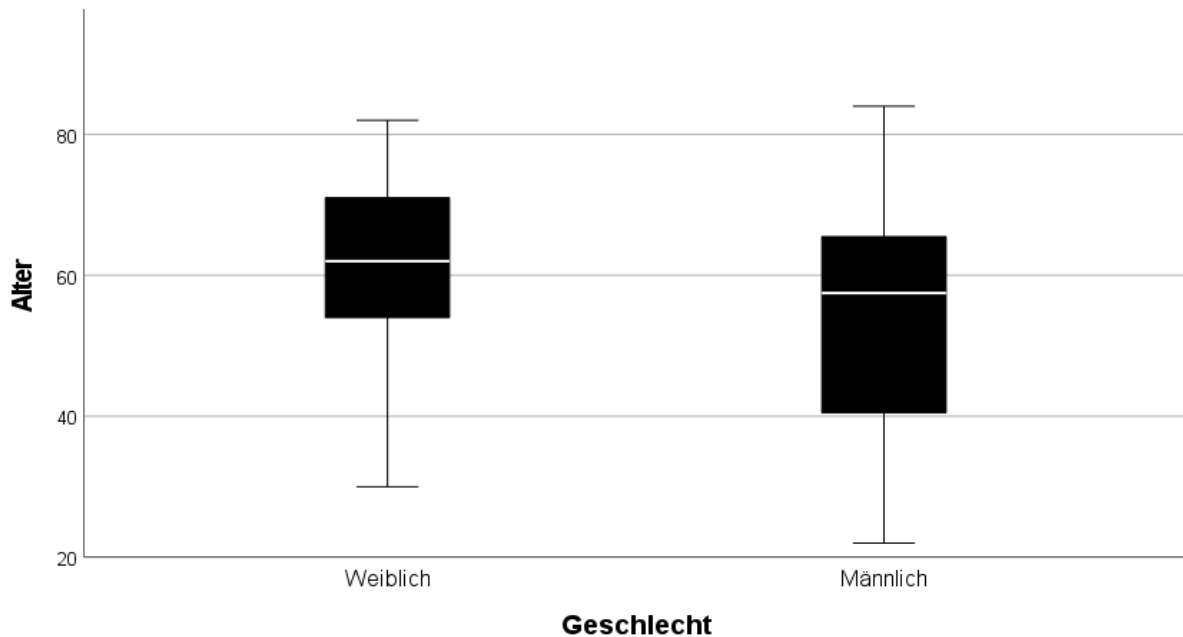


Abbildung 4.4: Boxplotdiagramm für die Alter-Verteilung nach dem Geschlecht

72,34% der Patienten mit der Diagnose „axiale Hiatushernie“ sind älter ≥ 50 Jahre, währenddessen 27,66% der Patienten sind jünger als 50 Jahre. (Tab.4.2)

Alter (Jahre)	Axiale Hiatushernie
	Anzahl (n)
< 50	26
≥ 50	68

Tabelle 4.2: Einteilung der Anzahl der axialen Hiatushernien nach dem Alter in der Kohorte

4.1.4 Einteilung nach dem BMI

Vor jeder Untersuchung im Ösophagus-Funktions-Labor mussten die Patienten einen Fragebogen (GERD-HRQL Foregut Symptom Questionnaire) ausfüllen und unter anderem folgende Basisparameter wie Körpergröße und Gewicht angeben. Aus diesen beiden Parametern wurde der Body-Mass-Index (BMI) für die gesamte Kohorte berechnet.

Laut der Einteilung der deutschen Gesellschaft für Adipositas, spricht ein BMI-Wert unter $18,5 \text{ kg/m}^2$ für Untergewicht, ein BMI-Wert zwischen $18,5\text{-}24,9 \text{ kg/m}^2$ für Normalgewicht und ein BMI-Wert zwischen $25\text{-}29,9 \text{ kg/m}^2$ für Übergewicht. Adipositas wird ab einem BMI-Wert von 30 kg/m^2 definiert. Dieser wird in Grad I ($30\text{-}34,9 \text{ kg/m}^2$), Grad II ($35\text{-}39,9 \text{ kg/m}^2$) und Grad III ($\geq 40 \text{ kg/m}^2$) eingeteilt [47].

Der Gesamtmittelwert für die Kohorte von 94 Patienten zeigt einen BMI-Wert von $27,57 \pm 5,05 \text{ kg/m}^2$. Die weibliche Untergruppe zeigt einen mittleren BMI-Wert von $27,50 \pm 5,56 \text{ kg/m}^2$ und die männliche Untergruppe zeigt einen mittleren BMI-Wert von $27,64 \pm 4,47 \text{ kg/m}^2$. Das Boxplotdiagramm zeigt eine Normalverteilung für den BMI-Parameter sowohl für die männlichen als auch für die weiblichen Patienten (Abb.4.5).

Die Patienten mit einem EGJ-Typ 1 nach dem Standardprotokoll (L-Position) zeigen einen BMI-Mittelwert von $25,22 \pm 4,14 \text{ kg/m}^2$, die Patienten mit einem EGJ-Typ 2 einen BMI-Mittelwert von $27,24 \pm 4,72 \text{ kg/m}^2$ und die Patienten mit einem EGJ-Typ 3 zeigen den höchsten BMI-Mittelwert der Kohorte, $28,40 \pm 5,45 \text{ kg/m}^2$.

Die Einteilung nach dem EGJ-Typ zeigt für den EGJ-Typ 3 eine Normalverteilung bezüglich des BMI-Parameters, währenddessen für den EGJ-Typ 1 eine rechtssteile Verteilung und für den EGJ-Typ 2 eine linkssteile Verteilung. (Abb. 4.6) Die rechtssteile Verteilung für den EGJ-Typ 1 zeigt eine junge Kohorte mit einer niedrigen Größe der axialen Hiatushernie. In der sekundären Position zeigen die Patienten mit einem EGJ-Typ 3 einen höheren BMI-Wert, $28,94 \pm 4,68 \text{ kg/m}^2$ und die Patienten ohne Hiatushernie, den niedrigsten BMI-Wert, $25,56 \pm 3,34 \text{ kg/m}^2$.

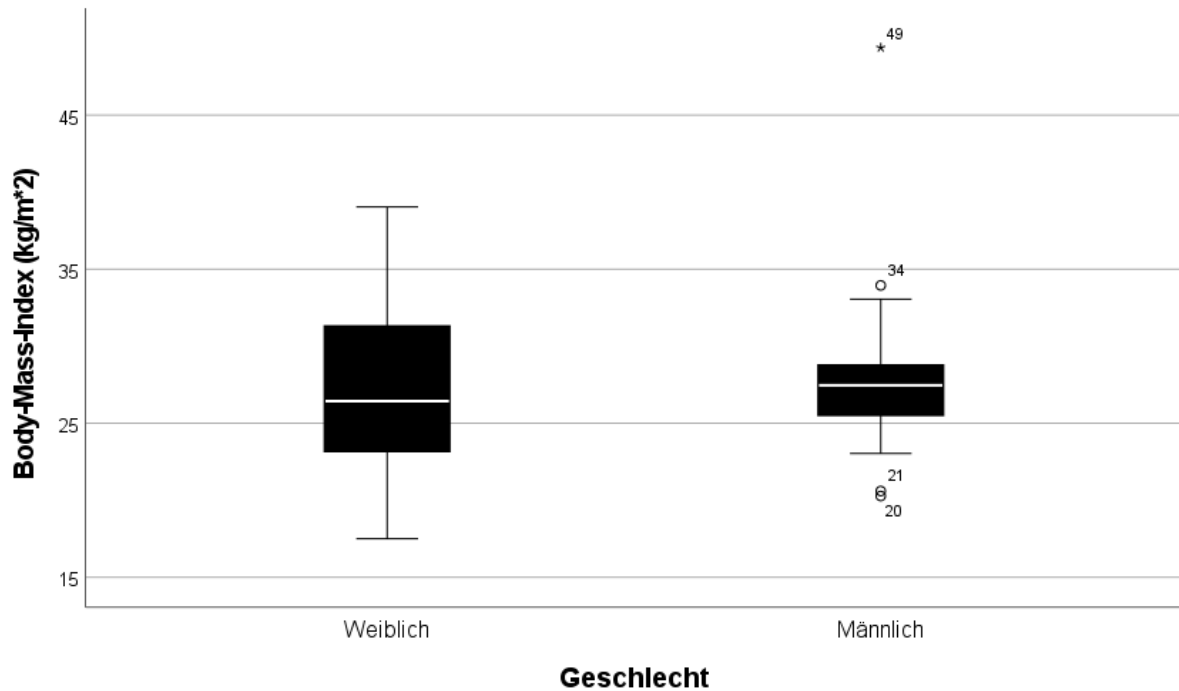


Abbildung 4.5: Boxplotdiagramm für die BMI-Verteilung nach dem Geschlecht

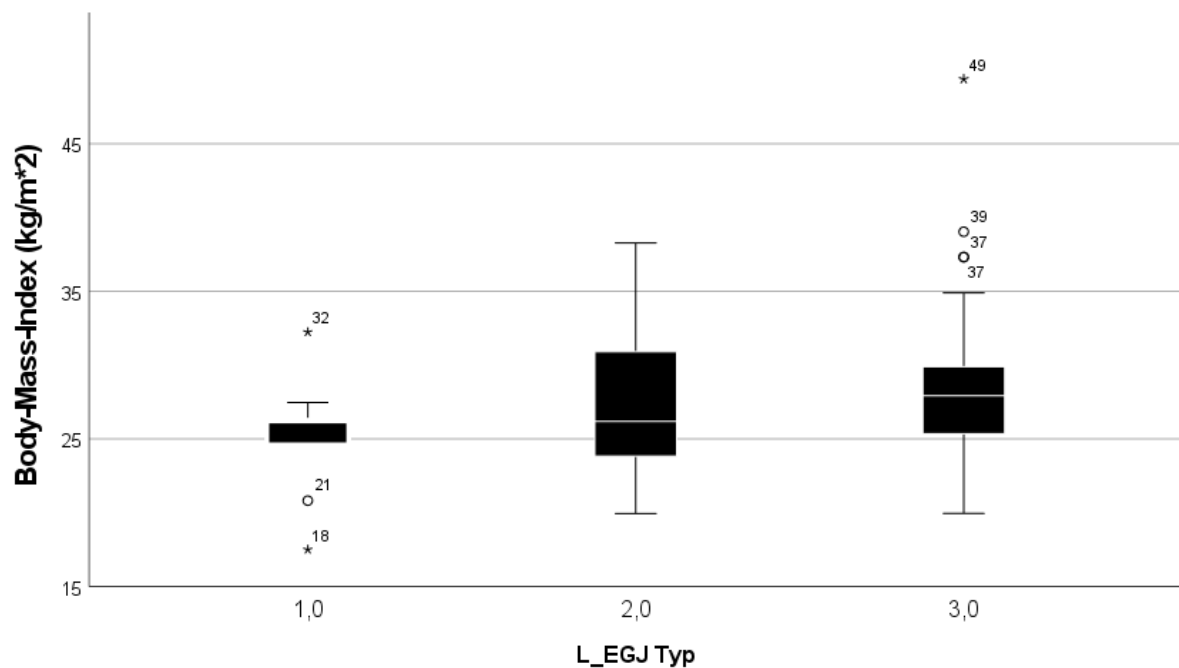


Abbildung 4.6: Boxplotdiagramm für die BMI-Verteilung nach dem EGJ-Typ in der L-Position

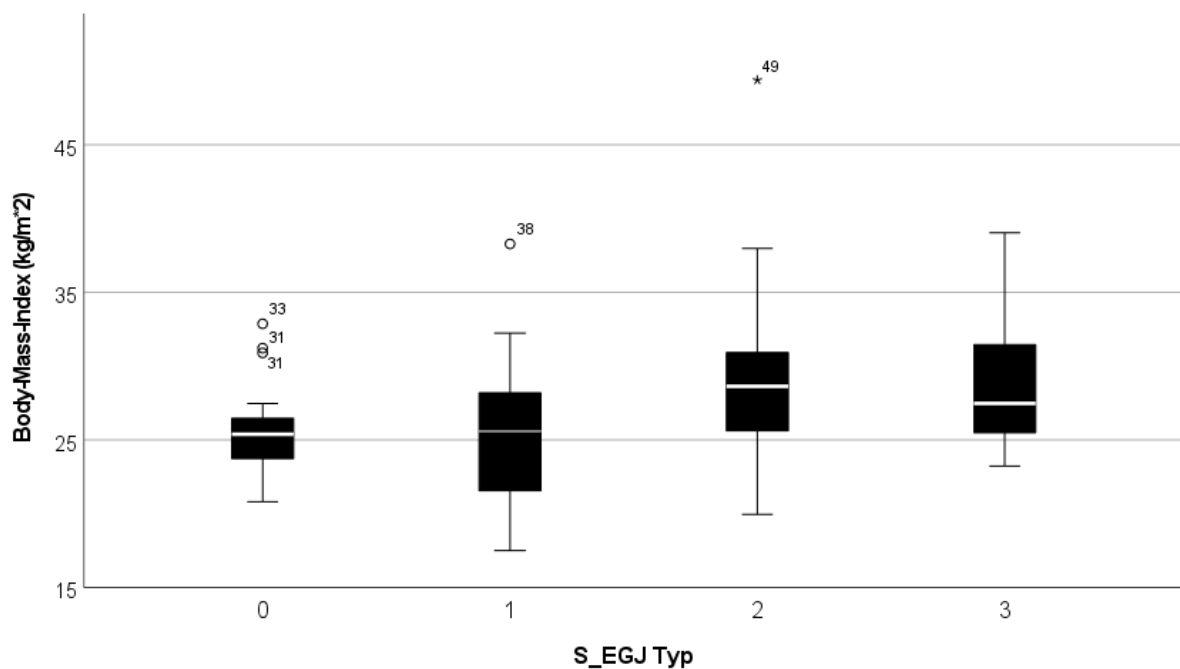


Abbildung 4.7: Boxplotdiagramm für die BMI-Verteilung nach dem EGJ-Typ in der S-Position

4.1.5 Auswertung des GERD HQRL Questionnaire

Vor jeder Untersuchung werden die aktuellen Beschwerden der Patienten, die in dem GERD HRQL Questionnaire aufgeführt sind, abgefragt. Nach dem Ausschluss von Patienten mit unvollständigen Daten im Fragebogen, wurden die Daten von 93 Patienten in der Kohorte ausgewertet.

Die häufigsten Symptome sind Sodbrennen (86%), Regurgitation (75,3%), Husten (46,2%), Aufstoßen (44,6%), Übelkeit (43,6%), Dysphagie (40,9%), Brustschmerzen (37,6%) und Oberbauchschmerzen (35,5%). Die Symptome wie: Odynophagie (3,2%), Heiserkeit (8,6%) und Blähung (14%) kommen seltener für Patienten mit axialen Hiatushernien vor.

4.2 Referenzgruppe

4.2.1 Einteilung nach dem Geschlecht

Zur Überprüfung der Ergebnisse wurde eine Kohorte aus 2 Untergruppen erstellt. Die erste Untergruppe besteht aus 9 gesunden asymptotischen Probanden und die zweite aus 25 symptomatischen Patienten ohne axiale Hiatushernie.

Insgesamt wurden 34 Probanden im Alter von 19 bis 70 Jahren untersucht. Davon sind 16(47%) männlich und 18 (53%) weiblich.

Referenzgruppe	
Geschlecht	Häufigkeit
Weiblich	18(53%)
Männlich	16(47%)

Tabelle 4.3: Die absolute und relative Häufigkeit nach dem Geschlecht in der Referenzgruppe

4.2.2 Einteilung nach dem Alter

Das durchschnittliche Alter für die Referenzgruppe ist 37,12 Jahre und somit jünger als die Patientenkohorte mit der Diagnose „axiale Hiatushernie, mit einem Wert von 57,94 Jahren. Der Mittelwert für die 18 (53%) Probandinnen ist 35,83 Jahre \pm 12,93 und für die 16 (47%) Probanden 38,56 Jahre \pm 13,05. 6 von 34 Probanden in der Referenzgruppe sind älter als 50 Jahre und 28 Probanden sind jünger als 50 Jahre (Tab.4.4). Das Boxplotdiagramm zeigt eine rechtssteile Verteilung für alle Probanden (Abb.4.8).

Referenzgruppe	
Alter (Jahre)	Anzahl (n)
<50	6
≥ 50	28

Tabelle 4.4: Einteilung der Anzahl der Probanden in der Referenzgruppe nach dem Alter

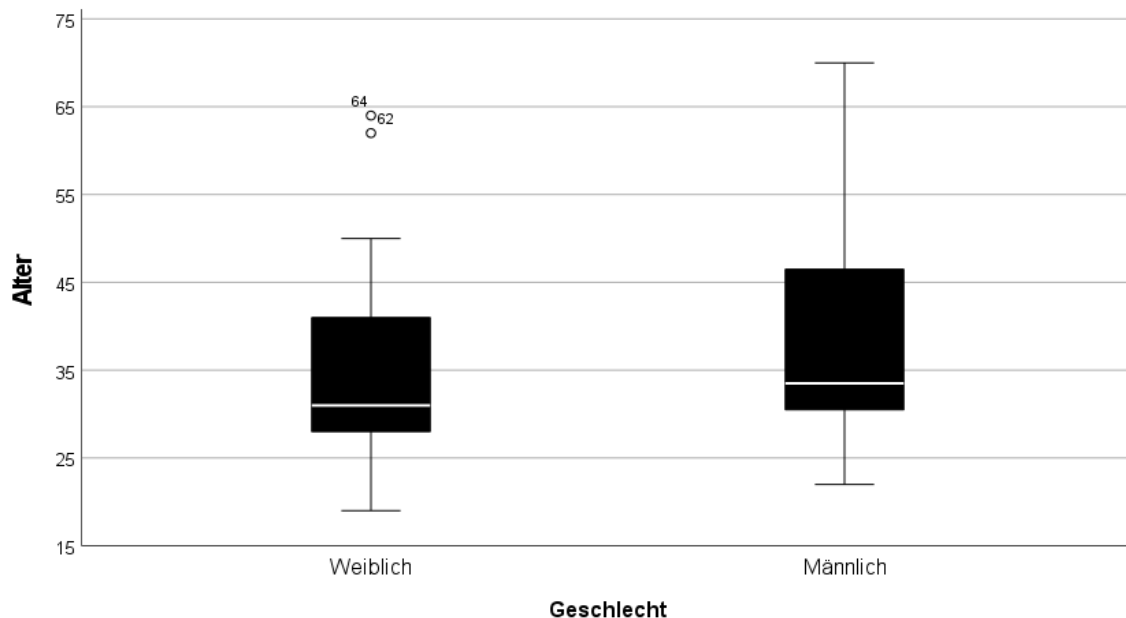


Abbildung 4.8: Boxplotdiagramm für die Alter-Verteilung nach dem Geschlecht

4.2.3 Einteilung nach dem BMI

Vor jeder Untersuchung im Ösophagus-Funktions-Labor mussten die Patienten und die Probanden einen Fragebogen (GERD-HRQL Foregut Symptom Questionnaire) ausfüllen und unter anderem folgende Basisparameter wie Körpergröße und Gewicht angeben. Insgesamt 19 (55,88%) Probanden haben diese Angaben im Fragenbogen gemacht. Aus diesen beiden Parametern wurde der Body-Mass-Index (BMI) berechnet.

Der durchschnittliche BMI-Wert ist 24,08 \pm 3,45 kg/m². Die weibliche Untergruppe zeigt einen mittleren BMI-Wert von 23,18 \pm 3,91 kg/m² und die männliche Untergruppe einen BMI-Wert von 24,74 \pm 3,10 kg/m². Es zeigt sich eine Normalverteilung für die Referenzgruppe (Abb.4.9).

Den niedrigsten BMI-Mittelwert haben die gesunden, asymptotischen Probanden und den höchsten BMI-Mittelwert haben die Patienten mit dem EGJ-Typ 3.

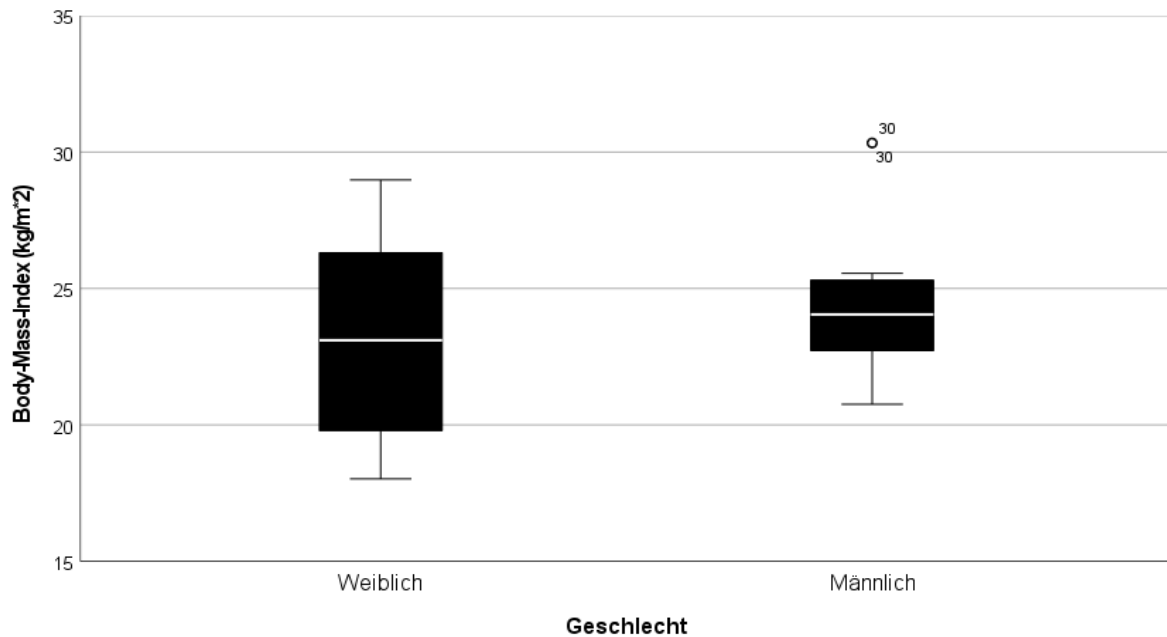


Abbildung 4.9: Boxplotdiagramm für die BMI-Verteilung nach dem Geschlecht

4.3 HRIM Parameter

4.3.1 Primäre Parameter für die Kohorte

HRIM-Parameter in der Patientenkohorte abhängig von der Körperposition

	HH	
	L	S
IRP (mmHg)	9,55 (6,58-12,60)	5,50 (3,45-8,38)
DCI (mmHg*s*cm)	1127,45 (771,75-1645,68)	869,80 (537,40-1233,68)
DL (s)	6,10 (5,60-7,00)	6,25 (5,78-7,30)
CFV (cm/s)	4,20 (3,60-5,10)	4,00 (3,30-4,80)
HGröße (cm)	1,80 (1,50-2,70)	1,35 (0,40-2,03)
BLESP (mmHg)	14,95 (8,93-24,63)	16,05 (10,60-25,55)
LES-Länge (cm)	1,70 (1,50-1,80)	1,60 (1,50-1,80)
proximale LES (cm)	41,80±2,96	41,96±3,17
PIP (cm)	45,61±3,08	44,91±3,07
% schwach	12,55±18,66	20,53±22,74
% fehlgeschlagen	1,49±4,63	6,60±15,35
% fragmentiert	0,85±3,17	5,21±10,55
% ineffektiv	14,04±19,91	26,92±29,88
% intakt	85,11±20,52	67,66±31,64
% Inkomplette Bolus Clearance	37,45±38,77	34,58±39,34

Tabelle 4.5: Darstellung der HRIM-Parameter durch den Median und IQR sowie den Mittelwert ± Standardabweichung in der liegenden und sitzenden Position. HH, Hiatushernie; L, liegende Position; S, sitzende Position; IRP, integrierte Relaxationsdruck; DCI, distale kontraktile Integral; DL, distale Latenz; CFV, kontraktile Frontengeschwindigkeit; HGröße, Herniengröße; BLESP, basale LES-Druck; PIP, Pressure Inversion Point.

Diese Parameter zeigen in der graphischen und analytischen Überprüfung keine Normalverteilung und werden somit mit dem Median und IQR dargestellt. Für nicht normalverteilte Variablen wurde der nicht-parametrische, Wilcoxon Test durchgeführt, um die eine signifikante Veränderung dieser Variablen abhängig von der Körperposition zu untersuchen. Bei einem Signifikanz-Niveau $p < 0,05$ ist diese Veränderung signifikant.

Der integrierte Relaxationsdruck für Herniepatienten zeigt mit einem Median von 9,55 mmHg (6,58-12,6) in der primären Position einen höheren Wert als in der sekundären Position, 5,50 mmHg (3,45-8,38). Durch die Änderung der Körperposition zeigte sich eine Senkung des Medians von 42,41%. Bei einem $p < 0,001$ ist der Unterschied zwischen den Variablen abhängig von der Körperposition signifikant ($Z = -5,64$, $p < 0,001$).

Insgesamt zeigen 15 Patienten eine Erhöhung des integrierten Relaxationsdruckes in der sekundären Position bei einer sonst fallenden Tendenz. 3 Patienten zeigen in der primären Position einen negativen IRP-Wert bis zu -15,5 mmHg. In der sekundären Position hingegen zeigen 11 Patienten einen negativen IRP-Wert. Dieser liegt im Bereich von -0,1 mmHg bis -4,8 mmHg. Die negativen Werte werden bei Hernien mit EGJ Typ III häufig beobachtet, die keine starke Veränderung an der Größe der Hernie durch die Körperlage gezeigt haben.

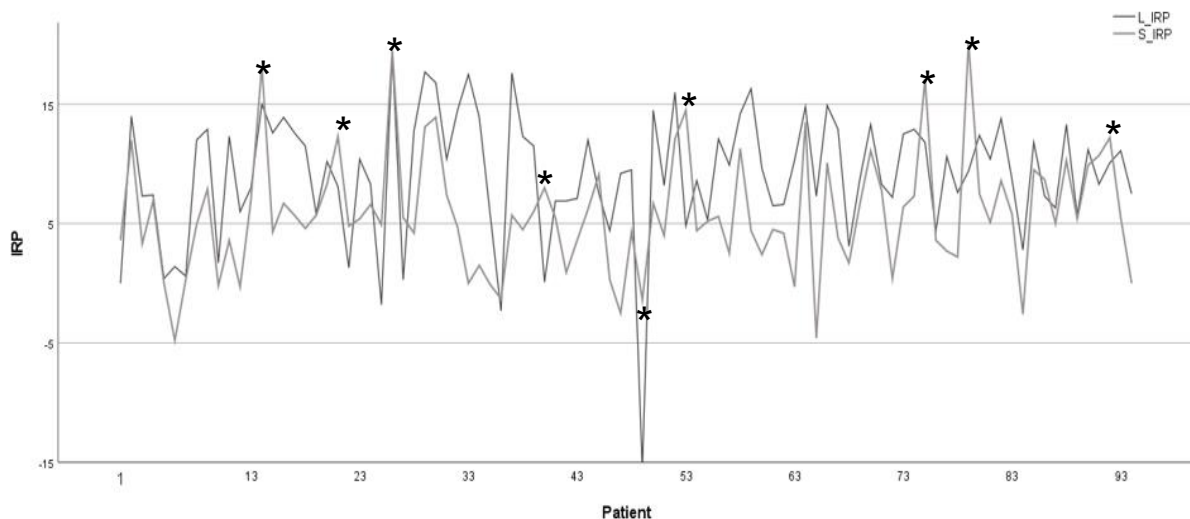


Abbildung 4.10: Liniendiagramm für den integrierten Relaxationsdruck in der primären und sekundären Position in der Patientenkohorte (*markierte Stellen im Diagramm repräsentieren die Diskrepanz zwischen beiden Positionen)

Von der primären Position mit einem Median von 6,10 s (5,60-7,00) erhöht sich die distale Latenz in der sekundären Position auf 6,25 s (5,78-7,30). Somit zeigt sich ein signifikanter Unterschied durch die Änderung der Körperposition. ($Z = 2,24$, $p = 0,025$). Dabei erhöht sich der Median der distalen Latenz auf 2,46% in der sekundären Position. Die distale Latenz zeigt abnehmende Werte für 28 Patienten mit einer Hiatushernie in der sitzenden Position. Die Abnahmerate zeigt eine Variation von 2% bis 30%. Die Veränderung der distalen Latenz abhängig von der Körperposition ist im Rahmen der Normwerte.

Das distale kontraktile Integral mit 1127,45 mmHg*s*cm (771,75-1645,68) in der primären Position ändert seinen Wert auf 869,80 mmHg*s*cm (537,40-1233,68) in der sekundären Position. Damit zeigt sich eine signifikante Veränderung des Medians ($Z = -3,91$, $p < 0,001$). Durch die Änderung der Körperposition zeigt sich eine Senkung des Medians von 22,85% in der sekundären Position. 28 Patienten zeigen eine Erhöhung des distalen kontraktile Integrals in der sitzenden Position, die bis zu einem dreifachen Wert erreicht.

Insgesamt 4 Patienten in der liegenden Position zeigen eine schwache Peristaltik und inzwischen in der sitzenden Position erhöht sich diese Anzahl auf 14 Patienten mit einer schwachen Peristaltik. Eine Hyperkontraktilität sowie eine fehlgeschlagene Peristaltik liegen nicht vor.

Die kontraktile Frontengeschwindigkeit mit einem Medianwert von 4,20 cm/s (3,60-5,10) in der primären Position zeigt eine Abnahme auf 4,00 cm/s (3,30-4,80) in der sekundären Position. Damit liegt eine signifikante Veränderung bei einem -Wert <0,001 vor (Z =-3,39, p-Wert <0,001). Es zeigte sich eine Senkung des Medians von 4,76%.

Die Tendenz der abnehmenden kontraktile Frontengeschwindigkeit in der sitzenden Position lässt sich für 26 Patienten in der Kohorte nicht bestätigen. Diese Patienten zeigen eine zunehmende kontraktile Frontengeschwindigkeit durch die Änderung der Körperposition. Diese variiert von 2% bis 54%. Die gemessenen Parameter erreichen keine pathologischen Werterhöhungen, sondern entsprechen der Normwerte.

HH	
	Signifikanz-Niveau (p)
IRP (mmHg)	<0,001*
DCI (mmHg*s*cm)	<0,001*
DL (s)	0,025*
CFV (cm/s)	<0,001*
Größe (cm)	<0,001*
BLESP	0,200
LES-Länge (cm)	0,950
proximale LES (cm)	0,189
PIP (cm)	<0,001*
Schwach (%)	<0,001*
Fehlgeschlagen (%)	<0,001*
Fragmentiert (%)	<0,001*
Ineffektiv (%)	<0,001*
Intakt (%)	<0,001*
Inkomplette Bolus Clearance (%)	0,221
*p<0,05	

Tabelle 4.6: Das Signifikanz-Niveau, dargestellt durch den p-Wert, für jede körperlageabhängige Änderung der HRIM-Parameter innerhalb der Patientenkohorte. (*markierte Werte sind signifikant)

4.3.1 Sekundäre Parameter der Kohorte

Normalverteilte Parameter wie die proximale LES-Grenze (cm) und der PIP-Abstand (cm) werden durch parametrische Tests wie der t-Test für abhängige Stichproben untersucht. Nicht normalverteilte Parameter werden mit dem nicht-parametrischen, Wilcoxon Test untersucht. Bei einem Signifikanz-Niveau p<0,05 ist die Veränderung der Variablen abhängig von der Körperposition signifikant und bei einem Signifikanz-Niveau p>0,05 nicht signifikant.

Die Herniengröße zeigt eine Änderung des Medians von 1,80 cm (1,50-2,70) in der primären Position auf 1,35 cm (0,40-2,03) in der sekundären Position. Damit zeigt sich eine signifikante Senkung des Medians von 25% durch die Änderung der Körperposition. (Z =-6,62, p-Wert<0,001) Der fallenden Tendenz entgegen zeigen 9 Patienten eine Erhöhung der Größe der Hernie durch die Änderung der Körperposition (Abb.4.11). Die Erhöhung der Größe der Hernie in der sekundären Position variiert von 21% bis 75%.

Eine minimale Erhöhung kann durch die beeinflussbare Mobilität des EGJ-Apparates in der hochauflösenden Impedanz-Manometrie sowie durch die starre Struktur einer fixierten Hernie entstehen.

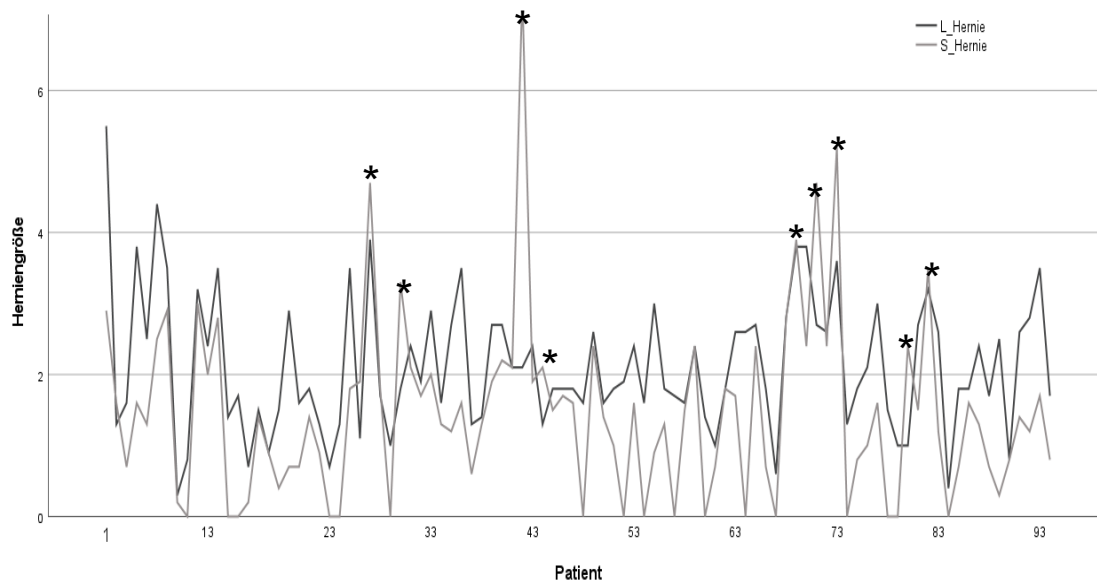


Abbildung 4.11: Liniendiagramm der Herniengröße in der primären und sekundären Position (* Diskrepanz der Größe der Hernie zwischen beiden Positionen)

Der basale LES Druck erhöht sich von 14,95 mmHg (8,93-24,63) in der primären Position auf 16,05 mmHg (10,60-25,55) in der sekundären Position. Die Änderung der Variablen abhängig von der Körperposition zeigte sich als nicht signifikant ($Z = 1,28$, $p = 0,200$). Dabei zeigte sich eine Erhöhung des Medians des basalen LES-Druckes von 7,36%. Bei einer leicht fallenden Tendenz des basalen LES-Druckes in der sitzenden Position zeigen 40 Patienten einen zunehmenden Wert.

Die LES Länge zeigt eine leichte Senkung des Medians von 1,70 cm (1,50-1,80) in der primären Position auf 1,60 cm (1,50-1,80) in der sekundären Position. Dabei herrschte eine Senkung der LES-Länge von 5,88% in der sekundären Position.

Die proximale LES-Grenze in der primären Position mit einem Mittelwert von $41,80 \text{ cm} \pm 2,96$ wandert nach oral in der sekundären Position, $41,96 \text{ cm} \pm 3,17$. Die Änderung dieser Variablen abhängig von der Körperposition zeigte sich als nicht signifikant ($t(93) = -1,32$, $p = 0,189$). In der sekundären Position herrschte eine minimale Erhöhung von 0,38% des Mittelwertes.

Der Pressure Inversion Point mit einem Mittelwert von $45,61 \text{ cm} \pm 3,08$ in der primären, liegenden Position wandert nach oral, $44,91 \text{ cm} \pm 3,07$ durch die Änderung der Körperposition. Damit zeigt sich diese minimale Senkung von 1,54% in der sekundären Position. Bei einem $p < 0,001$ gilt diese Änderung als signifikant ($t(93) = 5,59$, $p\text{-Wert} < 0,001$).

Die Parameter der Bolusfunktionalität in % sind nicht normalverteilt und sollten mit dem Median und IQR dargestellt werden. Zur besseren Übersicht und Veranschaulichung der Veränderung dieser Variablen abhängig von der Körperposition wird der Mittelwert mit der Standardabweichung verwendet. Es wird der Abnahme-/Zunahmefaktor durch die Körperpositionsänderung berechnet, um diese Veränderung besser darstellen zu können.

Der Mittelwert der Inkompletten Bolus Clearance in der primären Position $37,45 \pm 38,77$, zeigt eine Senkung auf $34,58 \pm 39,34$ in der sekundären Position. Die Senkung von 7,66% des Mittelwertes zeigt sich im Wilcoxon-Test als nicht signifikant ($Z = -1,22$, $p = 0,221$).

Der Mittelwert der intakten Schluckakten in der primären Position mit $85,11 \pm 20,52$ zeigt eine deutliche Senkung in der sekundären Position, $67,66 \pm 31,64$. Die Senkung von 20,5% zeigt sich im Wilcoxon-Test als signifikant ($Z = -4,52$, $p < 0,001$).

Der Mittelwert der fragmentierten Schluckakten erhöht sich in der primären Position mit $0,85 \pm 3,17$ auf $5,21 \pm 10,55$ in der sekundären Position. Es zeigt sich somit eine 6,13-fache Erhöhung des Mittelwertes durch die Änderung der Position. Diese Änderung zeigte sich bei einem $p < 0,001$ als signifikant ($Z = 3,94$, $p < 0,001$).

Der Mittelwert der fehlgeschlagenen Schluckakten in der primären Position mit $1,49 \pm 4,63$ erhöht sich auf $6,60 \pm 15,35$ in der sekundären Position. Die 4,43-fache Erhöhung zeigt im Wilcoxon-Test einen signifikanten Unterschied ($Z = 3,34$, $p = 0,006$).

Der Mittelwert der schwachen Schluckakten hat sich von der primären Position, $12,55 \pm 18,66$ auf $20,53 \pm 22,74$ in der sekundären Position erhöht. Die Erhöhung abhängig von der Körperposition um 1,64-fach zeigt sich als signifikant ($Z = 3,19$, $p < 0,001$).

Der Mittelwert der ineffektiven Schluckakten zeigt eine Zunahme von der primären Position, $14,04 \pm 19,91$ auf der sekundären Position, $26,92 \pm 29,88$. Die 1,92-fache Erhöhung durch die Änderung der Körperposition zeigt sich als signifikant ($Z = 3,81$, $p < 0,001$).

4.3.2 Primäre Parameter für die Referenzgruppe

HRIM-Parameter in der Referenzgruppe abhängig von der Körperposition

	RG	
	L	S
IRP (mmHg)	10,80 (7,65-12,53)	4,2 (2,83-6,53)
DCI (mmHg*s*cm)	1255,95 (897,01-1878,73)	785,85 (384,55-1332,95)
DL (s)	7,05 (6,40-7,83)	6,7 (6,30-7,70)
CFV (cm/s)	4,15 (3,60-4,70)	4,35 (3,85-4,93)
BLESP (mmHg)	25,05 (19,43-31,05)	17,6 (12,65-25,90)
LES-Länge (cm)	1,9 (1,6-2,1)	1,8 (1,60-2,10)
proximale LES (cm)	$44,25 \pm 3,19$	$44,50 \pm 3,08$
PIP (cm)	$45,57 \pm 3,23$	$45,53 \pm 3,00$
Schwach (%)	$8,82 \pm 16,47$	$18,53 \pm 22,45$
Fehlgeschlagen (%)	$1,76 \pm 7,17$	$15,88 \pm 23,24$
Fragmentiert (%)	$1,76 \pm 4,59$	$6,47 \pm 14,33$
Ineffektiv (%)	$10,59 \pm 19,53$	$34,41 \pm 38,07$
Intakt (%)	$87,65 \pm 20,16$	$59,12 \pm 38,64$
Inkomplette Bolus Clearance	$15 \pm 24,53$	$20,59 \pm 28,70$

Tabelle 4.7: Darstellung der HRIM-Parameter durch den Median und IQR sowie den Mittelwert \pm Standardabweichung in der liegenden und sitzenden Position RG, Referenzgruppe; L, liegende Position; S, sitzende Position; IRP, integrierte Relaxationsdruck; DCI, distale kontraktile Integral; DI, distale Latenz; CFV, kontraktile Frontengeschwindigkeit; BLESP, basale LES-Druck; PIP, Pressure Inversion Point.

Diese Parameter zeigen in der graphischen und analytischen Überprüfung keine Normalverteilung und werden somit mit dem Median und IQR dargestellt. Für nicht normalverteilten Variablen wurde der nicht-parametrische, Wilcoxon Test durchgeführt, um die lageabhängige Veränderung dieser Variablen auf einen signifikanten Unterschied zu testen.

Der integrierte Relaxationsdruck in der primären Position mit einem Median von 10,80 mmHg (7,65-12,53) zeigt eine Senkung in der sekundären Position auf 4,2 mmHg (2,83-6,53). Der Wilcoxon-Test zeigt einen signifikanten Unterschied ($Z= 4,83, p<0,001$). Dabei zeigt sich eine Senkung des Medians von 61,12%.

Einer deutlich fallenden Tendenz entgegen zeigen 2 Probanden einen höheren IRP-Wert in der sitzenden Position (Abb. 4.12). Diese Zunahmerate entspricht 36% bis 43% und liegt im Normwertbereich. 1 Proband zeigt in der sitzenden Position einen negativen Wert von -0,1 mmHg.

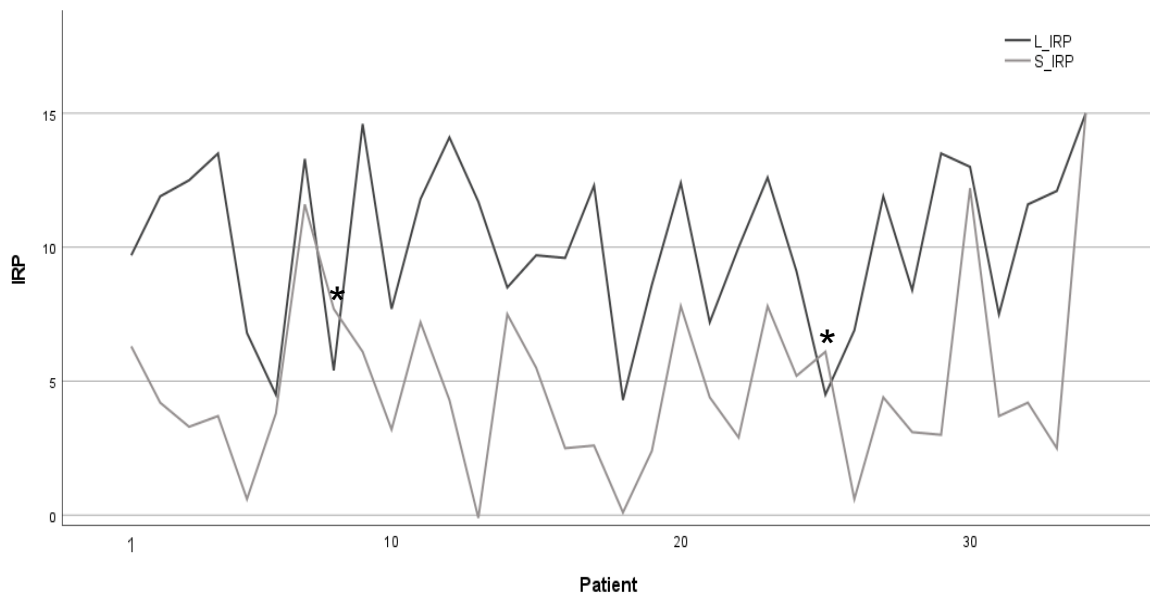


Abbildung 4.12: Liniendiagramm für den integrierten Relaxationsdruck in der Referenzgruppe für die liegende und sitzende Position

Die distale Latenz innerhalb der gesunden Gruppe zeigt einen Median von 7,05 s (6,40-7,83) in der primären Position und in der sekundären Position ändert sich dieser Wert auf 6,7 s (6,30-7,70). Die Änderung abhängig von der Körperposition zeigte sich bei einem Signifikanz-Niveau von $p<0,05$ als nicht signifikant ($Z= -1,02, p=0,308$). Die distale Latenz zeigt eine Senkung des Medians von 4,97% in der sekundären Position.

Die minimale Senkung des Medians durch die Änderung der Körperposition wird für 13 Probanden nicht bestätigt. Diese zeigen eine Erhöhung der distalen Latenz in der sekundären Position. Diese Zunahmerate zeigt eine große Variation von 3% bis 38,5%. Die erhöhten Werte haben keine pathologischen Ergebnisse erreicht, sondern liegen im Normwertbereich.

Das distale kontraktile Integral mit einem Median von 1255,95 mmHg*s*cm (897,01-1878,73) in der liegenden Position zeigt eine Senkung auf 785,85 mmHg*s*cm (384,55-1332,95) in der sitzenden Position. Somit zeigt sich eine Senkung von 37,43% in der Referenzgruppe. Diese Änderung gilt bei einem Signifikanz-Niveau, $p<0,001$ als signifikant ($Z=-4,92, p<0,001$). Es zeigt sich somit eine deutliche fallende Tendenz in der sitzenden Position.

Insgesamt 3 Probanden zeigen einen höheren Wert für das distale kontraktile Integral in der sekundären Position. Diese Zunahmerate wie in der Abb. 4.13 markiert, zeigt eine niedrige Diskrepanz zwischen beide Positionen und entspricht Werten von 1%-15%. Es wurde keine pathologische Erhöhung festgestellt, somit liegt keine Hyperkontraktilität vor. 1 Proband in der primären Position zeigt eine schwache Peristaltik und durch die signifikante Senkung dieses Parameters zeigen 9 Probanden eine schwache Peristaltik in der sekundären Position. Eine fehlgeschlagene Peristaltik liegt nicht vor.

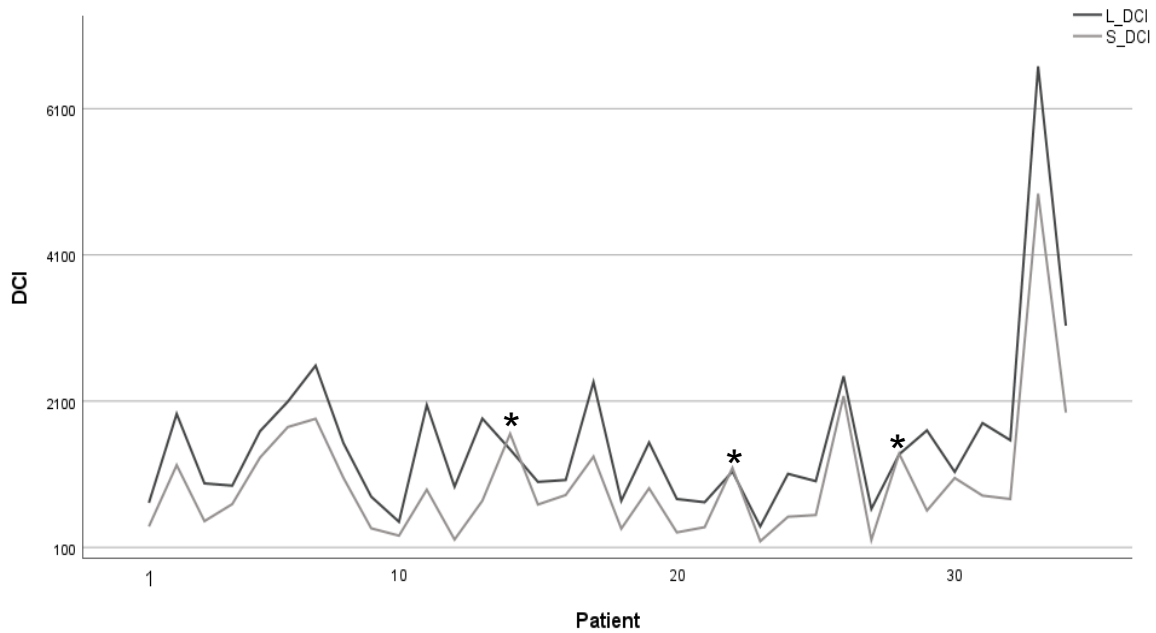


Abbildung 4.13: Liniendiagramm für das DCI in der Referenzgruppe für die liegende und sitzende Position

Die kontraktile Frontengeschwindigkeit hat sich von der primären Position mit einem Median von 4,15 cm/s (3,60-4,70) auf 4,35 cm/s (3,85-4,93) in der sekundären Position erhöht. Diese Erhöhung von 4,82% gilt bei einem Signifikanz-Niveau von $p=0,39$ als nicht signifikant ($Z=-0,86$, $p=0,39$). Für die kontraktile Frontengeschwindigkeit liegt eine minimale zunehmende Tendenz durch die Änderung der Körperposition. Insgesamt zeigen 15 Probanden einen niedrigeren Wert in der sitzenden Position. Die Abnahmerate beträgt 2% bis 30%. Die gemessenen Parameter erreichen keine pathologischen Werterhöhungen, sondern entsprechen der Normwerte.

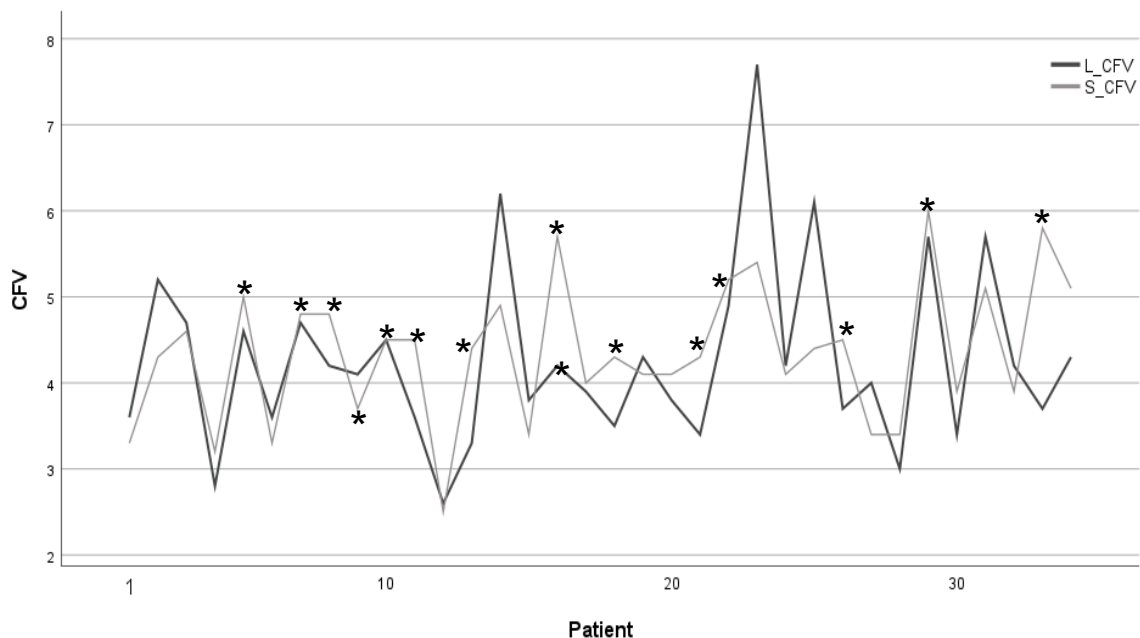


Abbildung 4.14: Liniendiagramm für die CFV in der Referenzgruppe in der liegenden und sitzenden Position

RG	
	Signifikanz-Niveau (p)
IRP (mmHg)	<0,001*
DCI (mmHg*s*cm)	<0,001*
DL (s)	0,308
CFV (cm/s)	0,39
basaler LES-P	0,007*
LES-Länge (cm)	0,524
proximale LES (cm)	0,149
PIP (cm)	0,798
Schwach (%)	0,011*
Fehlgeschlagen (%)	<0,001*
Fragmentiert (%)	0,036*
Ineffektiv (%)	<0,001*
Intakt (%)	<0,001*
Inkomplette Bolus Clearance (%)	0,232

Tabelle 4.8: Das Signifikanz-Niveau, dargestellt durch den p-Wert, für jede körperlageabhängige Änderung der HRIM-Parameter innerhalb der Referenzgruppe (RG). (* markierte Werte sind signifikant)

4.3.3 Sekundäre Parameter für die Referenzgruppe

Der basale LES Druck mit einem Median-Wert von 25,05 mmHg (19,43-31,05) in der primären Position zeigt eine deutliche Senkung auf 17,6 mmHg (12,65-25,90) in der sekundären Position. Die Änderung der Variablen abhängig von der Körperposition zeigte sich im Wilcoxon-Test als signifikant ($Z=-2,68$, $p=0,007$). Dabei sinkt der basale LES-Druck in der sekundären Position 29,74%.

Entgegen der Tendenz des abfallenden basalen LES-Druckes zeigen 10 Probanden eine Erhöhung dieses Parameters in der sitzenden Position. Die Zunahmerate für diese Probanden variiert von 2% bis 73%. Ein Proband zeigt pathologische Werte in beide Positionen mit einer Erhöhung des basalen LES-Druckes auf 79,5 mmHg in der sitzenden Position.

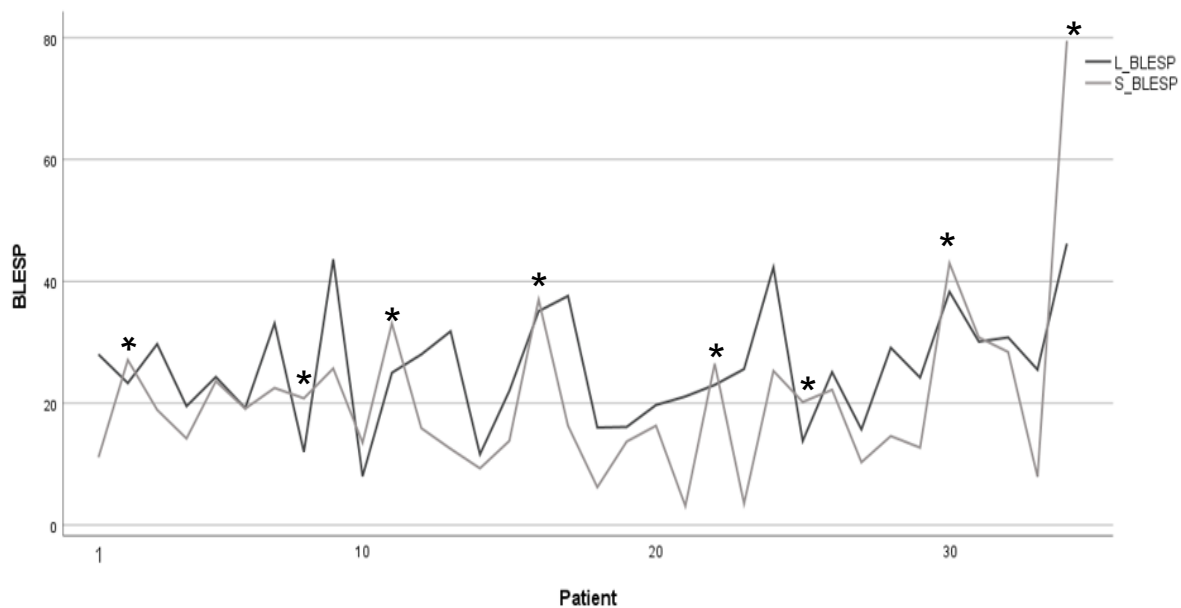


Abbildung 4.15: Liniendiagramm für den BLESP in der Referenzgruppe in der liegenden und sitzenden Position

Die LES Länge mit einem Median von 1,9 cm (1,6-2,1) in der primären Position ändert sich auf einen Median von 1,8 cm (1,60-2,10) in der sekundären Position. Somit zeigt sich eine Senkung von 5,26% und bei einem $p=0,524$ ist diese Senkung nicht signifikant ($Z=-0,64$, $p=0,524$).

Die proximale LES-Grenze hat sich in der primären Position, von $44,25\text{cm}\pm 3,19$ in der sekundären Position auf $44,50\text{cm}\pm 3,08$ erhöht. Diese minimale Erhöhung von 0,56% gilt bei einem Signifikanz-Niveau von $p=0,149$ als nicht signifikant ($t(33) = -1,48$, $p=0,149$).

Der Pressure Inversion Point zeigt eine Senkung von der primären Position mit einem Mittelwert von $45,57\text{cm}\pm 3,23$ in der sekundären Position mit einem Mittelwert von $45,53\text{cm}\pm 3,00$. Diese minimale Senkung von 0,08 % gilt bei einem Signifikanz-Niveau von $p=0,798$ als keine signifikante Veränderung ($t(33) = 0,26$, $p=0,798$).

Die Parameter der Bolusfunktionalität in % sind nicht normalverteilt und sollen mit dem Median und IQR dargestellt werden. Zur besseren Übersicht und Veranschaulichung der Veränderung dieser Variablen abhängig von der Körperposition wird der Mittelwert mit der Standardabweichung verwendet. Es wird der Abnahme-/Zunahmefaktor durch die Körperpositionsänderung berechnet, um diese Veränderung besser darstellen zu können.

Der Mittelwert der Inkompletten Bolus Clearance erhöht sich von der liegenden Position mit einem Wert von $15\pm 24,53$ auf einen Wert von $20,59\pm 28,70$ in der sitzenden Position. Diese 1,37-fache Erhöhung gilt bei einem Signifikanz-Niveau von $p=0,232$ als nicht signifikant ($Z = -1,12$, $p=0,232$).

Der Mittelwert der fragmentierten Schluckakten ist in der primären Position $1,76\pm 4,59$ und in der sekundären Position $6,47\pm 14,33$. Diese 3,68-fache Erhöhung zeigt bei einem Signifikanz-Niveau von $p=0,036$ eine signifikante Veränderung ($Z=-2,1$, $p=0,036$).

Der Mittelwert der fehlgeschlagenen Schluckakten ist deutlicher höher in der sekundären Position mit einem Wert von $15,88\pm 23,24$ als in der primären Position mit einem Wert von $1,76\pm 7,17$. Durch die Änderung der Körperposition zeigt sich eine 9-fache Erhöhung des Mittelwertes und bei einem p -Wert $<0,001$ gilt diese Änderung als signifikant ($Z=-3,54$, $p<0,001$).

Der Mittelwert der schwachen Schluckakten hat sich um 2,1-fach von der primären auf die sekundäre Position erhöht. Die Änderung des Mittelwertes von $8,82 \pm 16,47$ auf $18,53 \pm 22,45$ zeigte sich als eine signifikante Veränderung ($Z = -2,54$, $p = 0,011$).

Der Mittelwert der ineffektiven Schluckakten zeigt eine 3,25-fache Erhöhung durch die Änderung der Position. Die Änderung des Mittelwertes von $10,59 \pm 19,53$ in der primären Position auf $34,41 \pm 38,07$ in der sekundären Position zeigt sich als signifikant ($Z = -3,91$, $p < 0,001$).

Der Mittelwert der intakten Schluckakten ist deutlich höher in der primären Position mit einem Wert von $87,65 \pm 20,16$ als in der sekundären Position mit einem Wert von $59,12 \pm 38,64$. Durch die Änderung der Körperposition zeigt der Mittelwert eine Senkung von 32,55% und bei einem Signifikanz-Niveau von $p < 0,001$ eine signifikante Veränderung ($Z = -4,06$, $p < 0,001$).

4.4 Vergleich zwischen Kohorten- und Referenzgruppe

	HH vs. RG	
	L	S
	Signifikanz-Niveau (p)	Signifikanz-Niveau (p)
IRP (mmHg)	0,353	0,182
DCI (mmHg*s*cm)	0,273	0,353
DL (s)	<0,001*	0,013*
CFV (cm/s)	0,458	0,109
BLESP	<0,001*	0,423
LES-Länge (cm)	<0,001*	0,007*
pLES (cm)	<0,001*	<0,001*
PIP (cm)	0,938	0,346
Schwach (%)	0,248	0,544
Fehlgeschlagen (%)	0,481	0,011*
Fragmentiert (%)	0,212	0,928
Ineffektiv (%)	0,198	0,590
Intakt (%)	0,435	0,449
Inkomplette Bolus Clearance (%)	0,004*	0,097

Tabelle 4.9: Das Signifikanz-Niveau, dargestellt durch den p-Wert, für den Vergleich zwischen Kohorten- und Referenzgruppe bezüglich der Mittelwerte der HRIM-Parameter in der liegenden und sitzenden Position. (* markierte Werte sind signifikant)

Hier wird der Unterschied zwischen Kohorte und Kontrollgruppe für jeden HRIM-Parameter in beiden Positionen getestet. Innerhalb der primären Position zeigt sich nur für den basalen LES-Druck, für die distale Latenz, für die inkomplette Bolus Clearance, für die LES-Länge sowie für die proximale LES-Grenze ein signifikanter Unterschied. Der basale LES-Druck in der primären Position zeigt einen deutlich höheren Median in der Referenzgruppe mit 25,05 mmHg als in der Patientenkohorte mit 14,95 mmHg. Der Median der distalen Latenz ist höher in der Referenzgruppe mit 7,05 s als in der Patientenkohorte mit 6,10 s. Die LES-Länge zeigt einen höheren Median in der Referenzgruppe mit 1,9 cm als in der Kohorte mit 1,7 cm. Die proximale LES-Grenze befindet sich deutlich distal mit einem Mittelwert von 44,25 cm in der gesunden Gruppe als in der Patientenkohorte mit 41,8 cm. Die inkomplette Bolus Clearance in der Referenzgruppe ist deutlich geringer mit einem Mittelwert von 15 als in der Patientenkohorte mit einem Mittelwert von 37,45.

Im Vergleich dazu zeigt sich in der sekundären Position ein signifikanter Unterschied für die distale Latenz, die proximale LES-Grenze, die LES-Länge und für den Mittelwert der fehlgeschlagenen Schluckakten. Die distale Latenz ist deutlich höher in der Referenzgruppe mit einem Median von 6,7 s als in der Patientenkohorte mit einem Median von 6,25 s. Die proximale LES-Grenze ist deutlich distal lokalisiert in der Referenzgruppe mit einem Mittelwert von 44,5 cm als in der Kohorte mit einem Mittelwert von 41,96 cm. Die LES-Länge in der sekundären Position ist größer für die Referenzgruppe mit einem Median von 1,8 cm als in der Kohorte mit einem Median von 1,6 cm. Der Mittelwert der fehlgeschlagenen Schluckakten ist deutlich höher in der Referenzgruppe, mit einem Mittelwert von 15,88 als in der Kohorte, mit einem Mittelwert von 6,60.

Für alle anderen Parameter besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Patientenkohorte und der Referenzgruppe in den untersuchten beiden Positionen.

4.5 Regressionsanalyse zwischen Herniengröße und BMI, Alter, Geschlecht

EINFLUSS AUF DIE HERNIENGRÖÖE

<i>Variable</i>	Nichtstandardisierte Koeffizienten	Standardisierte Koeffizienten	Standardfehler
Konstante	0,061		
BMI	0,021*	0,207*	,010
R ²	0,043		
korr. R ²	0,033		
F (df=1;92)	4,136*		

Tabelle 4.10: einfaches Regressionsmodell der logarithmisch transformierten Größe der Hernie gegen den BMI-Wert. *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Wenn man den Einfluss des BMIs auf die Herniengröße in der primären Position allein untersucht, zeigt sich eine lineare Korrelation zwischen diesen beiden Parametern. Das korrigierte Bestimmtheitsmaß R² mit einem Wert von 0,033 zeigt eine gute Modellgüte. Die F-Statistik mit einem p=0,045 zeigt, dass das Modell signifikante Ergebnisse hervorbringt. Der nicht standardisierte Koeffizient zeigt den Einfluss der einzelnen Faktoren auf die abhängige Variable in Einheiten des Faktors. Das Vorzeichen des Koeffizienten zeigt die Richtung des Einflusses.

Der nicht standardisierte Koeffizient mit einem Wert von 0,02 und einem Signifikanzniveau von p=0,045 zeigt einen signifikanten Einfluss des BMIs auf die Herniengröße und somit einen positiven Zusammenhang. Für jede 1kg/cm² erhöht sich die Größe der Hernie um 2,1%.

Die Regressionsanalyse wird für die Größe der Hernie in der sitzenden Position durchgeführt und es zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen Herniengröße und BMI, Alter und Geschlecht in der sekundären Position.

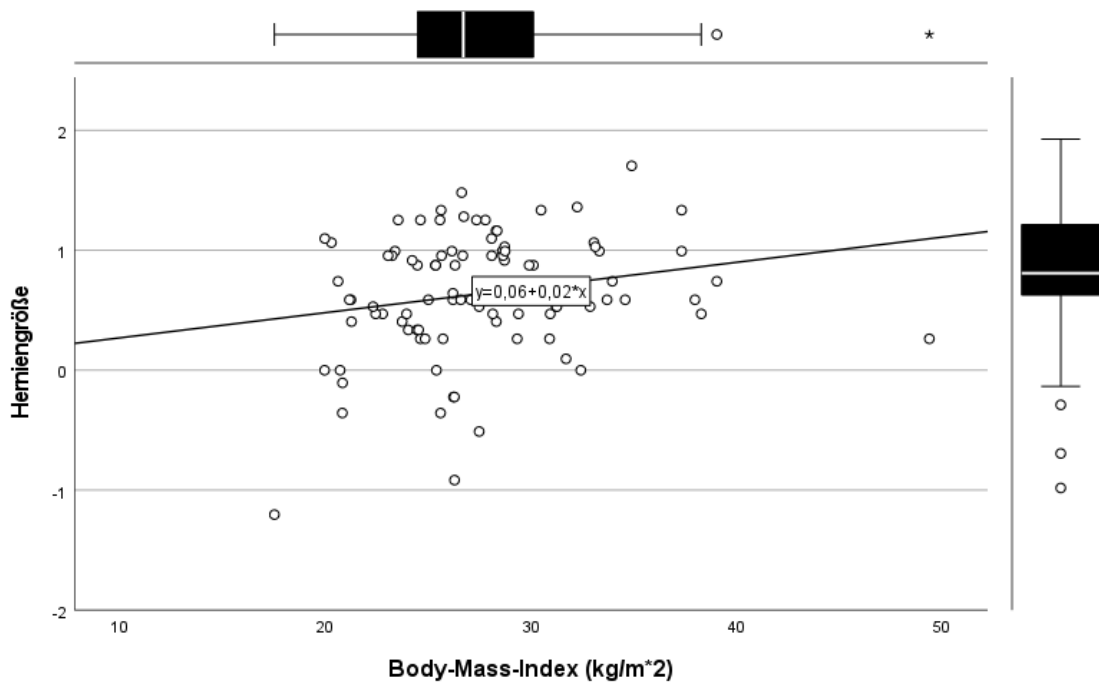


Abbildung 4.16: Streudiagramm der logarithmisch transformierten Größe der Hernie gegen den BMI-Wert mit Regressionsgerade
 * $\log(y) = 0,06 + 0,02 * X$

4.6 Regressionsanalyse zwischen Herniengröße und BLESP, IRP, DCI, CFV, DL

EINFLUSS AUF DIE HERNIENGRÖßE

Variable	Nichtstandardisierte Koeffizienten	Standardisierte Koeffizienten	Standardfehler
Konstante	2,718***		
IRP	-,015	-,154*	,143
BLESP	-,016***	-,383**	,004
DCI	3,304E-6	-,004	,000
DL	-,173***	-,340**	,050
CFV	-,132**	-,281**	,047
R ²	0,381		
korr. R ²	0,345		
F (df=5;88)	10,813***		

Tabelle 4.12: multiples Regressionsmodell der logarithmisch transformierten Größe der Hernie gegen den IRP, integrierten Relaxationsdruck; BLESP, basalen LES-Druck; das DCI, distale kontraktile Integral; und die DL, distale Latenz; CFV, die kontraktile Frontengeschwindigkeit.
 * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

$$* \log(y) = 2,718 - 0,016 * x_1 - 0,173 * x_2 - 0,132 * x_3$$

Hier wird der Einfluss des IRPs, BLESPs, DCI, der DL und CFV auf die Herniengröße in der primären Position untersucht. Das korrigierte Bestimmtheitsmaß R^2 mit einem Wert von 0,381 ist ein Maß für die Güte des Modells und zeigt eine gute Modellgüte. Je höher dieser Wert ist, desto besser ist die Modellgüte. Bei einer multiplen linearen Regression wird das korrigierte R-Quadrat betrachtet, weil bei diesem Wert abhängig von der Anzahl der unabhängigen Variablen im Modell korrigiert wird. Die F-Statistik zeigt, ob das Modell signifikante Ergebnisse hervorbringt.

Mit einem Signifikanzniveau von $p < 0,001$ zeigt das Modell signifikante Ergebnisse.

Die Regressionskoeffizienten für den IRP, BLESP und für die DL und CFV zeigen einen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable, die Herniengröße. Das Vorzeichen der Regressionskoeffizienten zeigen einen negativen Zusammenhang zwischen diesen unabhängigen Variablen und der abhängigen Variablen, der Herniengröße.

Der Regressionskoeffizient für das DCI zeigt keinen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable.

Die Regressionsgleichung $\log(y) = 2,718 - 0,016 * x_1 - 0,173 * x_2 - 0,132 * x_3$, dass für jede Einheit der unabhängigen Variablen 1 mmHg des BLESPs, die Herniengröße um 1,612% abnimmt, für jede 1 s der DL die Herniengröße um 18,8% abnimmt und für jede 1 cm/s der CFV die Herniengröße um 14 % abnimmt.

Die Regressionsanalyse wird für die Herniengröße in der sekundären Position durchgeführt. Es zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen Herniengröße und BLESP, IRP, DCI, DL und CFV.

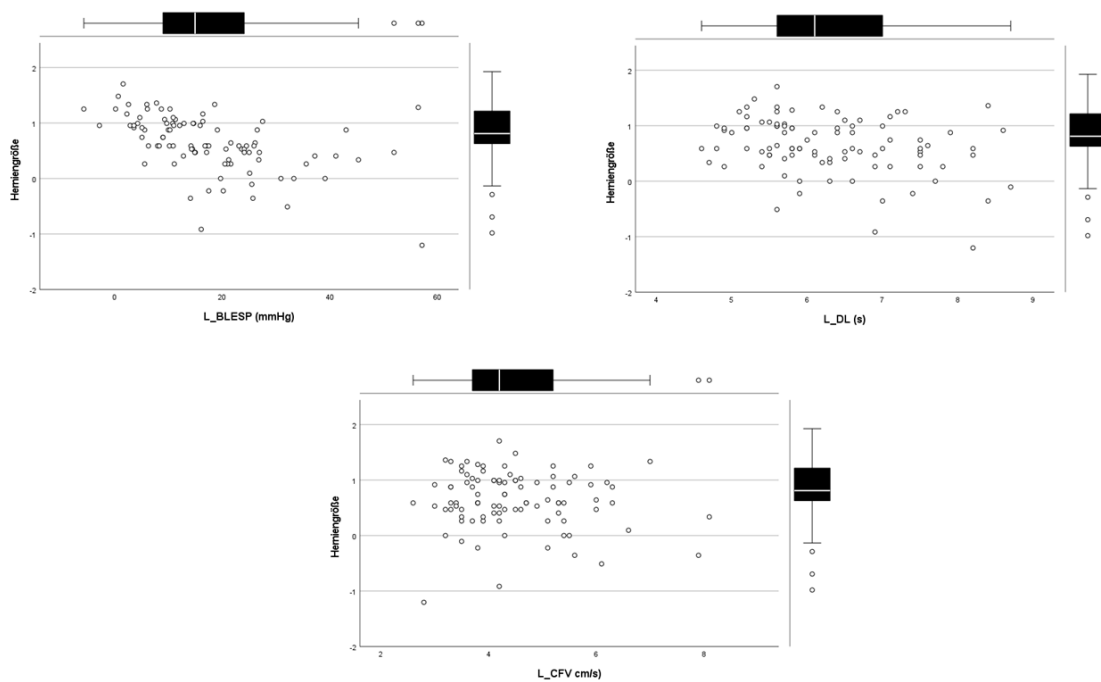


Abbildung 4.17: Multiple Streudiagramme der logarithmisch transformierten Größe der Hernie in der liegenden Position gegen den BLESP und die DL, CFV in der liegenden Position mit den jeweiligen Regressionsgeraden

4.7 Vergleich Ösophagographie und hochauflösende Impedanz Manometrie

Von den 94 Patienten in der Kohorte mit einer HRIM-Untersuchung, wurde bei 76 Patienten eine zusätzliche vollständige Ösophagusbreischluck-Untersuchung durchgeführt. In der Referenzgruppe wurde bei 22 gesunden symptomatischen Patienten eine zusätzliche Ösophagusbreischluck-Untersuchung im Rahmen der weiteren Abklärung der Beschwerden durchgeführt.

Darauffolgend wurde die Sensitivität, Spezifität sowie der positive und negative prädiktive Wert der HRIM-Untersuchung mit dem Goldstandard oder Referenzuntersuchung die Ösophagographie für die primäre und sekundäre Position der HRIM berechnet.

HRIM-L	Ösophagographie-L	
	HH (+)	HH (-)
	HH (+)	48
HH (-)	2	20

Tabelle 4.13: Vierfeldertafel für die HRIM gegen die Ösophagographie in der primären Position

Wenn man die Ösophagographie als Goldstandard betrachtet, zeigt die HRIM-Untersuchung für die primäre Position eine Sensitivität von 96% und eine Spezifität von 41,67%. Der positive prädiktive Wert zur Diagnostizierung der axialen Hiatushernie ist 63,16% und der negative prädiktive Wert zum Ausschluss einer axialen Hiatushernie ist 90,91%.

McNemar-Test

	Wert	Exakte Sig. (zweiseitig)
McNemar-Test		,000 ^a
Anzahl der gültigen Fälle	98	

a. Verwendete Binomialverteilung.

Der McNemar-Test wird durchgeführt, um einen signifikanten Unterschied zwischen diesen beiden Untersuchungsverfahren in der L-Position zu untersuchen. Bei einem Signifikanzniveau $p < 0,001$, liegt ein signifikanter Unterschied vor.

Übereinstimmung zwischen beiden Untersuchungsverfahren

		Wert	Asymptotischer Standardfehler ^a	Näherungsweise Signifikanz
Maß der Übereinstimmung	Kappa	,381	,079	,000
Anzahl der gültigen Fälle		98		

a. Die Null-Hypothese wird nicht angenommen.

Zur Untersuchung einer Übereinstimmung zwischen diesen Untersuchungsverfahren in einer Position wird der Kappa Koeffizient nach Cohen bestimmt. Dieser mit einem Signifikanzniveau von $p < 0,001$ zeigt einen signifikanten Wert von 0,381. Damit liegt eine mäßige Übereinstimmung zwischen beiden Untersuchungsverfahren vor.

HRIM-S	Ösophagographie-S	
	HH (+)	HH (-)
	HH (+)	4
HH (-)	0	38

Tabelle 4.14: Vierfeldertafel für die HRIM gegen die Ösophagographie in der sekundären Position

In der sekundären Position zeigt die HRIM-Untersuchung eine Sensitivität von 100% und eine Spezifität von 48,72%. Der positive prädiktive Wert zur Diagnostizierung der axialen Hiatushernie ist 6,67% und der negative prädiktive Wert zum Ausschluss einer axialen Hiatushernie ist 100%.

McNemar-Test

	Wert	Exakte Sig. (zweiseitig)
McNemar-Test		,000 ^a
Anzahl der gültigen Fälle	98	

a. Verwendete Binomialverteilung.

Der McNemar-Test wird durchgeführt, um einen signifikanten Unterschied zwischen diesen beiden Untersuchungsverfahren in der S-Position zu untersuchen. Bei einem Signifikanzniveau $p < 0,001$, liegt ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Untersuchungsverfahren vor.

Übereinstimmung zwischen beiden Untersuchungsverfahren

	Wert	Asymptotischer Standardfehler ^a	Näherungsweise Signifikanz
Maß der Übereinstimmung	Kappa ,052	,027	,104
Anzahl der gültigen Fälle	98		

a. Die Null-Hypothese wird nicht angenommen.

Zur Untersuchung einer Übereinstimmung zwischen diesen Untersuchungsverfahren in einer Position wird der Kappa Koeffizient nach Cohen bestimmt. Dieser, mit einem Signifikanzniveau von $p = 0,104$, zeigt keinen signifikanten Wert. Der Kappa Koeffizient kann nicht weiter berücksichtigt werden. Ein Wert von 0,052 würde auf eine geringe Übereinstimmung hinweisen.

5 Diskussion

5.1 Allgemein

Patienten mit einer Hiatushernie sind älter als gesunde Probanden, das Geschlecht ist ungefähr gleich verteilt für die Kohorte dieser Studie und Referenzgruppe. Das durchschnittliche Alter für die Referenzgruppe ist 37,12 Jahre und somit jünger als die Patientenkohorte mit einem Alter von 58,27 Jahren. Dies bestätigt auch die Studie nach Weijenborg et al. [23]. Innerhalb der Patientenkohorte sind Patientinnen älter als Patienten, währenddessen innerhalb der Referenzgruppe Probanden älter als Probandinnen sind.

Ältere Patienten zeigten eine höhere Inzidenz für axiale Hiatushernien. 72,34% der Patienten sind älter als 50 Jahre. Währenddessen nur 27,66% der Patienten sind jünger als 50 Jahre. Dies bestätigt auch die Studie nach Menon et Trudgill [29], indem eine Assoziation mit einem Odds-Ratio von 2,17 zwischen Hiatushernie und Alter über 50 Jahre herausgefunden wurde. Die Referenzgruppe zeigt im Vergleich dazu eine jüngere Kohorte, in dem nur 6 von 34 Probanden älter als 50 Jahre sind. Das Alter kann ein Einflussfaktor der vorliegenden Unterschiede für die HRIM-Parameter sein.

Mit steigendem BMI erhöht sich das Risiko für die Entwicklung einer axialen Hiatushernie. Grund dafür ist der zunehmende abdominelle Umfang, der den intraabdominellen Druck erhöht und damit eine Verlagerung von intraabdominellen Strukturen wie der Magen durch den Hiatus oesophageus nach intramediastinal beeinflusst [28].

Patienten in der Kohorte haben einen BMI-Mittelwert von $27,57 \pm 5,05 \text{ kg/m}^2$, Patienten mit einem EGJ-Typ I zeigen den niedrigsten BMI-Mittelwert von $25,22 \pm 4,14 \text{ kg/m}^2$ und Patienten mit einem EGJ Typ III, $28,40 \pm 5,45 \text{ kg/m}^2$, den höchsten BMI-Mittelwert. Den niedrigsten BMI-Mittelwert haben die gesunden Probanden der Referenzgruppe mit $24,08 \pm 3,45 \text{ kg/m}^2$ und den höchsten BMI-Mittelwert haben die Patienten mit dem EGJ-Typ III mit einem Wert von $28,40 \pm 5,45 \text{ kg/m}^2$.

Die häufigsten Symptome innerhalb der Patientenkohorte sind Sodbrennen, Regurgitation und Husten. Seltener äußern die Patienten Beschwerden wie die Odynophagie, Heiserkeit oder Blähung.

5.2 HRIM-Parameter

5.2.1 Der integrierte Relaxationsdruck (IRP)

Der integrierte Relaxationsdruck zeigt eine signifikante Änderung abhängig von der Körperposition, innerhalb der Kohorte und der Referenzgruppe. In der Kohorte herrscht eine Senkung des Medians von 42,41% in der sekundären Position und in der Referenzgruppe eine Senkung von 61,12%. Dies wurde laut Zhang et al. [21] bei asymptomatischen und GERD-Patienten, laut Ciriza-de-los-Rios et al. [22] für Patienten mit GERD und Dysphagie sowie laut Xiao et al. [25] für Patienten mit Hiatushernie bestätigt.

Der integrierte Relaxationsdruck in der gesunden Population laut Iwakiri et al. [41] und Xiao et al. [25] zeigen sowohl eine signifikante als auch eine Senkung des integrierten Relaxationsdruckes. Dies wird auch in dieser Arbeit in der Referenzgruppe bestätigt. Sweis et al. [54] zeigen eine signifikante Änderung und eine Erhöhung des IRPs durch die Änderung der Körperposition in der gesunden Population. Dies lässt sich nicht für die Referenzgruppe bestätigen, die eine signifikante Änderung und eine Senkung des IRPs zeigt.

Sweis et al. [45] haben diesen Druckanstieg in der sitzenden Position durch eine Erhöhung der hydrostatischen Kräfte im distalen Ösophagus oder durch die Änderung der UÖS-Anatomie und des Fließwiderstandes im UÖS erklärt. Roman et al. (2010) [24] zeigen keine signifikante Veränderung des IRPs abhängig von der Körperlage. Dies könnte auf die niedrigen Druckverhältnisse der Kohorte zurückgeführt werden.

Zusätzlich spielt die Hiatushernie eine Rolle bei der Veränderung des integrierten Relaxationsdruckes abhängig von der Körperlage. Dieser ist niedriger in der Kohorte als in der Referenzgruppe. Wie Kahrilas et al. [44] berichten, die Hiatushernie ändert die Dynamik des ÖGÜs durch die Separation der Hochdruckzone zwischen dem LES und CD. Der UÖS wird nach proximal verschoben, das wiederum führt zur Separation der intrinsischen UÖS Kompression und extrinsischen Kompression durch das Zwerchfell. Letztendlich führt es zur Abnahme des UÖS-Druckes in der Ruhephase. Hier zeigte sich ein Median-Wert des IRPs in der Kohorte von 9,55 mmHg und in der Referenzgruppe von 10,8 mmHg. Damit wird das auch bestätigt.

Insgesamt zeigen 15 Patienten eine Erhöhung des IRP-Wertes in der sekundären Position, währenddessen 3 Patienten einen negativen IRP-Wert in der liegenden Position zeigen. In der sekundären Position hingegen zeigen 11 Patienten einen negativen IRP-Wert. Dieser wird häufiger in Relation mit Hernien von EGJ Typ III beobachtet, die negative IRP-Werte in beiden Positionen zeigen. Negative Werte des integrierten Relaxationsdruckes werden bei Hernien mit einem EGJ Typ III beobachtet, da durch seine fixierte starre Struktur eine intragastrale Lage des Katheters nicht immer gesichert werden kann. Dadurch werden negative Werte aufgenommen. Innerhalb der Referenzgruppe zeigt 1 Proband einen negativen IRP-Wert in der sekundären Position. Eine Verlagerung des Messkatheters durch die Änderung der Körperlage kann zur Aufnahme von negativen Werten führen.

Die Definition der sitzenden Position kann die Ergebnisse beeinflussen. Hier wurden Patienten in einer sitzenden Position von 90° untersucht, währenddessen in anderen Studien wie in Xiao et al. [25] eine Position von 70-90° eingenommen wurde.

Die Schwerkraft spielt eine weitere Rolle, da der Einfluss der Schwerkraft in der sitzenden Position am größten ist und die ösophageale Clearance unterstützt. Der integrierte Relaxationsdruck ist von weiteren Faktoren wie der Intrabolusdruck abhängig. Dieser wird in der sitzenden Position von der Schwerkraft beeinflusst, indem die Schwerkraft die ösophageale Clearance und den Bolustransport unterstützt und dadurch der Intrabolusdruck niedriger wird. Eine niedrigere kontraktile Frontengeschwindigkeit und längere distale Latenz in der sitzenden Position führen zu einer niedrigeren Bolusfließrate in dieser Position. Das wiederum ist mit einem niedrigen Intrabolusdruck verbunden. Weitere Gründe für diese Ergebnisse kann das durchschnittliche Alter der Kohorte, die Ethnie sowie die Geschlechtseinteilung innerhalb der Kohorte [25].

5.2.2 Der basale LES-Druck (BLESP)

Der basale LES-Druck zeigt eine signifikante Änderung des Medians und eine Senkung abhängig von der Körperposition für die Referenzgruppe und eine nicht signifikante Änderung und eine Erhöhung des Medians abhängig von der Körperposition für die Kohorte. Zhang et al. [21] bestätigen die signifikante Senkung des BLESPs in der sitzenden Position bei asymptomatischen und GERD-Patienten.

Laut Ciriza-de-los-Rios et al. [22] sinkt der basale LES-Druck bei Patienten mit GERD und Dysphagie abhängig von der Körperposition. Die Änderung des BLESP ist für beide Gruppen nicht signifikant. Ein Grund für die höheren Druckverhältnisse in der liegenden Position könnte der steigende intragastrale Druck sein, der wiederum eine Erhöhung des UÖS-Druckes beeinflusst. Diese Druckmechanismen verhindern dadurch einen Reflux in der liegenden Position [22].

Roman et al. [24] zeigen eine nicht signifikante Änderung und eine Senkung des Medians des basalen LES-Druckes. Dies könnte auf die niedrigen Druckverhältnisse in der liegenden Position im Vergleich zu anderen Studien zurückgeführt werden. Die Patientenkohorte mit unterschiedlichen Diagnosen wie: GERD, Achalasie, systemische Sklerose und Zustand nach Funduplicatio oder Heller-Myotomie können die Ergebnisse nach Roman et al. [24] zusätzlich beeinflussen.

Sweis et al. [45] zeigen sowohl eine nicht signifikante Änderung als auch eine Senkung des BLESPs in einer gesunden Kohorte von 23 Probanden und bestätigen damit die fallende Tendenz des BLESPs in der Referenzgruppe.

1 Proband innerhalb der Referenzgruppe erreichte einen pathologischen Wert für den BLESP in der liegenden und sitzenden Position, damit einen hypertensiven unteren Ösophagussphinkter.

5.2.3 Das distale kontraktile Integral (DCI)

Das DCI zeigte in der Referenzgruppe eine signifikante Veränderung mit einer Senkung von 37,43%. Dies bestätigen auch Xiao et al. [25] für die gesunde Kohorte. Bezüglich der Herniepatienten zeigen Xiao et al. [25] eine nicht signifikante Änderung mit einer Senkung des distalen kontraktile Integrals.

Laut Roman et al. [24] zeigte sich diese Senkung als signifikant. Es wichtig zu erwähnen, dass in der Studie laut Roman et al. [24] eine gemischte Kohorte gewählt wurde und nicht explizit Patienten mit Hiatushernien. In dieser Arbeit liegt für die Kohorte der Herniepatienten eine signifikante Änderung mit einer Senkung von 22,85%.

Das DCI zeigt eine größere Senkung bei gesunden Probanden als bei Patienten mit Hiatushernien. Dies bestätigen auch Xiao et al. [25]. Ciriza-de-los-Rios et al. [22] bestätigen für dysphagische und GERD-Patienten eine signifikante Änderung mit einer Senkung des DCIs abhängig von der Körperposition.

Sweis et al. [45] zeigen eine nicht signifikante Änderung mit einer Senkung des DCI durch die Änderung der Körperposition. In dieser Arbeit zeigte sich diese Senkung in der Referenzgruppe als signifikant.

Insgesamt 4 Patienten der Kohorte zeigen eine schwache Peristaltik in der liegenden Position und 14 Patienten in der sitzenden Position. Eine Hyperkontraktilität oder fehlgeschlagene Peristaltik liegt nicht vor. Inzwischen zeigt ein Proband der Referenzgruppe schwache Peristaltik in der liegenden Position und 9 Probanden in der sitzenden Position.

5.2.4 Die Herniengröße und der EGJ-Typ

Die Körperposition modifiziert die Morphologie des EGJ-Typs bei 55 Patienten mit Hiatushernien. 19 Patienten mit einer Hiatushernie EGJ Typ III in der liegenden Position zeigen eine Änderung zum EGJ Typ II und 3 Patienten zum EGJ Typ I in sitzender Position. 11 Patienten mit einer Hiatushernie EGJ Typ II in der liegenden Position zeigen eine Änderung zum EGJ Typ I, 3 Patienten zum EGJ Typ III und 15 Patienten zeigen keine Hiatushernien in der sitzenden Position. 4 Patienten mit einer Hiatushernie EGJ Typ I in der liegenden Position zeigen keine Hiatushernie in der sitzenden Position. Diese Änderung wurde auch in der Studie von Roman et al. [24] bestätigt, indem eine Änderung der EGJ-Morphologie bei 12 Patienten mit Hiatushernien vor allem mit EGJ Typ II und III gezeigt wurde.

Nach dem Geschlecht erfolgt eine ungleichmäßige Verteilung für den EGJ-Typ II und III in der primären und sekundären Position. In der primären Position mit dem EGJ-Typ II sind mehr Frauen (65%) als Männer (35%) und mit dem EGJ-Typ III mehr Männer (59,5%) als Frauen (40,5%) betroffen.

In der sekundären Position mit dem EGJ-Typ III sind mehr Frauen (60,9%) als Männer (39,1%) betroffen, mit dem EGJ-Typ II mehr Männer (57,6%) als Frauen (42,4%) betroffen. Sonst für Patienten ohne Hernie und mit EGJ-Typ I in der sekundären Position zeigt sich eine gleichmäßige Verteilung abhängig vom Geschlecht.

Insgesamt 9 Patienten zeigen eine größere Hernie in der sitzenden Position. Diese Änderung liegt in einem Bereich von 0,1 cm bis 2 cm. Die minimale Änderung der Herniengröße kann durch die zeitlich mobile Aufnahme des EGJ-Apparates in der HRIM bedingt sein. Ein Patient

zeigt eine 75%ige Erhöhung der Herniengröße durch die Änderung der Körperposition. Diese große Diskrepanz kann auf die manuelle Auswertung zurückgeführt werden.

Der Kappa-Koeffizient nach Cohen zeigt eine signifikante Übereinstimmung für den EGJ-Typ zwischen zwei Untersuchungsmodalitäten in der HRIM. Mit einem Wert von 0,177 zeigt sich damit eine schwache Übereinstimmung. Die geringe Übereinstimmung zwischen beiden Untersuchungspositionen kann nicht nur durch die Mobilität des ÖGÜs erklärt werden, sondern auch durch die Morphologie der Hernien und den Einfluss der Schwerkraft in der sekundären Position. Je nachdem ob eine Hernie fixiert ist, wird der Einfluss der Schwerkraft auf die Größe der Hernie minimiert.

Ciriza-de-los-Rios et al. [22] hat einen Kappa-Koeffizient von 0,81 und ein Signifikanzniveau von 0,228 für Patienten mit Dysphagie und EGJ-Separation und einen Kappa-Koeffizient von 0,55 und Signifikanzniveau von 0,020 für Patienten mit GERD und EGJ-Separation festgestellt. Es zeigt sich somit eine hohe, nicht signifikante Übereinstimmung für Patienten mit Dysphagie und eine moderate signifikante Übereinstimmung für GERD-Patienten.

5.2.5 Die distale Latenz (DL)

Die distale Latenz zeigt eine signifikante Änderung mit einer Erhöhung innerhalb der Patientenkohorte und eine nicht signifikante Änderung mit einer Senkung innerhalb der Referenzgruppe.

Laut Ciriza-de-los-Rios et al. [22] zeigen dysphagische Patienten eine signifikante Änderung mit einer Senkung der distalen Latenz abhängig von der Körperpositionsänderung.

Laut Xiao et al. [25] zeigt sich eine signifikante Änderung mit einer leichten Erhöhung der distalen Latenz für die gesunde Kohorte und eine signifikante Änderung mit Senkung der distalen Latenz bei Patienten mit Hiatushernie.

Keine Patienten innerhalb der Kohorte oder Probanden innerhalb der Referenzgruppe zeigen pathologische Werte in den beiden Positionen der Untersuchung.

5.2.6 Die kontraktile Frontgeschwindigkeit (CFV)

Die kontraktile Frontengeschwindigkeit zeigt eine signifikante Änderung mit Senkung innerhalb der Patientenkohorte und eine nicht signifikante Änderung mit einer leichten Erhöhung innerhalb der Referenzgruppe.

Sweis et al. [45] bestätigen die nicht signifikante Änderung mit Erhöhung der kontraktiven Frontengeschwindigkeit abhängig von der Körperposition bei einer gesunden Kohorte von 23 Probanden. Laut Ciriza-de-los-Rios et al. [22] zeigen dysphagische Patienten eine nicht signifikante Änderung mit Erhöhung der kontraktiven Frontengeschwindigkeit abhängig von der Körperposition. Jung et al. [57] bestätigen die Erhöhung der distalen Latenz innerhalb der gesunden Gruppe. Diese Veränderung zeigt sich in der Studie laut Jung et al. [57] als signifikant.

Roman et al. [24] zeigen in einer gemischten Kohorte eine nicht signifikante Änderung mit einer Senkung der kontraktiven Frontengeschwindigkeit. Xiao et al. [25] zeigen eine signifikante Änderung mit Senkung der kontraktiven Frontengeschwindigkeit innerhalb der gesunden Kohorte und eine nicht signifikante Änderung mit einer leichten Erhöhung durch die Änderung der Körperlage bei Patienten mit Hiatushernien. Die Wertveränderung abhängig von der Körperposition liegt im Normwertbereich und erreicht keine pathologische Werte weder für die Kohorte noch für die Referenzgruppe.

5.2.7 Die LES Länge

Der Median der LES-Länge zeigt durch die Änderung der Körperposition eine nicht signifikante Änderung mit einer leichten Senkung sowohl für die Kohorte als auch für die Referenzgruppe. Dies wird laut Zhang et al. [21] für asymptomatische und GERD-Patienten ohne Hiatushernie bestätigt. Laut Sweis et al. [45] zeigt sich keine Änderung der LES-Länge in der gesunden Population abhängig von der Körperposition.

5.2.8 Die proximale LES-Grenze und der Pressure Inversion Point

Die proximale LES-Grenze wandert nach distal durch die Änderung der Körperposition und zeigt keinen signifikanten Unterschied sowohl für die Kohorte als auch für die gesunde Referenzgruppe. Laut Zhang et al. [21] wird ein signifikanter Unterschied durch die distale Verlagerung der proximalen LES-Grenze abhängig von der Körperposition bei asymptomatischen und GERD-Patienten innerhalb der Kohorte berichtet.

Laut Ciriza-de-los-Rios et al. [22] zeigt sich eine nicht signifikante Änderung mit einer leichten Senkung des Mittelwertes für den PIP und für die proximale LES-Grenze. Die proximale LES-Grenze sowie der PIP verlagern sich oral durch die Änderung der Körperposition während der Untersuchung.

In der Kohorte zeigt sich eine signifikante Änderung mit Senkung und in der Referenzgruppe eine nicht signifikante Änderung mit Senkung des Mittelwertes für den PIP und für beide Gruppen eine leichte, nicht signifikante Änderung mit Erhöhung des Mittelwertes für die proximale LES-Grenze. Dies bedeutet, dass der Pressure Inversion Point oral und die proximale-LES Grenze nach distal verlagert wird. Ursache für diese Änderung vor allem innerhalb der Patientenkohorte könnte die Mobilität dieser Parameter während der Messung aufgrund der Schluckaktivität, Inspiration und Expiration sein.

Der Pressure Inversion Point für Patienten mit Hiatushernien versetzt sich leicht oral in der sekundären Position. Diese signifikante Änderung kommt in Vereinbarung mit der fallenden Tendenz der Größe der Hernie in der sekundären Position. Durch die Verkleinerung der Hernie in der sitzenden Position, bewegt sich der PIP als definierender Punkt der unteren Grenze der Hernie nach oral.

5.2.9 Parameter der Bolusfunktionalität

Eine schwache Peristaltik wird häufig in der sitzenden Position diagnostiziert, dies gilt sowohl für Patienten mit Hiatushernie als auch für die gesunden Probanden. Diese Änderung der schwachen Peristaltik ist auch signifikant. Das berichten Ciriza-de-los-Rios et al. (2015) [22] für Patienten mit Dysphagie. Der Mittelwert der fehlgeschlagenen Schluckakten nimmt in der sitzenden Position zu und zeigt eine signifikante Änderung [22].

Alle Parameter der Bolusfunktionalität bis auf die inkomplette Bolus Clearance innerhalb der Kohorte und Referenzgruppe zeigen einen signifikanten Unterschied abhängig von der Körperposition. In der sekundären Position zeigt sich eine zunehmende Anzahl an fragmentieren, ineffektiven, schwachen und fehlgeschlagenen Schluckakten innerhalb der Kohorte und der Referenzgruppe. Im Vergleich dazu nimmt die Anzahl der intakten Schluckakten in der sekundären Position innerhalb der Kohorte und Referenzgruppe ab. Dies kann durch den Einfluss der Schwerkraft auf die Peristaltik in der sitzenden Position unabhängig von der vorliegenden Pathologie entstehen.

Die inkomplette Bolus Clearance zeigt eine minimale Senkung in der sekundären Position innerhalb der Kohorte und eine Erhöhung in der sekundären Position innerhalb der Referenzgruppe. Diese Änderung zeigt sich als nicht signifikant für beide Gruppen.

5.3 Vergleich zwischen Kohorten- und Referenzgruppe

Innerhalb der primären und sekundären Position der Untersuchung werden die HRIM-Parameter zwischen der Patientenkohorte und Referenzgruppe bezüglich eines signifikanten Unterschiedes untersucht. Hiermit zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der primären Position für den Mittelwert beziehungsweise Median für den basalen LES-Druck, für die distale Latenz, die proximale LES-Grenze und die LES-Länge. Patienten mit Hiatushernien haben einen niedrigeren basalen LES-Druck, einen kürzeren LES, eine niedrigere distale Latenz, eine oral gelegene proximale LES-Grenze sowie eine erhöhte inkomplette Bolus Clearance im Vergleich zu der Referenzgruppe. In der sekundären Position bewährt sich der signifikante Unterschied für die proximale LES-Grenze, die distale Latenz und die LES-Länge. Zusätzlich zeigt sich ein signifikanter Unterschied für die fehlgeschlagenen Schluckakten. In der sekundären Position zeigen Patienten mit Hiatushernien einen kürzeren LES, eine niedrigere distale Latenz, eine oral gelegene proximale LES-Grenze sowie weniger fehlgeschlagene Schluckakten im Vergleich zu der Referenzgruppe.

Der integrierte Relaxationsdruck, das distale kontraktile Integral sowie die intakten Schluckakten in der primären Position sind niedriger innerhalb der Kohorte als in der Referenzgruppe. Die schwachen und ineffektiven Schluckakten kommen vermehrt innerhalb der Kohorte als in der Referenzgruppe in der primären Position vor. In der sekundären Position zeigt die Referenzgruppe eine vermehrte Anzahl an ineffektiven Schluckakten sowie eine verminderte Anzahl an intakten Schluckakten im Vergleich zu der Kohorte. Diese Veränderungen sind nicht signifikant.

Der Mittelwert für die proximale LES-Grenze befindet sich deutlich proximaler für Herniepatienten als gesunde Probanden. Der Mittelwert für den PIP befindet sich distaler für Herniepatienten als für die gesunden Probanden. Damit ist der Abstand zwischen diesen beiden Parametern innerhalb der Kohorte größer als in der Referenzgruppe. Dieser Abstand kann durch die Pathologie der axialen Hiatushernie erklärt werden.

Wenn die Änderung der fehlgeschlagenen Peristaltik zwischen der Kohorte und der Referenzgruppe verglichen werden, zeigt die Referenzgruppe eine deutliche Zunahme dieser in der sekundären Position als die Kohorte. Diese Zunahme kann durch die Körperlage erklärt werden, weil in der sekundären Position weniger kontraktile Kraft erbracht wird. Für Patienten mit Hiatushernien bleibt diese Veränderung aufgrund der Pathologie aus.

Die inkomplette Bolus Clearance wird von der Schwerkraft, Peristaltik und vom abgeschwächten EGJ-Apparat beeinflusst [20]. Patienten mit Hiatushernien haben durch die LES-CD Separation einen abgeschwächten EGJ-Apparat und vor allem in der liegenden Position wird die Bolus Clearance nach jedem Schluckakt beeinträchtigt. Dies kann den höheren Mittelwert der inkompletten Bolus Clearance der Kohorte in der liegenden Position erklären.

Der basale LES-Druck zeigt in der Referenzgruppe eine fallende Tendenz, diese zeigte sich als signifikant. Währenddessen in der Kohorte der basale LES-Druck eine Erhöhung in der sekundären Position zeigte, diese Änderung zeigte sich als nicht signifikant. Die fallende Tendenz des basalen LES-Druckes wird laut Sweis et al. [45] für die gesunden Probanden bestätigt.

Der basale LES-Druck wird in der gesunden Population aus zwei Sphinkterdruckzonen aufgebaut, dem intrinsischen Druck des LES und dem extrinsischen Druck durch das Zwerchfell. Bei einer Separation dieser zwei Strukturen wie bei Hiatushernien sinkt der basale LES-Druck [44]. In dieser Arbeit zeigen gesunde Probanden höhere Werte für den basalen LES-Druck als Patienten mit Hiatushernien. Die leichte Erhöhung des basalen LES-Druckes innerhalb der Patientenkohorte durch die Änderung der Körperposition zeigt sich als nicht signifikant und kann aufgrund technischer Gegebenheiten, tiefer Inspiration oder Expiration sowie altersbedingten Einflüssen entstehen.

Der BMI-Wert kann den basalen LES-Druck zusätzlich beeinflussen, da dieser in Bezug auf den intragastralen Druck gemessen wird. Steigt der intragastrale Druck, wie beim erhöhten abdominellen Umfang und Adipositas, erhöht sich der basale LES-Druck.

Die Referenzgruppe zeigt eine deutliche Senkung (37,43%) des distalen kontraktiven Integrals abhängig von der Körperposition im Vergleich zu der Patientenkohorte (22,85%).

Die kontraktile Frontengeschwindigkeit nimmt innerhalb der Referenzgruppe abhängig von der Körperposition zu, währenddessen innerhalb der Kohorte nimmt dieser Parameter ab. Laut Sweis et al. [45] wird diese zunehmende Tendenz für die Referenzgruppe bestätigt.

Die distale Latenz zeigt eine abnehmende Tendenz in der Referenzgruppe und eine zunehmende Tendenz in der Kohorte. Laut Xiao et al. [25] nimmt die distale Latenz innerhalb der Referenzgruppe abhängig von der Körperposition zu, währenddessen innerhalb der Kohorte dieser Wert abnimmt. Ein Grund für die abweichenden Ergebnisse kann die Körperlagerung sowie die Reihenfolge während der Untersuchung sein. Xiao et al. [25] haben mit der Untersuchung in der sitzenden Lage begonnen und die liegende Position wurde bei einer 0-10° Oberkörperhochlagerung anstatt 30° Oberkörperhochlagerung durchgeführt.

5.4 Regressionsanalyse

Es ist bisher unklar, inwieweit Adipositas, Alter und Geschlecht die Hernienentwicklung sowie die Größe der Hiatushernie beeinflussen kann. Um diesen Zusammenhang zu untersuchen, wurde eine multiple lineare Regressionsanalyse zwischen diesen unabhängigen Variablen und der Größe der Hernie durchgeführt. Diese zeigt einen signifikanten, positiven Zusammenhang zwischen dem BMI-Wert und der Größe der Hernie. Je höher der BMI, desto höher die Wahrscheinlichkeit einer Hernienentwicklung und desto größer die Hiatushernie. Dies konnte anhand einer einfachen linearen Regressionanalyse nachgewiesen werden. Die Regressionsgleichung für den BMI $\ln(y) = 0,06 + 0,02 * X$ in der ersten Position bedeutet, dass für jede 1kg/cm² die Größe der Hernie um 2% zunimmt. Dies bedeutet, dass Adipositas als Risikofaktor die Hernienentwicklung und die Größe der Hiatushernien beeinflusst und im linearen positiven Zusammenhang zu der Größe der Hernie steht.

Um den Einfluss des BMI-Wertes zu bestätigen wurde eine einfache lineare Regressionsanalyse zwischen der Herniengröße in der primären Position und dem BMI-Wert durchgeführt. Der signifikante positive Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen wird bestätigt. Wilson et al. [40] haben eine positive, signifikante Assoziation zwischen BMI und Herniengröße mit einem Odds Ratio von 1,8 festgestellt. In der Korrelationsanalyse laut Pandolfino et al. [49] zeigt sich eine signifikante ($p < 0,005$) Korrelation zwischen der LES-CD Separation und dem BMI, mit einem Korrelationskoeffizient von $r = 0,17$.

Für die unabhängigen Variablen wie das Geschlecht und Alter wird in der multiplen linearen Regressionsanalyse kein signifikanter Zusammenhang festgestellt. Wilson et al. [40] haben keinen Einfluss des Alters auf die Hernienentwicklung oder Größe der Hernie herausgefunden. Andere Studien wie Loffeld et al. [39] bestätigen, dass Alter als Risikofaktor einen signifikanten Einfluss auf die Hernienentwicklung haben kann. Ciriza de-los-Rios et al. [46] zeigen eine signifikante positive Korrelation zwischen LES-CD Separation und Alter, Adipositas. Laut Koop et al. [14] zeigt das Geschlecht keine Rolle auf die Pathophysiologie der Hiatushernien zu spielen.

Um die Assoziation zwischen der Herniengröße und den Variablen wie DCI, CFV, DL, IRP und BLESP zu untersuchen, wurde eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt. Bei der Auswertung dieser, zeigt sich ein negativer signifikanter Zusammenhang zwischen Herniengröße und CFV, DL und BLESP. Mit steigenden Werten für DL, CFV und BLESP, nimmt die Herniengröße ab. Dies konnte anhand der multiplen linearen Regressionsanalyse bis auf die abhängige Variable IRP und DCI nachgewiesen werden.

Die Regressionsgleichung $\log(y) = 2,718 - 0,016 * x_1 - 0,173 * x_2 - 0,132 * x_3$, dass für jede Einheit der unabhängigen Variablen 1 mmHg des BLESPPs, die Herniengröße um 1,6% abnimmt, für jede 1 s der DL die Herniengröße um 18,8 % abnimmt und für jede 1 cm/s der CFV die Herniengröße um 14 % abnimmt.

Laut Ciriza de-los-Rios et al. [46] wurde diese negative, signifikante Korrelation ($p=0,006$) zwischen der LES-CD Separation und dem BLESPP bestätigt. Sonst zeigen Patienten mit Hernien von EGJ Typ III einen niedrigeren IRP und BLESPP, sowie eine niedrigere DL, und CFV und ein niedrigeres DCI. Roman et al. [55] haben gezeigt, dass Patienten mit großen Hernien ($>5\text{cm}$) niedrige Verhältnisse für diese Parameter vorweisen.

Pandolfino et al. [49] haben einen negativen, signifikanten Zusammenhang zwischen dem maximalen inspiratorischen und expiratorischen UÖS-Druck und der LES-CD-Separation gezeigt. Für jede 1 cm LES-CD Separation sinkt der maximale inspiratorische UÖS-Druck um 6,7 mmHg und der expiratorische UÖS-Druck um 2,0 mmHg. Der weitere Zusammenhang zwischen Herniengröße und DL, CFV, DCI und IRP ist bis jetzt in der Studienlage nicht untersucht. Es kann keine bestätigende Aussage gemacht werden.

5.5 Vergleich Ösophagographie und hochauflösende Impedanz Manometrie

In der primären Position zeigt die HRIM eine hohe Sensitivität und eine mittlere Spezifität. Diese Parameter werden von der Körperlage nicht beeinflusst und haben vergleichbare Werte in der sekundären Position gezeigt. Die Spezifität zeigt einen höheren Wert in der sekundären Position im Vergleich zu der primären Position. Für die Patientenkohorte und die Referenzgruppe zeigt sich in der primären Position ein hoher negativer prädiktiver Wert (91%) zum Ausschluss der Diagnose axiale Hiatushernie. Der positive prädiktive Wert zur Bestätigung der Diagnose ist nur 63%. Dies bedeutet, dass eine Herniediagnose in der HRIM, eine vorliegende axiale Hiatushernie nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit bestätigen kann.

Der negative prädiktive Wert ist in der sekundären Position sehr hoch, währenddessen der positive prädiktive Wert sehr niedrig. Diese Ergebnisse sind auf eine niedrige Sensitivität der Ösophagographie in der sekundären Position zurückzuführen. Es wurde nur bei 4 von 98 Patienten die Diagnose einer Hiatushernie gestellt. Die Ösophagusbreischluck-Untersuchung kann eine Hiatushernie ab 2 cm diagnostizieren. Zusätzlich spielt die Schluckaktivität eine Rolle, da sie zu einer Verkürzung des Ösophagus und damit Änderung der Herniengröße während der Untersuchung führt. Der McNemar-Test liefert einen signifikanten Unterschied mit einem p -Wert $<0,001$ zwischen beiden Untersuchungsverfahren in der primären und sekundären Position.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit wird dadurch limitiert, dass die Diagnose einer Hiatushernie in der Ösophagographie anhand der internen und externen Untersuchungsberichte gestellt wurde und diese Daten retrospektiv gesammelt wurden. Zusätzlich erfolgten keine Angaben über Herniengröße und EGJ-Typ, sondern lediglich Angaben über die Präsenz einer Hiatushernie. Dies kann verbessert werden, indem der intraoperative Befund als Goldstandard gesetzt wird und zur Verbesserung der Ergebnisse die Untersuchungskohorte vergrößert wird. Zusätzlich erlaubt die Angabe des EGJ-Typs und der Herniengröße einen besseren Vergleich zwischen beiden Untersuchungsverfahren bezüglich des Einflusses der Körperlage auf die Diagnose einer Hiatushernie.

Nach Weijenborg et al. [23] wurde die Endoskopie und die Ösophagographie als Referenzuntersuchung und Goldstandard festgesetzt. Im Vergleich dazu zeigt die HRIM eine Sensitivität und Spezifität von jeweils 92% und 93% sowie einen positiven und negativen prädiktiven Wert von jeweils 94% und 91%. Der Einfluss der Körperlage auf die Diagnose der axialen Hiatushernie während der Untersuchung wird nicht berücksichtigt.

In dieser Arbeit wird die Sensitivität und Spezifität der Untersuchung mit der festgesetzten Vergleichsuntersuchung, die Ösophagographie, in der primären und sekundären Position

berechnet und zusätzlich werden diese Ergebnisse miteinander verglichen. In der primären Position zeigt sich für die Kohorte und Referenzgruppe zusammen eine Sensitivität von 96% und Spezifität von 42% sowie ein positiver und negativer prädiktiver Wert von jeweils 63% und 91%.

Damit eine deutlich geringere Spezifität und ein geringer positiver prädiktiver Wert im Vergleich zu den Werten der Studie nach Weijnenborg et al [23]. Dies könnte durch eine kleine Kohorte(n=48) der Studie nach Weijnenborg et al. und durch eine größere Anzahl an Referenzuntersuchungen in der Studie nach Weijnenborg et al. (Endoskopie, Ösophagographie) begründet werden.

Weitzendorfer et al. [42] haben eine Sensitivität von 31,25% für die HRIM in der primären Position festgestellt. Dies wird in dieser Arbeit nicht bestätigt, die HRIM zeigte eine hohe Sensitivität von 96% in der primären Position.

Der Kappa-Koeffizient nach Cohen in der primären liegenden Position zeigt mit einem Wert $p=0,381$, eine mäßige Übereinstimmung, währenddessen der Kappa-Koeffizient in der sekundären Position mit $p=0,052$ eine geringe Übereinstimmung.

Die Studie nach Weitzendorfer et al. [42] zeigen einen Kappa-Koeffizient von $p=0,30$ und damit eine ähnliche Übereinstimmung zwischen HRIM und Ösophagographie in der primären Position sowie bestätigen die statistisch signifikante Diskordanz ($p<0,001$) zwischen HRIM und Ösophagographie durch den McNemar-Test für die primäre Position.

Tolone et al. [51] zeigen eine hohe Sensitivität und Spezifität für die HRIM, jeweils 94,3% und 91,5%, wenn der intraoperative Befund als Goldstandard festgesetzt wurde. Der positive und negative prädiktive Wert mit jeweils 92,6% und 93,5% zeigen einen hohen Wert. Die dargestellte Sensitivität und der negative prädiktive Wert in der Studie nach Tolone et al. wird in dieser Arbeit bestätigt.

Der Kappa-Koeffizient nach Cohen mit einem Wert von 0,85 ist deutlich höher als der Kappa-Koeffizient in der primären Position in dieser Arbeit, 0,381. Zusätzlich bestätigen Tolone et al. [51] die statistisch signifikante Diskordanz ($p<0,001$) zwischen HRIM und Ösophagographie durch den McNemar-Test.

5.6 Fehlerquellen

Diese Arbeit zeigt Limitierung aufgrund einer niedrigen Referenzgruppe im Vergleich zu der Kohorte. Die Anzahl der Patienten mit Hiatushernien ist im Vergleich zu der Studie nach Xiao et al. [25] und Roman et al. [55] größer, aber trotzdem nicht ausreichend, um den Einfluss dieses Krankheitsbildes auf die HRIM-Parameter und auf den ÖGÜ zu beschreiben. Zusätzlich erhöhen interpersonelle Unterschiede während der HRIM-Untersuchung trotz einem Standardprotokoll die Fehlerrate. Die Untersuchungen wurden von verschiedenen Doktoranden der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie Universitätsmedizin Mainz durchgeführt.

Die Auswertung der Untersuchung erfolgte für gewisse Parameter wie DCI, IRP, BLESP automatisch und für andere Parameter wie LES-Grenzen, PIP, CDP, DL, manuell. Dies erhöht wiederum die mögliche Fehlerrate. Zur Minimierung dieser Fehlerquelle wurde die Auswertung nur von der Verfasserin dieser Arbeit durchgeführt. Außerdem kann die heterogene Referenzgruppe aus gesunden Probanden und gesunden, asymptomatischen Patienten sowie eine gemischte Kohorte aus retrospektiv und prospektiv gewonnenen Daten die Endergebnisse beeinflussen und verändern. Das nicht verblindete Studiensetting bezüglich der Untersuchungspositionen kann einen zusätzlichen Einfluss haben.

Die Temperatur, trotz der thermalen Kompensation, kann die gemessenen Druckverhältnisse beeinflussen. Der Baseline drift während der Untersuchung, mit kontinuierlicher Änderung der Druckverhältnisse, kann abhängig von der Untersuchungsdauer die Druckverhältnisse beeinflussen. Bei einer Dauer von mehr als 15 Minuten ist dieser Einfluss größer, bei weniger als 15 Minuten können Parameter wie die LES-Länge trotzdem um eine Fehlerrate beeinflusst werden [48].

Einen weiteren Einfluss auf die Ergebnisse haben Messfehler aufgrund technischer Störungen wie Sensorenausfall mit Artefaktbildung, die zur Verfälschung der Werte führt [25].

Alter kann zusätzlich die Ergebnisse dieser Untersuchung beeinflussen. Djinbanchian et al. [50] haben eine positive Korrelation zwischen Alter und IRP, DCI und eine negative Korrelation zur DL gezeigt. Mit steigendem Alter nehmen die Werte für den IRP, das DCI zu und für die DL ab.

Jung et al. [57] haben einen deutlichen Einfluss des Alters und des Geschlechts auf die ösophageale Motilität sowie auf die HRIM-Parameter wie DL, CFV, IRP und DCI für 54 gesunden Probanden gezeigt. Innerhalb der Kohorte sind Frauen älter als Männer und innerhalb der Referenzgruppe sind Männer älter als Frauen. Dies könnte wiederum ein Einflussfaktor für die unterschiedlichen Ergebnisse zwischen beiden Gruppen sein.

6 Zusammenfassung

Die hochauflösende Impedanz-Manometrie (HRIM) ermöglicht die Messung der Druckverhältnisse im Ösophagus in Ruhe und während der Schluckaktivität sowie die Beurteilung der Boluszusammensetzung und des -Transports anhand der Impedanz [1]. HRIM ist der Goldstandard zur Untersuchung von Ösophagusmotilitätsstörungen und spielt eine wichtige Rolle in der Diagnostik der Hiatushernien. HRIM als dynamische Untersuchung erlaubt eine bessere Beurteilung der Struktur des ösophagogastralen Übergangs und seiner Druckkomponenten [23] [28].

In dieser Arbeit wird der Einfluss der Körperposition auf die HRIM-Parameter für Patienten mit axialer Hiatushernie (Typ I) untersucht. Dabei wird die Änderung dieser Parameter von der primären in der sekundären Position für die Kohorte und die Referenzgruppe gegenübergestellt. Anhand der multiplen Regressionsanalyse wird der Zusammenhang zwischen Hernienpräsenz, Größe der Hernie und Risikofaktoren wie BMI, Alter und Geschlecht sowie zwischen Herniengröße und HRIM-Parameter wie integrierte Relaxationsdruck (IRP, der Medianwert vom Relaxationsdruck des unteren Ösophagus), basale LES-Druck (BLESP, der mittlere Ruhedruck des unteren Ösophagus nach der Schluckaktivität und vor Relaxation), das distale kontraktile Integral (DCI, die Kontraktionskraft des distalen Ösophagus), DL (Distale Latenz, das Intervall zwischen dem Beginn des Schluckaktes und der Relaxation des oberen Ösophagusphinkters), kontraktile Frontengeschwindigkeit (CFV, die Kontraktionsgeschwindigkeit) untersucht [1] [15-18] [22]. Eine weitere Fragestellung ist der Einfluss der Körperposition auf die Diagnosestellung der Hiatushernie in der hochauflösenden Impedanz-Manometrie im Vergleich zur Ösophagographie.

Anhand HRIM erfolgt eine Untersuchung der ösophagialen Motilität und Peristaltik in zwei Körperpositionen, in der primären Position sonst als Standard-Position bekannt, in 30° Rückenlage und in der sekundären Position, in 90° aufrechter sitzender Position nach einem Standardprotokoll. Vor dieser Untersuchung wurden die Patienten anhand eines Fragebogens nach ihren Beschwerden gefragt. Wichtige Risikofaktoren wie Adipositas, Alter und Geschlecht werden auf ihren Einfluss auf die Entwicklung einer Hiatushernie untersucht. Letztendlich wird die Sensitivität und Spezifität der HRIM in beiden Körperpositionen im Vergleich zur Ösophagographie, bestimmt. Damit kann der Einfluss der Körperlage auf die Diagnostik einer axialen Hiatushernie in der HRIM untersucht werden.

Die Untersuchung des Einflusses der Körperposition erfolgt anhand der HRIM-Parameter in der Chicago Klassifikation. Es zeigt sich eine signifikante Abnahme der Herniengröße, des distalen kontraktilen Integrals sowie des integrierten Relaxationsdruckes abhängig von der Körperlage. Die gleichen Veränderungen bis auf den basalen LES-Druck werden in der Referenzgruppe beobachtet. Patienten mit Hiatushernien zeigen einen niedrigeren basalen LES-Druck als gesunde Probanden. Der basale LES-Druck zeigt eine leichte Erhöhung durch die Änderung der Körperlage innerhalb der Kohorte und eine signifikante Senkung innerhalb der Referenzgruppe.

Sekundäre Parameter wie intakte, fragmentierte, fehlgeschlagene, ineffektive sowie schwache Schluckakten, die in der Studienlage bisher nicht berücksichtigt sind, werden hier für Patienten mit axialer Hiatushernie auf eine signifikante Veränderung beurteilt. Es zeigt sich eine deutliche Zunahme aller dieser Parameter in der Kohorte sowie in der Referenzgruppe bis auf den Mittelwert der intakten Schluckakten in der sekundären Position. Für die intakten Schluckakten folgt eine deutliche Abnahme in der sekundären Position. Einfluss auf diese Veränderung spielt die Schwerkraft und die zugrundeliegende Pathologie.

Bei einem Vergleich zwischen beiden Gruppen zeigen Herniepatienten einen kürzeren unteren Ösophagusphinkter in beiden Positionen, eine erhöhte inkomplette Bolus Clearance (erfolgreicher Transport des Bolus von der Speiseröhre in den Magen) in der primären Position sowie eine Zunahme der fehlgeschlagenen Schluckakten in der sekundären Position.

In der Patientenkohorte verlagert sich die proximale LES-Grenze (die proximale Grenze des unteren Ösophagussphinkters im Abstand von den Nares) nach distal und der Pressure Inversion Point (der Übergangspunkt von dem positiven, intraabdominellen Druckpunkt zum negativen, intrathorakalen Druckpunkt entlang der Speiseröhre) nach distal [16] [19-20] [28]. Im Rahmen der vorliegenden Pathologie ist der Abstand zwischen diesen beiden Parametern innerhalb der Kohorte größer als in der Referenzgruppe. In der Referenzgruppe verlagert sich der Pressure Inversion Point sowie die proximale LES-Grenze nach distal. Eine Untersuchung in der primären und sekundären Position wird empfohlen, weil die sekundäre Position mit einer höheren Compliance einhergeht und zusätzlich die physiologische Körperlage darstellt [22]. In der CCv4.0 wird die sekundäre Position, die 90° aufrecht sitzende Position dazu empfohlen, weil diese Position zusätzliche Informationen zum Krankheitsbild liefert [16].

Anhand statistischer Regressionsanalyse wird der Einfluss des BMIs und des Risikofaktors Adipositas auf die Entwicklung einer axialen Hiatushernie und auf die Herniengröße bestätigt. Hier konnte gezeigt werden, dass sich die Größe der Hernie für jeden 1kg/cm² um 2% zunimmt. Es wird kein Zusammenhang zwischen Alter, Geschlecht und Herniengröße festgestellt. Zusätzlich wird der negative signifikante Zusammenhang in der multiplen Regressionsanalyse zwischen Herniengröße und der HRIM-Parameter wie BLESP, DCI, DL, CFV, aber nicht für DCI und IRP bestätigt. Hier konnte gezeigt werden, dass für jede Erhöhung um 1 Einheit für verschiedene Variablen wie BLESP, DL, CFV die Herniengröße um 10,8 Einheit abnimmt.

Die hochauflösende Impedanz-Manometrie im Vergleich zur Ösophagographie, kann in der primären Position mit höherer Sensitivität eine axiale Hiatushernie diagnostizieren. Die HRIM zeigt eine hohe Sensitivität und einen hohen negativen prädiktiven Wert in beiden Positionen wie bisher in der Studienlage beschrieben. Die Spezifität konnte nicht bestätigt werden, hier zeigt sich eine niedrige Spezifität in der primären Position und eine leicht höhere Spezifität in der sekundären Position. Diese sollte wiederum kritisch beurteilt werden, weil die Sensitivität für die Ösophagographie in der sekundären Position sehr niedrig ist. Es wurden insgesamt 4 von 98 Patienten mit einer axialen Hiatushernie im Stehen diagnostiziert. In der sekundären Position liegt der positive prädiktive Wert auf 6,67% und damit sehr niedrig im Vergleich zu der primären Position. Der Kappa Koeffizient nach Cohen ist deutlich höher in der primären als in der sekundären Position. Damit zeigt sich eine höhere Übereinstimmung zwischen beiden Untersuchungsverfahren bezüglich der Diagnosestellung in der primären Position als in der sekundären Position.

Die hochauflösende Impedanz-Manometrie kann in der primären Position eine axiale Hiatushernie häufiger als die Ösophagographie diagnostizieren. Vor allem eine intermediäre LES-CD Separation von < 2 cm, die möglicherweise funktionell wichtig ist, wird in der HRIM sensitiver erkannt [13]. Ein Grund dafür ist das standardisierte Untersuchungsverfahren der HRIM mit einem internationalen Durchführungsprotokoll. Die Ösophagographie hingegen ist stark untersucherabhängig und wird aktuell ohne ein standardisiertes Protokoll durchgeführt.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Müller M. Ösophagusmanometrie. In: Stein J., Wehrmann T., Hrsg. Funktionsdiagnostik in der Gastroenterologie [E-Book]. 3. Auflage. Berlin: Springer Verlag; 2020: pp 19-41. DOI.ORG/10.1007/978-3-662-59133-8_2
- [2] Weiß C., Basiswissen Medizinische Statistik [E-Book]. 7. Auflage. Berlin: Springer Verlag; 2019: pp 99- 102. DOI.ORG/10.1007/978-3-662-56588-9_7
- [3] Seifert B. und Rufibach K. Deskriptive Statistik, Analyse von quantitativen Zielgrößen. Held L., Rufibach K., Mathematische Grundlagen, Testen von Hypothesen, Klassifikation und Prognose. Rousson V. und Seifert B. Beurteilung der Zuverlässigkeit von Messungen. Puhán M. und Held L. Epidemiologische Studien. In: Held L., Rufibach K., Seifert B.. Medizinische Statistik: Konzepte, Methoden und Anwendungen. 1. Auflage. Hallbergmoos/Germany: Pearson Verlag; 2013: pp 20-39, 43, 53-58, 118-123, 145-170, 284-290, 335-6, 341-3, 409.
- [4] Schmidt, H.M. et al. Ösophagus: Chirurgische Anatomie und Topografie des Ösophagus. In: Hölscher, A., Mönig, S., & Meyer, H.-J., Hrsg. Expertise Allgemein- und Viszeralchirurgie Oberer Gastrointestinaltrakt [E-Book]. 1.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2021: pp 18-24. DOI: 10.1055/b-0041-180827
- [5] Schneider, J. Anatomie des Ösophagus. In: Schneider, J. ed Motilitätsstörungen der Speiseröhre [E-Book]. 1.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2003: pp 6-8, 10-13. DOI: 10.1055/b-004-132230.
- [6] Schneider, J. Physiologie des digestiven Transportes, Manometrische Standarduntersuchung. In: Schneider, J. ed Motilitätsstörungen der Speiseröhre [E-Book]. 1.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2003: pp 16-21, 41. DOI:10.1055/b-002-13394.
- [7] Wilk, M. Anatomie und Physiologie des Gastrointestinaltraktes. In: Lüscher, T., Steffel, J. , Hrsg. Magen-Darm-Trakt [E-Book]. Berlin Heidelberg: Springer Verlag; 2013: pp 4-5. DOI 10.1007/978-3-642-29434-1
- [8] Jensen-Jarolim, E. Der Ösophagus. In: Jensen-Jarolim, E., Schöll, I., & Szalai, K. Gastrointestinaltrakt-Mukosale Pathophysiologie und Immunologie [E-Book]. Wien: Springer Verlag; 2006: pp 11.
- [9] Schmalbach, I.L., Zwerchfell. In: Schwarz, N. T. ed. Allgemein-und Viszeralchirurgie essentials [E-Book]. 8.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2017: pp 85-87. DOI: 10.1055/b-004-132233
- [10] John, M, Ösophagus Histologie. In: Schwarz, N. T. ed. Allgemein-und Viszeralchirurgie essentials [E-Book]. 8.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2017: pp 111. DOI: 10.1055/b-004-132233
- [11] Siewert, J.R., Stein, H.J Zwerchfell. In: Siewert, J.R., Brauer, R. B. Basiswissen Chirurgie [E-Book]. 2. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2007: pp 253-254.
- [12] Freys, Stephan M.; Heimbucher, Johannes; Willeke, Frank (2019): Hiatushernie und interventionelle bzw. neue operative Therapien der GERD. In: *Allgemein- und Viszeralchirurgie up2date* 13 (04), S. 339–356. DOI: 10.1055/a-0878-4834.
- [13] Kahrilas, Peter J.; Kim, Hyon C.; Pandolfino, John E. (2008): Approaches to the diagnosis and grading of hiatal hernia. In: *Best practice & research. Clinical gastroenterology* 22 (4), S. 601–616. DOI: 10.1016/j.bpg.2007.12.007.
- [14] Koop, Herbert; Kurz, Christof (2007): Befunde am gastroösophagealen Übergang. In: *Gastroenterologie up2date* 3 (1), S. 33–50. DOI: 10.1055/s-2007-966344.
- [15] Pandolfino JE, Leslie E, Luger D, Mitchell B, Kwiatek MA, Kahrilas PJ. The contractile deceleration point: an important physiologic landmark on oesophageal pressure

topography. *Neurogastroenterol Motil.* 2010;22(4):395-e90. doi:10.1111/j.1365-2982.2009.01443.x

[16] Yadlapati, Rena; Kahrilas, Peter J.; Fox, Mark R.; Bredenoord, Albert J.; Prakash Gyawali, C.; Roman, Sabine et al. (2021): Esophageal motility disorders on high-resolution manometry: Chicago classification version 4.0©. In: *Neurogastroenterology and motility: the official journal of the European Gastrointestinal Motility Society* 33 (1), e14058. DOI: 10.1111/nmo.14058.

[17] Pandolfino JE, Roman S, Carlson D, et al. Distal esophageal spasm in high-resolution esophageal pressure topography: defining clinical phenotypes. *Gastroenterology*. 2011;141(2):469-475. doi:10.1053/j.gastro.2011.04.058

[18] Kahrilas, P. J.; Bredenoord, A. J.; Fox, M.; Gyawali, C. P.; Roman, S.; Smout, A. J. P. M.; Pandolfino, J. E. (2015): The Chicago Classification of esophageal motility disorders, v3.0. In: *Neurogastroenterology and motility: the official journal of the European Gastrointestinal Motility Society* 27 (2), S. 160–174. DOI: 10.1111/nmo.12477.

[19] Bulsiewicz, W. J., Kahrilas, P. J., Kwiatek, M. A., Ghosh, S. K., Meek, A., & Pandolfino, J. E. (2009). Esophageal pressure topography criteria indicative of incomplete bolus clearance: a study using high-resolution impedance manometry. *The American journal of gastroenterology*, 104(11), 2721–2728. <https://doi.org/10.1038/ajg.2009.467>

[20] Park, E. J., Lee, J. S., Lee, T. H., Bok, G. H., Hong, S. J., Kim, H. G., Jeon, S. R., & Kim, J. O. (2014). High-resolution Impedance Manometry Criteria in the Sitting Position Indicative of Incomplete Bolus Clearance. *Journal of neurogastroenterology and motility*, 20(4), 491–496. <https://doi.org/10.5056/jnm14012>

[21] Zhang, Xiu Jing; Xiang, Xue Lian; Tu, Lei; Xie, Xiao Ping; Hou, Xiao Hua (2015): The effect of position on esophageal structure and function determined with solid-state high-resolution manometry. In: *Journal of digestive diseases* 16 (6), S. 350–356. DOI: 10.1111/1751-2980.12256.

[22] Ciriza-de-Los-Ríos C, Canga-Rodríguez-Valcárcel F, Lora-Pablos D, De-La-Cruz-Bértolo J, Castel-de-Lucas I, Castellano-Tortajada G. How the Body Position Can Influence High-resolution Manometry Results in the Study of Esophageal Dysphagia and Gastroesophageal Reflux Disease. *J Neurogastroenterol Motil.* 2015 Jul 30;21(3):370-9. doi: 10.5056/jnm14110.

[23] Weijenborg, P. W.; van Hoeij, F. B.; Smout, A. J. P. M.; Bredenoord, A. J. (2015): Accuracy of hiatal hernia detection with esophageal high-resolution manometry. In: *Neurogastroenterology and motility: the official journal of the European Gastrointestinal Motility Society* 27 (2), S. 293–299. DOI: 10.1111/nmo.12507.

[24] Roman S, Damon H, Pellissier PE, Mion F. Does body position modify the results of oesophageal high resolution manometry? *Neurogastroenterol Motil.* 2010;22(3):271-275. doi:10.1111/j.1365-2982.2009.01416.x

[25] Xiao, Y.; Read, A.; Nicodème, F.; Roman, S.; Kahrilas, P. J.; Pandolfino, J. E. (2012): The effect of a sitting vs supine posture on normative esophageal pressure topography metrics and Chicago Classification diagnosis of esophageal motility disorders. In: *Neurogastroenterology and motility : the official journal of the European Gastrointestinal Motility Society* 24 (10), e509-16. DOI: 10.1111/j.1365-2982.2012.02001.x.

[26] Messmann, H. (Hg.), Gastroenterologische Spezialdiagnostik. In: Messmann, H. Klinische Gastroenterologie [E-Book]. 2. vollständig überarbeitete Auflage. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2012: pp 115-117. DOI: 10.1055/b-002-29655.

[27] Kohn, Geoffrey Paul; Price, Raymond Richard; DeMeester, Steven R.; Zehetner, Jörg; Muensterer, Oliver J.; Awad, Ziad et al. (2013): Guidelines for the management of hiatal hernia. In: *Surgical endoscopy* 27 (12), S. 4409-4428. DOI: 10.1007/s00464-013-3173-3.

- [28] Carlson, D.A. und Kahrilas, P.J. High Resolution Manometry und Esophageal Pressure Topography. Khalaf, M. und Agrawal, A. Esophageal Testing using Multichannel Intraluminal Impedance. In: Richter, J.E. und Castell, D.O, Eds. The esophagus [E-Book]. 6. Auflage. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell; 2020: pp. 155-187.
- [29] Menon S, Trudgill N. Risk factors in the aetiology of hiatus hernia: a meta-analysis. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2011;23(2):133-138. doi:10.1097/MEG.0b013e3283426f57
- [30] Ott DJ, Gelfand DW, Chen YM, Wu WC, Munitz HA. Predictive relationship of hiatal hernia to reflux esophagitis. *Gastrointest Radiol*. 1985;10(4):317-320. doi:10.1007/BF01893120
- [31] Wright RA, Hurwitz AL. Relationship of hiatal hernia to endoscopically proved reflux esophagitis. *Dig Dis Sci*. 1979;24(4):311-313. doi:10.1007/BF01296546
- [32] Cameron AJ. Barrett's esophagus: prevalence and size of hiatal hernia. *Am J Gastroenterol*. 1999;94(8):2054-2059. doi:10.1111/j.1572-0241.1999.01277.x
- [33] Berstad A, Weberg R, Frøyshov Larsen I, Hoel B, Hauer-Jensen M. Relationship of hiatus hernia to reflux oesophagitis. A prospective study of coincidence, using endoscopy. *Scand J Gastroenterol*. 1986;21(1):55-58. doi:10.3109/00365528609034622
- [34] DeMeester TR, Lafontaine E, Joelsson BE, et al. Relationship of a hiatal hernia to the function of the body of the esophagus and the gastroesophageal junction. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1981;82(4):547-558.
- [35] Avidan B, Sonnenberg A, Schnell TG, Chejfec G, Metz A, Sontag SJ. Hiatal hernia size, Barrett's length, and severity of acid reflux are all risk factors for esophageal adenocarcinoma. *Am J Gastroenterol*. 2002;97(8):1930-1936. doi:10.1111/j.1572-0241.2002.05902.x
- [36] Kang JY. Systematic review: geographical and ethnic differences in gastro-oesophageal reflux disease. *Aliment Pharmacol Ther*. 2004;20(7):705-717. doi:10.1111/j.1365-2036.2004.02165.x
- [37] Basseri B, Pimentel M, Shaye OA, Low K, Soffer EE, Conklin JL. Apple sauce improves detection of esophageal motor dysfunction during high-resolution manometry evaluation of dysphagia. *Dig Dis Sci*. 2011;56(6):1723-1728. doi:10.1007/s10620-010-1513-x
- [38] Keller, Jutta; Fox, Mark Robert; Allescher, Hans-Dieter; Frieling, Thomas; Fuchs, Karl Hermann; Goebel-Stengel, Miriam et al. (2018): Interpretation und Durchführung der hochauflösenden Ösophagusmanometrie: Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Neurogastroenterologie und Motilität (DGNM) sowie der Deutschen Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselerkrankungen (DGVS). In: *Zeitschrift für Gastroenterologie* 56 (11), S. 1378–1408. DOI: 10.1055/a-0713-0944.
- [39] Loffeld RJ, van der Putten AB. Newly developing hiatus hernia: a survey in patients undergoing upper gastrointestinal endoscopy. *J Gastroenterol Hepatol*. 2002;17(5):542-544. doi:10.1046/j.1440-1746.2002.02720.x
- [40] Wilson LJ, Ma W, Hirschowitz BI. Association of obesity with hiatal hernia and esophagitis. *Am J Gastroenterol*. 1999;94(10):2840-2844. doi:10.1111/j.1572-0241.1999.01426.x

- [41] Iwakiri K, Sugiura T, Kotoyori M, et al. Effect of body position on lower esophageal sphincter pressure. *J Gastroenterol.* 1999;34(3):305-309. doi:10.1007/s005350050265
- [42] Weitzendorfer M, Köhler G, Antoniou SA, et al. Preoperative diagnosis of hiatal hernia: barium swallow X-ray, high-resolution manometry, or endoscopy?. *Eur Surg.* 2017;49(5):210-217. doi:10.1007/s10353-017-0492-y
- [43] Ayazi S, Hagen JA, Zehetner J, et al. The value of high-resolution manometry in the assessment of the resting characteristics of the lower esophageal sphincter. *J Gastrointest Surg.* 2009;13(12):2113-2120. doi:10.1007/s11605-009-1042-0
- [44] Kahrilas PJ, Lin S, Chen J, Manka M. The effect of hiatus hernia on gastro-oesophageal junction pressure. *Gut.* 1999;44(4):476-482. doi:10.1136/gut.44.4.476
- [45] Sweis R, Anggiansah A, Wong T, Kaufman E, Obrecht S, Fox M. Normative values and inter-observer agreement for liquid and solid bolus swallows in upright and supine positions as assessed by esophageal high-resolution manometry. *Neurogastroenterol Motil.* 2011;23(6):509-e198. doi:10.1111/j.1365-2982.2011.01682.x
- [46] Ciriza-de-los-Ríos C, Canga-Rodríguez-Valcárcel F, Castel-de-Lucas I, Lora-Pablos D, de-la-Cruz-Bértolo J, Castellano-Tortajada G. How useful is esophageal high resolution manometry in diagnosing gastroesophageal junction disruption: causes affecting this disruption and its relationship with manometric alterations and gastroesophageal reflux. *Rev Esp Enferm Dig.* 2014;106(1):22-29. doi:10.4321/s1130-01082014000100004
- [47] Deutsche Adipositas-Gesellschaft, Leitlinie der deutschen Adipositas Gesellschaft: Prävention und Therapie der Adipositas. [Internet]. Version 2.0, April 2014 [zitiert am 30.04.2022, 17:58 Uhr]. URL: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/050-001l_S3_Adipositas_Pr%C3%A4vention_Therapie_2014-11-abgelaufen.pdf
- [48] Robertson EV, Lee YY, Derakhshan MH, et al. High-resolution esophageal manometry: addressing thermal drift of the manoscan system. *Neurogastroenterol Motil.* 2012;24(1):61-e11. doi:10.1111/j.1365-2982.2011.01817.x
- [49] Pandolfino JE, El-Serag HB, Zhang Q, Shah N, Ghosh SK, Kahrilas PJ. Obesity: a challenge to esophagogastric junction integrity. *Gastroenterology.* 2006;130(3):639-649. doi:10.1053/j.gastro.2005.12.016
- [50] Djinbachian R, Marchand E, Yan W, Bouin M. Effects of Age on Esophageal Motility: A High-Resolution Manometry Study. *J Clin Med Res.* 2021;13(8):413-419. doi:10.14740/jocmr4576
- [51] Tolone, Salvatore; Savarino, Edoardo; Zaninotto, Giovanni; Gyawali, C. Prakash; Frazzoni, Marzio; Bortoli, Nicola de et al. (2018): High-resolution manometry is superior to endoscopy and radiology in assessing and grading sliding hiatal hernia: A comparison with surgical in vivo evaluation. In: *United European gastroenterology journal* 6 (7), S. 981–989. DOI: 10.1177/2050640618769160.
- [52] Levine MS, Carucci LR, DiSantis DJ, et al. Consensus Statement of Society of Abdominal Radiology Disease-Focused Panel on Barium Esophagography in Gastroesophageal Reflux Disease. *AJR Am J Roentgenol.* 2016;207(5):1009-1015. doi:10.2214/AJR.16.16323
- [53] Levine, M. S.; Rubesin, S. E. (1990): Radiologic investigation of dysphagia. In: *American Journal of Roentgenology* 154 (6), S. 1157–1163. DOI: 10.2214/ajr.154.6.2110721.

- [54] Weyhe D, Uslar V, Kühne J, Kluge A. Hiatushernie : Standards und Kontroversen in Diagnostik und Therapie [Hiatus hernia : Standards and controversies in diagnostics and treatment]. *Chirurg*. 2019;90(4):331-348. doi:10.1007/s00104-019-0932-2
- [55] Roman S, Kahrilas PJ, Kia L, Luger D, Soper N, Pandolfino JE. Effects of large hiatal hernias on esophageal peristalsis. *Arch Surg*. 2012;147(4):352-357. doi:10.1001/archsurg.2012.17
- [56] Gyawali CP, Zerbib F, Bhatia S, et al. Chicago Classification update (V4.0): Technical review on diagnostic criteria for ineffective esophageal motility and absent contractility. *Neurogastroenterol Motil*. 2021;33(8):e14134. doi:10.1111/nmo.14134
- [57] Jung KW, Jung HY, Myung SJ, et al. The effect of age on the key parameters in the Chicago classification: a study using high-resolution esophageal manometry in asymptomatic normal individuals. *Neurogastroenterol Motil*. 2015;27(2):246-257. doi:10.1111/nmo.12482
- [58] Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018.
- [59] Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Bewegungssystem. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018.

8 Anhang

GERD-HRQL& Foregut Symptom Questionnaire

Patientenetikett
Name, Vorname:
Geb. Datum:
Adresse:



UNIVERSITÄTSmedizin.

MAINZ

Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Hauke Lang, MA, FACS

Ösophagus-Funktions Labor Leitung:
Dr. med. Florian Corvinus
hrm-lab@unimedizin-mainz.de

Sehr geehrter Patient, sehr geehrte Patientin,

um Ihre Beschwerden mit Ihren Untersuchungsergebnissen (Röntgen, Manometrie, pH Metrie, Endoskopie) besser Verbinden zu können, bitten wir Sie vorab den Fragebogen so genau wie möglich auszufüllen. **Alle Fragen beziehen sich auf den aktuellen Zustand – also so wie die Beschwerden sich zum heutigen Zeitpunkt äußern!**

Sollten Fragen offen bleiben, können Sie diese im späteren Gespräch mit dem Arzt ergänzen.

Datum: _____

Hausarzt: Dr. _____ Ort: _____

Gastroenterologe/ Zuweisender Arzt: Dr. _____ Ort: _____

Ihre aktuelle Größe _____ cm und Gewicht _____ kg

Nehmen Sie aktuell **Medikamente gegen Reflux** ein (z.B. Pantozol, Omeprazol)?

Ja Nein, Pause seit _____ Tagen

wenn **JA**, welche: _____; _____ mg 1x täglich 2x täglich bei Bedarf

Sind Sie bereits an der Speiseröhre/ Magen **operiert worden**? Ja Nein

Wenn **JA**, wann: _____ und Art der Operation _____

Wurde Ihnen schon einmal **BoTox** während einer Magenspiegelung in die Speiseröhre gespritzt?

Nein Ja, insgesamt _____ Mal und wann _____

Besserung der Symptome für _____ Wochen/ Monate/ Jahre

Wurde bei Ihnen schon einmal eine **Dilation** (Dehnung) der Speiseröhre durchgeführt?

Nein Ja, insgesamt _____ Mal und wann _____

Besserung der Symptome für _____ Wochen/ Monate/ Jahre



HRM
LAB
Ösophagus
Funktions
Labor
High Resolution Manometry

GERD-HRQL*

Bitte beantworten Sie diese Fragen zu Ihrem Sodbrennen in Abhängigkeit der Intensität ihrer Beschwerden:

0 = nicht zutreffend

1 = Symptom vorhanden,
aber nicht störend

2 = Symptom vorhanden, störend, aber nicht
jeden Tag

3 = Symptom störend jeden Tag

4 = Symptom beeinträchtigend bei täglicher
Aktivität

5 = Symptome behindern bei jeglicher
Aktivität

	0	1	2	3	4	5
1. Wie schlimm ist Ihr Sodbrennen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Sodbrennen im Liegen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Sodbrennen im Stehen/ Aufrecht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Sodbrennen nach Mahlzeiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ändert Sodbrennen ihr Essensgewohnheiten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Wachen Sie vom Sodbrennen auf?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Schwierigkeiten beim Schlucken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Fühlen Sie sich gebläht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Haben Sie Schmerzen beim Schlucken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Beeinträchtigt die Einnahme von Medikamenten Ihr tägliches Leben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Wie Zufrieden sind Sie mit Ihrem derzeitigen Zustand?	<input type="checkbox"/> Zufrieden	<input type="checkbox"/> Neutral	<input type="checkbox"/> Unzufrieden
---	------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------

* V. Velanovich. Comparison of generic (SF-36) vs. disease-specific (GERD-HRQL) quality-of-life scales for gastroesophageal reflux disease. J Gastrointest Surg 1998; 2: 141-5
 V. Velanovich. The development of the GERD-HRQL symptom severity instrument. Dis Esophagus 2007; 20: 130-4



Symptom-bezogener Fragebogen – Oberer GI-Trakt

Wählen Sie folgende Beschwerden, die bei Ihnen zutreffen und tragen Sie die drei wichtigsten in Abhängigkeit ihrer Intensität unten ein:

0 Kein Symptom	5 Oberbauchschmerzen
1 Sodbrennen	6 Husten
2 Schwierigkeiten beim Schlucken (Dysphagie)	7 Übelkeit
3 Regurgitation (Wiederhochbringen von Nahrung/ Flüssigkeiten)	8 Asthma
4 Brustschmerzen	9 Andere: _____

Wobei _____ das **stärkste Symptom** ist und seit _____ (Jahren) und _____ (Monaten) besteht.

Wobei _____ das **Zweit-stärkste Symptom** ist und seit _____ (Jahren) und _____ (Monaten) besteht.

Wobei _____ das **Dritt-stärkste Symptom** ist und seit _____ (Jahren) und _____ (Monaten) besteht.

Sodbrennen	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Minimal – gelegentliche Episoden Moderat – <input type="checkbox"/> Störend <input type="checkbox"/> Stark – Beeinflusst tägliche Aktivität	
_____ Mal pro	<input type="checkbox"/> Tag <input type="checkbox"/> Woche <input type="checkbox"/> Monat	
Zusammenhang mit: (kreuzen Sie alle Zutreffenden an)	<input type="checkbox"/> Nichts <input type="checkbox"/> Süßigkeiten <input type="checkbox"/> Zuckerhaltige Getränke <input type="checkbox"/> Alkohol <input type="checkbox"/> Rauchen	<input type="checkbox"/> Kaffee <input type="checkbox"/> Fetthaltiges Essen an) <input type="checkbox"/> Würziges Essen <input type="checkbox"/> Andere _____
Brustschmerzen	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Minimal – gelegentliche Episoden Moderat – <input type="checkbox"/> Störend <input type="checkbox"/> Stark – Beeinflusst tägliche Aktivität	
_____ Mal pro	<input type="checkbox"/> Tag <input type="checkbox"/> Woche <input type="checkbox"/> Monat <input type="checkbox"/> bei jeder Mahlzeit	
Regurgitation (Wiederhochbringen von Nahrung/Flüssigkeiten)	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Mild – nach Anstrengung oder großen Mahlzeiten <input type="checkbox"/> Moderat – Vorhersagbar mit Lageveränderung, Anstrengung oder beim Hinlegen <input type="checkbox"/> Stark – ständig, teilweise mit Anathmen der Flüssigkeit/ Nahrung	
_____ Mal pro	<input type="checkbox"/> Tag <input type="checkbox"/> Woche <input type="checkbox"/> Monat <input type="checkbox"/> bei jeder Mahlzeit	
Art der Regurgitation:	<input type="checkbox"/> Keine <input type="checkbox"/> Saure Flüssigkeit <input type="checkbox"/> Bittere Flüssigkeit	<input type="checkbox"/> Sauer und Bitter <input type="checkbox"/> Nahrung <input type="checkbox"/> Andere _____

Gewichtsverlust	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja: _____ kg in den vergangenen _____ Monaten
Atemwegssymptome (kreuzen Sie alle Zutreffenden an)	<input type="checkbox"/> Keine <input type="checkbox"/> Wiederkehrender Husten <input type="checkbox"/> Nächtlicher Husten <input type="checkbox"/> Wiederkehrende Bronchitis Asthma Stimmveränderungen (Heiserkeit) Andere _____
Schwierigkeiten beim Schlucken	<input type="checkbox"/> Keine <input type="checkbox"/> Gelegentlich beim Essen für wenige Sekunden <input type="checkbox"/> Benötige Wasser zum Runterspielen <input type="checkbox"/> Stark – nur weiche oder flüssige Kost sind möglich <input type="checkbox"/> Nur Flüssiges ist möglich
_____ Mal pro	<input type="checkbox"/> Tag <input type="checkbox"/> Woche <input type="checkbox"/> Monat <input type="checkbox"/> Bei jeder Mahlzeit
Wo bleibt es subjektiv stecken	<input type="checkbox"/> Nirgends <input type="checkbox"/> Rachen <input type="checkbox"/> Speiseröhre (Brustkorb)
Schmerzen beim Schlucken	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja
_____ Mal pro	<input type="checkbox"/> Tag <input type="checkbox"/> Woche <input type="checkbox"/> Monat
Schmerzen (allgemein)	<input type="checkbox"/> Keine <input type="checkbox"/> Oberhalb des Magens <input type="checkbox"/> Oberbauch <input type="checkbox"/> Unterbauch <input type="checkbox"/> Diffus
_____ Mal pro	<input type="checkbox"/> Tag <input type="checkbox"/> Woche <input type="checkbox"/> Monat
Abhängig von	<input type="checkbox"/> Mahlzeiten <input type="checkbox"/> Nachts (liegend) <input type="checkbox"/> Andere _____
Stärke	<input type="checkbox"/> Minimal <input type="checkbox"/> Moderat <input type="checkbox"/> Stark
Übelkeit/ Erbrechen	<input type="checkbox"/> Keine <input type="checkbox"/> Gelegentlich Übelkeit <input type="checkbox"/> Häufige und lange Phasen von Übelkeit, aber kein Erbrechen <input type="checkbox"/> Kontinuierliche Übelkeit und häufiges Erbrechen
_____ Mal pro	<input type="checkbox"/> Tag <input type="checkbox"/> Woche <input type="checkbox"/> Monat
Fähigkeit zu Erbrechen	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Kein Grund für Erbrechen
Aufstoßen ("Rülpsen")	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Gelegentlich <input type="checkbox"/> Häufig <input type="checkbox"/> Ständig
Fähigkeit des Aufstoßens	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein

9 Tabellarischer Lebenslauf