

# **Diplomarbeit**

## **Der Zusammenhang zwischen Körpergewicht, Diagnosegenauigkeit und Komplikationsrate bei Appendizitis im Kindes- und Jugendalter – Eine retrospektive Studie**

Eingereicht von  
**Tobias Peschaut**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde  
(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie**

unter der Anleitung von

**Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Georg Singer**

Graz, 06.01.2021

## **Eidesstattliche Erklärung**

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 06.01.2021*

*Tobias Peschaut eh.*

## Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei denjenigen Personen bedanken, welche mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Mein größter Dank gebührt hierbei meinem Betreuer, Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med. univ. Georg Singer, welcher mich zunächst bei der Themenfindung unterstützte, mir dann im Laufe der Erstellung bei allen Fragen hilfreich zur Seite stand und die Anfertigung dieser Arbeit mit konstruktiver Kritik und Feedback ermöglicht hat. Ich möchte mich auch speziell für die Einführung in das Statistikprogramm SPSS bedanken, wodurch mir die statistischen Auswertungen in dieser Arbeit immens vereinfacht wurden.

Einen weiteren wichtigen Beitrag leisteten meine Eltern mit Feedback, Korrekturen und der Bereitstellung von Fachliteratur, ich möchte mich außerdem herzlich für die Unterstützung und die Motivation im Laufe meines gesamten Studiums bedanken.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	5
Tabellenverzeichnis .....	5
Zusammenfassung .....	6
Abstract .....	8
1. Einleitung .....	10
1.1. Wissenschaftlicher Hintergrund .....	10
1.2. Zielsetzung .....	15
2. Methoden .....	17
2.1. Studienpopulation .....	17
2.2. Erhobene Daten .....	17
2.3. Statistische Auswertung .....	20
3. Ergebnisse .....	21
3.1. Deskriptive Beschreibung der Kohorte .....	21
3.2. Vergleichende Statistik .....	28
3.2.1. Komplikationen .....	28
3.2.2. Diagnosegenauigkeit .....	32
3.2.3. Laborwerte .....	36
3.2.4. Operationsmethode und -dauer .....	40
3.2.5. Krankenhausaufenthaltsdauer .....	44
3.2.6. Intensivstationsaufenthalte .....	47
4. Diskussion .....	49
4.1. Fazit .....	54
5. Literaturverzeichnis .....	55

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Sonographie des Abdomens einer 6-jährigen Patientin.....	12
<b>Abbildung 2:</b> Altersverteilung der 411 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer.....	21
<b>Abbildung 3:</b> Mittleres Alter je Geschlecht .....	22
<b>Abbildung 4:</b> Durchschnittlicher BMI je Geschlecht .....	23
<b>Abbildung 5:</b> Häufigkeitsverteilung der Perzentile .....	24
<b>Abbildung 6:</b> Mittelwert Perzentile je Geschlecht.....	24
<b>Abbildung 7:</b> Verteilung der Perzentilengruppen je Geschlecht.....	25
<b>Abbildung 8:</b> Häufigkeitsverteilung der Appendizitisgrade.....	26
<b>Abbildung 9:</b> Schweregrade der Komplikationen je Perzentilengruppe .....	29
<b>Abbildung 10:</b> Häufigkeit der Komplikationen je Alter .....	30
<b>Abbildung 11:</b> Verteilung der Komplikationen je Geschlecht .....	31
<b>Abbildung 12:</b> Häufigkeit der Komplikationen je Grad der Appendizitis .....	32
<b>Abbildung 13:</b> Darstellbarkeit der Appendix je Perzentilengruppe .....	34
<b>Abbildung 14:</b> Häufigkeit der negativen Appendektomien je Perzentilengruppe.....	35
<b>Abbildung 15:</b> Häufigkeit der negativen Appendektomien je Geschlecht.....	36
<b>Abbildung 16:</b> CRP-Erhöhungen je Perzentilengruppe.....	37
<b>Abbildung 17:</b> Leukozyten-Erhöhungen je Perzentilengruppe .....	38
<b>Abbildung 18:</b> Durchschnittliche CRP-Werte je Grad der Appendizitis .....	39
<b>Abbildung 19:</b> Durchschnittliche Leukozytenwerte je Grad der Appendizitis .....	39
<b>Abbildung 20:</b> Häufigkeiten der Operationsmethoden je Perzentilengruppe .....	40
<b>Abbildung 21:</b> Mittlere Operationsdauer je Perzentilengruppe.....	41
<b>Abbildung 22:</b> Durchschnittliche Operationsdauer je Appendizitisgrad.....	42
<b>Abbildung 23:</b> Durchschnittliche Aufenthaltsdauer je Perzentilengruppe.....	44
<b>Abbildung 24:</b> Mittlere Aufenthaltsdauer je Appendizitisgrad.....	46

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Klassifikation der Komplikationen nach Clavien-Dindo .....	19
<b>Tabelle 2:</b> Häufigkeit der Komplikationen je Perzentilengruppe.....	28
<b>Tabelle 3:</b> Darstellbarkeit der Appendix je Perzentilengruppe .....	33
<b>Tabelle 4:</b> Negative Appendektomien je Geschlecht .....	35
<b>Tabelle 5:</b> Mittlere Operationsdauer je Methode und Schweregrad .....	43
<b>Tabelle 6:</b> Vergleich der Mittelwerte von Aufenthaltsdauer, Perzentilengruppe und OP-Methode .....	45
<b>Tabelle 7:</b> Mittlere Aufenthaltsdauer Intensiv je Perzentilengruppe .....	47

# **Zusammenfassung**

## **Zielsetzung**

Die Appendizitis ist der häufigste abdominelle chirurgische Notfall in der Kinder- und Jugendchirurgie. Hauptziel dieser Studie ist die Untersuchung der Zusammenhänge des Körpergewichts mit der Komplikationsrate und der Diagnosegenauigkeit bei Appendizitis im Kindes- und Jugendalter.

## **Methoden**

Im Rahmen einer retrospektiven Studie wurden die Daten von 411 Patientinnen und Patienten, welche aufgrund einer Appendizitis operativ versorgt wurden, analysiert. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden anhand ihres BMI-Wertes in vier Perzentilengruppen eingeteilt: Untergewicht (n=27), Normalgewicht (n=280), Übergewicht (n=63) und Adipositas (n=41). Beurteilt wurden sowohl die Krankenhausaufenthaltsdauer, Dauer des Intensivstationsaufenthalts und die Komplikationsrate, als auch der Schweregrad von etwaigen Komplikationen. Die Diagnosegenauigkeit wurde anhand der sonographischen Darstellbarkeit der Appendix und der Rate der negativen Appendektomien gemessen. Auch Unterschiede bezüglich des Alters, des Geschlechts, des Grades der Appendizitis, der Laborwerte und der Operationsmethode wurden berücksichtigt.

## **Ergebnisse**

Die sonographische Darstellbarkeit der Appendix war bei adipösen Personen signifikant schlechter als bei Personen anderer Perzentilengruppen ( $p < 0,05$ ). Bezüglich der gewählten Operationsmethode bestanden ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Perzentilengruppen, mit deutlich mehr laparoskopischen Appendektomien bei adipösen Patientinnen und Patienten ( $p < 0,05$ ). Die Operationsdauer war bei adipösen Personen signifikant länger als bei allen anderen Gewichtsklassen, ebenfalls konnte eine signifikant längere Operationsdauer bei laparoskopischem Vorgehen im Vergleich zu anderen Methoden nachgewiesen werden ( $p < 0,05$ ). Bezüglich des Schweregrades der Appendizitis war die längste Operationsdauer bei perforierten Fällen zu erkennen ( $p < 0,05$ ), die längste Krankenhausaufenthaltsdauer war ebenfalls in der Gruppe der perforierten Appendizitiden zu finden ( $p < 0,05$ ). Negative Appendektomien wurden

signifikant häufiger bei weiblichen als bei männlichen Personen durchgeführt ( $p < 0,05$ ). Der Schweregrad der Komplikationen war bei Untergewichtigen signifikant am höchsten ( $p < 0,05$ ), die signifikant höchste Komplikationsrate war unter den perforierten Appendizitiden zu finden ( $p < 0,05$ ).

## **Fazit**

Die Diagnosegenauigkeit der Appendizitis ist bei adipösen Kindern und Jugendlichen am schlechtesten. Weiters haben Patientinnen ein höheres Risiko, negativ appendektomiert zu werden. Laparoskopisches Vorgehen ist mit längeren Operationszeiten assoziiert. Bei adipösen Personen konnten die längsten Operationszeiten nachgewiesen werden, bei dieser Perzentilengruppe wird die laparoskopische Appendektomie besonders häufig durchgeführt, wodurch sich vermutlich die signifikant längeren Eingriffszeiten erklären lassen. Perforierte Appendizitiden sind am häufigsten mit postoperativen Komplikationen vergesellschaftet. Untergewichtige Kinder und Jugendliche haben ein erhöhtes Risiko, schwerwiegendere Komplikationen zu erleiden.

# **Abstract**

## **Purpose**

Appendicitis is the most frequent abdominal emergency in pediatric surgery. The main objective of this study is to investigate the influence of body weight on complication rate and diagnostic accuracy in appendicitis in childhood and adolescence.

## **Methods**

In this retrospective study, the data of 411 patients who were surgically treated for appendicitis was analysed. Participants were divided into four percentile groups based on their BMI: underweight (n=27), normal weight (n=280), overweight (n=63) and obesity (n=41). Length of hospital stay (LOS), the necessity of treatment at the intensive care unit, the complication rate and the severity of complications were assessed. Diagnostic accuracy was measured based on the sonographic detectability of the appendix and the rate of negative appendectomies. The influences of age, sex, severity of appendicitis, laboratory markers and surgical method were also considered.

## **Results**

The sonographic detectability of the appendix was significantly worse in obese children compared to other percentile groups ( $p < 0.05$ ). Regarding the selected surgical method, there were significantly more laparoscopies in obese patients ( $p < 0.05$ ). The length of the operation was significantly longer in obese patients compared to all the other percentile groups; a significantly longer duration of the operation could also be shown for laparoscopic appendectomies in comparison to open surgery ( $p < 0.05$ ). Regarding the severity of appendicitis, the longest duration of surgery was seen in perforated cases ( $p < 0.05$ ), the longest LOS was also found in the group of perforated appendicitis ( $p < 0.05$ ). Significantly more negative appendectomies were performed in female than in male patients ( $p < 0.05$ ). The severity of the complications was significantly higher in underweight patients ( $p < 0.05$ ), the highest complication rate was found among perforated cases of appendicitis ( $p < 0.05$ ).

## **Conclusions**

Diagnostic accuracy of appendicitis in childhood and adolescence is worst in obese patients. Female patients have a higher risk of negative appendectomy. Laparoscopic appendectomy is associated with longer operation times. The longest operation times were found in obese children; in this percentile group, laparoscopic appendectomy was performed more frequently than in other patients, which may explain the significantly longer intervention times in obese patients. Patients with perforated appendicitis are at the highest risk of postoperative complications. Underweight individuals have an increased risk of suffering from more severe complications.

# 1. Einleitung

## 1.1. Wissenschaftlicher Hintergrund

Bei der Appendizitis handelt es sich um eine entzündliche Erkrankung der Appendix vermiformis, welche sich als Anhängsel des Coecums topographisch in den meisten Fällen im rechten Unterbauch befindet. Die Appendizitis ist die häufigste Ursache des akuten Abdomens in allen Altersgruppen, abgesehen vom Säuglingsalter, und weist ein Lebensrisiko von 7-9% auf [1]. In den meisten westlichen Ländern ist die Inzidenz der Appendizitis stabil, während es im 21. Jahrhundert zu einer rapiden Zunahme in vielen neuerlich industrialisierten Ländern in Asien, Südamerika und dem Mittleren Osten kam [2].

Zwar tritt die Appendizitis in jedem Alter auf, am höchsten ist die Inzidenz allerdings in der Altersgruppe der 10- bis 18-Jährigen. Bei Neugeborenen oder Säuglingen ist eine Entzündung der Appendix vermiformis seltener anzutreffen, in diesen Fällen handelt es sich meistens um Nebenfunde im Rahmen von schwerwiegenderen Erkrankungen (z.B. nekrotisierende Enterokolitis, Morbus Hirschsprung) [1].

Ein wichtiger Faktor, der die Entstehung der Appendizitis begünstigt, ist die Obstruktion des Appendixlumen mit nachfolgender Behinderung der Entleerung. Obstruktionen im Lumen können zum Beispiel in Form von lymphatischen Hyperplasien im Rahmen einer Enteritis, durch Kotsteine (Fäkolithen) oder durch ingestierte Fremdkörper zustande kommen. Liegt eine Verengung des Lumens vor, kommt es zunächst zu einer Druckerhöhung durch vermehrte Schleimbildung und bakterielle Gasproduktion. Der Anstieg des intraluminalen Drucks führt zu Problemen im venösen Abfluss, im Verlauf wird auch die arterielle Versorgung der Appendix eingeschränkt, was zu einer Ischämie der Schleimhaut, mit nachfolgenden Ulzerationen, Nekrosen und Perforationen führen kann. Neben dieser wichtigsten Ursache können allerdings auch enteropathogene Keime wie Yersinien, Shigellen, Salmonellen, verschiedene Viren und Parasiten in Verbindung mit einer Entzündung der Appendix vermiformis stehen [1].

Die Symptomatik der Appendizitis besteht aus verschiedenen gastrointestinalen Beschwerden, wobei meist eine kurze Anamnese vorliegt [3]. Die Betroffenen klagen über Appetitverlust, Übelkeit und Erbrechen, Obstipation oder Diarrhoe [3]. Ein wichtiges klinisches Zeichen, vor allem für die Diagnostik, ist ein charakteristischer epigastrischer bzw. paraumbilikaler Bauchschmerz, welcher im Verlauf meistens in den rechten Unterbauch wandert, wobei das Punctum maximum meist im Bereich des McBurney-Punkts (auf halber Strecke zwischen Nabel und Spina iliaca anterior superior) zu finden ist [3]. Die Schmerzintensität schwankt unter den Betroffenen stark, kann allerdings auch so heftig sein, dass die erkrankte Person in ihrer Mobilität deutlich eingeschränkt ist [3]. Höheres Fieber über 39°C tritt in der Regel erst auf, nachdem bereits eine Perforation der Appendix erfolgt ist [1]. Zwischen verschiedenen Lagetypen der Appendix (anterior, im Becken liegend, retrozökal und subhepatisch) scheint es keine signifikanten Unterschiede in der Symptomatik der Patientinnen und Patienten zu geben [4].

Die Diagnostik der Appendizitis ist auch heute noch mit Schwierigkeiten verbunden, eine definitive Diagnose wird nur in 50-70% nach der ersten Untersuchung gestellt [5]. Laborchemisch existieren keine Parameter, welche eine Appendizitis definitiv beweisen oder ausschließen, Entzündungsparameter wie die Leukozytenwerte, das C-reaktive Protein (CRP) und die Blutsenkungsgeschwindigkeit (BSG) sind nur richtungsweisend [1]. Sehr hohe Leukozytenwerte sind häufig bei perforierten Appendizitiden zu sehen, die Höhe des CRP-Wertes korreliert erfahrungsgemäß ebenfalls mit dem Grad der Appendizitis [1]. Trotz stetiger Weiterentwicklungen in der Bildgebung und der Labordiagnostik in den letzten Jahren sind aufgrund deren Limitationen die Anamnese und die klinische Untersuchung noch immer die wichtigsten Werkzeuge für die Diagnose [6]. Die ersten Symptome, welche bei der Anamnese und der körperlichen Untersuchung auf eine Appendizitis schließen lassen, sind paraumbilikale Schmerzen, Fieber unter 39°C und Erbrechen [5]. Wie oben bereits beschrieben, verlagern sich die Schmerzen durch das Fortschreiten der Entzündung in den meisten Fällen in den rechten Unterbauch, wobei in diesem Bereich dann eine deutliche Druckempfindlichkeit bei den Betroffenen auftritt [5]. Es können außerdem Hust-, Klopff- oder Bewegungsschmerzen und eine Spannung der Bauchdecke im Bereich des McBurney- oder Lanz-Punktes (zwischen lateralem

und medianem Drittel der Strecke zwischen beiden Spinae iliaca) auftreten [3]. Bei der klinischen Untersuchung des Abdomens sollte darauf geachtet werden, dass die Palpation vorsichtig und mit warmen Händen durchgeführt wird, und mit dieser in einem Areal begonnen wird, in welchem keine Schmerzen zu erwarten sind [3]. Weitere Möglichkeiten der körperlichen Untersuchung zur Diagnostik der Appendizitis sind das Testen auf Loslassschmerz (Blumberg-Zeichen), das retrograde Ausstreichen des Dickdarms mit resultierendem Schmerz im Bereich des Coecums (Rovsing-Zeichen), der Psoasdehnungsschmerz und der Rektalbefund [3]. Sonographische Untersuchungen der schmerzhaften Region liefern nützliche Hinweise für die Diagnostik, verfügen allerdings über eine sehr benutzerabhängige Sensitivität und Spezifität (80-94% bzw. 90%) [5]. Im Allgemeinen wird eine nicht-komprimierbare, über 6mm im Durchmesser haltende Appendix bei sonographischer Untersuchung als pathologisch angesehen ([5]; **Abbildung 1**). Bei fehlender Darstellbarkeit können sonographische Befunde wie entzündliche Veränderungen im Fettgewebe, echoarme Areale in der Nähe des Zökalpols, freie Flüssigkeit und Schmerzen bei Kompression mit dem Ultraschallkopf indirekt auf eine Appendizitis hinweisen [5]. CT-Untersuchungen können in einigen Fällen von Nutzen sein, diese werden allerdings (auch aufgrund des Strahlenrisikos) selten durchgeführt [5].



*Abbildung 1: Sonographie des Abdomens einer 6-jährigen Patientin, Appendix 7mm im Durchmesser, nach Appendektomie histologisches Bild einer ulzerophlegmonösen Appendizitis*

Zu den Differentialdiagnosen der Appendizitis zählen einige gastrointestinale Erkrankungen, unter anderem die Gastroenteritis, Enterocolitis oder die Lymphadenitis intestinalis [3]. Harnwegsinfekte, bakterielle und abakterielle Peritonitiden können ebenfalls die Symptome einer Appendizitis imitieren [3]. Bei Patientinnen sind Mittelschmerzen, das prämenstruelle Syndrom, geplatzte Corpus-luteum-Zysten oder Ovarialtorsionen als Differentialdiagnosen zu bedenken, bei männlichen Patienten dementsprechend Hoden- und Hydatidentorsionen [3]. Eine weitere seltene Differentialdiagnose der Appendizitis ist die sogenannte neurogene Appendikopathie, bei welcher es aus weitgehend unbekanntem Gründen zu einer Hyperplasie von nicht-myelinisierten Nervenfasern in der Appendixwand kommt [7]. Die Symptomatik der neurogenen Appendikopathie ist nicht von der der Appendizitis zu unterscheiden, die Diagnose wird histologisch gestellt [8]. Bezüglich der Häufigkeit der neurogenen Appendikopathie existieren unterschiedliche Daten in der Literatur. In einer spanischen Studie aus dem Jahr 2017, welche Patientinnen und Patienten im Alter von 7 bis 43 Jahren beinhaltete, wurde eine neurogene Appendikopathie bei nur 8 von 4969 Appendektomien (0,16%) diagnostiziert [7]. In einer anderen Studie aus Deutschland, welche das Auftreten von neurogenen Appendikopathien in verschiedenen Altersgruppen analysierte, wurde bei 4 von 84 Personen (4,8%) mit einem Alter <14 Jahren eine neurogene Appendikopathie diagnostiziert, während dies bei 48 von 198 Personen (24,2%) mit einem Alter >14 Jahren der Fall war [8]. Ähnliche Ergebnisse lieferte eine Grazer Studie aus dem Jahr 2010, hierbei wurde bei 3 von 94 Kindern (3,2%, mittleres Alter 12,4 Jahre) eine neurogene Appendikopathie festgestellt [9].

Bezüglich der Therapie erfolgt bei Patientinnen und Patienten mit akutem Abdomen und suspekter Appendizitis eine stationäre Aufnahme [5]. Bei milden Formen kann eventuell eine konservative Therapie mit Bettruhe, Nahrungskarenz, parenteraler Flüssigkeitsgabe und Antibiose ausreichen [10]. Werden im Rahmen von engmaschigen Reevaluationen eine Persistenz oder Verschlechterung der Symptomatik festgestellt, folgt in der Regel die Indikation zur Appendektomie [1]. Patientinnen bzw. Patienten, bei welchen ein Verdacht auf Perforation oder Peritonitis besteht, bedürfen einer präoperativen antibiotischen Therapie, um das Risiko von Komplikationen (inkl. Sepsis) zu senken und die Betroffenen auf den chirurgischen Eingriff vorzubereiten [5].

Bezüglich des operativen Vorgehens stehen die offene oder laparoskopische Entfernung der Appendix zur Verfügung, Letztere wird heutzutage in vielen Häusern routinemäßig gewählt, anderenorts wird die laparoskopische Appendektomie selektiv je nach klinischem Bild, Alter und Körperbau der Patientin bzw. des Patienten durchgeführt [1]. In den letzten Jahren konnten einige Studien eine Überlegenheit der laparoskopischen Appendektomie gegenüber dem offenen Vorgehen nachweisen [9, 11, 12]. Wie Yu Liu et al. [11] in ihrer Studie aus dem Jahr 2017 zeigten, wiesen Personen nach laparoskopischer Appendektomie eine deutlich niedrigere Rate an schweren Komplikationen auf als Personen nach einer offenen Appendektomie [11]. Die Laparoskopie im Rahmen einer Appendizitis sei außerdem auch unabhängig von der Lage der Appendix eine sichere und effektive Therapie [4]. Auf der anderen Seite konnte aber gezeigt werden, dass das laparoskopische Vorgehen mit einer höheren Rate an postoperativen intraabdominellen Abszessen vergesellschaftet ist [13].

Zwar sind postoperative Komplikationen nach Appendektomien heutzutage aufgrund der sich ständig verbessernden perioperativen Betreuung und der langjährigen Erfahrungen in der operativen Therapie relativ selten, deren Möglichkeit sollte allerdings bei jeder Patientin bzw. bei jedem Patienten bedacht werden. Die häufigsten Komplikationen nach Appendektomien sind Wundinfektionen, Abszesse oder ein Bridenileus [1]. Im Rahmen von perforierten Appendizitiden kann eine diffuse Peritonitis entstehen, wobei es wiederum zur Bildung von Abszessen in verschiedenen Regionen kommen kann (Douglas-, Netz- und subphrenischer Abszess) [14]. Langzeitfolgen nach einer Appendektomie, wie Hernien im Bereich der Inzision oder Ileus, haben eine niedrige Prävalenz [15]. Eine Studie von Timmerman et al. [16] aus dem Jahr 2016 konnte signifikante Zusammenhänge zwischen der Komplikationsrate und dem Körpergewicht der Patientinnen und Patienten nachweisen [16].

Allgemein hat die Appendizitis eine sehr gute Prognose, bei akuten Formen ist diese besser als bei perforierten [3]. Im Säuglingsalter findet sich ein höheres Risiko der Perforation, weshalb bei diesen Patientinnen und Patienten früher an eine operative Therapie gedacht werden sollte [3]. Dank effektiver antibiotischer Therapie liegt die Mortalitätsrate der Appendizitis heutzutage bei unter 1%, im Neugeborenenalter ist diese allerdings deutlich höher [1].

## 1.2. Zielsetzung

Zwar ist die Appendizitis eine sehr häufige Diagnose bei Kindern und Jugendlichen und die Appendektomie daher eine der häufigsten kinderchirurgisch durchgeführten Operationen, trotzdem kommt es immer wieder zu Komplikationen im Rahmen der operativen Versorgung. Einen wichtigen Einfluss auf die Komplikationsrate und die Diagnosegenauigkeit hat dabei anscheinend das Körpergewicht der betroffenen Person, wie Timmerman et al. [16] in einer Studie zeigen konnten. Dass Übergewicht und Adipositas einen negativen Einfluss auf die Diagnostik und den klinischen Verlauf einer Appendizitis haben, ist bereits eine anerkannte Tatsache, die Auswirkungen von Untergewicht wurden allerdings vor der besagten Studie nicht umfassend untersucht [16].

Adipositas hat einen negativen Einfluss auf die Genauigkeit der Diagnose der Appendizitis bei Kindern [17, 18], beeinflusst die Wundheilung negativ und führt zu einem erhöhten Risiko für Infektionen [19]. Dadurch erhöht sich bei adipösen Patientinnen und Patienten die Komplikationsrate und die Dauer des Krankenhausaufenthalts [20]. In einer Studie aus dem Jahr 2014 wird über den Einfluss von Untergewicht auf das Auftreten von Wundinfektionen nach laparoskopischer Appendektomie berichtet, allerdings wiesen die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer hierbei ein Alter von  $\geq 16$  Jahren auf und die Fragestellung war sehr spezifisch [21].

Aufgrund der Häufigkeit an durchgeführten Appendektomien im Kindes- und Jugendalter und der bestehenden Forschungslücken soll diese Arbeit in Form einer retrospektiven Studie die Einflüsse von verschiedenen Gewichtsklassen auf die Diagnostik und die postoperative Komplikationsrate im Rahmen der Appendizitis genauer untersuchen. Dadurch sollen etwaige Probleme in diesen Bereichen aufgezeigt werden, um eine Verbesserung dieser zu ermöglichen bzw. ein Bewusstsein für deren Existenz zu schaffen.

Das Hauptaugenmerk der Arbeit soll auf dem Zusammenhang zwischen der Gewichtsklasse und den postoperativen Komplikationen bzw. der Diagnosegenauigkeit liegen, zusätzlich sollen allerdings auch die Einflüsse des Körpergewichts auf die präoperativ gemessenen Laborwerte, die Art der gewählten

Therapie, die Dauer der jeweiligen Operation und die Aufenthaltsdauer im Krankenhaus bzw. auf der Intensivstation untersucht werden.

Bezüglich der Komplikationsrate sollen neben der Gewichtsklasse auch die Einflüsse des Alters, des Geschlechts, des Grades der Appendizitis und der gemessenen Laborwerte berücksichtigt werden, der Zusammenhang zwischen der Komplikationsrate und der Art der Appendektomie bzw. der Operationsdauer soll ebenfalls analysiert werden. Schließlich sollen auch verschiedene Einflüsse auf die Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Betreuung und deren Dauer untersucht werden. Außerdem wird überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen der Krankenhausaufenthaltsdauer und dem Alter bzw. dem Grad der Appendizitis besteht.

## **2. Methoden**

### **2.1. Studienpopulation**

In unserer retrospektiven Studie wurden Daten aller Patientinnen und Patienten erhoben, die von Jänner 2018 bis Dezember 2019 an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie der Medizinischen Universität Graz, Österreich, appendektomiert bzw. im Rahmen einer Appendizitis behandelt wurden.

Von insgesamt 431 Patientinnen und Patienten wurden drei nicht in Graz operiert und wurden daher nicht in die statistische Auswertung einbezogen. Bei weiteren vier Personen wurde die Appendix im Rahmen von komplexeren Operationen entfernt. Schließlich konnte bei 13 Patientinnen bzw. Patienten in den jeweiligen Krankengeschichten keine Körpergröße gefunden und daher der Body-Mass-Index nicht berechnet werden, welcher essenziell für die statistische Analyse dieser Studie war. Somit wurden insgesamt 20 Personen aus der Studie ausgeschlossen und mit 411 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern die retrospektive statistische Analyse durchgeführt. Die Durchführung der Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz genehmigt (EK 32-334 ex 19/20).

### **2.2. Erhobene Daten**

Alle Daten der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer wurden aus dem elektronischen Kommunikations- und Informationsnetzwerk MEDOCS erhoben. Die Patientinnen und Patienten wurden mit einer fortlaufenden Nummer codiert, die auszuwertenden Daten wurden nur mit diesem Code versehen in einer Excel-Tabelle auf einem PC mit Zugriffsbeschränkung an der Universitätsklinik für Kinder- und Jugendchirurgie gespeichert und anschließend ausgewertet. Nur autorisierte Personen hatten Zugriff auf die Originaldaten.

Neben dem Alter und dem Geschlecht waren die wichtigsten Befunde für die statistischen Auswertungen unserer Studie das Körpergewicht und die Körpergröße

der Patientinnen und Patienten, da diese Daten notwendig für die Berechnung des Body-Mass-Index waren. Die nach Geschlecht und Alter korrigierten BMI-Werte der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer wurden in Perzentilen von 0 bis 100 eingeteilt, wobei Werte nahe 0 starkes Untergewicht, und Werte nahe 100 starke Fettsucht (Adipositas) repräsentierten. Zum besseren Vergleich wurden ebenfalls die jeweiligen Z-Scores berechnet.

Im nächsten Schritt wurden die Patientinnen und Patienten anhand ihrer Lage auf der Perzentile in verschiedene Perzentilengruppen eingeteilt. Insgesamt standen, wie in der Studie von Timmerman et al. [16], vier Perzentilengruppen zur Auswahl: „untergewichtig“ für Perzentilenwerte  $<5$ , „normalgewichtig“ für Perzentilenwerte  $\geq 5$  und  $<85$ , „übergewichtig“ für Perzentilenwerte  $\geq 85$  und  $<95$  und „adipös“ für Perzentilenwerte  $\geq 95$ .

Bezüglich der Diagnostik wurde erhoben, ob bei den Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern sonographische Untersuchungen durchgeführt wurden, und ob bei diesen die Appendix darstellbar war. Falls darstellbar, wurde anschließend der sonographisch gemessene Appendixdurchmesser erhoben. Weitere für die Diagnostik relevante Befunde waren die Laborwerte, hierbei wurden die Entzündungsmarker C-reaktives Protein (CRP) und die Leukozytenwerte erhoben, und vermerkt, ob diese (entsprechend dem Alter) erhöht bzw. erniedrigt waren, oder sich in einem normalen Niveau befanden. Gewählt wurden hierfür die jeweils aktuellsten präoperativen Werte, um eine Verfälschung durch die operative Intervention zu verhindern.

Wichtige Marker für die Diagnosegenauigkeit in unserer Studie waren neben der Darstellbarkeit der Appendix auch die Rate der „negativen“ Appendektomien, bei welchen im histologischen Präparat keine Anzeichen einer aktiven Entzündung gefunden werden konnten.

Es wurden außerdem Daten zur Therapie der Patientinnen und Patienten erhoben, um etwaige Einflüsse der anderen Variablen auf den Therapieerfolg statistisch sichtbar zu machen. Hierbei interessierte uns zunächst die Operationsmethode, die gewählt wurde, um die Appendizitis zu therapieren. Zur Auswahl standen offenes und laparoskopisches Vorgehen, falls eine Laparoskopie nicht zur erfolgreichen Therapie ausreichte wurde eine sogenannte „Konversion“

durchgeführt, bei welcher während der Operation von laparoskopischem auf offenes Vorgehen gewechselt wurde. Die Dauer der jeweiligen Operation wurde ebenfalls bei allen Personen erhoben, wobei diese als Zeitraum zwischen dem ersten Schnitt und dem Setzen der letzten Naht definiert wurde.

Die histologisch diagnostizierten Schweregrade der Appendizitiden konnten in unserer Studie fünf verschiedene Formen annehmen: negativ (im Fall von fehlenden Entzündungszeichen), akut, phlegmonös, gangränös und perforiert.

Wichtige Parameter des Verlaufes und des individuellen Therapieerfolges waren die Aufenthaltsdauer im Krankenhaus, die postoperative Komplikationsrate, notwendige Aufenthalte auf der Intensivstation inklusive deren Dauer und komplikationsbedingte stationäre Wiederaufnahmen.

Etwaige postoperative Komplikationen wurden nach dem Clavien-Dindo-Score [22] in Schweregrade von I-V unterteilt, diese sind in der folgenden Tabelle dargestellt (**Tabelle 1**):

*Tabelle 1: Klassifikation der Komplikationen nach Clavien-Dindo*

Schweregrad	Beschreibung
Grad I	Jegliches Abweichen vom normalen postoperativen Verlauf; erlaubte therapeutische Handlungen sind die Gabe von Antiemetika, Antipyretika, Analgetika, Diuretika und Elektrolyten; Eröffnung von Wundinfektionen direkt am Bett
Grad II	Notwendige pharmakologische Therapie mit anderen als den oben erwähnten Präparaten, inklusive Bluttransfusionen und totaler parenteraler Ernährung
Grad III	Notwendige chirurgische, endoskopische oder radiologische Eingriffe
-IIIa	Nicht unter Vollnarkose
-IIIb	Unter Vollnarkose
Grad IV	Lebensbedrohliche Komplikationen mit notwendiger intensivmedizinischer Betreuung
-IVa	Einzelorganversagen
-IVb	Multiorganversagen
Grad V	Tod der Patientin/des Patienten

### **2.3. Statistische Auswertung**

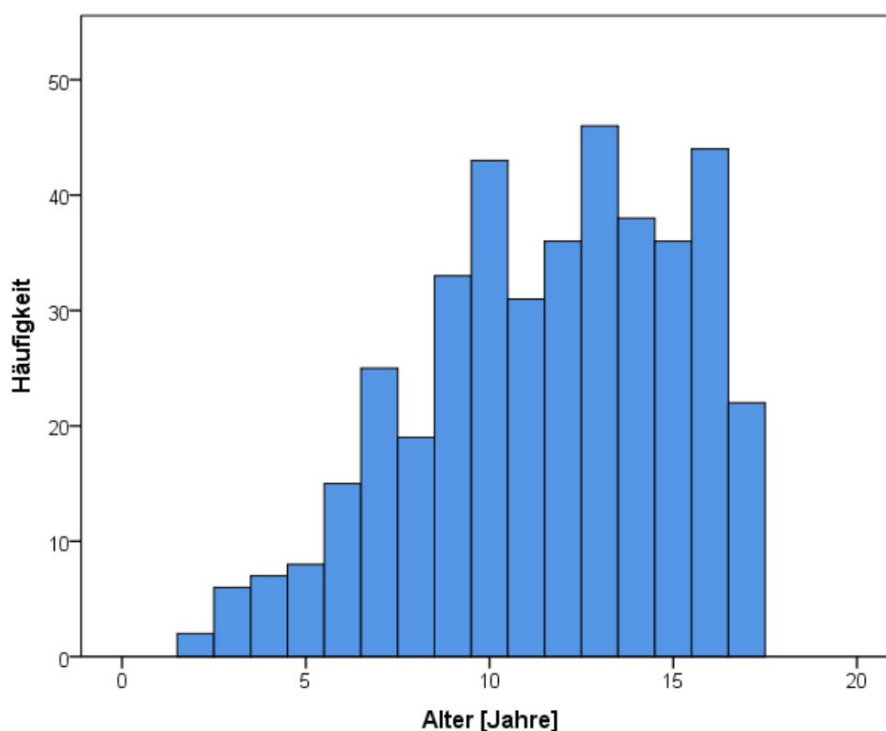
Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgt mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 26.

Eine deskriptive Analyse wurde für alle Variablen in den verschiedenen Perzentilengruppen durchgeführt. Nach Testung auf Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnoff-Test wurden metrische Variablen der verschiedenen Gruppen entweder mit dem Mann-Whitney-U-Test im Falle von zwei Gruppen oder dem Kruskal-Wallis-Test im Falle von drei oder mehr Gruppen statistisch verglichen. Im Falle des Kruskal-Wallis-Tests erfolgten post-hoc Vergleiche mit Mann-Whitney-U-Tests und Bonferroni Korrektur. Zur Analyse von qualitativen Zielgrößen wurde der Chi-Quadrat-Test durchgeführt. P-Werte unter 0,05 wurden als statistisch signifikant gewertet.

### 3. Ergebnisse

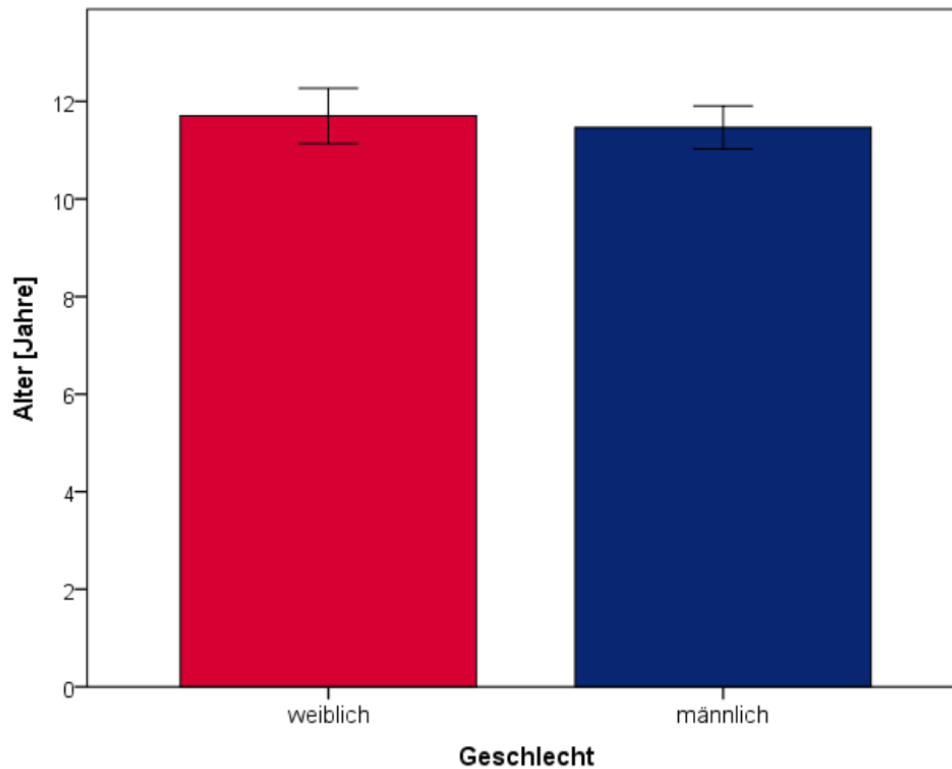
#### 3.1. Deskriptive Beschreibung der Kohorte

Die Geschlechtsverteilung der 411 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer war mit 232 (56,4%) Patienten und 179 (43,6%) Patientinnen relativ ausgeglichen. Das durchschnittliche Alter aller Teilnehmerinnen und -teilnehmer betrug 11,57 Jahre, mit einer Standardabweichung von 3,56 Jahren. Das Altersminimum lag bei 2 Jahren, das Maximum bei 17 Jahren (**Abbildung 2**).



*Abbildung 2: Altersverteilung der 411 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer*

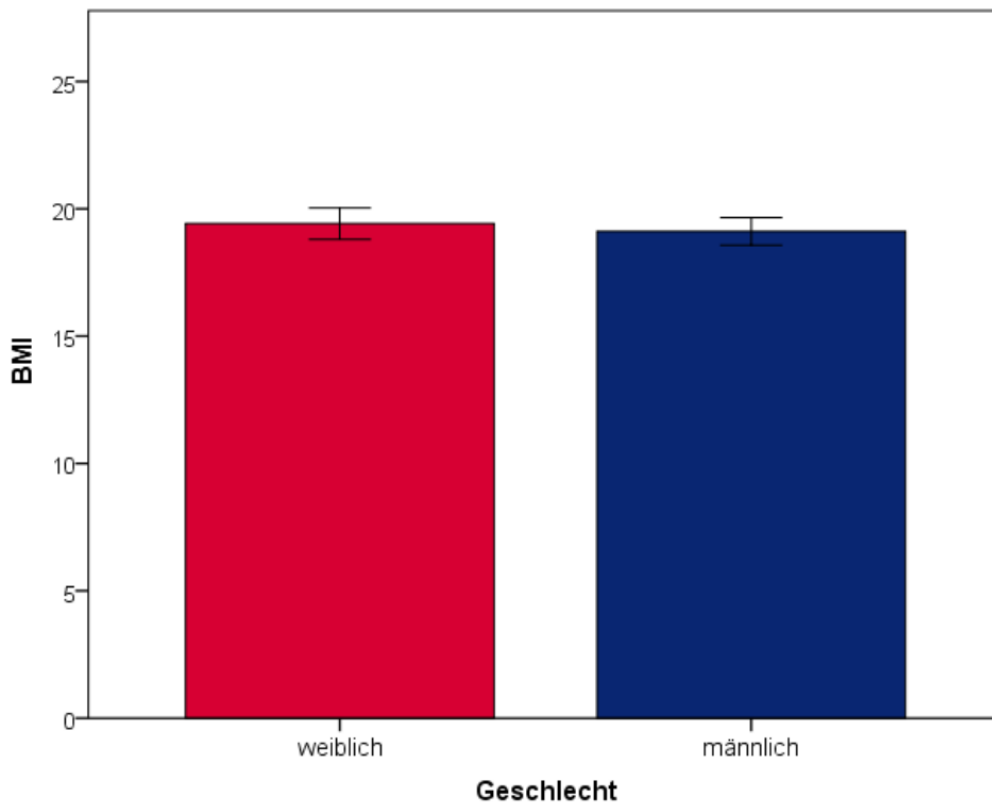
Das durchschnittliche Alter der Studienteilnehmerinnen war 11,7 Jahre (Standardabweichung 3,8; Minimum 2 Jahre, Maximum 17 Jahre) und unterschied sich nicht signifikant vom mittleren Alter der männlichen Teilnehmer (11,47 Jahre; Standardabweichung 3,36; Minimum und Maximum ebenfalls 2 bzw. 17 Jahre; Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,318$ , **Abbildung 3**)



*Abbildung 3: Mittleres Alter je Geschlecht*

Der mittlere BMI-Wert aller Patientinnen und Patienten betrug 19,24, mit einer Standardabweichung von 4,12. Das Minimum lag bei 10,59, das Maximum bei 39,04.

Die Studienteilnehmerinnen hatten einen durchschnittlichen BMI von 19,41 (Standardabweichung 4,15; 95% CI 18,8-20,0), welcher sich nicht signifikant von den Werten der männlichen Teilnehmer unterschied, die einen durchschnittlichen BMI von 19,1 (Standardabweichung 4,10; 95% CI 18,6-19,6) aufwiesen (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,334$ ; **Abbildung 4**).



*Abbildung 4: Durchschnittlicher BMI je Geschlecht*

Die durchschnittliche Perzentile der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer lag bei 54,53, mit einer Standardabweichung von 31,75. Das Minimum betrug 0,1, das Maximum 99,7. Die durchschnittliche Perzentile der Patientinnen unterschied sich mit 55,4 (Standardabweichung 30,6; 95% CI 50,9-59,9) nicht signifikant von jener der männlichen Patienten, welche eine durchschnittliche Perzentile von 53,8 (Standardabweichung 32,6; 95% CI 49,6-58,1) aufwiesen (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,748$ ; **Abbildung 5, Abbildung 6**).

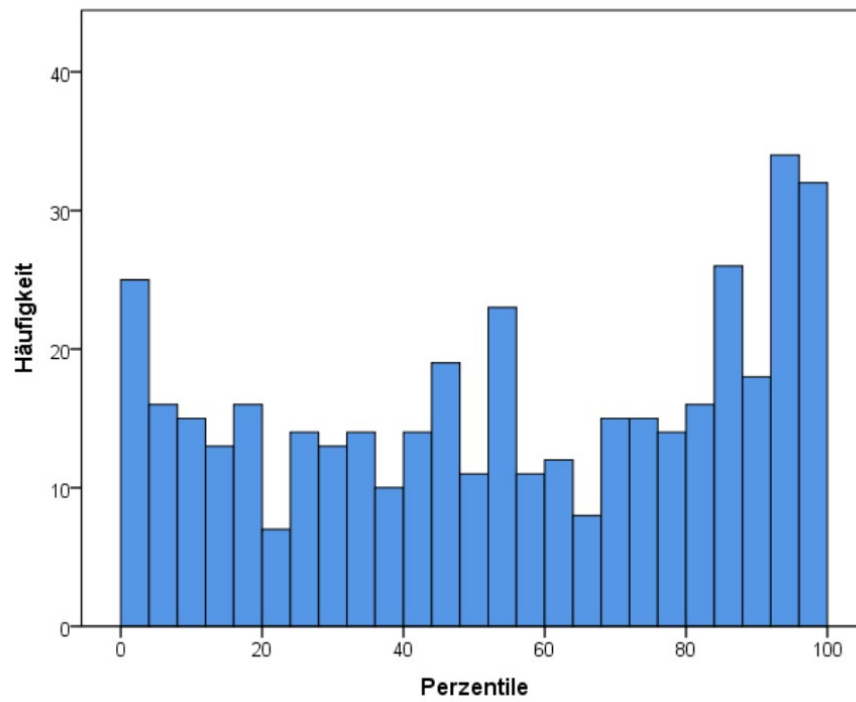


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Perzentile

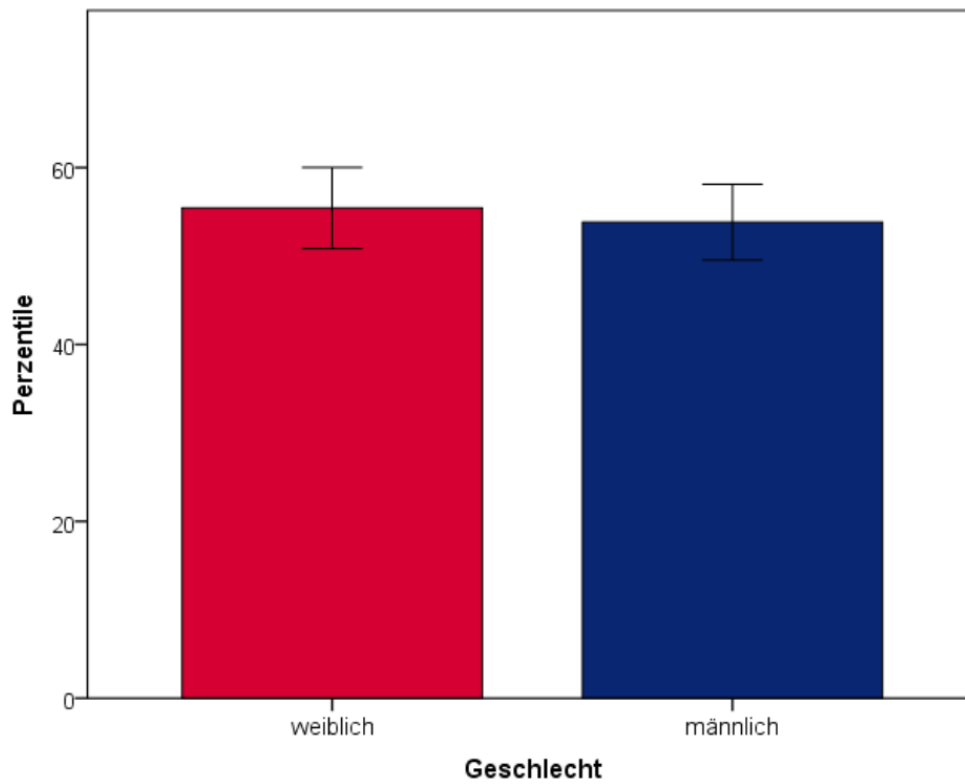
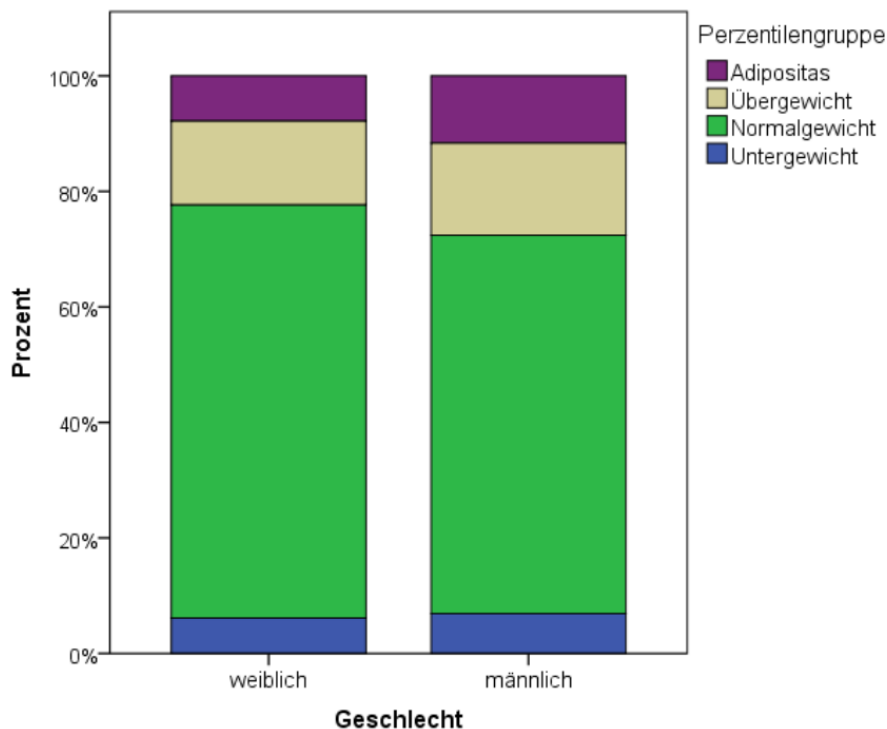


Abbildung 6: Mittelwert Perzentile je Geschlecht

Die häufigste Perzentilengruppe war die der Normalgewichtigen, mit einer absoluten Häufigkeit von 280 Patientinnen bzw. Patienten (68,1%). Im Anschluss folgte mit 63 Fällen (15,3%) die Gruppe der übergewichtigen Teilnehmerinnen und -teilnehmer, danach mit 41 Fällen (10%) die Gruppe der Adipösen. Die seltenste Perzentilengruppe war demnach mit 27 Fällen (6,6%) die Gruppe der untergewichtigen Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer.

Auffallend war, dass sich die Häufigkeit von Adipositas zwischen den Geschlechtern unterschied (11,6% der männlichen Personen, 7,8% der weiblichen Personen, **Abbildung 7**). Der durchgeführte Chi-Quadrat-Test ergab allerdings keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p=0,526$ ).



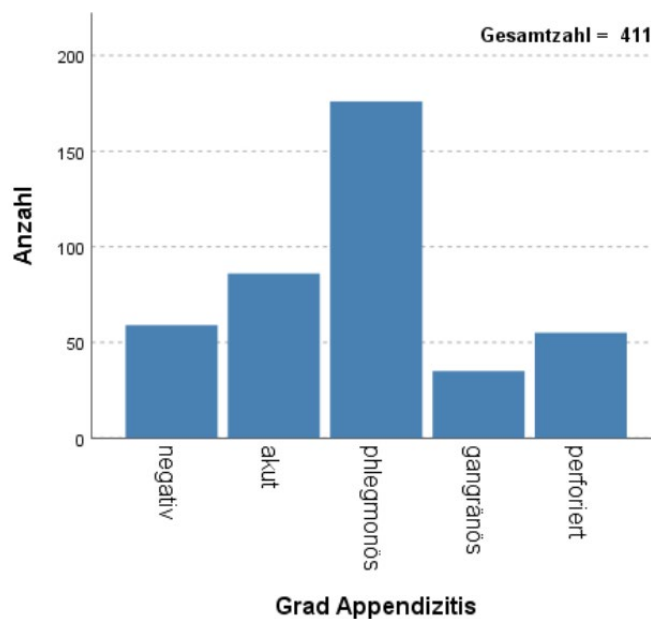
**Abbildung 7:** Verteilung der Perzentilengruppen je Geschlecht

Eine sonographische Diagnostik wurde bei allen 411 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern durchgeführt. In 375 Fällen (91,2%) konnte die Appendix sonographisch dargestellt werden, in den restlichen 36 Fällen (8,8%) war dies nicht möglich. Der mittlere Appendixdurchmesser betrug 8,7 mm, mit einer Standardabweichung von 2,4 mm. Das Minimum lag bei 4 mm, während der größte gemessene Wert 25 mm betrug.

Der mittlere CRP-Wert der untersuchten Personen lag bei 35,96 mg/l, mit einer Standardabweichung von 48,75 mg/l. Die Spannweite reichte hierbei von 0 bis zu einem maximalen Wert von 388,2 mg/l. Insgesamt waren die CRP-Werte in 300 von 411 Fällen (73%) erhöht, in den restlichen 111 Fällen (27%) konnte präoperativ keine Erhöhung festgestellt werden.

Der mittlere Leukozytenwert der Patientinnen und Patienten betrug  $13,86 \times 10^9/l$ , mit einer Standardabweichung von  $5,35 \times 10^9/l$ . Der niedrigste erhobene Wert lag hierbei bei  $4,24 \times 10^9/l$ , der höchste Wert betrug  $32,34 \times 10^9/l$ . Dem Alter entsprechend korrigiert, konnte in 267 Fällen (65%) eine präoperative Erhöhung des Leukozytenwertes festgestellt werden, in 142 Fällen (34,5%) war dieser normal. In zwei Fällen (0,5%) lag eine Erniedrigung vor.

Bezüglich der Verteilung der verschiedenen Appendizitisgrade konnte man ein deutliches Überwiegen der phlegmonösen Appendizitis erkennen, diese war mit 176 Fällen (42,8%) der häufigste Grad. Darauf folgte mit 86 Fällen (20,9%) die akute Appendizitis. Die negativen Fälle stellten mit 59 Fällen (14,4%) die dritt-häufigste Gruppe dar, dieser folgte mit 55 Fällen (13,4%) die Gruppe der perforierten Appendizitiden. Am seltensten wurde bei den 411 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern die gangränöse Appendizitis beobachtet, mit einer Fallzahl von 35 Betroffenen (8,5%, **Abbildung 8**).



**Abbildung 8:** Häufigkeitsverteilung der Appendizitisgrade

Bezüglich der Operationsmethode standen offenes oder laparoskopisches Vorgehen zur Auswahl, eine weitere Möglichkeit war die Konversion von laparoskopisch zu offen. Mit 364 Fällen (88,6%) war die offene Methode eindeutig die präferierte Variante, in 45 Fällen (10,9%) wurde laparoskopisch vorgegangen. Eine Konversion wurde schließlich nur in 2 der beobachteten Fälle (0,5%) durchgeführt.

Postoperative Abweichungen vom Normalverlauf und Komplikationen traten bei 67 (16,3%) der Patientinnen und Patienten auf, der postoperative Verlauf war damit beim Großteil der Teilnehmerinnen und Teilnehmer (n=344; 83,7%) komplikationslos. Aufenthalte auf der Intensivstation im Rahmen der Überwachung oder aufgrund von postoperativen Komplikationen waren in 21 Fällen (5,1%) notwendig. Eine komplikationsbedingte stationäre Wiederaufnahme war nur in 8 Fällen (1,9%) indiziert.

Die Einteilung des Schweregrades der Komplikationen nach Clavien-Dindo ergab in 38 der 67 Fälle (56,7%) Komplikationen vom Grad 1, in 32,8% (n=22) entsprachen diese einem Schweregrad von 2. Die Grade 3a und 3b waren jeweils mit 3 Fällen (4,5%) vertreten, während der Grad 4a nur einmal (1,5%) beobachtet wurde.

Die durchschnittliche Krankenhausaufenthaltsdauer der Patientinnen und Patienten betrug 6,03 Tage, mit einer Standardabweichung von 2,2 Tagen. Die minimale Aufenthaltszeit betrug 4 Tage, der längste Aufenthalt dauerte 27 Tage.

## 3.2. Vergleichende Statistik

### 3.2.1. Komplikationen

Bezüglich der Perzentilengruppe konnten die meisten Komplikationen in der Gruppe der adipösen Patientinnen und Patienten festgestellt werden, während an zweiter Stelle die Gruppe der Untergewichtigen folgte. Demnach wiesen 24,4% der adipösen Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer postoperative Komplikationen auf, während dies in 18,5% der Untergewichtigen der Fall war (**Tabelle 2**).

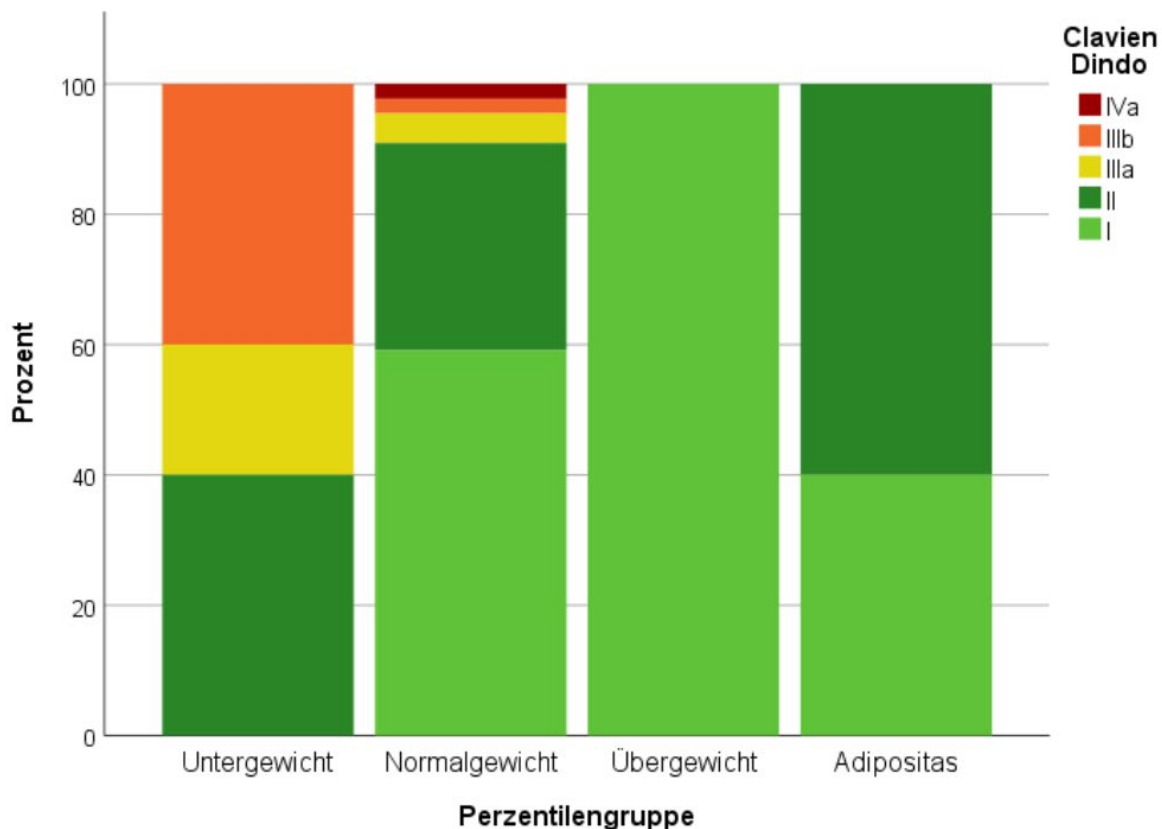
*Tabelle 2: Häufigkeit der Komplikationen je Perzentilengruppe*

Perzentilengruppe	Untergewicht	Anzahl	Komplikationen		Gesamt
			nein	ja	
			22	5	27
		% innerhalb von Perzentilengruppe	81,5%	18,5%	100%
	Normalgewicht	Anzahl	236	44	280
		% innerhalb von Perzentilengruppe	84,3%	15,7%	100%
	Übergewicht	Anzahl	55	8	63
		% innerhalb von Perzentilengruppe	87,3%	12,7%	100%
	Adipositas	Anzahl	31	10	41
		% innerhalb von Perzentilengruppe	75,6%	24,4%	100%
	Gesamt	Anzahl	344	67	411
		% innerhalb von Perzentilengruppe	83,7%	16,3%	100%

Statistisch signifikante Unterschiede der Komplikationsrate zwischen den Perzentilengruppen konnten mittels Chi-Quadrat-Test allerdings nicht festgestellt werden ( $p=0,435$ ).

Beim Vergleich des Clavien-Dindo Scores mit der Perzentilengruppe konnten allerdings statistisch signifikante Unterschiede nachgewiesen werden (Chi-Quadrat-Test,  $p$ -Wert  $< 0,05$ ). Demnach konnten innerhalb der Gruppe der untergewichtigen Patientinnen und Patienten, welche postoperative Komplikationen aufwiesen, prozentuell die meisten Komplikationen von Schweregrad IIIa und IIIb

nachgewiesen werden (n=1 bzw. 2, 20% bzw. 40%). Innerhalb der Gruppe der adipösen Teilnehmerinnen und Teilnehmer war der Schweregrad II der häufigste (n=6, 60%), während es unter den übergewichtigen Personen nur zu Komplikationen vom Grad I kam (n=8). Insgesamt kam es bei einer Person zu Komplikationen vom Grad IVa, diese wies allerdings ein normales Körpergewicht auf. Komplikationen vom Schweregrad IVb und V wurden bei keiner Person festgestellt (**Abbildung 9**).



*Abbildung 9: Schweregrade der Komplikationen je Perzentilengruppe*

Das mittlere Alter der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer mit bzw. ohne Komplikationen lag nahe beisammen, mit einem durchschnittlichen Alter von 11,12 Jahren (n=57, Standardabweichung 4,2 Jahre) bzw. 11,66 Jahren (n=344, Standardabweichung 3,4 Jahre), statistisch signifikante Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden. (Mann-Whitney-U-Test, p=0,517; **Abbildung 10**).

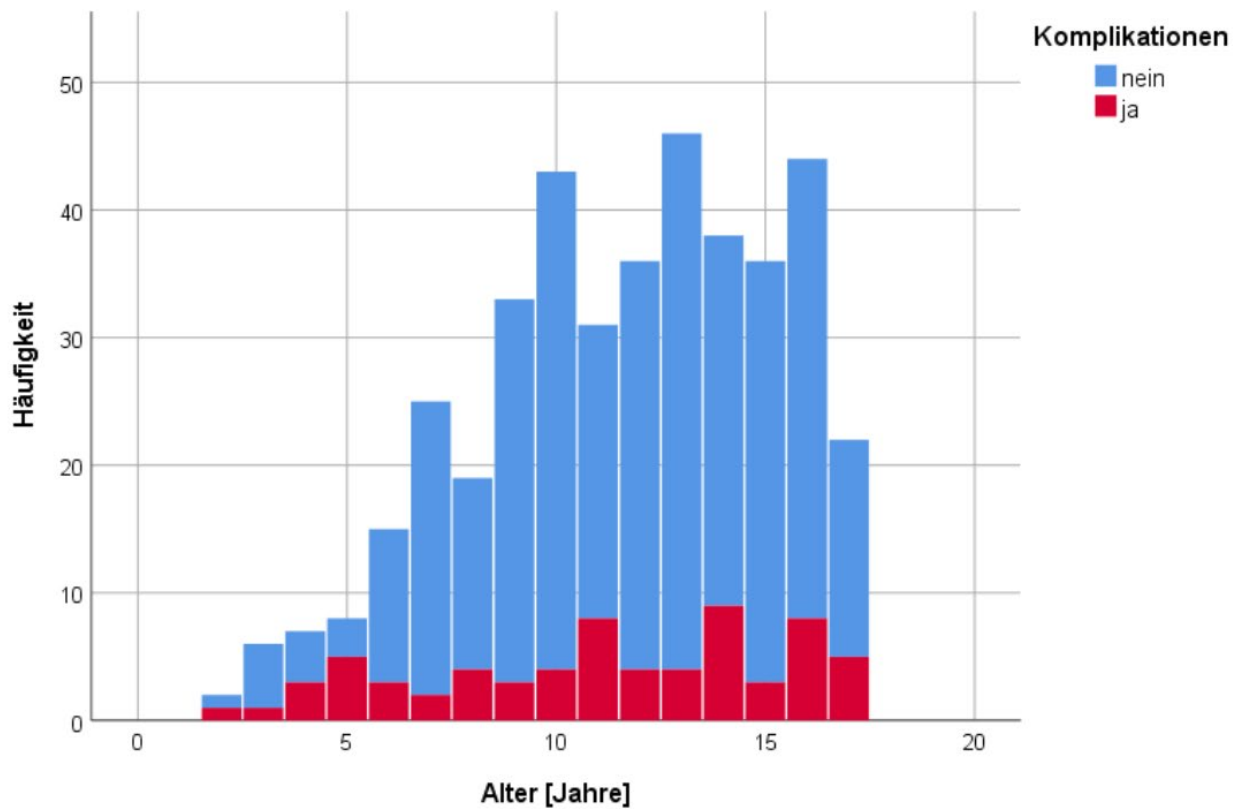
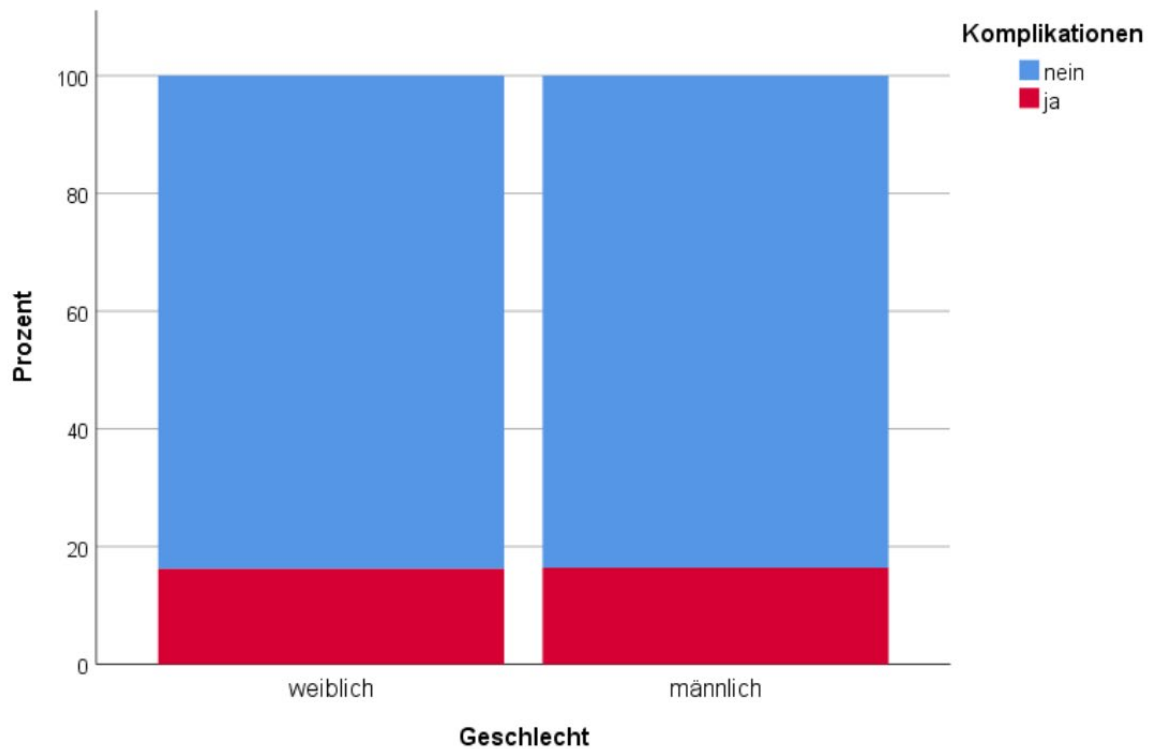


Abbildung 10: Häufigkeit der Komplikationen je Alter

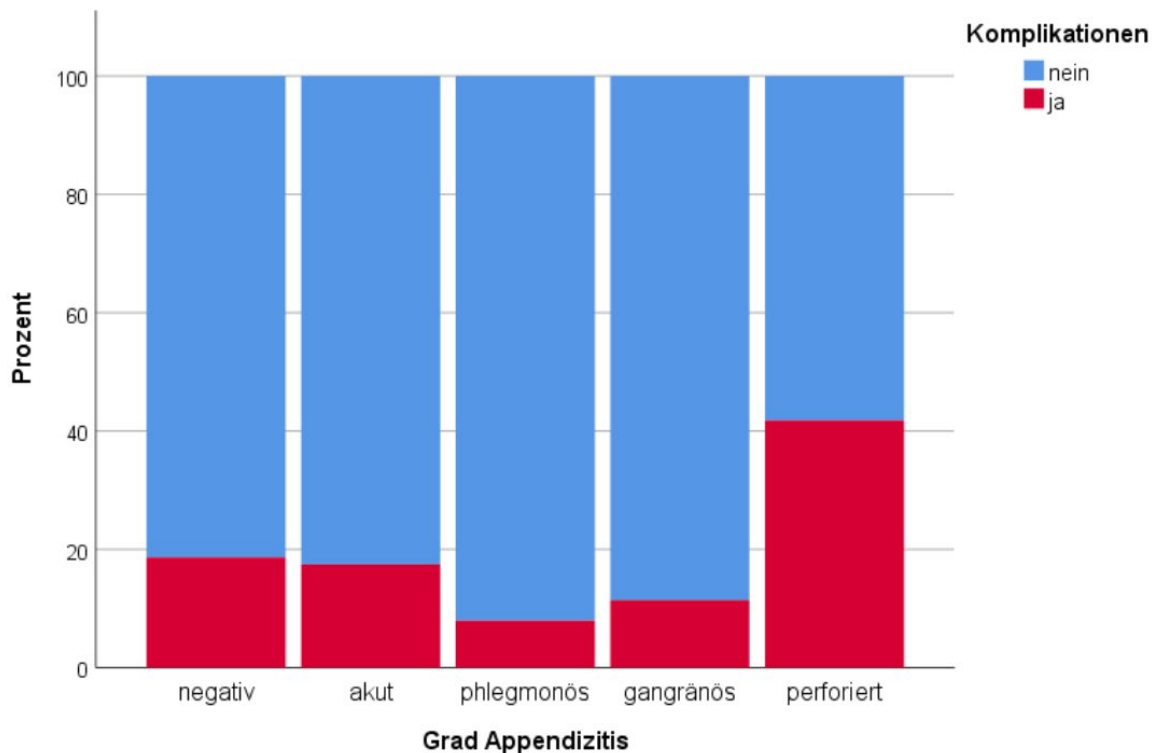
Innerhalb der Gruppe der Studienteilnehmerinnen kam es in 16,2% der Fälle zu postoperativen Komplikationen, während es unter den Teilnehmern in 16,4% der Fälle zu Komplikationen kam. Man erkennt hierbei eine ausgeglichene Geschlechterverteilung der postoperativen Komplikationen (**Abbildung 11**).



*Abbildung 11: Verteilung der Komplikationen je Geschlecht*

Auch hier gab es keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Komplikationsrate zwischen den verschiedenen Geschlechtern (Chi-Quadrat-Test,  $p=0,961$ ).

Mit 41,8% kam es in der Gruppe der perforierten Appendizitiden statistisch signifikant häufiger zu Komplikationen als in den anderen Gruppen (Chi-Quadrat-Test,  $p<0,05$ ), an zweiter Stelle folgte die Gruppe der negativen Fälle mit 18,6%. Am dritt-häufigsten kam es mit 17,4% innerhalb der Gruppe der akuten Appendizitiden zu postoperativen Komplikationen, gefolgt von 11,4% innerhalb der gangränösen Fälle. In der Gruppe der phlegmonösen Appendizitiden kam es mit 8% am seltensten zu Komplikationen (**Abbildung 12**).



*Abbildung 12: Häufigkeit der Komplikationen je Grad der Appendizitis*

Innerhalb der Gruppe der offenen Appendektomien kam es in 60 Fällen (16,5%) zu postoperativen Komplikationen, nach laparoskopischem Vorgehen konnte dies in 7 Fällen (15,6%) beobachtet werden. Die beiden durchgeführten Konversionen verliefen komplikationslos (keine statistisch signifikanten Unterschiede; Chi-Quadrat-Test,  $p=0,812$ ).

### 3.2.2. Diagnosegenauigkeit

Im direkten Vergleich zwischen den Perzentilengruppen war auffällig, dass in höheren Perzentilengruppen die Darstellbarkeit der Appendix zunehmend erschwert wurde. So war in der Gruppe der untergewichtigen Patientinnen und Patienten die Appendix statistisch signifikant häufiger darstellbar als in anderen Perzentilengruppen (96,3%; Chi-Quadrat-Test,  $p<0,05$ ; **Tabelle 3**).

**Tabelle 3:** Darstellbarkeit der Appendix je Perzentilengruppe

Perzentilengruppe			Appendix darstellbar		Gesamt
			nein	ja	
	Untergewicht	Anzahl	1	26	27
		% innerhalb von Perzentilengruppe	3,7%	96,3%	100%
	Normalgewicht	Anzahl	17	263	280
		% innerhalb von Perzentilengruppe	6,1%	93,9%	100%
	Übergewicht	Anzahl	7	56	63
		% innerhalb von Perzentilengruppe	11,1%	88,9%	100%
	Adipositas	Anzahl	11	30	41
		% innerhalb von Perzentilengruppe	26,8%	73,2%	100%
Gesamt	Anzahl	36	375	411	
	% innerhalb von Perzentilengruppe	8,8%	91,2%	100%	

In **Abbildung 13** erkennt man graphisch die Zusammenhänge der Darstellbarkeit der Appendix mit der Perzentilengruppe. Innerhalb der Gruppe der Patientinnen und Patienten, bei welchen die Appendix nicht darstellbar war, waren 30,6% der Personen adipös, 19,4% waren übergewichtig und 47,2% hatten ein normales Körpergewicht. Nur 2,8% der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer, bei welchen die Appendix sonographisch nicht darstellbar war, waren untergewichtig.

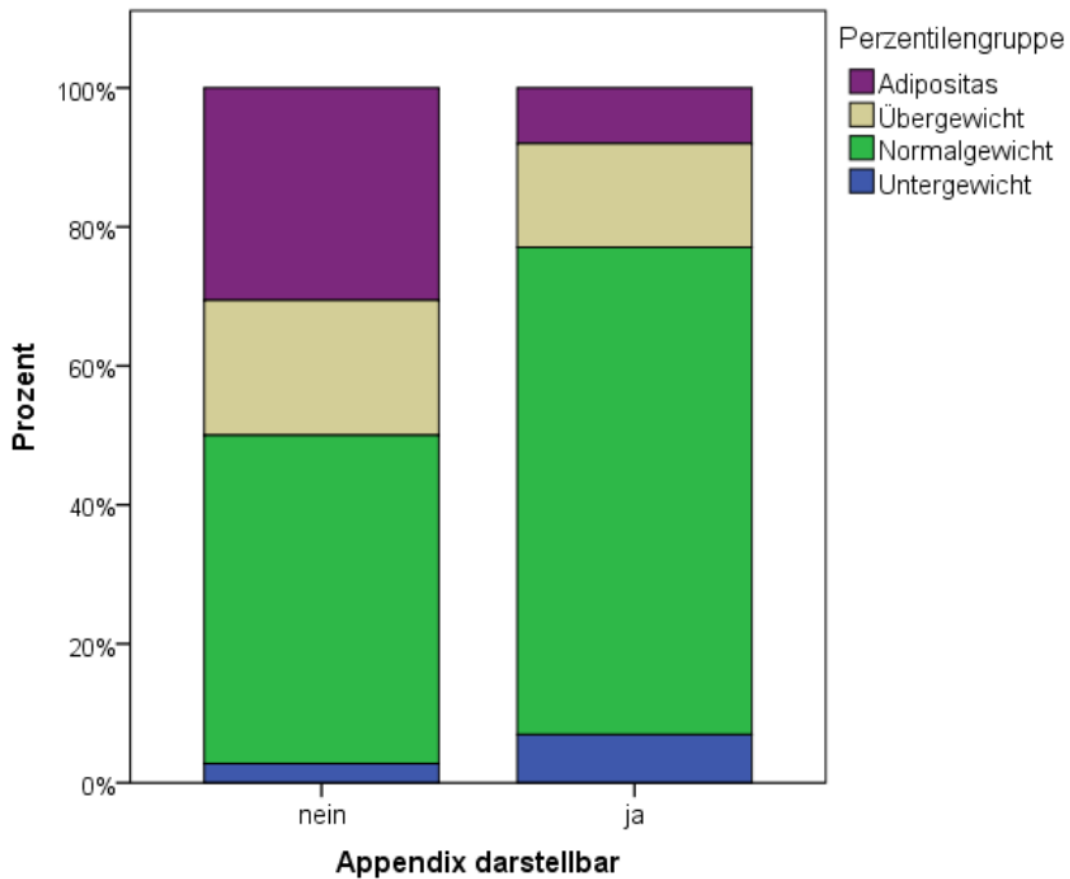
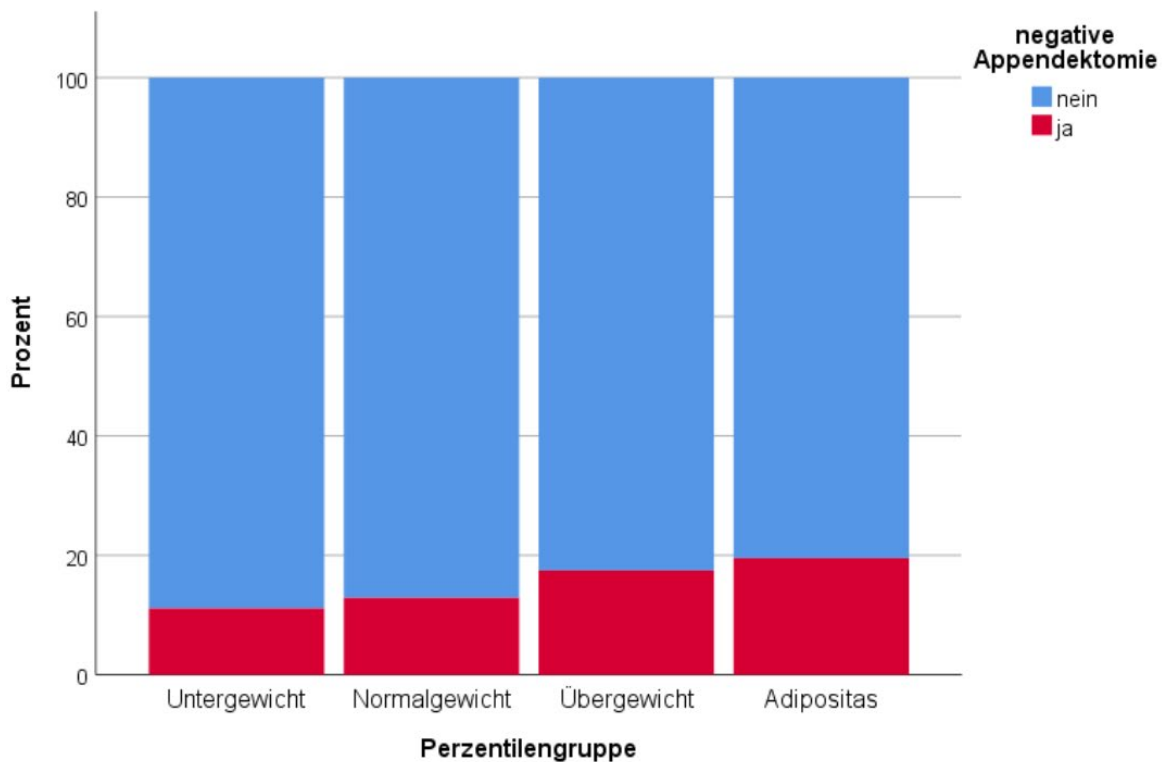


Abbildung 13: Darstellbarkeit der Appendix je Perzentilengruppe

Die meisten negativen Appendektomien traten in der Gruppe der adipösen Patientinnen und Patienten auf, mit 19,5% negativen Appendektomien innerhalb dieser Perzentilengruppe. Dem folgte mit 17,5% die Gruppe der übergewichtigen Teilnehmerinnen und Teilnehmer, gefolgt von der Gruppe der Normalgewichtigen, mit 12,9% negativen Appendektomien innerhalb dieser Perzentilengruppe. Bei den untergewichtigen Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern kam es am seltensten zu negativen Appendektomien, mit 11,1% innerhalb dieser Perzentilengruppe. (Keine statistisch signifikanten Unterschiede; Chi-Quadrat-Test,  $p=0,545$ ; **Abbildung 14**).



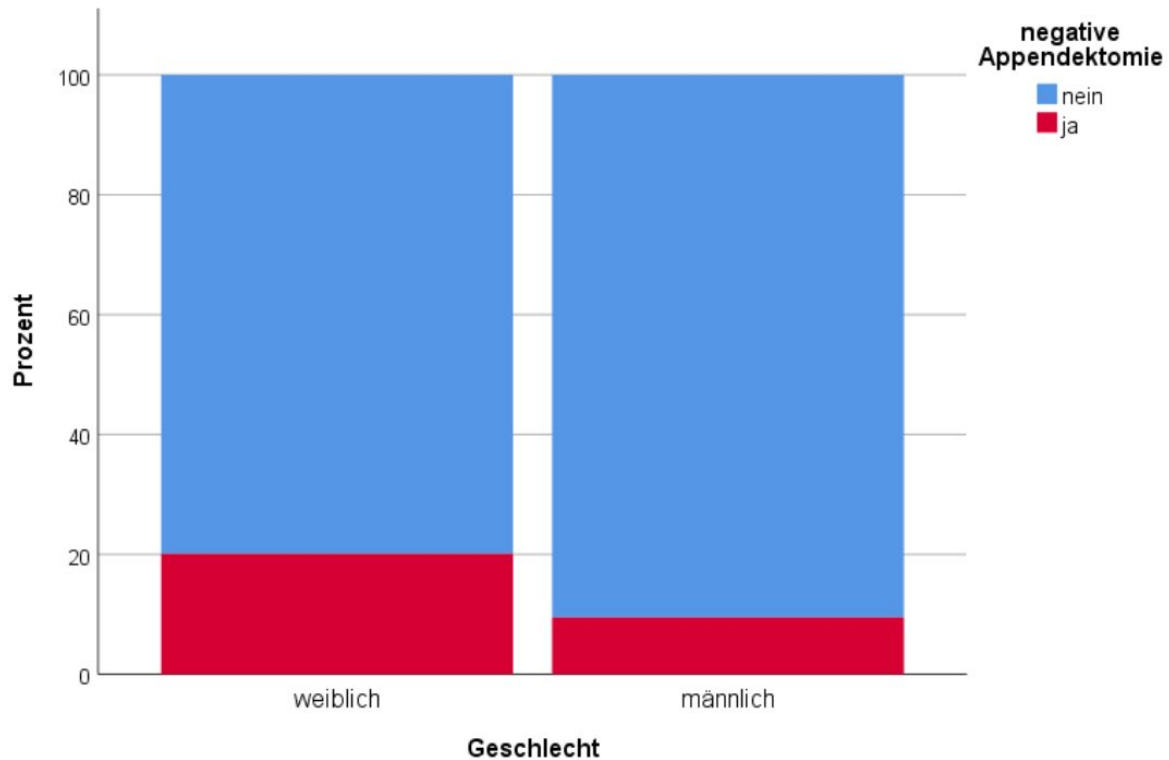
*Abbildung 14: Häufigkeit der negativen Appendektomien je Perzentilengruppe*

Innerhalb der negativen Appendektomien überwogen die Studienteilnehmerinnen statistisch signifikant gegenüber den Teilnehmern, mit 36 (62,1%) der 58 negativen Appendektomien bei Patientinnen und 22 (37,9%) der negativen Appendektomien bei Patienten (Chi-Quadrat-Test,  $p < 0,05$ ; **Tabelle 4**).

*Tabelle 4: Negative Appendektomien je Geschlecht*

Geschlecht			negative Appendektomien		Gesamt
			nein	ja	
weiblich	Anzahl		143	36	179
	% innerhalb von negativen Appendektomien		40,5%	62,1%	43,6%
männlich	Anzahl		210	22	232
	% innerhalb von negativen Appendektomien		59,5%	37,9%	56,4%
Gesamt	Anzahl		353	58	411
	% innerhalb von negativen Appendektomien		100%	100%	100%

**Abbildung 15** zeigt schließlich graphisch die Häufigkeit der negativen Appendektomien innerhalb der Geschlechtergruppen, mit signifikant mehr negativen Appendektomien (20,1%) in der Gruppe der Studienteilnehmerinnen und 9,5% negativen Appendektomien innerhalb der Gruppe der männlichen Studienteilnehmer (Chi-Quadrat-Test,  $p < 0,05$ ).



*Abbildung 15: Häufigkeit der negativen Appendektomien je Geschlecht*

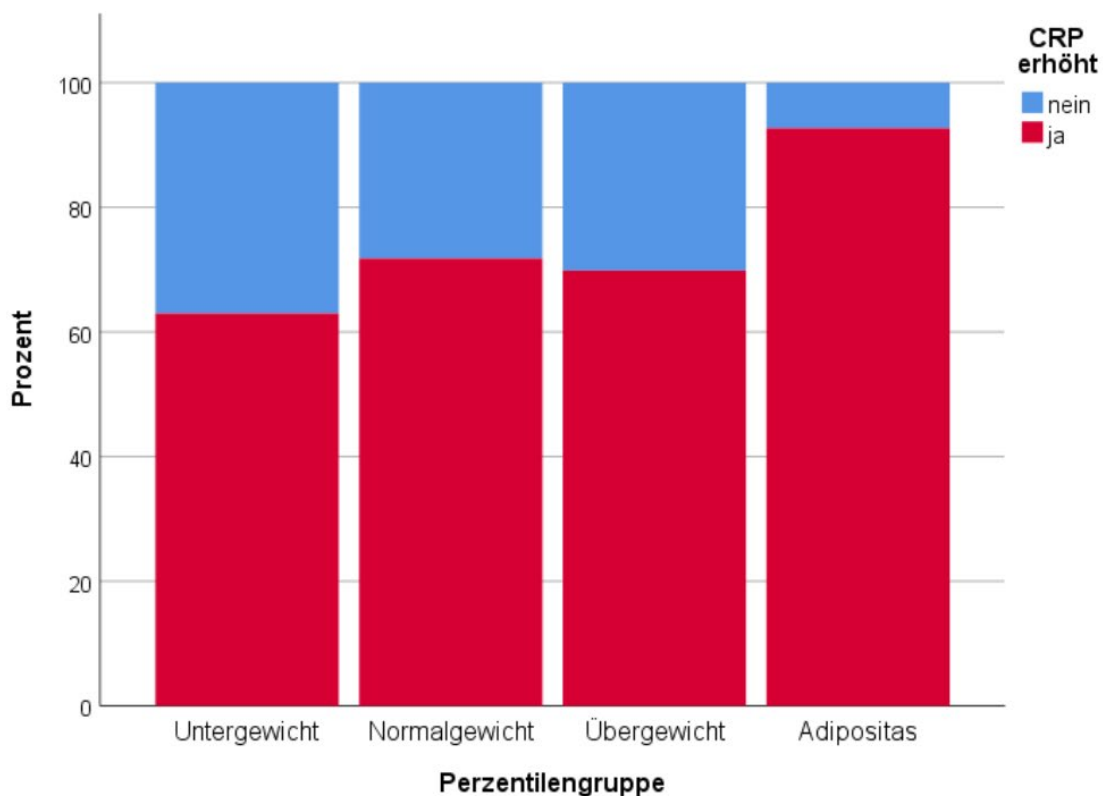
### 3.2.3. Laborwerte

Innerhalb der Gruppe der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer mit erhöhten CRP-Werten kam es in 17% der Fälle zu postoperativen Komplikationen, während dies bei den Personen ohne einer Erhöhung der CRP-Werte in 14,4% der Fall war. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen konnten mittels Chi-Quadrat-Test nicht nachgewiesen werden ( $p = 0,529$ ).

In der Gruppe der Patientinnen und Patienten mit erhöhten Leukozyten-Werten kam es in 14,6% der Fälle zu postoperativen Komplikationen, während bei den Personen mit normalen Leukozyten-Werten in 19% der Fälle Komplikationen auftraten (keine statistisch signifikanten Unterschiede; Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,224$ ).

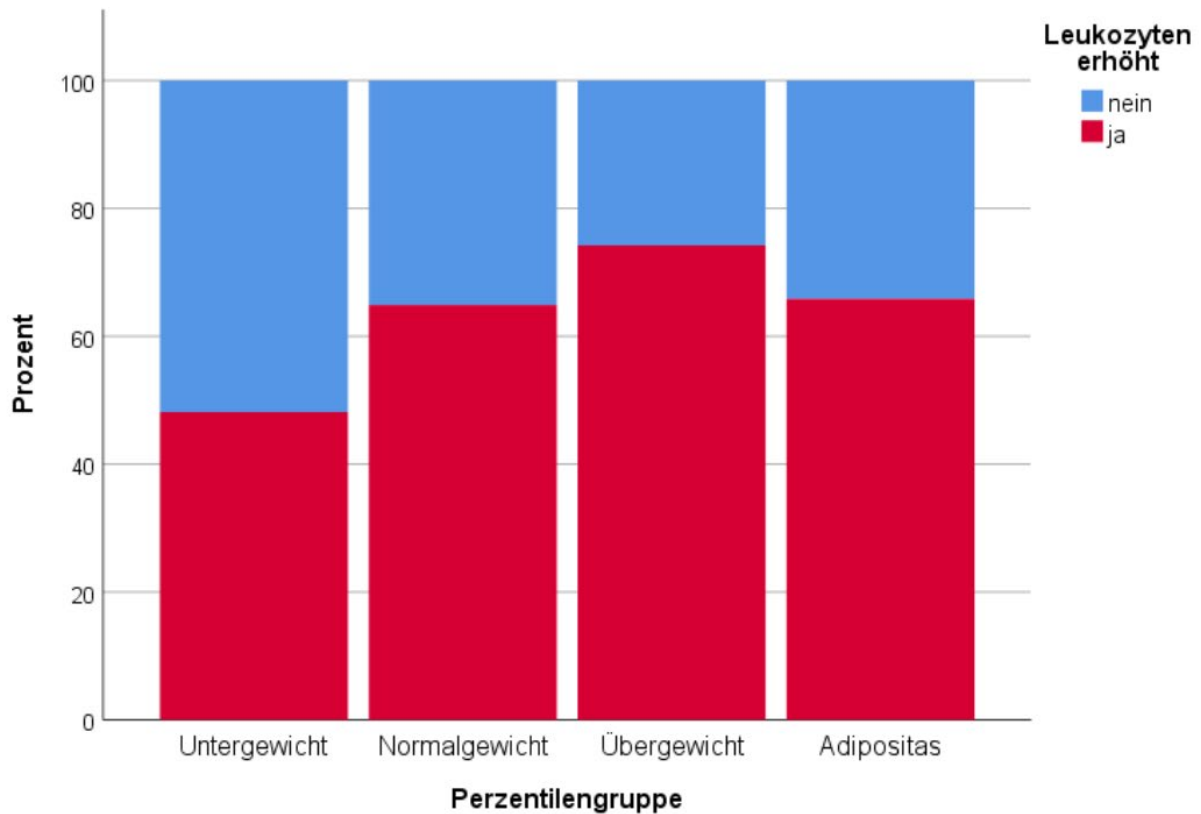
Auch zwischen den verschiedenen Perzentilengruppen gab es keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die erhobenen Laborwerte, der durchgeführte Kruskal-Wallis-Test ergab für die Verteilung der CRP-Werte über die Perzentilengruppen einen p-Wert von 0,117, für die Verteilung der Leukozyten-Werte über die Perzentilengruppen ergab sich ein p-Wert von 0,188.

Dennoch kam es zwischen den Perzentilengruppen zu gewissen Unterschieden bezüglich der Laborwerte, bei adipösen Patientinnen und Patienten wurden in 92,7% der Fälle präoperativ erhöhte CRP-Werte festgestellt, während dies bei Normalgewichtigen in 71,8% der Fall war. Innerhalb der Gruppe der übergewichtigen Teilnehmerinnen und -teilnehmer kam es in 69,8% zu präoperativ erhöhten CRP-Werten, bei den Untergewichtigen in 63%. Unter den adipösen Patientinnen und Patienten wurden damit durchschnittlich am häufigsten präoperativ erhöhte CRP-Werte gemessen (**Abbildung 16**).



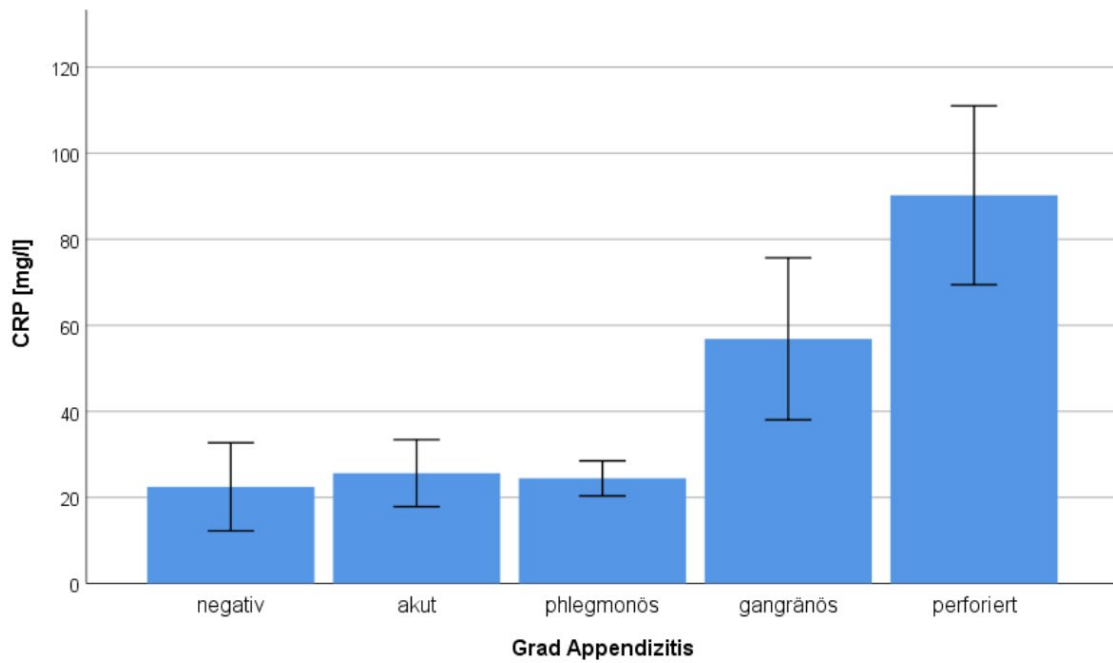
*Abbildung 16: CRP-Erhöhungen je Perzentilengruppe*

Präoperativ erhöhte Leukozyten-Werte wurden mit 73% am häufigsten bei übergewichtigen Patientinnen und Patienten gemessen, diesen folgten mit 65,9% die Adipösen. Unter den normalgewichtigen Personen wurden in 64,6% der Fälle präoperative Leukozyten-Erhöhungen festgestellt, bei den Untergewichtigen in 48,1% (**Abbildung 17**).



*Abbildung 17: Leukozyten-Erhöhungen je Perzentilengruppe*

Statistisch signifikante Unterschiede der Laborwerte zwischen den verschiedenen Appendizitisgraden konnten nachgewiesen werden, demnach kam es bei einer Zunahme des Grades der Appendizitis ebenfalls zu einer Zunahme der CRP- als auch der Leukozyten-Werte (Kruskal-Wallis-Test,  $p$  je  $< 0,001$ ; **Abbildung 18, Abbildung 19**).

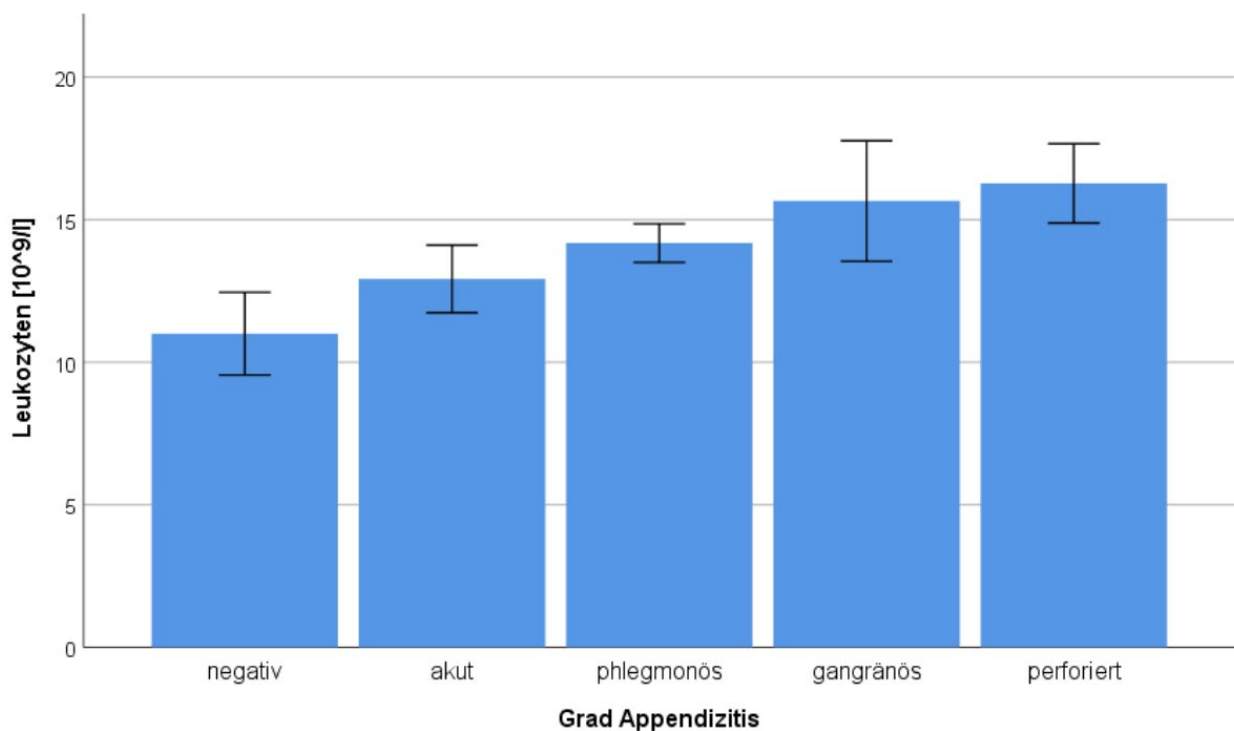


**Abbildung 18:** Durchschnittliche CRP-Werte je Grad der Appendizitis

$p < 0,05$  bei perforiert vs. negativ/akut/phlegmonös

$p < 0,05$  bei gangränös vs. negativ/akut/phlegmonös

$p < 0,05$  bei negativ vs. phlegmonös



**Abbildung 19:** Durchschnittliche Leukozytenwerte je Grad der Appendizitis

$p < 0,05$  bei negativ vs. phlegmonös/gangränös/perforiert

$p < 0,05$  bei akut vs. perforiert

### 3.2.4. Operationsmethode und -dauer

Es bestanden sichtbare Unterschiede zwischen den Perzentilengruppen der Patientinnen und Patienten bezüglich der Wahl der Operationsmethode, mit statistisch signifikant mehr Laparoskopien bei den Adipösen als in allen anderen Perzentilengruppen (Chi-Quadrat-Test,  $p < 0,05$ ). Demnach wurde innerhalb der Gruppe der adipösen Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern in 29,3% der Fälle eine laparoskopische Appendektomie durchgeführt, während dies nur bei 15,9% der Übergewichtigen die Methode der Wahl war. Normalgewichtige Patientinnen und Patienten wurden in 7,1% laparoskopisch operiert, Untergewichtige in 11,1% der Fälle. Die beiden Konversionen wurden bei Normalgewichtigen durchgeführt (Abbildung 20).

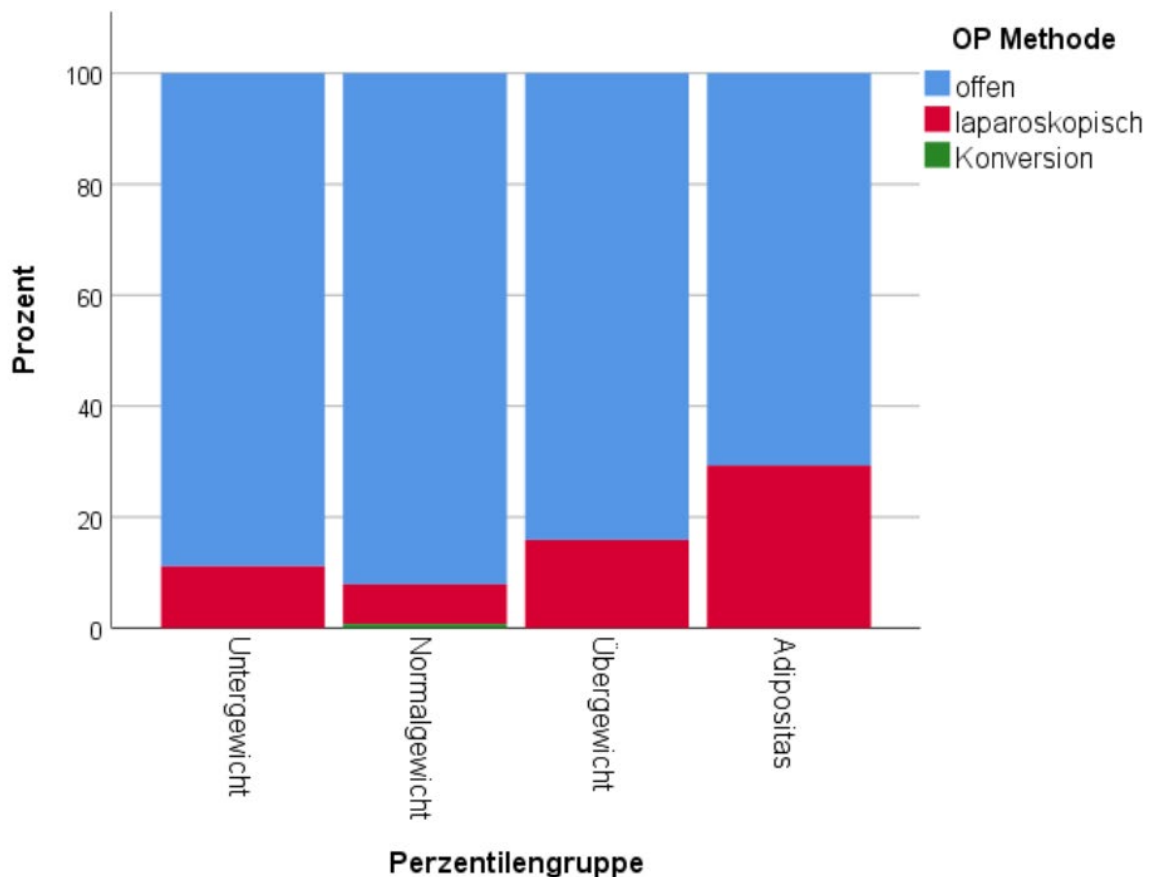
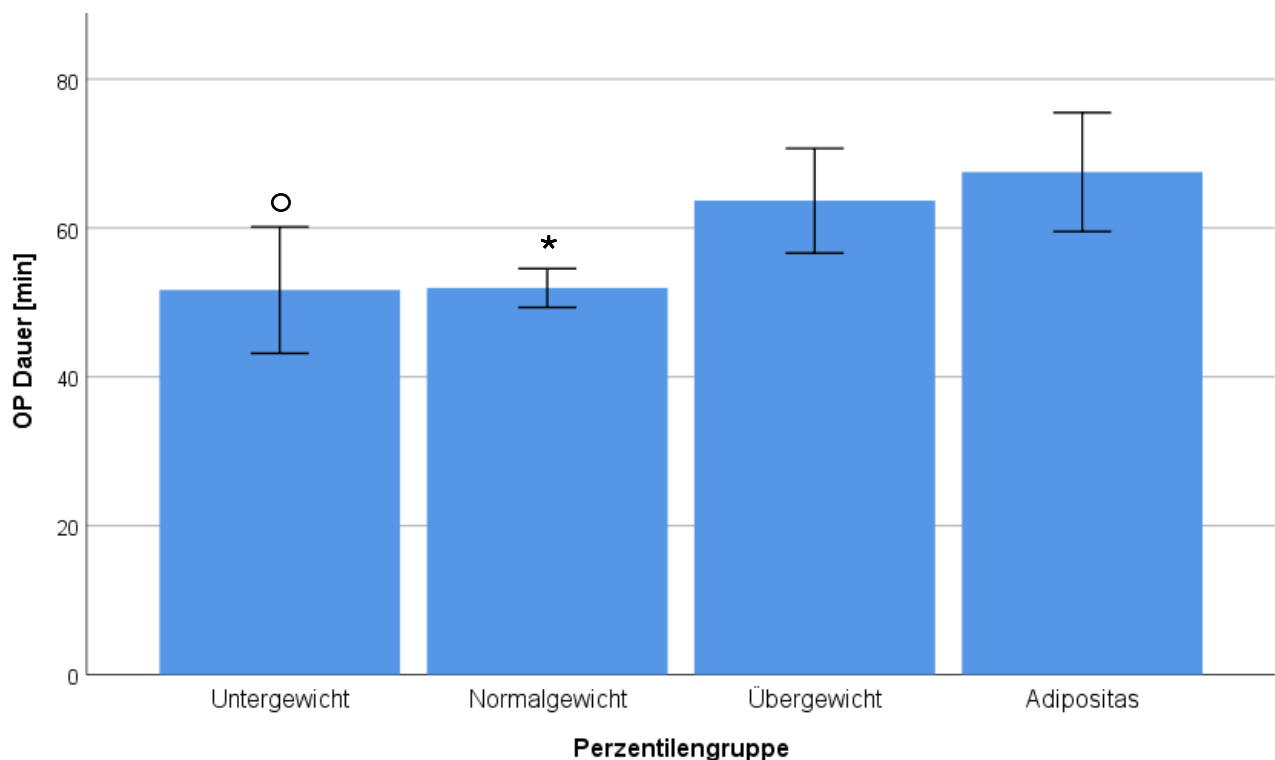


Abbildung 20: Häufigkeiten der Operationsmethoden je Perzentilengruppe

Mit einer durchschnittlichen Dauer von 67,51 Minuten (Standardabweichung 25,3 Minuten) war die Operationsdauer in der Gruppe der adipösen Patientinnen bzw. Patienten am höchsten, gefolgt von einer durchschnittlichen Dauer von 63,67 Minuten (Standardabweichung 27,9 Minuten) innerhalb der übergewichtigen Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer. Bei den unter- und normalgewichtigen Personen gab es keine signifikanten Differenzen in der Dauer der Operation, mit einer durchschnittlichen Dauer von 51,67 bzw. 51,94 Minuten (Standardabweichung 21,5 bzw. 22,2 Minuten). Der durchgeführte Kruskal-Wallis-Test konnte statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Perzentilengruppen in Bezug auf die Operationsdauer nachweisen ( $p < 0,001$ ; **Abbildung 21**).



**Abbildung 21:** Mittlere Operationsdauer je Perzentilengruppe

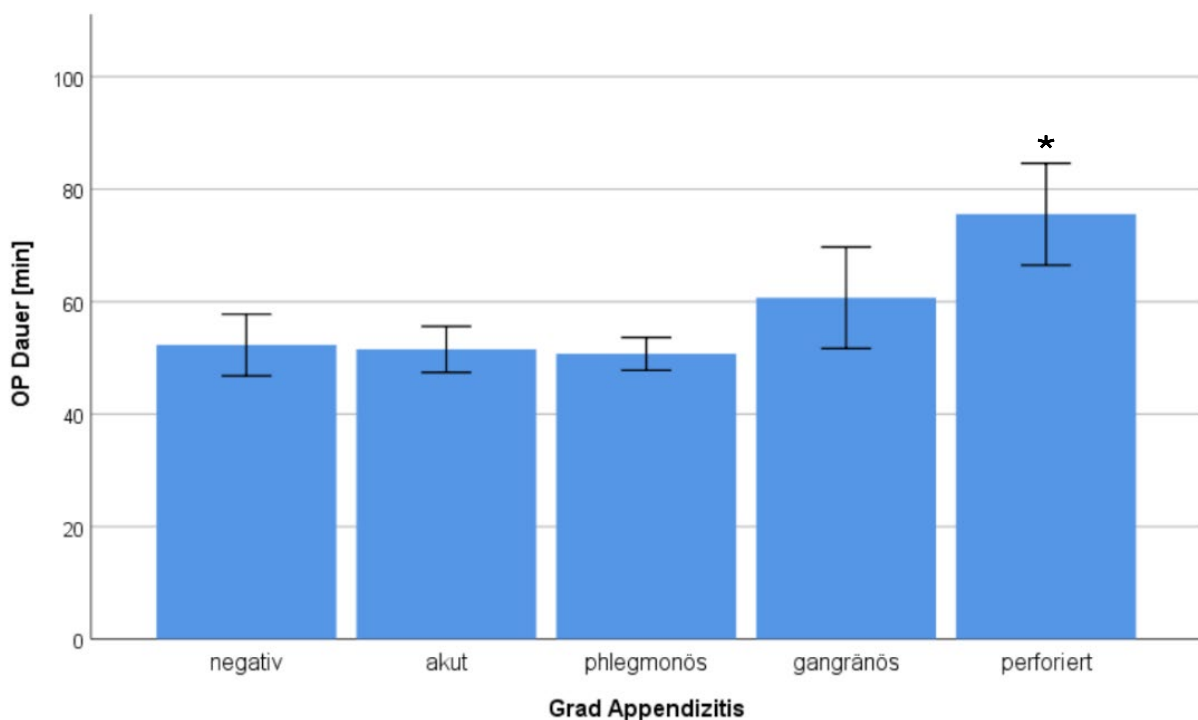
\* $p < 0,05$  im Vergleich zu Übergewichtigen und Adipösen

° $p < 0,05$  im Vergleich zu Adipösen

Bei Patientinnen und Patienten, welche postoperative Komplikationen zeigten, war die Operationsdauer mit 61,84 Minuten (Standardabweichung 25,6 Minuten) statistisch signifikant höher als jene von Personen, welche einen komplikationslosen Verlauf aufwiesen (54 Minuten, Standardabweichung 23,6 Minuten; Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0,05$ ).

Die laparoskopische Appendektomie dauerte mit 64,8 Minuten (Standardabweichung 21,7 Minuten) ebenfalls statistisch signifikant länger als die offene Variante, welche eine mittlere Dauer von 53,95 Minuten aufwies (Standardabweichung 24,1 Minuten; Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0,05$ ). Konversionen wurden nur in zwei Fällen durchgeführt, diese dauerten 72 bzw. 93 Minuten.

Unter den verschiedenen Schweregraden der Appendizitiden konnte man die längste Operationsdauer unter den perforierten Formen erkennen, mit einer durchschnittlichen Dauer von 75,5 Minuten (Standardabweichung 33,5 Minuten). Dieser Gruppe folgten die gangränösen Appendizitiden mit einer durchschnittlichen Operationsdauer von 60,7 Minuten (Standardabweichung 26,3 Minuten). Patientinnen und Patienten, welche an einer akuten, phlegmonösen oder an keiner Appendizitis litten, wiesen mit durchschnittlich etwa 50 Minuten untereinander eine ähnliche Operationsdauer auf. Mittels Kruskal-Wallis-Test konnten statistisch signifikante Unterschiede der Operationsdauer zwischen den verschiedenen Appendizitisgraden nachgewiesen werden ( $p < 0,001$ ; **Abbildung 22**).



**Abbildung 22:** Durchschnittliche Operationsdauer je Appendizitisgrad

\* $p < 0,05$  im Vergleich zu negativen/akuten/phlegmonösen Appendizitiden

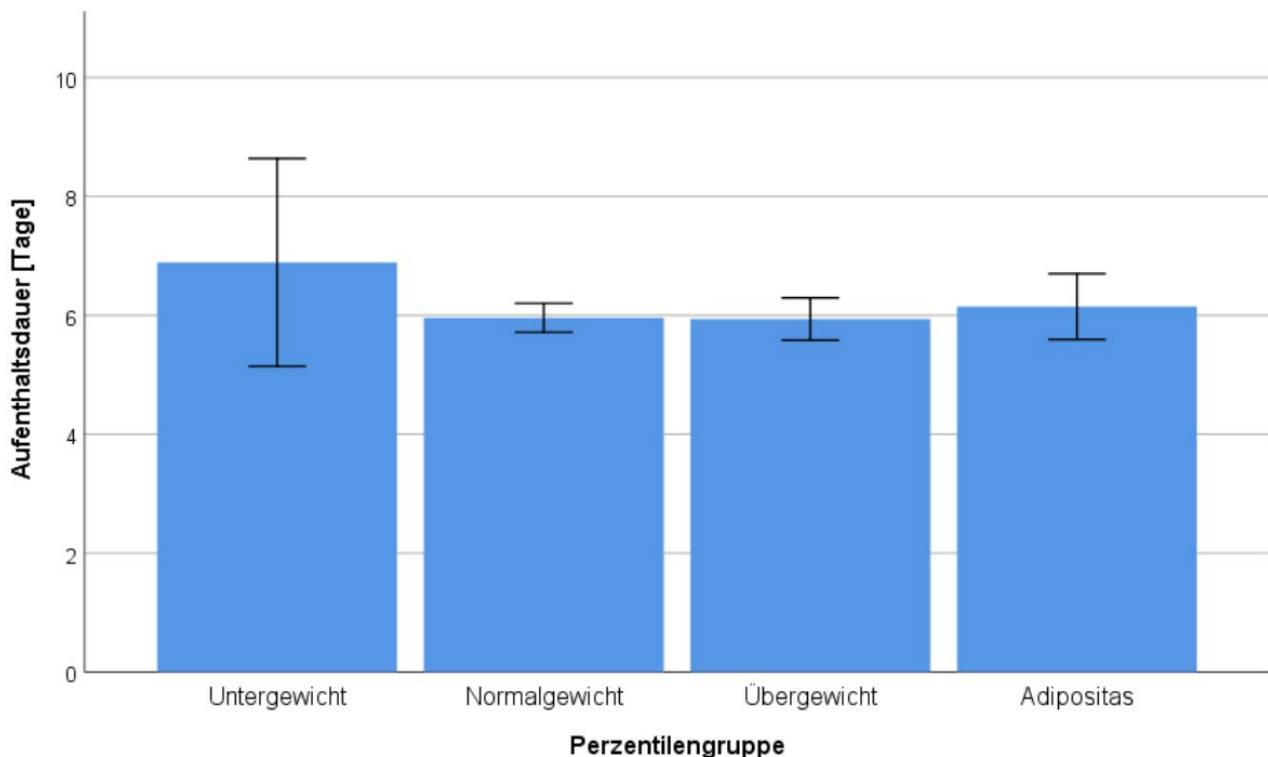
Auch innerhalb der unterschiedlichen Operationsmethoden wiesen die perforierten und gangränösen Appendizitiden durchschnittlich die längste Operationsdauer auf, mit wiederum ähnlichen Werten zwischen negativen, akuten und phlegmonösen Formen (**Tabelle 5**). Statistisch signifikante Unterschiede zwischen der Operationsdauer in Abhängigkeit von der Operationsmethode konnten innerhalb der Gruppe der gangränösen Appendizitiden nachgewiesen werden (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0,05$ ;  $p = 0,284$  bei perforierten Appendizitiden).

*Tabelle 5: Mittlere Operationsdauer je Methode und Schweregrad*

OP Methode	Grad Appendizitis	Mittelwert [min]	N	Std.- Abweichung [min]
offen	negativ	48,05	41	19,013
	akut	49,82	72	19,594
	phlegmonös	49,80	166	19,258
	gangränös	58,53	32	25,983
	perforiert	74,36	53	33,458
	Insgesamt		53,95	364
laparoskopisch	negativ	61,94	18	22,885
	akut	60,21	14	13,896
	phlegmonös	65,00	9	22,079
	gangränös	83,67	3	20,207
	perforiert	121,00	1	.
	Insgesamt		64,78	45
Konversion	phlegmonös	72,00	1	.
	perforiert	93,00	1	.
	Insgesamt		82,50	2
Insgesamt	negativ	52,29	59	21,082
	akut	51,51	86	19,108
	phlegmonös	50,70	176	19,643
	gangränös	60,69	35	26,278
	perforiert	75,55	55	33,516
	Insgesamt		55,27	411

### 3.2.5. Krankenhausaufenthaltsdauer

Die durchschnittlich längste Krankenhausaufenthaltsdauer konnte bei untergewichtigen Patientinnen und Patienten nachgewiesen werden (statistisch nicht signifikant, Kruskal-Wallis-Test,  $p=0,214$ ). Demnach wiesen diese eine mittlere Krankenhausaufenthaltsdauer von 6,89 Tagen (Standardabweichung 4,41 Tage) auf, während diese bei adipösen Personen durchschnittlich 6,15 Tagen (Standardabweichung 1,75 Tage) betrug. Im Gegensatz dazu wiesen normal- und übergewichtige Personen im Mittel einen etwas kürzeren Aufenthalt auf, mit 5,96 Tagen (Standardabweichung 2,07 Tage) bei Ersteren und 5,94 Tagen (Standardabweichung 1,41 Tage) bei Zweiteren (**Abbildung 23**).



*Abbildung 23: Durchschnittliche Aufenthaltsdauer je Perzentilengruppe*

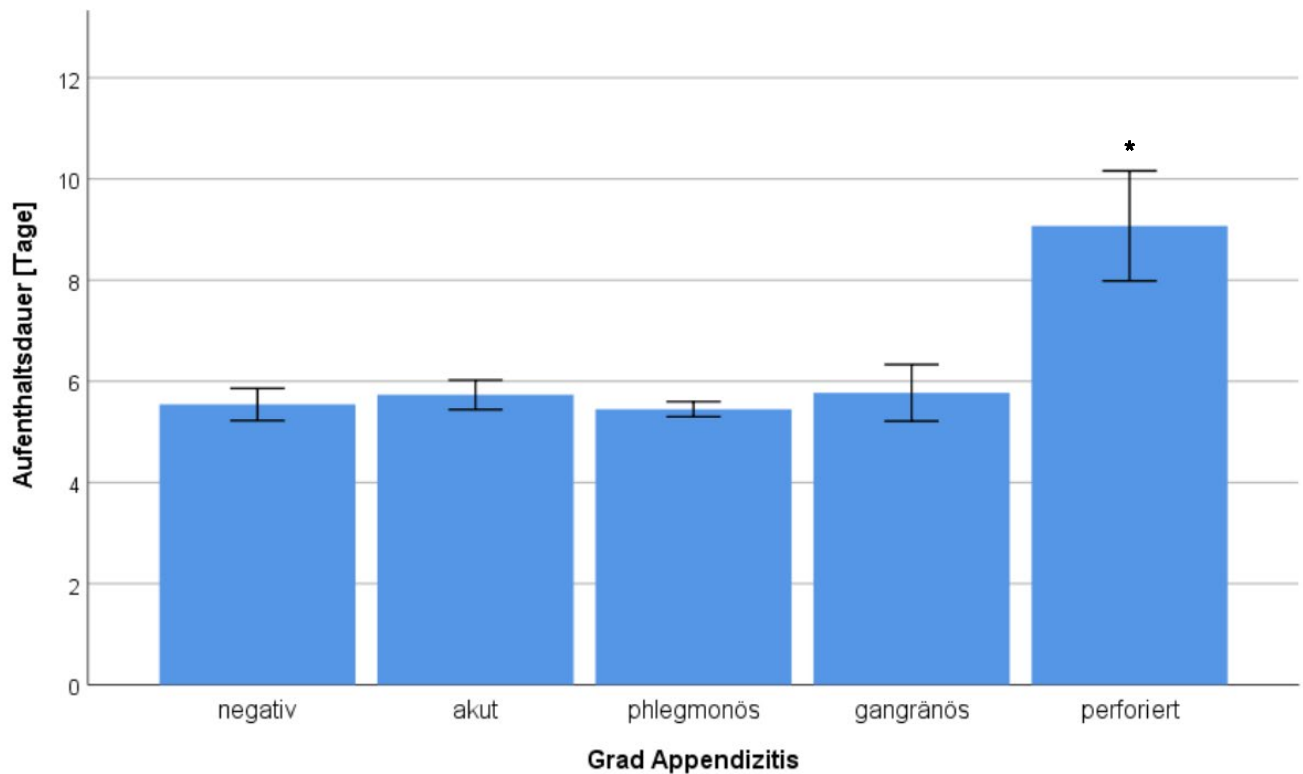
Adipöse Patientinnen und Patienten hatten mit 6,34 Tagen (Standardabweichung 1,91 Tage) nach einer offenen Appendektomie durchschnittlich einen längeren Krankenhausaufenthalt als nach einer laparoskopischen Appendektomie, nach welcher der Aufenthalt durchschnittlich nur 5,67 Tage (Standardabweichung 1,23 Tage) dauerte. In allen anderen

Perzentilengruppen verhielt es sich genau gegenteilig, mit einem durchschnittlich längeren Aufenthalt nach laparoskopischem Vorgehen (**Tabelle 6**). Die beobachteten Unterschiede in der Aufenthaltsdauer bei adipösen Patientinnen und Patienten waren allerdings nicht statistisch signifikant, der Mann-Whitney-U-Test ergab einen p-Wert von 0,3.

**Tabelle 6:** Vergleich der Mittelwerte von Aufenthaltsdauer, Perzentilengruppe und OP-Methode

Perzentilengruppe	OP Methode	Mittelwert [Tage]	N	Std.- Abweichung [Tage]
Untergewicht	offen	6,79	24	4,662
	laparoskopisch	7,67	3	1,528
	Insgesamt	6,89	27	4,414
Normalgewicht	offen	5,94	258	2,107
	laparoskopisch	6,05	20	1,605
	Konversion	7,50	2	2,121
	Insgesamt	5,96	280	2,073
Übergewicht	offen	5,83	53	1,341
	laparoskopisch	6,50	10	1,716
	Insgesamt	5,94	63	1,413
Adipositas	offen	6,34	29	1,914
	laparoskopisch	5,67	12	1,231
	Insgesamt	6,15	41	1,754
Insgesamt	offen	6,01	364	2,262
	laparoskopisch	6,16	45	1,566
	Konversion	7,50	2	2,121
	Insgesamt	6,03	411	2,195

Die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer mit perforierter Appendizitis wiesen mit 9,07 Tagen (Standardabweichung 4,02 Tage; Kruskal-Wallis-Test,  $p < 0,05$ ) durchschnittlich eine statistisch signifikant längere Aufenthaltsdauer auf als alle anderen Appendizitisgrade, während sich die Dauer zwischen den anderen Graden nicht signifikant voneinander unterschied (**Abbildung 24**).



*Abbildung 24: Mittlere Aufenthaltsdauer je Appendizitisgrad*

\* $p < 0,05$  im Vergleich zu negativen/akuten/phlegmonösen/gangränösen Appendizitiden

Ein weiteres auffälliges Ergebnis war, dass innerhalb der Gruppe der perforierten Appendizitiden die untergewichtigen Patientinnen und Patienten eine längere Zeit im Krankenhaus verbrachten als die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer anderer Perzentilengruppen. Untergewichtige Personen mit einer perforierten Appendizitis wiesen demnach eine durchschnittliche Krankenhausaufenthaltsdauer von 11,33 Tagen (Standardabweichung 8,12) auf, während die Aufenthaltszeit bei Normalgewichtigen (9,03 Tage), Übergewichtigen (7,43 Tage) und Adipösen (9,0 Tage) mit perforierter Appendizitis durchschnittlich kürzer war. Diese Unterschiede waren allerdings nicht statistisch signifikant, der durchgeführte Kruskal-Wallis-Test ergab eine p-Wert von 0,679.

### 3.2.6. Intensivstationsaufenthalte

Aufenthalte auf der Intensivstation waren bei Untergewichtigen und Adipösen statistisch signifikant häufiger indiziert als bei normal- und übergewichtigen Personen (Chi-Quadrat-Test,  $p < 0,05$ ). Demnach wurde aufgrund von postoperativen Komplikationen bzw. zur Überwachung bei 12,2% (fünf Fällen) der adipösen und bei 11,1% (drei Fällen) der untergewichtigen Patientinnen und Patienten ein Aufenthalt auf der Intensivstation notwendig, während dies bei nur 4,3% (12 Fällen) der normal- und 1,6% (einem Fall) der übergewichtigen Personen indiziert war.

Weitere statistisch signifikante Unterschiede (Chi-Quadrat-Test,  $p < 0,05$ ) konnten zwischen dem Grad der Appendizitis und der Notwendigkeit eines Intensivstationsaufenthaltes nachgewiesen werden. Von allen 21 Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern, welche auf der Intensivstation betreut wurden, litten 16 (76,2%) an einer perforierten Appendizitis, während drei (14,3%) eine phlegmonöse, und zwei (9,5%) keine Appendizitis aufwiesen. Akute und gangränöse Appendizitiden wurden im Zeitraum unserer Studie nicht auf der Intensivstation betreut.

Die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation war durchschnittlich bei untergewichtigen Personen am längsten, mit einer mittleren Aufenthaltsdauer von 7,7 Tagen (Standardabweichung 8,1 Tage, statistisch nicht signifikante Unterschiede; Kruskal-Wallis-Test,  $p = 0,199$ , **Tabelle 7**).

*Tabelle 7: Mittlere Aufenthaltsdauer Intensiv je Perzentilengruppe*

Perzentilengruppe	N	Mittelwert [Tage]	Standardabweichung [Tage]
Untergewicht	3	7,67	8,083
Normalgewicht	12	2,50	1,446
Übergewicht	1	4,00	/
Adipositas	5	3,20	0,447
Insgesamt	21	3,48	3,311

Unter den verschiedenen Appendizitisgraden wiesen die perforierten Fälle mit 3,81 Tagen (Standardabweichung 3,7 Tage) durchschnittlich den längsten Aufenthalt auf, die negativen Fälle hatten eine durchschnittliche Aufenthaltszeit von 3 Tagen (Standardabweichung 1,4 Tage). Den durchschnittlich kürzesten Aufenthalt auf der Intensivstation hatten mit 2 Tagen (Standardabweichung 1 Tag) die Patientinnen und Patienten mit phlegmonöser Appendizitis. Auch hierbei konnten durch den Kruskal-Wallis-Test keine statistisch signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden ( $p=0,405$ ).

## 4. Diskussion

Wir konnten in unserer Studie zeigen, dass einige statistisch signifikante Unterschiede zwischen verschiedenen Gewichtsklassen in Bezug auf die Komplikationsrate und die Diagnosegenauigkeit der Appendizitis im Kindes- und Jugendalter existieren. Allerdings stimmten unsere Ergebnisse nicht in jedem Fall mit denen der bereits eingangs erwähnten Studie von Timmerman et al. [16] überein, welche diesen Zusammenhang bereits im Jahr 2016 untersuchte.

In besagter Studie [16] wiesen untergewichtige Patientinnen und Patienten die höchste Komplikationsrate und die meisten negativen Appendektomien auf, adipöse und untergewichtige Personen hatten außerdem einen längeren Krankenhausaufenthalt als Normalgewichtige [16]. Ein weiteres wichtiges Ergebnis war die Tatsache, dass adipöse Patientinnen und Patienten nach einer offenen Appendektomie einen längeren Krankenhausaufenthalt aufwiesen als nach einer laparoskopischen Appendektomie [16].

Bei der statistischen Auswertung unserer Studiendaten konnten wir unter den untergewichtigen Patientinnen und Patienten weder die höchste Komplikationsrate noch die meisten negativen Appendektomien nachweisen, in beiden Fällen dominierten die adipösen Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer (Tabelle 2, Abbildung 14). Statistisch signifikante Unterschiede bestanden allerdings in beiden Fällen nicht ( $p=0,435$  bzw.  $p=0,545$ ). Diese Differenzen der Ergebnisse sind möglicherweise auf die höhere Zahl der adipösen Personen in unserer Studienkohorte zurückzuführen. Während in der holländischen Vergleichsstudie [16] nur 3% ( $n=16$ ) der Teilnehmerinnen und Teilnehmer unter Adipositas litten, wurde dies in unserer Studie bei 10% ( $n=41$ ) der Patientinnen und Patienten festgestellt.

Untergewichtige und adipöse Personen hatten in unserer Studie, gleich wie in der Vergleichsstudie [16], durchschnittlich den längsten Krankenhausaufenthalt, dies war allerdings ebenfalls nicht statistisch signifikant (Abbildung 23,  $p=0,214$ ).

Einen signifikant längeren Krankenhausaufenthalt bei adipösen Patientinnen und Patienten nach laparoskopischer Appendektomie im Vergleich zu offenem

Vorgehen, wie in der holländischen Vergleichsstudie beschrieben [16], konnten wir nicht nachweisen (Tabelle 6,  $p=0,3$ ).

Bezüglich der Komplikationsrate und der Diagnosegenauigkeit schließt sich unsere Studie mit den Ergebnissen der bereits vorhandenen Literatur an, wonach Adipositas einen negativen Einfluss auf diese Faktoren hat [17-20]. Eine Studie aus dem Jahr 2016 [23] beschreibt nach Appendektomien bei Kindern eine Zunahme der Komplikationsrate mit zunehmenden BMI-Werten [23].

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Perzentilengruppen bestanden in Bezug auf die Verteilung der Schweregrade der Komplikationen ( $p<0,05$ ). Demnach konnten wir innerhalb der untergewichtigen Patientinnen und Patienten prozentuell die meisten Komplikationen des Grades IIIa und IIIb nachweisen (Abbildung 9). Diese Ergebnisse sind bei Berücksichtigung der existierenden Literatur durchaus plausibel, in einigen Studien wird über einen allgemeinen negativen Einfluss von Untergewicht auf das Immunsystem [24], die Wundheilung [25] und das Outcome nach gastrointestinalen Operationen [26] berichtet. Zwar wurde in unserer Studie der höchste nachgewiesene Schweregrad (IVa) bei einer normalgewichtigen Person gemessen, die Zahl der untergewichtigen Personen mit Komplikationen war allerdings auch sehr gering ( $n=5$  vs.  $n=44$  bei normalgewichtigen Personen mit Komplikationen). Hierbei könnte eine Studie mit einer größeren Zahl an Teilnehmerinnen und Teilnehmern vermutlich aussagekräftigere Ergebnisse liefern.

Die Komplikationsrate war bei perforierten Appendizitiden signifikant höher als bei allen anderen Graden (Abbildung 12,  $p<0,05$ ), dies ist kein überraschendes Ergebnis, da es sich hierbei um die schwerste Form der Appendizitis handelt. Im Rahmen der Perforation besteht ein erhöhtes Risiko einer diffusen Peritonitis, es kann unter anderem zur Bildung von intraabdominellen Abszessen kommen [14]. In einer Studie aus Taiwan aus dem Jahr 2014 [27] wird über die Überlegenheit der laparoskopischen Appendektomie gegenüber dem offenen Vorgehen bei perforierter Appendizitis gesprochen, die Laparoskopie habe demnach positive Auswirkungen auf die Komplikationsrate [27]. Laut einer anderen Publikation aus dem Jahr 2006 [28] soll die Laparoskopie bei perforierter Appendizitis bei Kindern die Rate an Wundinfektionen und die Krankenhausaufenthaltsdauer senken und

den oralen Kostaufbau beschleunigen [28]. Eine weitere Studie berichtet von relevanten Vorteilen der laparoskopischen Appendektomie bei adipösen Personen, mit einer geringeren Rate an postoperativen Komplikationen und Wundinfektionen im Vergleich zu offenem Vorgehen unabhängig vom Grad der Appendizitis [29]. Wir konnten in unserer Studie keine signifikanten Unterschiede der Komplikationsrate zwischen den verschiedenen Operationsmethoden nachweisen, allerdings wurde der Grad der Appendizitis hierbei nicht berücksichtigt und die Anzahl der Laparoskopien in unserer Studie war im Vergleich zu den offenen Appendektomien relativ gering (n=45 vs. n=364).

Die Dauer des operativen Eingriffs war bei Patientinnen und Patienten mit postoperativen Komplikationen signifikant höher als bei komplikationslosen Personen ( $p < 0,05$ ). Hierbei besteht vermutlich ein Zusammenhang mit der perforierten Appendizitis, bei diesem Grad konnte eine signifikant höhere Operationsdauer als bei den anderen Schweregraden nachgewiesen werden ( $p < 0,05$ ). Nachdem die höchste Komplikationsrate unter den perforierten Appendizitiden zu finden war, impliziert dies auch eine längere Operationsdauer bei Patientinnen und Patienten mit postoperativen Komplikationen.

Bezüglich der Operationsmethode konnten längere Operationszeiten bei laparoskopischem Vorgehen nachgewiesen werden ( $p < 0,05$ ), dies ist eine in der Literatur bekannte Tatsache [11, 27]. Zwischen den verschiedenen Perzentilengruppen wiesen adipöse und übergewichtige Patientinnen und Patienten signifikant längere Operationszeiten auf als die anderen Perzentilengruppen ( $p < 0,05$ , Abbildung 21). Hierzu ist noch zu erwähnen, dass in unserer Studie signifikant mehr adipöse Personen laparoskopisch operiert wurden als in den anderen Perzentilengruppen ( $p < 0,05$ ). Nachdem die laparoskopischen Appendektomien die längsten Operationszeiten aufwiesen und die meisten Laparoskopien bei adipösen Patientinnen und Patienten durchgeführt wurden, könnte dies die signifikant längere Operationsdauer bei adipösen Personen teilweise erklären. Hinzu kommt in diesen Fällen das aufwendigere intraoperative Vorgehen aufgrund des höheren Fettanteils bei adipösen Personen.

Ein weiteres signifikantes Ergebnis unserer Studie, welches bereits im Vorfeld in der Literatur zu finden war, waren die Unterschiede der präoperativen

Entzündungsmarker (CRP, Leukozyten) je Appendizitisgrad. Demnach stiegen die Laborwerte signifikant mit der Zunahme des Schweregrades der Appendizitis ( $p < 0,05$ , Abbildung 18, Abbildung 19). In mehreren Literaturquellen wird über diesen Zusammenhang berichtet [1, 30], in einer Studie [30] wird außerdem über den Nutzen des CRP-Wertes als diagnostisches Mittel zur Vorhersage des Appendizitisgrades diskutiert [30]. Das Miteinbeziehen der Höhe der Laborwerte bei der klinischen Untersuchung könnte die Diagnosegenauigkeit durchaus erhöhen. Mit einem genaueren Verdacht auf den vorliegenden Schweregrad der Appendizitis könnte außerdem das therapeutische Vorgehen optimal angepasst werden, bevor der Grad erst intraoperativ sichtbar wird. Wie bereits oben besprochen, könnte man dann bei besonders hohen Laborwerten und einem Verdacht auf Perforation das vermeintlich vorteilhafte laparoskopische Vorgehen [27] wählen, um die Komplikationsrate und Krankenhausaufenthaltsdauer zu reduzieren. Die postoperativen Entzündungsparameter wurden in unserer Studie nicht genauer untersucht, die Wahl der Operationsmethode scheint laut Literatur allerdings keinen Einfluss auf die CRP- oder Leukozytenwerte zu haben [31].

Bezüglich der Diagnosegenauigkeit verschlechterte sich die Darstellbarkeit der Appendix signifikant mit der Zunahme der Gewichtsklasse (Tabelle 3). Die Darstellbarkeit war demnach bei untergewichtigen Patientinnen und Patienten am höchsten, bei Adipösen am niedrigsten. Dies kann man vermutlich durch die Dicke der Fettschicht erklären, durch welche die Appendix bei adipösen Personen gefunden werden muss, und welche die Auffindbarkeit deutlich erschwert. Eine Publikation aus Salzburg [32] bezeichnet Adipositas mit 38% als den häufigsten Grund einer sonographisch nicht erkannten Appendix [32]. Zwar wird in manchen Studien [33, 34] davon geschrieben, dass das Körpergewicht keinen Einfluss auf die sonographische Darstellbarkeit der Appendix habe, diese Ergebnisse konnten wir nicht reproduzieren.

Die Zahl der negativen Appendektomien unterschied sich signifikant zwischen den beiden Geschlechtern, Patientinnen hatten eine deutlich höhere Rate an negativen Appendektomien als Patienten (Abbildung 15,  $p < 0,05$ ). Diese Tatsache ist vermutlich durch die anatomischen Unterschiede zwischen den Geschlechtern zu erklären und wurde bereits in anderen Studien beschrieben [35, 36]. Gynäkologische Beschwerden im rechten Unterbauch, wie Ovarialzysten und -

torsionen, aber auch Mittelschmerzen und PMS (siehe Kapitel 1.1), können die Symptomatik der Appendizitis imitieren und dadurch die Rate der negativen Appendektomien beim weiblichen Geschlecht erhöhen [3].

Zwar gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gewichtsklassen in Bezug auf die Krankenhausaufenthaltsdauer, zwischen den verschiedenen Schweregraden bestanden diese allerdings schon. Demnach wiesen Personen mit perforierter Appendizitis eine signifikant längere Aufenthaltsdauer auf als alle anderen Patientinnen und Patienten (Abbildung 24,  $p < 0,05$ ). Dies ist vermutlich auf die signifikant höhere Komplikationsrate innerhalb dieser Gruppe zurückzuführen. Ein weiteres interessantes Ergebnis war die Tatsache, dass untergewichtige Personen mit perforierter Appendizitis einen längeren Aufenthalt aufwiesen als Personen anderer Gewichtsklassen mit perforierter Appendizitis. Dieses Ergebnis war allerdings nicht statistisch signifikant, vermutlich aufgrund der zu niedrigen Personenzahl. Eventuell kann eine Studie mit einer größeren Kohorte diesen Zusammenhang in der Zukunft genauer untersuchen.

Eine intensivmedizinische Betreuung unserer Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer war in nur 21 Fällen indiziert, die Ergebnisse der diesbezüglichen Analysen sind daher nicht sehr aussagekräftig. Dennoch konnten wir statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Perzentilengruppen in Bezug auf die Notwendigkeit eines Intensivstationsaufenthaltes nachweisen. Untergewichtige und adipöse Personen wurden am häufigsten auf der Intensivstation betreut ( $p < 0,05$ ), die Aufenthaltsdauer war ebenfalls bei Untergewichtigen am längsten, hierbei gab es allerdings keine statistische Signifikanz (Tabelle 7). Diese Zusammenhänge sind beim Vergleich der Komplikationsrate zwischen den Perzentilengruppen plausibel, diese war schließlich bei adipösen und untergewichtigen Patientinnen und Patienten am höchsten. Allerdings wurden innerhalb unserer Studie nicht nur Personen mit postoperativen Komplikationen intensivmedizinisch betreut, manche Patientinnen und Patienten wurden nur zur Überwachung auf der Intensivstation aufgenommen. Dies stellt eine Limitation unsererseits dar, eine in dieser Hinsicht genauer definierte Studie mit einer größeren Kohorte an intensivpflichtigen Personen könnte hier die Aussagekraft der Ergebnisse erhöhen.

Schließlich litten die Patientinnen und Patienten, welche auf der Intensivstation betreut wurden, am signifikant häufigsten an einer perforierten Appendizitis. Dies lässt sich vermutlich ebenfalls durch die signifikant höchste Komplikationsrate bei diesem Schweregrad erklären.

#### **4.1. Fazit**

Die Diagnosegenauigkeit der Appendizitis im Kindes- und Jugendalter ist bei adipösen Personen am schlechtesten. Bei Patientinnen wurden signifikant mehr negative Appendektomien durchgeführt als bei Patienten, dies ist vermutlich auf Unterschiede in der Anatomie und auf gynäkologische Differentialdiagnosen zurückzuführen. Hierbei könnten bei Zweifel bezüglich der Diagnostik gynäkologische Konsile die Rate der negativen Appendektomien senken und dadurch die Diagnosegenauigkeit erhöhen. Die längsten Operationszeiten konnten bei adipösen Personen nachgewiesen werden, in dieser Patientengruppe ist die Laparoskopie die präferierte Vorgehensweise, welche ebenfalls mit längeren Operationszeiten assoziiert ist und diesen Umstand vermutlich erklärt. Untergewicht hat einen negativen Einfluss auf den Schweregrad der postoperativen Komplikationen, diese Tatsache kann bei der perioperativen Betreuung berücksichtigt werden, um untergewichtigen Patientinnen und Patienten ein optimales Outcome zu ermöglichen, d.h. die Komplikationsrate und die Dauer des Aufenthalts möglichst gering zu halten. Die perforierte Appendizitis ist im Vergleich zu den anderen Schweregraden mit der höchsten Komplikationsrate assoziiert.

## 5. Literaturverzeichnis

1. Heinrich M, Schäffer K. Kinderchirurgie: Basiswissen und Praxis. Munich: Zuckschwerdt Verlag; 2008. p. 133-35.
2. Ferris M, Quan S, Kaplan BS, Molodecky N, Ball CG, Chernoff GW, et al. The Global Incidence of Appendicitis: A Systematic Review of Population-based Studies. *Ann Surg*. 2017;266(2):237-41.
3. Kaiser G. Leitsymptome in der Kinderchirurgie. Bern: Hogrefe Verlagsgruppe; 2005. p. 139-42.
4. Castro BA, Novillo IC, Vázquez AG, Garcia PY, Herrero EF, Fraile AG. Impact of the appendiceal position on the diagnosis and treatment of pediatric appendicitis *Revista paulista de pediatria : orgao oficial da Sociedade de Pediatria de Sao Paulo*. 2019;37(2):161-65.
5. Puri P, Höllwarth ME. *Pediatric Surgery*. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer Berlin / Heidelberg; 2019. p. 287-91.
6. Bhangu A, Søreide K, Di Saverio S, Assarsson JH, Drake FT. Acute appendicitis: modern understanding of pathogenesis, diagnosis, and management. *Lancet (London, England)*. 2015;386(10000):1278-87.
7. Ruiz J, Ríos A, Oviedo MI, Rodríguez JM, Parrilla P. Neurogenic appendicopathy. A report of 8 cases. *Revista española de enfermedades digestivas : organo oficial de la Sociedad Española de Patología Digestiva*. 2017;109(3):180-84.
8. Franke C, Gerharz CD, Böhner H, Ohmann C, Heydrich G, Krämling HJ, et al. Neurogenic appendicopathy in children. *European journal of pediatric surgery : official journal of Austrian Association of Pediatric Surgery [et al] = Zeitschrift für Kinderchirurgie*. 2002;12(1):28-31.
9. Petnehazy T, Saxena AK, Ainoedhofer H, Hoellwarth ME, Schalamon J. Single-port appendectomy in obese children: an optimal alternative? *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*. 2010;99(9):1370-73.
10. Engelmann G, Wirth S, Dockter G. Appendizitis. In: Gortner L, Meyer S, editors. *Duale Reihe Pädiatrie*. 5., vollständig überarbeitete Auflage ed: Georg Thieme Verlag; 2018.

11. Liu Y, Cui Z, Zhang R. Laparoscopic Versus Open Appendectomy for Acute Appendicitis in Children. *Indian pediatrics*. 2017;54(11):938-41.
12. Sauerland S, Jaschinski T, Neugebauer EA. Laparoscopic versus open surgery for suspected appendicitis. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2010(10):Cd001546.
13. Poprom N, Wilasrusmee C, Attia J, McEvoy M, Thakkinstian A, Rattanasiri S. Comparison of postoperative complications between open and laparoscopic appendectomy: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *The journal of trauma and acute care surgery*. 2020;89(4):813-20.
14. Sauer H, Kurz R, Linhart W, Schober P. *Checkliste Kinderchirurgie*. 2 ed. Largiadèr F, Wicki O, Sturm A, editors. Stuttgart, New York: Thieme; 1992. p. 133-35.
15. Rasmussen T, Fonnes S, Rosenberg J. Long-Term Complications of Appendectomy: A Systematic Review. *Scandinavian journal of surgery : SJS : official organ for the Finnish Surgical Society and the Scandinavian Surgical Society*. 2018;107(3):189-96.
16. Timmerman ME, Groen H, Heineman E, Broens PM. The influence of underweight and obesity on the diagnosis and treatment of appendicitis in children. *Int J Colorectal Dis*. 2016;31(8):1467-73.
17. Kutasy B, Hunziker M, Laxamanadass G, Puri P. Increased incidence of negative appendectomy in childhood obesity. *Pediatric surgery international*. 2010;26(10):959-62.
18. Kutasy B, Puri P. Appendicitis in obese children. *Pediatric surgery international*. 2013;29(6):537-44.
19. Falagas ME, Kompoti M. Obesity and infection. *The Lancet Infectious diseases*. 2006;6(7):438-46.
20. Davies DA, Yanchar NL. Appendicitis in the obese child. *Journal of pediatric surgery*. 2007;42(5):857-61.
21. Cho M, Kang J, Kim IK, Lee KY, Sohn SK. Underweight body mass index as a predictive factor for surgical site infections after laparoscopic appendectomy. *Yonsei medical journal*. 2014;55(6):1611-16.
22. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. 2004;240(2):205-13.

23. Witt CE, Goldin AB, Vavilala MS, Rivara FP. Effect of body mass index percentile on pediatric gastrointestinal surgery outcomes. *Journal of pediatric surgery*. 2016;51(9):1473-79.
24. Rytter MJ, Kolte L, Briend A, Friis H, Christensen VB. The immune system in children with malnutrition--a systematic review. *PloS one*. 2014;9(8):e105017.
25. Thompson C, Fuhrman MP. Nutrients and wound healing: still searching for the magic bullet. *Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*. 2005;20(3):331-47.
26. Ho JW, Wu AH, Lee MW, Lau SY, Lam PS, Lau WS, et al. Malnutrition risk predicts surgical outcomes in patients undergoing gastrointestinal operations: Results of a prospective study. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*. 2015;34(4):679-84.
27. Lin HF, Lai HS, Lai IR. Laparoscopic treatment of perforated appendicitis. *World journal of gastroenterology*. 2014;20(39):14338-47.
28. Yagmurlu A, Vernon A, Barnhart DC, Georgeson KE, Harmon CM. Laparoscopic appendectomy for perforated appendicitis: a comparison with open appendectomy. *Surgical Endoscopy And Other Interventional Techniques*. 2006;20(7):1051-54.
29. Ciarrocchi A, Amicucci G. Laparoscopic versus open appendectomy in obese patients: A meta-analysis of prospective and retrospective studies. *Journal of minimal access surgery*. 2014;10(1):4-9.
30. Shindoh J, Niwa H, Kawai K, Ohata K, Ishihara Y, Takabayashi N, et al. Diagnostic power of inflammatory markers in predicting severity of appendicitis. *Hepato-gastroenterology*. 2011;58(112):2003-2006.
31. Simon P, Burkhardt U, Sack U, Kaisers UX, Muensterer OJ. Inflammatory response is no different in children randomized to laparoscopic or open appendectomy. *Journal of laparoendoscopic & advanced surgical techniques Part A*. 2009;19 Suppl 1:71-76.
32. Rettenbacher T, Hollerweger A, Macheiner P, Gritzmann N. [Ultrasonography of the normal vermiform appendix]. *Ultraschall in der Medizin (Stuttgart, Germany : 1980)*. 1997;18(3):139-42.
33. Abo A, Shannon M, Taylor G, Bachur R. The influence of body mass index on the accuracy of ultrasound and computed tomography in diagnosing appendicitis in children. *Pediatric emergency care*. 2011;27(8):731-36.

34. Yiğiter M, Kantarci M, Yalçın O, Yalçın A, Salman AB. Does obesity limit the sonographic diagnosis of appendicitis in children? *Journal of clinical ultrasound : JCU*. 2011;39(4):187-90.
35. Ambe PC. Negative Appendectomy. It is Really Preventable? *Journal of investigative surgery : the official journal of the Academy of Surgical Research*. 2019;32(5):474-75.
36. Andersson RE, Hugander A, Thulin AJ. Diagnostic accuracy and perforation rate in appendicitis: association with age and sex of the patient and with appendectomy rate. *Eur J Surg*. 1992;158(1):37-41.