

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR ORTHOPÄDIE  
DIREKTOR PROF. DR. MED. DR. H.C. J. GRIFKA  
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Einfluss von SARS-COVID-19 auf Frequenz und Behandlungsablauf einer orthopädischen  
Klinik in Zeiten einer Pandemie – eine Single-Center-Experience

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Dr. med. univ. Britta Chocholka

2022



AUS DEM LEHRSTUHL FÜR ORTHOPÄDIE  
DIREKTOR PROF. DR. MED. DR. H.C. J. GRIFKA  
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

Einfluss von SARS-COVID-19 auf Frequenz und Behandlungsablauf einer orthopädischen  
Klinik in Zeiten einer Pandemie – eine Single-Center-Experience

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Dr. med. univ. Britta Chocholka

2022

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Achim Benditz

2. Berichterstatter: PD Dr. med. Patrick Hoffstetter

Tag der mündlichen Prüfung: 27.09.2022



# Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	8
1.1	COVID-19-Pandemie im Überblick	8
1.2	SARS-CoV-2	9
1.2.1	Erreger	9
1.2.2	Epidemiologie	10
1.2.3	Ätiologie	11
1.2.4	Klinische Präsentation	13
1.2.5	Diagnostik	14
1.2.6	Therapieoptionen	16
1.2.7	Prognose und Ausblick	16
1.3	COVID-19 in Orthopädie und Unfallchirurgie	17
1.3.1	Elektive Operationen	17
1.3.2	Orthopädisch-unfallchirurgische OP-Indikationen	18
1.3.3	SARS-CoV-2-Infektion bei orthopädisch-unfallchirurgischen PatientInnen	22
1.3.4	Notfälle in Orthopädie und Unfallchirurgie während COVID-19	23
1.3.5	Management pädiatrischer PatientInnen	24
1.3.6	SARS-CoV-2-Infektion beim Gesundheitspersonal	28
1.3.7	Ablauf und Schutz im Operationssaal	29
1.3.8	Telemedizin in Orthopädie und Unfallchirurgie	34
1.3.9	Potentielle Langzeitfolgen von COVID-19 auf Orthopädie und Unfallchirurgie	35
2	MATERIAL UND METHODEN	38
2.1	Zielsetzung	38
2.2	Studiendesign	38
2.2.1	PatientInnen	39
2.2.2	Einschlusskriterien	39
2.2.3	Ausschlusskriterien	39

2.3	Parameter	39
2.4	Nutzen- und Risikoevaluierung	40
2.5	Datenschutz	40
2.6	Statistische Analysen	40
2.6.1	Beschreibende Statistik	41
2.6.2	Schließende Statistik	41
3	RESULTATE	43
3.1	PatientInnen	43
3.2	Analyseresultate	45
4	DISKUSSION	55
4.1	Limitationen und Stärken	57
4.2	Ausblick	58
5	LITERATURVERZEICHNIS	59
6	INDEX DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN	65
7	TABELLENVERZEICHNIS	67
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	68
9	ANHANG	69
9.1	Urheberrecht	69
9.2	Eidesstattliche Erklärung	69
9.3	Danksagung	70
9.4	Curriculum Vitae	71

# 1 Einleitung

## 1.1 COVID-19-Pandemie im Überblick

Der Terminus COVID-19 umschreibt umgangssprachlich den weltweiten Ausbruch einer neuartigen Atemwegserkrankung, basierend auf dem bis dato unbekanntem Erreger SARS-CoV-2, welcher ab Dezember 2019 gehäuft im Zusammenhang mit einem Marktgelände in Wuhan, China in den Fokus der Öffentlichkeit geriet<sup>1</sup>.

Es handelt sich hierbei um einen neuartigen Betacoronavirus der monophyletischen Gruppe der Sarbecoviren, welcher aus Proben von Patienten mit atypischer Pneumonie isoliert werden konnten. Erstbeschreiber Zhu et al<sup>1</sup> bedienten sich hierbei der Extraktion von Epithelzellen aus dem Respirationstrakt. SARS-CoV-2 stellt neben MERS-CoV und SARS-CoV das siebte bekannte Coronavirus dar, welches eine Infektion beim Menschen auslösen kann<sup>1,2</sup>.

Die Erkrankung variiert in Verläufen und Erscheinungsmuster, neben symptomlosen Infektionen und milden Erkrankungszeichen, stellen vor allem unvorhersehbar schwere Symptomatik mit bilateralen Lungenentzündungen bis zu Lungenversagen und Todesfällen das Gesundheitswesen vor nie dagewesenen Herausforderungen<sup>3</sup>.

Seitens des Robert-Koch-Institutes (RKI) wurde für Deutschland bis zum Frühjahr 2020 keine wesentliche Bedrohung gesehen. Diese Wahrnehmung änderte sich binnen weniger Wochen rasant, als die ersten Erkrankungsfälle im Januar 2020 publik wurden. Die Ausbreitung der Erkrankung erfolgte im europäischen Raum schneller als zuvor angenommen. Es resultierte zunächst eine schrittweise Anhebung der Warnstufen zur Eindämmung von COVID-19. Erste Einschränkungen bezüglich des täglichen Lebens wurden im März 2020 getroffen. So wurden beispielsweise medizinische Fortbildungen in der ersten Monathälfte abgesagt<sup>4</sup>.

Am 11. März 2020 wurde seitens des Generaldirektors der WHO die globale Pandemie ausgerufen. Infolgedessen forderte der amtierende, deutsche Gesundheitsminister Jens Spahn am 12. März 2020 dazu auf, alle planbaren Operationen zu verschieben. Spätestens zu diesem Zeitpunkt waren die orthopädischen und unfallchirurgischen Abteilungen des Landes mit erheblichen Einbußen in der PatientInnenversorgung konfrontiert<sup>5</sup>.

Ab 16. März 2020 folgte ein erster, landesweiter „Lockdown“, einhergehend mit Schließung von Schulen, Geschäften und diverser anderer Einrichtungen<sup>4,6</sup>.

Die folgende Dissertation soll Hintergrundwissen über SARS-CoV-2 und seine Auswirkungen auf Orthopädie und Unfallchirurgie vermitteln, sowie die Änderungen im täglichen

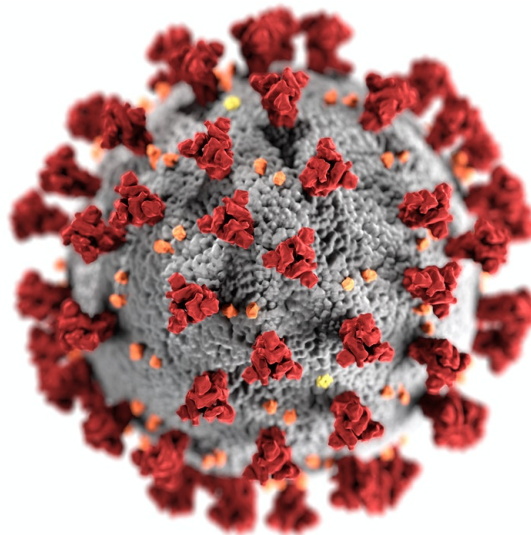


Arbeitsalltag mit einhergehend veränderten Indikationsstellungen von Operationspunkten und Hospitalisierungen skizzieren.

## 1.2 SARS-CoV-2

### 1.2.1 Erreger

Ähnlich wie seine Vorgänger SARS-CoV-1 und MERS schleust SARS-CoV-2 seine DNA über das in der Zellmembran lokalisierte Trägerenzym Angiotensin-Converting-Enzym 2, kurz ACE2, mithilfe eines viralen Spike-Proteins in die Wirtszelle ein. Da ACE2 auch in der Zellmembran unterschiedlicher Tierarten, wie Schweinen, Rhesusaffen, Katzen, Hasen und Hunden exprimiert wird, kann von einer breiten Diversität der möglichen Wirt-Organismen ausgegangen werden. Coronaviren bedienen sich beim Eindringen in die Zellen der proteolytischen Enzyme „Transmembranen Protease Serin Protease 2“ (TMPRSS2), Cathepsin L und Furin<sup>7</sup>.



*Abbildung 1: SARS-CoV-2 unter dem Elektronenmikroskop. Quelle: Pexels/ CDC*

Becherzellen und Flimmerepithel der Nasenschleimhaut weisen die höchste Dichte von ACE2-Rezeptoren auf, weswegen gegenwärtig vermutet wird, dass diese Zellen als Haupteintrittspforte sowie Reservoir der Viren dienen. In den Pneumozyten Typ II der Lunge findet sich hingegen die höchste Zahl der Rezeptoren und Proteine. In Kombination mit der verhältnismäßig großen Lungenoberfläche lässt sich dadurch möglicherweise die hohe Anfälligkeit für schwere pulmonale Beteiligungen ableiten<sup>8</sup>.

## 1.2.2 Epidemiologie

Coronaviren umfassen ein breites Spektrum an Erregern, welche zahlreiche Organismen befallen und sowohl milde als auch schwerwiegende respiratorische Infekte auslösen können. In den Jahren 2002 und 2012 verbreiteten sich zwei neuartige, hochpathogene Subgruppen zoogenen Ursprungs, namentlich „Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus“ (SARS-CoV) und „Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus“ (MERS-CoV), welche mitunter fatale respiratorische Erkrankungen auszulösen vermochten und die Coronaviren als die zentrale Public-Health-Problematik des 21. Jahrhunderts, die weltweit in den Fokus rückten<sup>9</sup>.

Das neuartige Coronavirus trat erstmalig im Dezember 2019 in Erscheinung, als multiple Gesundheitseinrichtungen in Wuhan, China, über Cluster von PatientInnen mit Pneumonien unbekannter Ursache berichteten. Vergleichbar mit Infizierten von SARS und MERS zeigten die Betroffenen Symptome einer viral bedingten Lungenentzündung mit Fieber, Husten und Beklemmungsgefühl im Thoraxbereich. In schwerwiegenden Fällen wurden ausgeprägte Dyspnoe und bilateralen Infiltraten detektiert<sup>10,11</sup>. Die ersten 27 hospitalisierten PatientInnen wurden epidemiologisch direkt mit einem Marktgelände in Wuhan in Verbindung gebracht, welches neben Meeresfrüchten auch diverse lebendige Speisetiere wie Wild und Geflügel feilbot. Gegenwärtig werden die ersten bestätigten Fälle einer SARS-CoV-2-Infektion auf den 8. Dezember 2019 rückdatiert. Die Meldung an die World Health Organization erfolgte am 31. Dezember 2019<sup>11,12</sup>.

Mittels metagenomischer RNA-Sequenzierung und Isolation des Virus durch Extraktion von Epithelzellen aus dem Respirationstrakt betroffener PatientInnen mittels Lavage wurde von mehreren unabhängigen AutorInnen der Schluss gezogen, dass es sich um eine neuartige Gattung des Betacoronavirus handelte<sup>1,13</sup>. Die Veröffentlichung der ersten genomischen Teilsequenz folgte im Jänner 2020<sup>14</sup>.

Als später die ersten Infizierten ohne direkten Zusammenhang mit dem Markt in Wuhan auftraten und mehrere innerfamiliäre Infektionscluster sowie nosokomiale Infektionen innerhalb von Krankenhäusern beobachtet wurden, galt dies als klare Evidenz für eine Mensch-zu-Mensch-Übertragung des Erregers<sup>3,11,15</sup>.

Aufgrund der zeitlichen Nähe des Virus-Ausbruches mit dem chinesischen Neujahrsfest und dem damit einhergehenden, regen Reiseverkehr zwischen den Provinzen setzte sich die Übertragungskette innerhalb kürzester Zeit – primär innerhalb der Region Hubei, später innerhalb ganz Chinas – fort. Innerhalb eines Monats wurden infizierte Personen in allen 34 chinesischen Provinzen an die zuständigen Behörden gemeldet. Allein im Jänner 2020 wurden

tausende neue Fälle täglich diagnostiziert.<sup>11</sup> Die WHO erklärte die neuartige Erkrankung Ende des Monats zu einem Notfall des öffentlichen Gesundheitswesens. Am 11. Februar 2020 benannte das „International Committee on Taxonomy of Viruses“ das neuartige Coronavirus SARS-CoV-2 und die WHO die Erkrankungswelle „COVID-19“<sup>11,16</sup>.

Im Februar 2020 erreichte die COVID-19-Welle ihren epidemiologischen Höhepunkt in China. Bezogen auf die Information der „National Health Commission of China“ wurde ein kontinuierlicher Anstieg von detektierten Infektionen verzeichnet. Durchschnittlich traten täglich mehr als 3000 Neuinfektionen auf. Um den steigenden Infektionszahlen entgegenzuwirken, implementierte China strikte Maßnahmen, wie beispielsweise einen totalen „Shut-Down“ am 23. Jänner und eine Unterbrechung des täglichen Reise- und Transportwesens. In den folgenden Wochen wurden Tätigkeiten außerhalb des eigenen Haushaltes bis auf wenige Aufnahmen gänzlich untersagt. Es folgte daraufhin der erhoffte Rückgang der Infektionszahlen<sup>11,17</sup>.

Entgegen den sinkenden Tendenzen in China entwickelte sich die internationale Situation dramatisch. Große Cluster an Infektionen und steigende hospitalisierungswürdige Patient-Innenzahlen wurden weltweit festgestellt<sup>18</sup>. Die hohe Virulenz von SARS-CoV-2 in Kombination mit dem internationalen Reiseverkehr ermöglichten einen dramatischen Anstieg innerhalb kürzester Zeit. Am 11. März 2020 rief die WHO offiziell den Status einer Pandemie aus. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt verzeichnet die COVID-19-Pandemie weltweit mit kurzen Unterbrechungen linear steigende Tendenzen bei den Infektionszahlen. Mit August 2020 berichtete die Johns Hopkins Universität von über 20 Millionen Fällen weltweit mit insgesamt 216 betroffenen Ländern und 733.000 Todesopfern. Die vergleichsweise hohen Mortalitätsraten lassen sich vermehrt durch die an ihre Grenzen stoßenden Kapazitäten des Gesundheitswesens zurückführen. Im Jahr 2021 galten die USA als das Land mit den meisten verifizierten Infektionen<sup>11</sup>.

### 1.2.3 Ätiologie

Obwohl die genetische Sequenzierung und weiterführende Untersuchungen mit verwandten Sarbecoviren den Schluss zuließen, dass es sich bei SARS-CoV-2 um eine natürlich entstandene Virus-Variation handelt ist bis dato nicht völlig geklärt, ab welchem Zeitpunkt der epidemiologischen Entwicklungen der Erreger erstmalig auf den Menschen übertragen wurde<sup>11</sup>. Da nicht alle primär aufgetretenen Fälle eindeutig dem Lebensmittelmarkt von Wuhan zugerechnet werden konnten ist nicht lückenlos geklärt, ob es daher tatsächlich dort zur ersten Ansteckung kam. Eine französische Studie entdeckte bereits gegen Ende 2019 SARS-CoV-2

mittels PCR in Proben eines Patienten mit atypischer Pneumonie. Dies könnte gegebenenfalls einen Hinweis darauf liefern, dass die Virus-Variante bereits einige Zeit vor der offiziellen Entdeckung und dem offiziellen Ausbruch in Frankreich im Umlauf war<sup>19</sup>.

Fledermäuse stellen prinzipiell die gängigsten Wirte von Alpha- und Betacoronaviren im Allgemeinen dar. Derzeit gilt die Variation *Rhinolophus affinis* (kurz RaTG13) der Yunnan Provinz in Sequenz und Genom als die am nächsten mit SARS-CoV-2 verwandte Virenart. Das vollständige Genom zeigt sich in 96,2% der Sequenzen deckungsgleich. Die hohe genetische Verwandtschaft zwischen SARS-CoV-2 und RaTG13 stützt die Hypothese, dass es sich bei dem Virus der COVID-19-Pandemie um einen ursprünglich in Fledermäusen vorkommenden Erreger handeln könnte<sup>20</sup>. Erst jüngst veröffentlichte Untersuchungen von Zhou und Kollegen identifizierten zudem einen neu aufgetretenen Virustyp in Fledermäusen namens *Rhinolophus malayanus* (RmYN02), welcher zu 93,3% dem Genom von SARS-CoV-2 ähnelt<sup>2</sup>. Ferner zeigten phylogenetische Analysen, dass die Sarbecocoronaviren ZC45 und ZXC21 – entdeckt in Fledermäusen der Gattung *Rhinolophus pusillus* im Osten Chinas – ebenso starke Ähnlichkeit mit den Merkmalen von SARS-CoV-2 zeigen<sup>11,21</sup>.

Wenngleich die derzeitige Forschungslage den Schluss zulässt, dass es sich bei genannten Viren-Subgruppen um enge Verwandte handelt sei betont, dass der genetischen Variation der einzelnen Erreger bis zu 20 Jahre Sequenz-Evolution und Mutation vorangestellt sind. Daher sollte SARS-CoV-2 weniger als Mutation der genannten Erreger betrachtet werden, sondern am ehesten davon ausgegangen werden, dass alle geläufigen Variationen der Viren auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückzuführen sind<sup>22</sup>.

Neben Fledermäusen gelten auch Schuppentiere als Träger diverser Sarbecoviren. In Gewebe malaysischer Schuppentiere, welche zwischen 2017 und 2019 von Südostasien nach China geschmuggelt wurden fanden sich multiple Virusvariationen mit starker Ähnlichkeit von bis zu 85,5% mit SARS-CoV-2. Unter anderem zeigten sich hierbei beispielsweise die rezeptorbindenden Proteine der isolierten Erreger ident, wenngleich die Ähnlichkeit der Genom-Sequenzen andererseits insgesamt geringer ausfällt<sup>23</sup>.

Es sei jedoch abschließend hervorzuheben, dass jegliche in Fledermäusen isolierten Coronaviren keinen Krankheitswert für die infizierten Tiere besitzen. Ganz im Gegensatz dazu zeigen die infizierten Schuppentiere – ähnlich dem Menschen – deutliche klinische Symptomatik und histopathologische Veränderungen, einschließlich interstitieller Pneumonien sowie inflammatorische Prozesse und Zellinfiltrationen diverser Organe. Diese Besonderheit lässt möglicherweise die These zu, dass Schuppentiere im Gegensatz zu Fledermäusen keine natürlichen Wirte

der Coronaviren sind und die Verbreitung auf diese Spezies erst in jüngster Vergangenheit stattgefunden haben könnte.<sup>21</sup> Nach derzeitigem Wissensstand verbleibt der tatsächliche Ursprung von SARS-CoV-2 weitestgehend unbekannt, da bisher keine definitiven tierischen Zwischenwirte detektiert werden konnten. So lassen zwar die Entdeckung von RaTG13, RmYN02 und dem Coronavirus der Schuppentiere darauf schließen, dass Erreger ähnlicher Genom-Sequenz bei Wildtieren zirkulieren, die Klarheit darüber, welcher definitive Übertragungsweg zu welchem Zeitpunkt stattgefunden hat bleibt aber nach wie vor unbekannt<sup>11</sup>.

Die Evaluierung anderer tierischer Zwischenwirte stellt derzeit die zentrale Forschungsfrage vieler Veröffentlichungen dar. So berichten Autoren von Vermehrung des SARS-CoV-2-Erregers im oberen Respirationstrakt von Katzen und Frettchen, während sich Hunde, Hühner, und Enten nicht anfällig zeigen<sup>24</sup>. Mitte des Jahres 2020 rückte zudem eine hohe Zahl symptomatisch infizierter Nerze in niederländischen Pelzfarmen in den Fokus der Öffentlichkeit<sup>25</sup>.

#### **1.2.4 Klinische Präsentation**

Nach einer Inkubationszeit von ca. 1 – 4 Tagen präsentieren sich die PatientInnen mit erster klinischer Symptomatik. Schwere Verläufe inklusive Dyspnoe und Pneumonie entwickeln sich zumeist um den 8. Tag nach sichtbarer Erkrankung<sup>26</sup>.

Die häufigsten, detektieren Symptome sind Fieber, Müdigkeit und trockener Husten, wohingegen produktiver Auswurf, Kopfschmerzen, Hämoptysis, Halsschmerzen, Übelkeit und Thoraxschmerzen wesentlich seltener auftreten. Verlust von Geruchs- und Geschmackssinn gelten als häufige Begleiterscheinungen, können jedoch nur subjektiv von Betroffenen beschrieben und nicht weiter klassifiziert werden<sup>27,28</sup>.

Die gefürchtetsten Komplikationen reichen bis zu respiratorischer Insuffizienz, septischen Schock und Multiorganversagen<sup>29</sup>.

Entsprechend gängiger Literatur werden ca. 80% der Fälle als milde Verläufe klassifiziert, gefolgt von ca. 15% hospitalisierungswürdigen, schweren Erkrankungsfällen und 2,3 – 5% kritischen und potentiell letalen SARS-CoV-2-Infektionen. Im Falle eines tödlichen Ausgangs liegt die Spitze der Mortalität um den 16. Tag nach Krankheitsausbruch, wie mehrere Studien belegen konnten<sup>30</sup>.

Vergleichbar mit SARS und MERS entwickeln infizierte PatientInnen Lymphopenie und in schweren Erkrankungsfällen einen Anstieg an Zytokinen im Differentialblutbild, den sogenannten „Cytogene Storm“<sup>26,30</sup>.

Prinzipiell kann SARS-CoV-2 alle Altersgruppen betreffen. Das mittlere Alter der Infizierten liegt bei rund 50 Jahren, wobei vor allem die klinische Präsentation mit den zunehmenden Lebensjahren zu variieren scheint. Männer ab einem Alter von 60 Jahren mit multiplen Komorbiditäten zeigen eine erhöhte Prävalenz, an schweren Verläufen zu erkranken, die hospitalisierungswürdig sind oder sogar zum Tod führen. Jüngere PatientInnen zeigen sich zumeist nach Infektionen asymptomatisch oder mit milden Symptomen<sup>11</sup>.

Schwangere und stillende Frauen zeigen kein erhöhtes Infektionsrisiko. Die maternale, intrauterine Übertragung auf das Ungeborene ist zwar in Einzelfällen von Chen H. et al. und Vivanti A.J. et al. beschrieben, scheint aber bis dato die Ausnahme darzustellen<sup>31,32</sup>.

Die Übertragung verläuft üblicherweise durch Aerosol- oder Tröpfcheninfektion, wobei der Höhepunkt des Ansteckungsrisikos nach Krankheitsausbruch liegt und mit der Viruslast und der Schwere der Symptome korreliert<sup>33</sup>. Die Viruslast von SARS-CoV-2 im oberen Respirationstrakt ist zu Beginn der Infektion am höchsten und somit das Übertragungsrisiko bereits bei keiner oder milder Symptomatik vergleichsweise hoch. Aktuell kann davon ausgegangen werden, dass etwa 79% der dokumentierten Krankheitsfälle auf eine Übertragung von Infizierten zurückgeführt werden kann, die keine oder nur milde Symptomatik zeigten.<sup>11</sup> Aufgrund der Robustheit des Virus kann es vital über mehrere Tage an geeigneten Oberflächen haften und übertragen werden. Aus diesem Umstand resultiert auch das prolongierte Transmissionsrisiko und die rasche geographische Verbreitung<sup>34</sup>.

### **1.2.5 Diagnostik**

Eine effektive, frühestmögliche Diagnosesicherung erweist sich als entscheidend für die Eindämmung der SARS-CoV2-Pandemie, sowohl hinsichtlich der rechtzeitigen Etablierung möglicher symptomorientierter, medikamentöser Therapien, als auch die Unterbrechung der Übertragungskette betreffend. Die Senkung der Mortalitätsrate hat dabei höchste Priorität<sup>35</sup>.

Am freien Markt sind inzwischen zahlreiche Testverfahren erhältlich und in den Maßnahmen der Pandemiebekämpfung fest etabliert. Die Auswertungszeiten reichen von wenigen Minuten bis Stunden, wobei die Möglichkeit falsch-negativer oder falsch-positiver Ergebnisse immer zu berücksichtigen ist<sup>36</sup>.

Ergänzend zur klinischen Präsentation und in Zusammenschau diverser Befunde hat sich bereits zu Beginn der Pandemie die Polymerase-Ketten-Reaktion (engl. „Polymerase Chain Reaction“, kurz PCR) zum Goldstandard in der Diagnosesicherung entwickelt. Das Virus lässt sich am verlässlichsten aus Proben des Respirationstrakts isolieren. Dazu zählen Abstriche aus dem Oropharynx und Nasopharynx sowie Sputum und Bronchialflüssigkeit, wobei sich die Viruslast im tiefen Respirationstrakt am höchsten zeigt. Im Falle eines negativen Testergebnisses lässt sich ergänzend auch intestinal und im Blut die virale Nukleinsäure nachweisen. Dies ist nach aktueller Forschungslage dem Umstand geschuldet, dass die Viruslast im Respirationstrakt bereits mit Einsetzen der klinischen Symptomatik abzunehmen scheint<sup>37</sup>.



*Abbildung 2:* Entnahme eines pharyngealen Abstrichs in PPE zur PCR-Testung. Quelle: Shutterstock

Zusätzlich zeigte sich die Anfertigung einer Computertomographie des Thorax ohne Kontrastmittel als zuverlässige, ergänzende Untersuchungsmöglichkeit. So berichteten Fang et al. im Rahmen einer Evaluierung an 51 nachweislich COVID-19-infizierten PatientInnen von Veränderungen in der Bildgebung entsprechend einer viral-bedingten Pneumonie bei 98% des Kollektivs. Beim Großteil der PatientInnen ließen sich subpleurale, milchglasartige Verschattungen in den Unterlappen nachweisen<sup>38,39</sup>.

Serologische Antikörperbestimmung gegen SARS-CoV-2 komplettieren die Eckpfeiler der Diagnosesicherung, sind aber bis dato noch nicht vollständig valide geprüft. Aufgrund der individuellen Immunantwort einzelner PatientInnen scheint eine direkte Schlussfolgerung auf das Ausmaß der Infektion sowie eine Immunität nach durchgemachter Erkrankung gemäß vorliegender Literatur noch nicht möglich<sup>40,41</sup>.

### 1.2.6 Therapieoptionen

Gegenwärtig gibt es keine spezifische antivirale Therapie gegen COVID-19, wenngleich manche Behandlungen gewisse Vorteile bergen und gegenwärtig über 400 verschiedene Medikamente in Entwicklung sind und sich bereits über 300 davon in klinischen Studien an Menschen befinden. Die Therapie hospitalisierter PatientInnen erfolgt hauptsächlich symptomorientiert<sup>11</sup>.

Mögliche Therapieansätze sind:

- ⇒ Inhibierung des Viruseintritts in die Wirtszelle
- ⇒ Inhibierung der Virusreplikation
- ⇒ Immunmodulatoren
- ⇒ Immunglobulin Therapie
- ⇒ Impfungen

Die Hoffnung liegt vor allem auf potentiellen Impfstoffen, da diese die effektivste Methode für eine langfristige Pandemieeindämmung darstellen. Derzeit verfügt der Markt über mehrere zugängliche Impfstofftypen, etliche befinden sich zudem in der Entwicklung. Die Auswahl reicht über rekombinierte Vektorimpfstoffe, DNA und mRNA in fettlöslichen Nanopartikeln sowie Tot- und Lebendimpfstoffe. Im deutschsprachigen Raum finden derzeit die mRNA-Impfstoffe Comirnaty<sup>®</sup> von BioNTech Pfizer und COVID-19 Vaccine Moderna<sup>®</sup> sowie die Vektorimpfstoffe Vaxzevria<sup>®</sup> von AstraZeneca und COVID-19 Vaccine Janssen<sup>®</sup> von Johnson & Johnson Verwendung<sup>42-44</sup>.

Für die sogenannte Herdenimmunität gehen Experten davon aus, dass eine Durchimpfungsrate von ca. 75% erreicht werden müssen<sup>11</sup>.

### 1.2.7 Prognose und Ausblick

SARS-CoV-2 ist das dritte bekannte hochpathologische humane Coronavirus. Obwohl weit weniger letal als SARS und MERS zeichnet sich die gegenwärtige Pandemie vor allem durch die linear ansteigende Infektionskurve mit jeweils saisonalen Peaks aus und gilt gegenwärtig als die akuteste Bedrohung des globalen Gesundheitswesens dieses Jahrhunderts<sup>27</sup>.

Wenngleich der Ausbruch von COVID-19 bereits im ersten Quartal des Jahres 2020 zurückliegt lassen die aktuellen Entwicklungen darauf schließen, dass der Fokus auf eine balancierte Co-Existenz und weniger auf der Ausrottung des Virus liegen sollte<sup>11</sup>.



Solange eine ausreichende Herdenimmunität aufgrund der Impfung nicht erreicht wird, gelten die bereits etablierten Schutzmaßnahmen wie das Tragen von Masken, regelmäßige Testungen und „Social Distancing“ als zuverlässigsten persönlichen Schutz gegen weitere Verbreitung<sup>35</sup>.

Tägliche Neuveröffentlichungen in Fachjournalen und das rasante Wachstum von Zusatzinformationen lässt den Schluss zu, dass es sich bei gegenwärtigem Wissen nur um die sprichwörtliche Spitze des Eisberges handelt. So zeigen sich genauere Informationen über den tierischen Ursprung der Pandemie sowie dem Zeitpunkt des Übertritts auf dem menschlichen Wirt nach wie vor unerforscht und womöglich retrospektiv auch nicht mehr schlüssig nachvollziehbar<sup>17</sup>.

Besonderes Augenmerk liegt derzeit auf der Erforschung der molekularen Mechanismen und der Pathogenese von SARS-CoV-2-Infektionen sowie ein Rückschluss auf die mannigfaltigen Symptome. Multiple Studien widmen sich dem virologischen Profil und bilden die Basis für die gängigen und stets wandelnden Präventions- und Therapie-Strategien<sup>12</sup>.

Aufgrund der multiplen Mutationen und dem einhergehenden stetigem Wandel des Virus erweist sich das weltweite „genomische Monitoring“ bei neuinfizierten Patientinnen als unerlässlich. So lassen sich neu aufgetretene Variationen von SARS-CoV-2 effizienter identifizieren und gegebenenfalls Therapie und Impfungen an die vorherrschende Virusmutation anpassen<sup>11</sup>.

Die Pandemie zeigt sich als unvorhergesehene Herausforderung und der tägliche Umgang sowie laufende Reevaluierung der etablierten Maßnahmen als unerlässliches Tool, das neben individuellem Einsatz und länderübergreifender Compliance vor allem auf enger Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und der Bevölkerung basiert<sup>12</sup>.

### **1.3 COVID-19 in Orthopädie und Unfallchirurgie**

#### **1.3.1 Elektive Operationen**

Zur Beurteilung potentieller Auswirkungen von COVID-19 auf den Regelbetrieb des Gesundheitswesens bedarf es genauer Kenntnis und interdisziplinärer Zusammenarbeit aller Mitarbeiter. Genaue Kenntnis über initiale Symptome sowie Verläufe der Erkrankung sollten daher sowohl Schlüsselpersonal als auch anderwärtigen Betroffenen geläufig sein<sup>45</sup>.

Zu Beginn der Pandemie in Deutschland konnten bereits wertvolle Rückschlüsse bezüglich des Verlaufs der Infektion und dem bestehenden Risiko für Krankenhauspersonal von stärker betroffenen Ländern und Regionen, wie beispielsweise China und Italien, gezogen werden<sup>4</sup>.

Zudem wurde bereits belegt, dass kausale Zusammenhänge zwischen der COVID-19 Pandemie und dem Komplikationsprofil traumatologischer PatientInnen bestehen. So berichten Mi et al. von einem erhöhten Komplikationsrisiko von operativ versorgten COVID-19-Patienten im Vergleich zu Nichtinfizierten sowie einem signifikant erhöhtem Infektionsrisiko des OP-Personals<sup>46</sup>.

Die Empfehlung der Autorengruppen um Petersen W. sowie Haffer H. et al<sup>47</sup> bezüglich des orthopädisch-unfallchirurgischen Managements während der Pandemie lautet daher, Ressourcen an anderer Stelle einzusparen, um das Gesundheitssystem zu schonen und im Verlauf vor Überlastung und Qualitätsminderung in den Behandlungsabläufen zu schützen. Die Reduktion elektiver Operationspunkte scheint hier zunächst eine Schlüsselposition einzunehmen. Zur Generierung von Kriterien, wann welche Operation durchgeführt werden soll, bedarf es einer Einteilung der Pandemie in unterschiedliche Phasen unter Berücksichtigung mehrerer Aspekte. Zunächst erfolgt eine Orientierung an der Pandemiekurve, respektive der Infektionszahlen. Im Verlauf können andere Parameter, wie beispielsweise Funktionsstörung bei Unterlassung, in die Kriterienbildung einfließen<sup>47</sup>.

Die Entscheidung über die Durchführbarkeit elektiver Operationspunkte sollte an die aktuelle, regionale und epidemiologische Situation des jeweiligen Krankenhauses in Rückschluss auf das Einzugsgebiet getroffen werden. Es scheint hier sinnvoll ein lokales Gremium zu bilden, um eine tägliche Lagebeurteilung vorzunehmen und gegebenenfalls die Abläufe dementsprechend an die Pandemiesituation anzupassen<sup>47</sup>.

Ein generelles Operationsverbot für elektive Eingriffe scheint aus medizinischer Sicht nicht zielführend zu sein. Genannte Autoren erarbeiteten daher gleich zu Pandemiebeginn Empfehlungen über bestimmte Indikationsstellungen<sup>47,48</sup>.

### **1.3.2 Orthopädisch-unfallchirurgische OP-Indikationen**

Primär galt während des Frühjahrs 2020 die Empfehlung, nicht dringliche, elektive Eingriffe zugunsten der Behandlung von PatientInnen mit SARS-CoV-2-Infektion zu verschieben oder zurückzustellen, um die Ressourcen zu schonen. Im Zuge der ersten Infektionswelle wurde demnach sogar die Durchführung planbarer Operationen gänzlich untersagt, wie beispielsweise in Bayern bis zum 15. Mai 2020<sup>47</sup>. Die Verantwortlichen in Berlin hingegen hielten die Krankenhäuser dazu an, die Kapazität elektiver Punkte auf 50% zu reduzieren, um die frei gewordenen Ressourcen der Behandlung von COVID-Infizierten zur Verfügung zu stellen.

Im Zuge postponierter Eingriffe erhoffte sich das Gesundheitswesen eine Reduktion materieller, räumlicher und personeller Auslastung<sup>47,48</sup>.

Dazu zählen:

- ⇒ Beatmungsgeräte
- ⇒ Intensivkapazitäten
- ⇒ Anästhesiologisches und orthopädisch-unfallchirurgisches Personal

Im klinischen Alltag herrschte zunächst Unsicherheit, welche Eingriffe unter die angeführten Definitionen fallen und verschoben werden sollten. Zur Vermeidung von Interessenskonflikten ökonomischer oder organisatorischer Natur erstellten die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) und die Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGO) gemeinsame Empfehlungsleitlinien bezüglich des Umgangs Unfallverletzter und dringlicher OP-Indikationen<sup>48</sup>.

In Orientierung an die gängigen Empfehlungen des American College of Surgeons (ACS) sowie der Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) wurde die Pandemie in mehrere Phasen unterteilt, um eine Art Triage-Leitlinie für orthopädische und unfallchirurgische Operationsindikationen zu generieren<sup>49</sup>.

- ⇒ Phase I: Kein Krisenzustand
- ⇒ Phase II: Kürzung des Elektivprogramms
- ⇒ Phase III: Keine Elektivoperationen
- ⇒ Phase IV: Vermehrte Elektivoperationen
- ⇒ Phase V: Übergang zum Normalzustand

### 1.3.2.1 Phase I

Während Phase I herrscht kein Krisenzustand. Dementsprechend verfügt das Gesundheitssystem über genügend regelrechte Ressourcen zur Sicherstellung der Patientenversorgung. Sie entspricht daher dem Beginn der Pandemie, in der die Infektionszahlen noch gering sind. Dieser Zustand hielt in Deutschland in etwa bis Mitte März 2020 an. In Phase I können gemäß AAOS elektive Operationen in normalem Ausmaß weiterhin durchgeführt werden. Die Definition eines elektiven Eingriffs umfasst die operative Therapie eines chronischen Problems, dessen Verzögerung den/die PatientIn oder das endgültige Therapieergebnis nicht negativ beeinflussen oder schädigen<sup>47</sup>.

Hinsichtlich der Argumentation, dass bei gewissen PatientInnen die Notwendigkeit einer Operation aufgrund immobilisierender Schmerzen oder maßgeblicher Funktionseinschränkung

besteht, wird dabei nachdrücklich das Behandlungsprinzip verfolgt, dass eine Verschiebung der Operation das funktionelle Outcome nicht beeinträchtigen würde<sup>47</sup>.

Elektive Operationen umfassen per definitionem der oben angeführten Kriterien chronische Gelenkerkrankungen wie atraumatische, chronische Rotatorenmanschettenläsionen, chronische Instabilitäten und degenerative Meniskusrisse im Bereich des Kniegelenks sowie Gelenkersatz und Wirbelsäulenfusionen<sup>47</sup>.

### **1.3.2.2 Phase II**

In Phase II sollen Vorbereitungen zum angesteuerten Höhepunkt der Pandemie getroffen werden. Die Infektionszahlen und die Zahl an Hospitalisierungen aufgrund COVID-19 steigen stetig an, ohne das Gesundheitssystem wesentlich zu belasten. In dieser Phase sollten die Ressourcen zur Behandlung von PatientInnen mit SARS-CoV-2 konzentriert werden. Dementsprechend erfolgt die Konditionierung des Gesundheitswesens auf eine möglicherweise rasch ansteigende PatientInnenzahl und die schrittweise Verlagerung der Ressourcen zur Gewährleistung optimaler Behandlungsabläufe. Diese umfasst unter anderem die Einarbeitung von Kolleginnen und Kollegen der Orthopädie und Unfallchirurgie auf Intensivstationen<sup>47</sup>.

Dementsprechend erfolgt in Phase II die Anpassung der Elektivpunkte schrittweise in Richtung Schwerpunktverlagerung zu überwiegend akuten, ambulanten Eingriffen, um eine Schonung stationärer Kapazitäten zu erwirken. Mögliche Eingriffe während dieser Zeit umfassen Meniskusoperationen bei Korbhenkelrissen, akute traumatische Läsionen der Rotatorenmanschette und die klassische Frakturversorgung<sup>47</sup>.

### **1.3.2.3 Phase III**

Den Übertritt in Phase III markiert ein deutlich steigender Bedarf an intensivmedizinischer Versorgung, Beatmungsplätzen und Intensivbetten, beispielsweise durch beatmungspflichtige SARS-CoV-2-Infizierte. Um das Gesundheitssystem nicht über seine Grenzen zu strapazieren folgen weitere Einschränkungen in der Indikationsstellung. Um den in Phase III dringenden Bedarf an Intensivbetten und Beatmungsgeräten zu decken, sollten unter den vorliegenden Bedingungen ausschließlich Eingriffe durchgeführt werden, deren Verzögerung schwerwiegende gesundheitliche Folgen oder maßgebliche Beeinträchtigungen des funktionellen Outcomes mit sich bringen würden. Empfehlungsgemäß sollten sich unfallchirurgische und orthopädische Eingriffe daher in dieser Phase ausschließlich auf Infektionen, dislozierte Frakturen, Tumoroperationen und Kompartmentsyndrome und vergleichbare Notfälle

beschränken. Um weitere Ressourcen einzusparen empfiehlt sich zudem der Einsatz von Narkoseverfahren ohne invasive Beatmung<sup>47</sup>.

Besonders sinnvoll erscheint während Phase III das Bilden eines interdisziplinären Gremiums, bestehend aus Orthopädie, Unfallchirurgie, Anästhesie, Klinikleitung und OP-Personal, um Interessenskonflikte zu vermeiden und die PatientInnenversorgung trotz Einschränkungen aufrechtzuerhalten. Zudem erscheint es unumgänglich, die Planung elektiver Eingriffe tagesaktuell im Hinblick auf örtliche Gegebenheiten und die vorherrschende Situation zu beurteilen und gegebenenfalls anzupassen<sup>47</sup>.

Bei der Erstellung des orthopädischen und unfallchirurgischen Operationsprogrammes während Phase III gilt es, Anstieg der Neuinfektionen, Zahl der Intensivbetten, Reserven für COVID-19-Patienten und die Zahl der bereits belegten Intensivbetten zu berücksichtigen.

Abschließend nehmen die SARS-CoV-2-Infizierten im eigenen Haus sowie die Infektionszahlen der Umgebung sowie behördliche Empfehlungen und Vorgaben direkten Einfluss auf die Operationen. Eine pauschale Einstufung und länderübergreifende Einschränkungen erscheinen hierbei nicht empfehlenswert<sup>47</sup>.

Ob, in welchem Ausmaß und zu welchen Bedingungen Operationen geplant werden dürfen, steht in Phase III nicht ausschließlich mit Funktionsstörung bei Unterlassung in Zusammenhang. Vielmehr sollte berücksichtigt werden, inwieweit die Durchführung diverser Operationen die Eindämmung der Pandemie beeinflusst. Operationen mit potentiell notwendiger intensivmedizinischer Nachbetreuung an Patienten mit multiplen Nebenerkrankungen eignen sich nicht für angegebenen Zeitraum. Elektive Eingriffe mit intensivmedizinischer Nachbehandlung sollten demnach weder in Phase II noch in Phase III angestrebt werden<sup>47</sup>.

Chang Liang et al.<sup>50</sup> empfehlen die bevorzugte Behandlung von ambulanten und tagesklinisch durchführbaren Operationen wie beispielsweise Arthroskopien von Knie-, Schulter- und Sprunggelenksverletzungen ohne Intubationsnarkose. Dadurch soll die Reduktion von Ressourcenvergeudung erwirkt werden. Eine individuelle Einschätzung des jeweiligen Risikoprofils der PatientInnen gilt vorab in der Entscheidungsfindung als unumgänglich<sup>47</sup>.

#### **1.3.2.4 Phase IV**

Die deutlich abflachende Infektionskurve markiert den Übergang in Phase IV. Die zunächst für SARS-CoV-2-Infizierte gesparten Ressourcen können nun wieder zunehmend in die Versorgung orthopädischer und unfallchirurgischer PatientInnen einfließen. Orthopädisches und unfallchirurgisches Personal kann wieder von Intensivstationen abgezogen und im

Regelbetrieb eingesetzt werden. Die Eingliederung kann nun zeiteffizienter erfolgen, da im Gegensatz zu Phase II die Einarbeitungszeit entfällt. Sofern die Versorgung von COVID-19-PatientInnen im Krankenhaus personell sichergestellt ist, können die OP-Indikationen in Rücksprache mit dem gebildeten Gremium je nach regionaler Lage wieder vermehrt in den Elektivbereich ausgedehnt werden. So kann beispielsweise auch wieder die endoprothetische Versorgung intensiviert werden, sofern die Entscheidung für eine Operationen in Rücksicht auf Patientenprofil und Komorbiditäten geschieht<sup>47</sup>.

Die regelmäßige Evaluierung der aktuellen Gegebenheiten ist nach wie vor unabdingbar, um im Falle einer zweiten oder dritten Welle die Gewichtung der Ressourcenverteilung wieder anzupassen<sup>47</sup>.

### **1.3.2.5 Phase V**

Während des Auslaufens und Stagnierens der Infektionskurve kann der Normalbetrieb im jeweiligen Krankenhaus wieder aufgenommen werden. Prinzipiell gelten in Phase V alle elektiven Operationen wieder als bedenkenlos durchführbar. Ein gezieltes Monitoring der regionalen Gegebenheiten und der Pandemieentwicklung erscheint jedoch auch hier als unerlässlich<sup>47</sup>.

### **1.3.3 SARS-CoV-2-Infektion bei orthopädisch-unfallchirurgischen PatientInnen**

Es gilt in der gängigen Literatur längst als erwiesen, dass PatientInnen mit Frakturen signifikant anfälliger für pulmonale Infektionen sind. Insbesondere Brüche der unteren Extremität mit daraus resultierend reduzierter Mobilität sind prädisponierende Faktoren zur Entwicklung respiratorischer Problematik, wie beispielsweise Pneumonien. Zusätzlich wird bei PatientInnen mit schweren, immobilisierenden Frakturen zumeist standardmäßig die Indikation zur sofortigen Hospitalisierung und zeitnahen operativen Versorgung gestellt. Beschriebenes Kollektiv scheint nach derzeitiger Datenlage eine erhöhte Anfälligkeit für eine zusätzliche Infektion mit SARS-CoV-2 mit potentiell erhöhter Mortalität zu haben<sup>51</sup>.

Gegenwärtig liegen zwar nicht viele Studien und eine nur sehr geringe Datenlage bezüglich einer COVID-19-Infektion bei orthopädischen und unfallchirurgischen PatientInnen vor, jedoch konnten Mi et al. im Mai 2020 die Erhebungen zu 10 traumatologischen PatientInnen mit Frakturen und begleitender COVID-19-Infektion veröffentlichen. In ihrer retrospektiven Studie evaluierten die Autoren die Parameter und das kurzfristige klinische Outcome mit besonderem Augenmerk auf Mortalität sowie Erkrankungsverlauf in der untersuchten PatientInnengruppe

und kamen zu dem Schluss, dass das Vorliegen einer Fraktur mit gleichzeitiger Infektion mit dem SARS-CoV-2 zu einem deutlich schwereren Verlauf der Virusinfektion führte<sup>46</sup>.

Von 10 untersuchten PatientInnen wurden drei operativ versorgt und sieben aufgrund von diversen Komorbiditäten und reduziertem Allgemeinzustand konservativ therapiert. Es starben vier PatientInnen zwischen Tag 8 und Tag 14 nach stationärer Aufnahme. Die Erkrankungsverläufe gestalteten sich insgesamt schwerwiegender als bei unverletzten PatientInnen. Bei insgesamt drei der Überlebenden PatientInnen konnte die Entwicklung einer schweren Pneumonie dokumentiert werden<sup>46</sup>.

Die beschriebenen Studienergebnisse decken sich mit einer rezenteren Arbeit aus New York City, in der die Autoren Egol et al. in einem Kollektiv von insgesamt 138 PatientInnen mit hüftnahen Frakturen eine Evaluierung von Unterschieden im Komplikationsprofil von COVID-19-Infizierten versus Nicht-Infizierten vornehmen konnten. Es bestätigte sich auch hier die Annahme einer erhöhten Sterblichkeit von 35,3% in der Gruppe der positiv getesteten PatientInnen<sup>52</sup>.

Es ist daher anzunehmen, dass die Mortalität orthopädisch-unfallchirurgischer PatientInnen mit COVID-19-Infektion signifikant erhöht ist und es ratsam wäre, diese Erkenntnis in die Entscheidung über operatives oder konservatives Therapievorgehen einfließen zu lassen<sup>46,52</sup>.

### **1.3.4 Notfälle in Orthopädie und Unfallchirurgie während COVID-19**

Trotz ausgedehnter Quarantänen, Ausgangsbeschränkungen und länderübergreifendem „Lock-Down“ lassen sich medizinische Notfälle nicht vermeiden. Nach aktueller Datenlage werden aber auch deutliche Rückgänge in der notfallmäßigen Konsultation in Orthopädie und Unfallchirurgie verzeichnet.

So berichten Wong et al. im Zuge einer großangelegten, epidemiologischen Studie mit 43 eingeschlossenen Krankenhäusern und 122 niedergelassenen Arztpraxen einen Rückgang von Notfällen um 44,7% im Zeitraum der ersten COVID-19-Welle im Frühjahr 2020. Die Autoren stellten zudem eine signifikante Reduktion um 59% von Sport-assoziierten Verletzungen, sowie deutliche Rückgänge von notfallmäßigen Konsultationen nach Unfällen in Verkehr und Haushalt ebenso wie am Arbeitsplatz fest<sup>53</sup>.

In der pädiatrischen Orthopädie und Traumatologie ließ sich im Vergleich zum Jahr 2019 ein Rückgang von 83% der Notfall-Operationen und Hospitalisierungen beobachten. Die Autoren Li et al. führen dies auf die gängigen Ausgangsbeschränkungen und die damit verbundene, reduzierte Ausführung Trauma-assoziiierter Aktivitäten zurück<sup>54</sup>.

Nichtsdestotrotz gilt es auch die höchstmögliche Sicherheit für PatientInnen und medizinisches Personal im Rahmen ungeplanter Operationen zu gewährleisten. Kelly et al. berichten im Rahmen eines Case-Reports von der operativen Versorgung eines SARS-CoV2-infizierten, 58-jährigen Mannes mit multiplen Nebenerkrankungen und einem akut aufgetretenen Kompartmentsyndrom der Hand. Bei Konsultation in der internistischen Notaufnahme zeigte sich bereits ein ARDS mit Bedarf an intensivmedizinischer Betreuung und invasiver Beatmung. Im Verlauf entwickelte der Patient ein akutes Nierenversagen. Durch einen auf der ICU gelegten, peripher venösen Zugang erlitt der Patient ein Paravasat und daraus resultierend ein progressives Kompartmentsyndrom. Aufgrund der dringenden OP-Indikation erfolgte die Kompartmentspaltung durch die ausführenden Chirurgen direkt auf der Intensivstation mit der gleicher Schutzausrüstung wie sie auf intensivmedizinischen Quarantänestationen etabliert ist. PPE inkludierten hierbei eine N95-Maske, Schutzbrillen, sterile Handschuhe und zweifach sterile Operationskittel. Das OP-Gebiet wurde mehrfach mit Chlorhexidin desinfiziert und doppelt steril abgedeckt. Die Autoren begründen die Notwendigkeit der „Bedside“-Intervention durch eine Risikoreduktion für andere PatientInnen und das medizinische Personal, da auf die Transferierung in den Operationssaal verzichtet werden konnte und sich die Bedingungen auf Intensivstationen ausreichend für kleininvasive Eingriffe erweisen<sup>55</sup>.

### **1.3.5 Management pädiatrischer PatientInnen**

Die Behandlung pädiatrischer PatientInnen in Orthopädie und Unfallchirurgie stellt einen nicht unwesentlichen Eckpfeiler des täglichen Aufkommens in fachspezifischen Ambulanzen und Stationen dar. Neben der Akutversorgung von Frakturen stehen vor allem kongenitale Fehlbildungen, posttraumatische Veränderungen des Bewegungsapparates oder Routinekontrollen nach operativen Eingriffen im Fokus.

SARS-CoV-2 tritt nachweislich in allen Altersgruppen auf, wobei die klinische Manifestation zwischen leichter – an Influenza erinnernde – Symptomatik bis hin zu schweren Pneumonien, Multiorganversagen und Tod variieren kann<sup>54</sup>.

Kindliche PatientInnen entwickeln im Vergleich zu erwachsenen oder geriatrischen PatientInnen wesentlich mildere Symptome. Es wird angenommen, dass dies aus einer noch unausgereiften Funktion des Angiotensin-konvertierenden Enzyms II (engl. Angiotensin Converting Enzyme II, kurz ACE II) resultiert<sup>56</sup>.

Entsprechend aktueller Leitlinien gilt auch in der pädiatrischen Orthopädie und Unfallchirurgie die Umsetzung adaptierter Triage-Modelle sowie das konsequente Tragen von Schutzausrüstung als unerlässlich, da auch kindliche PatientInnen ohne manifeste Krankheits-



symptome COVID-19 übertragen können. Die Triage-Modelle wurden in Anlehnung an adulte PatientInnen erstellt, umfassen allerdings auch Richtlinien und Vorgehensweisen bezüglich erwachsener Begleitpersonen<sup>54</sup>.

Im Rahmen der COVID19-Triage gilt es zunächst, pädiatrische PatientInnen in drei Kategorien zu klassifizieren.

**Kategorie 1** umfasst demnach alle PatientInnen mit Bedarf an kleineren ambulanten Behandlungen, welche beispielsweise die konservative Primärversorgung unkomplizierter Frakturen mit Gipsverbänden, Schienen oder Bandagen umfasst. Auch Verbandswechsel, ambulante intravenöse Antibiotikatherapien oder routinemäßige Gipswechsel bzw. -abnahmen, wie beispielsweise im Rahmen der konservativen Klumpfußbehandlung, können Kategorie 1 zugeordnet werden.

**Kategorie 2** werden minimalinvasive Eingriffe untergeordnet. Hierzu zählen die Fraktur-reposition und -fixation mittels minimalinvasivem Kirschner-Draht, Metallentfernungen sowie kleinere Weichteileingriffe oder Probeexzisionen bei suspekten Raumforderungen zur Gewinnung histologischer Präparate.

**Kategorie 3** umfasst hingegen alle PatientInnen, welche akuten Bedarf an Operationen und Hospitalisierung haben. Es handelt sich hierbei um kindliche PatientInnen mit tiefen, offenen Verletzungen, welche Débridement, Naht, Lavage oder Vakuumverband (VAC) benötigen sowie die unverzüglich operativ zu versorgenden Unfallverletzungen, Kompartmentsyndrome, komplizierte Frakturen mit neurovaskulärer Beteiligung oder komplexe Beckenverletzungen. Auch Verletzungen des Rückenmarks, Polytraumata sowie dislozierte Frakturen nach konservativer Anbehandlung mit drohender sekundärer Deformation dürfen Kategorie 3 zugerechnet werden. Ferner umfasst das Kollektiv auch Implantatversagen, Osteomyelitiden und septische Arthritiden.

Jin et al. erarbeiteten unter Berücksichtigung oben angeführter Kategorien ein Standard-Triage-Protokoll, welches sowohl die Einschätzung der pädiatrischen PatientInnen als auch die der adulten Begleitpersonen umfasst und die Notwendigkeit durchzuführender PCR-Testungen skizzieren soll, wie in Abbildung 3 dargestellt ist<sup>54</sup>.

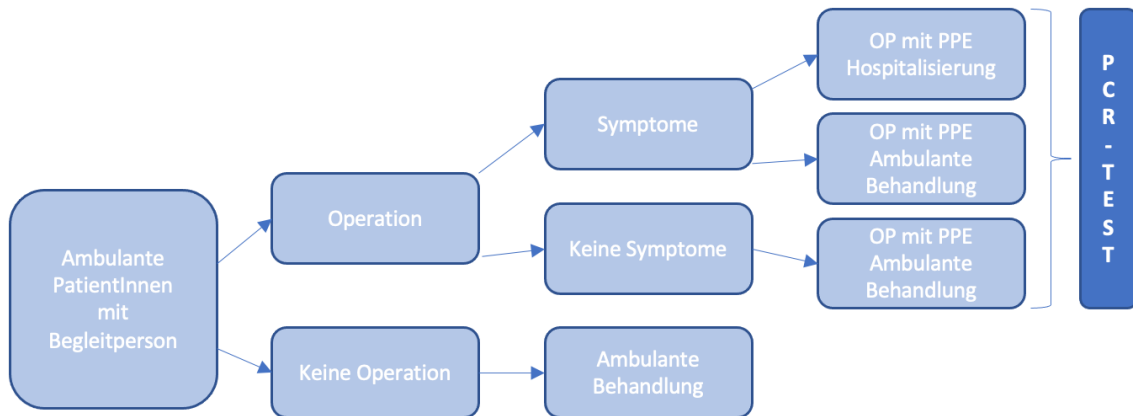


Abbildung 3: Behandlungsalgorithmus für pädiatrische PatientInnen und Begleitpersonen.

PatientInnen und Begleitpersonen sollen demnach entsprechend der gängigen Empfehlungen bereits beim Eintreffen in die orthopädische oder unfallchirurgische Ambulanz zur individuellen epidemiologischen Situation, COVID-19-spezifischen Symptomen oder sonstigen, unspezifischen Krankheitsanzeichen befragt werden. Dazu zählen Fieber, Husten, Dyspnoe, Muskelschmerzen oder Erschöpfung. Elternteile mit gesicherter SARS-CoV-2-Infektion sind nicht berechtigt, ihre Kinder in Ambulanzen zu begleiten oder im Rahmen eines stationären Aufenthaltes zu beaufsichtigen. COVID-19-negative Kinder dürfen ausschließlich von einer gesunden Person begleitet werden. Es gilt vorab eine konsequente Einschulung in den Gebrauch von Sicherheitsausrüstung, wie Gesichtsmasken sowie Kenntnisse einer gründlichen Händedesinfektion<sup>1,54</sup>.

Ausschließlich pädiatrische PatientInnen, welche einer stationären Aufnahme bedürfen, sollten weiterführenden Untersuchungen wie Blutabnahme, Thoraxröntgen oder Computertomographie, sowie dem nasopharyngealen Abstrich zur Durchführung des RT-PCR-Tests zugeführt werden. Befragung und Untersuchung sollten stets von medizinischem Personal mit entsprechender Schutzausrüstung (engl. Personal Protective Equipment, kurz PPE) durchgeführt werden, wie die Zusammenstellung in Abbildung 4 veranschaulicht<sup>54,57</sup>.



Abbildung 4: Level of PPA.

Das notwendige Ausmaß der anzulegenden Schutzausrüstung kann in Abhängigkeit der jeweiligen Krankengeschichte und der Symptome evaluiert werden. Level I-Schutzausrüstung wird routinemäßig bei der Arbeit an PatientInnen während der COVID-19-Pandemie empfohlen. Sobald PatientInnen krankheitsspezifische Symptome aufweisen, im Verdacht stehen, Virusträger zu sein oder nachweislichen Kontakt mit Infizierten gehabt zu haben wird die Anlage von Level II-Schutzausrüstung empfohlen. Diese sollte routinemäßig auch bei engem PatientInnenkontakt oder im Operationssaal getragen werden. Während jeglichem Procedere haben PatientInnen stets chirurgischen Mund-Nasenschutz zu tragen. Level III-Schutzausrüstung, wie in Abbildung 5 gezeigt, wird bei kindlichen PatientInnen mit unklarer Krankengeschichte oder gesicherter SARS-CoV-2-Infektion im Quarantänebereich empfohlen<sup>54,58</sup>.



Abbildung 5: Krankenhausmitarbeiterin in PPA, Level III.

Im Rahmen des postoperativen Aufenthaltes nach chirurgischen Eingriffen an Kindern ohne geklärten COVID-19-Status wird ein engmaschiges Monitoring der PatientInnen empfohlen. Besonderes Augenmerk sollte auf die Temperaturüberwachung gelegt werden. Spezielle Aufmerksamkeit erfordern PatientInnen mit einer Körpertemperatur von  $\geq 38$  °C über drei aufeinanderfolgende Tage. Einsetzen von Fieber und Anstieg von Entzündungsparametern im Blutbild sollten in der Therapieplanung mitberücksichtigt werden<sup>54</sup>.

Bei PatientInnen ohne respiratorische Symptomatik, Fieber oder auffälligen Röntgenbefunden sollten routinemäßig zwei PCR-Tests im Abstand von 24 Stunden durchgeführt werden. Erst bei Vorliegen von zwei aufeinanderfolgenden Negativergebnissen kann eine Verlegung auf die Normalstation angestrebt werden<sup>54</sup>.

Bei gesichert COVID-19-Infizierten ist eine Meldung an die zuständigen Behörden erforderlich. Antivirale und antibiotische Therapie sollten nach Rücksprache im multidisziplinären Team, idealerweise bestehend aus Infektiologen, Pulmologen, Intensivmedizinern und Unfallchirurgen, bzw. Orthopäden, an die jeweiligen PatientInnen angepasst werden. Pädiatrische PatientInnen mit instabilen Vitalparametern sind umgehend auf eine Intensivstation zu transferieren<sup>54,59</sup>.

### **1.3.6 SARS-CoV-2-Infektion beim Gesundheitspersonal**

Aufgrund erhöhter Exposition stellt eine Infektion mit SARS-CoV-2 vor allem ein hohes Risiko für MitarbeiterInnen des Gesundheitswesens dar. Der Fokus sollte daher neben Gewährleistung der Behandlungsabläufe und Sicherheitsvorkehrungen für PatientInnen und Regelung des Elektivprogramms auch verstärkt auf den Schutz des Gesundheitspersonals gelegt werden.

Chen et al. erhoben die Parameter von 132 COVID-19-infizierten MitarbeiterInnen eines Krankenhauses in Wuhan zwischen Januar und Februar 2020. Die Autoren beschreiben ein im Vergleich zur Infektionsverteilung in der Normalbevölkerung ein eher jüngeres PatientInnenkollektiv. So fand sich bei den Infizierten eine hohe Rate an weiblichen Pflegepersonen im Alter von durchschnittlich 32 Jahren. Nebenerkrankungen waren nur bei 7,6% der Infizierten vorhanden. Die meisten MitarbeiterInnen erlebten einen milden oder moderaten Infektionsverlauf, lediglich bei 3,8% der Betroffenen ließ sich ein schwerer Erkrankungsverlauf detektieren<sup>60</sup>.

Liu und Kollegen untersuchten 22 erkrankte ärztliche MitarbeiterInnen und 8 infizierte Personen des Pflegepersonals. Das mittlere Alter lag hier ebenfalls bei  $35 \pm 8$  Jahren. Es konnten insgesamt 4 schwere und 26 milde Verläufe dokumentiert werden. Alle betroffenen

Personen hatten nachweislich Kontakt mit SARS-CoV-2-positiven PatientInnen in einer räumlichen Entfernung von weniger als einem Meter<sup>61</sup>.

Bei 54 Fällen von SARS-CoV-2-infizierten MitarbeiterInnen eines Krankenhauses in Wuhan konnten Chu et al. lediglich 3,7% der Infizierten direkten PatientInnenkontakt in der Notaufnahme nachweisen. Viel höher lag die Zahl Erkrankter in anderen medizinischen Bereichen. Insgesamt waren 18% der Infizierten zudem in technischen Abteilungen, wie beispielsweise Labor oder Radiologie, tätig<sup>62</sup>.

Vorliegende Studien untermauern das offenbar generell erhöhte Infektionsrisiko von ArbeitnehmerInnen im Gesundheitswesen, vor allem jedoch auch die Notwendigkeit von Schutzausrüstung in medizinischen Teilgebieten, die nur geringen oder gar indirekten Kontakt mit PatientInnen haben. Entsprechend gängiger Datenlage könnte das vermehrte Risiko mitunter auf mangelhafte Disziplin in der Einhaltung von Schutzmaßnahmen innerhalb der nicht-klinischen Abteilungen hindeuten. Im Vergleich liegt zudem die Prädisposition, an einem schweren Verlauf von SARS-CoV-2 zu erkranken, deutlich höher als innerhalb der Normalbevölkerung. Potentielle Ursachen könnten erhöhte Viruslast, vermehrte oder wiederholte Exposition sowie körperliche Erschöpfung bei ArbeitnehmerInnen im Schichtbetrieb darstellen. Es handelt sich bei vorliegenden Aussagen jedoch um rein spekulative Annahmen, da gegenwärtig keine suffizienten Datenanalysen hierzu vorgenommen werden konnten<sup>45</sup>.

Konsequente Einhaltung von empfohlenen Schutzmaßnahmen ist dringend erforderlich. Dazu gehören permanente Maskenpflicht, regelmäßige Händedesinfektion sowie die laufende Testung der MitarbeiterInnen vor Dienstantritt. Vor allem im Bereich der unfallchirurgischen Notfallversorgung ohne planbares PatientInnenaufkommen und der Möglichkeit einer Symptomentwicklung nach Hospitalisierung gilt die Einhaltung oben genannter Richtlinien als unabdingbar.

### **1.3.7 Ablauf und Schutz im Operationssaal**

Die Datenlage bezüglich des Infektionsrisikos von orthopädischem und unfallchirurgischen Personal zeigt eine niedrigere Prävalenz als in anderen Fachgebieten. Es darf angenommen werden, dass das Risiko, an COVID-19 zu erkranken somit ein geringeres ist. Dessen ungeachtet ist auch als orthopädisches und unfallchirurgisches Schlüsselpersonal in der operativen Behandlung potentiell oder nachweislich infizierter PatientInnen eine adäquate Schutzausrüstung und das Einhalten von speziellen Maßnahmen zur Infektionsprävention auch im Operationssaal erforderlich<sup>53</sup>.

Um direkten, ungeschützten Kontakt mit SARS-CoV-2-positiven PatientInnen zu vermeiden erscheint das Tragen von Schutzmasken in allen Bereichen eines Krankenhauses – ob Operationssaal oder nicht – als zweckmäßig und praktikabel. Hierbei steht vor allem der Schutz in Bezug auf unplanmäßig aufgenommene PatientInnen im Fokus, welche vielleicht ursprünglich wegen nicht-COVID-19-assoziierter Beschwerden akut und noch ohne negatives Testergebnis hospitalisiert werden mussten, und im Verlauf des stationären Aufenthaltes Symptome entwickeln<sup>26</sup>.

### 1.3.7.1 Präoperatives Procedere

In der Planung und dem Management von elektiv durchgeführten Operationen stellt eine vorab der stationären Aufnahme durchgeführte Testung mittels PCR eine angemessene Möglichkeit der Ansteckungsprävention dar. Sollte aufgrund finanzieller oder personeller Valenzen die Durchführung sogenannter Screenings nicht möglich sein, kann die Implementierung einer Checkliste erfolgen, wie die Abbildung 6 illustriert. Hierbei können Symptome bereits vorab erfasst und der selektiven Testung potentiell infizierter PatientInnen vorangestellt werden. Die gleiche Checkliste kann bei NotfallpatientInnen zum Einsatz kommen, wenn eine Akutoperation indiziert ist und vor Beginn kein negatives Testergebnis vorliegt. Im Rahmen der gängigen Schnell-Tests, beispielsweise von Roche® mit einer Spezifität von 96% und einer Sensivität von 95%<sup>63</sup> ist außerdem eine unkomplizierte, schnelle Überprüfung des individuellen COVID-19-Status möglich, sofern das Personal gründlich der korrekten Handhabung unterwiesen wurde, um potentielle Fehlerquellen, beispielsweise im Rahmen der Probenentnahme, zu vermeiden<sup>63</sup>.

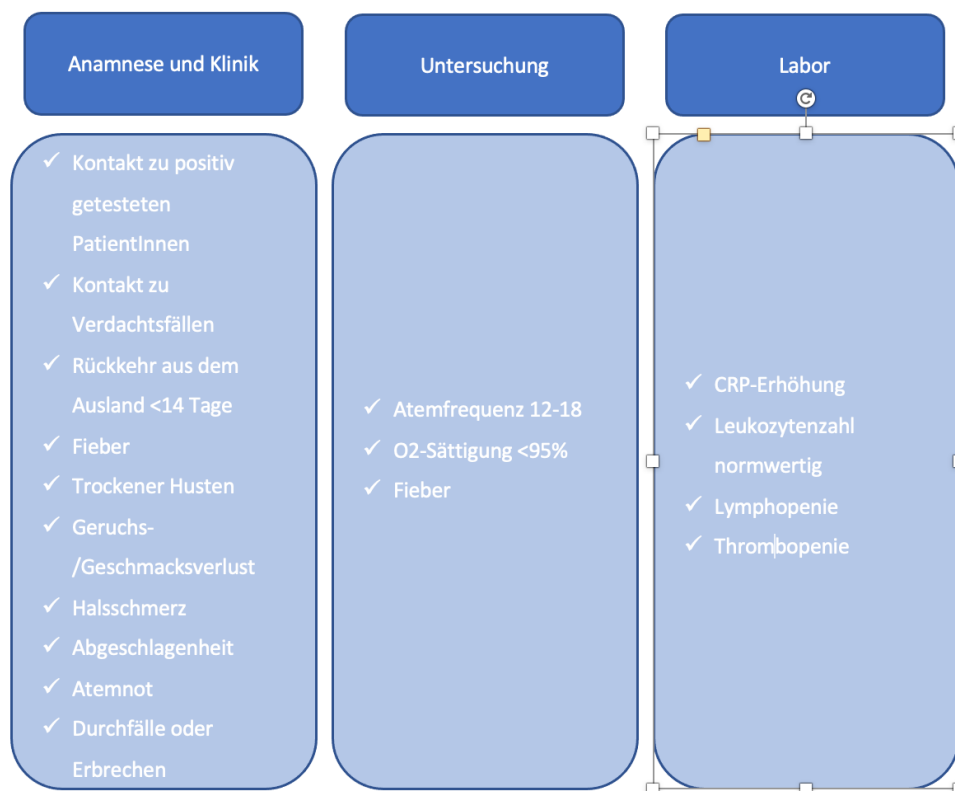


Abbildung 6: Checkliste für präoperatives Screening.

### 1.3.7.2 Druckverhältnisse im Operationssaal

In Operationseinheiten wäre ein Unterdruck-System zur Reduktion einer Übertragung von SARS-CoV-2 empfehlenswert. Im Operationssaal selbst herrscht hinsichtlich potentieller Kontamination jedoch zumeist Überdruck, in orthopädischen und unfallchirurgischen Sälen zusätzlich der sogenannte „laminar air flow“, in der eine nach unten gerichtete, turbulenzarme, gleichmäßige Luftströmung ohne Querströmung die Verwirbelung von Partikeln verhindern soll<sup>64</sup>. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass SARS-CoV-2 im Durchmesser etwa 0.125 µm misst und bis zu 100% der Partikel in jener Größe durch Schwebstofffilter (engl. „high-efficiency particulate air filters“, kurz HEPA-Filter) eliminiert werden können, empfiehlt sich folglich die Platzierung portabler HEPA-Filter im Operationssaal zur Reduktion der Viruslast und dem Risiko einer Dissemination durch den herrschenden Überdruck<sup>65</sup>. In der aktuellen Literatur wird zusätzlich von einigen Autoren das Ausschalten des „laminar air flow“ empfohlen<sup>66</sup>.

### 1.3.7.3 Ablauf von Operationen

Rodrigues-Pinto R. und Kollegen<sup>67</sup> entwarfen in Anlehnung an die gängigen Guidelines aus Anästhesie und Intensivmedizin<sup>68</sup> ein maßgeschneidertes Modell für Ablauf und Schutzmaßnahmen im orthopädischen und unfallchirurgischen Operationssaal für OperateurInnen und Pflegepersonen.

Je nach architektonischen Gegebenheiten werden dabei die Räumlichkeiten um den Operationssaal in fünf Zonen mit jeweils eigener Funktion eingeteilt:

- ⇒ Zone 1: Eingangsbereich, in dem das Basis-PPE angezogen wird
- ⇒ Zone 2: Vorraum des OPs zur Desinfektion und Anlegen der chirurgischen Bekleidung
- ⇒ Zone 3: Operationssaal
- ⇒ Zone 4: Ausgangsbereich zum Ablegen der PPE und Desinfektion
- ⇒ Zone 5: Endgültiger Ausgangsbereich mit Umkleidebereich und Personalduschen

In **Zone 1** kleiden sich ChirurgInnen, AnästhesistInnen, OP-PflegerInnen, das radiologietechnische und sonstige operative Personal in die OP-Kleidung und in wasserfestes Schuhwerk, sowie eine Plastikschräge, welche auch während dem chirurgischen Händewaschen mittels Wasser und Chlorhexidin-Gluconat-Seife belassen wird. Zusätzlich erfolgt in Zone 1 die Anlage einer FFP2- oder N95-Maske, welche nach vorliegender Literatur am effektivsten zum Schutz gegen SARS-CoV-2-Partikel geeignet sind sowie das Aufsetzen von Schutzbrillen oder Gesichtsschildern<sup>67,68</sup>.



In **Zone 2** können zwei potentielle Szenarien in Betracht gezogen werden. Zum einen findet dort die Vorbereitung auf sterile Prozeduren – d.h. die Operation selbst – statt. Diese setzen sich aus der Anlage der Röntgenschürze und des Schilddrüsenschutzes sowie der Anlage einer zusätzlichen OP-Haube und einer zweiten Schicht aus Operationskleidung zusammen. Prinzipiell sollten chirurgische Masken mit Gesichtsschild für Operationen verwendet werden. In Zone 2 findet zudem die endgültige chirurgische Händedesinfektion und das Anziehen der ersten Lage chirurgischer Handschuhe statt. Abschließend erfolgt die Ankleidung der sterilen Operationskittel und des zweiten Paares chirurgischer Handschuhe sowie eines Ärmelschutzes. Das zweite Szenario umfasst nicht-sterile Prozeduren, wie beispielsweise die Vorbereitung auf PatientInnenlagerung oder Frakturposition. Das anzulegende PPE umfasst hierbei – wenn notwendig – eine Röntgenschürze, einen non-sterilen Operationskittel, eine chirurgische Maske mit Gesichtsschild sowie zwei Paar Handschuhe. Nach jeder getätigten Maßnahme an PatientInnen ist die oberste Schicht abzulegen und eine gründliche chirurgische Händedesinfektion durchzuführen, bevor die erneute Anlage des sterilen Equipments zur darauffolgenden Operation erfolgt<sup>67,68</sup>.

In **Zone 3** – dem Operationssaal – findet die Operation statt, welche nach adäquater Desinfektion und Anlage von Schutzkleidung durchgeführt wird. Beim Eintreten des Operateurs sollte der Patient bereits unter Anästhesie stehen. Es gilt hierbei das Tragen von zwei bis drei Paar Handschuhen. Bei orthopädischen oder unfallchirurgischen Eingriffen herrscht aufgrund der verwendeten Instrumente, wie Elektrokautern, Knochensägen und -bohrern eine erhöhte Aerosolbildung und folglich das erhöhte Risiko einer Virusverbreitung. Der gezielte Einsatz von Absaughilfen sollte während des gesamten operativen Eingriffes erfolgen, um Rauch und Aerosole zu reduzieren.

Am Ende der chirurgischen Intervention sollte noch im Operationssaal das oberste Paar chirurgischer Handschuhe sowie Ärmelschoner und Operationskittel entfernt werden. Danach wird das zweite Paar Handschuhe mit alkoholischer Lösung desinfiziert, bevor der oberste chirurgische Mundschutz entfernt wird. Nach der Entfernung des letzten Paares Handschuhe und erneuter Desinfektion darf Zone 3 verlassen werden. Während des Eintritts in Zone 4 soll dementsprechend dasselbe PPE getragen werden, das in Zone 2 angelegt worden war. Dies umfasst folglich die OP-Kleidung, eine Maske und Schutzbrille<sup>67,68</sup>.

In **Zone 4** werden verschiedene Abwurfbehältnisse platziert, um die Schutzausrüstung getrennt zu entsorgen. Die Ablage erfolgt in vier Schritten, jeweils gefolgt von Händedesinfektion:

⇒ Entfernung der Plastikschrürze und oberster OP-Bekleidung

- ⇒ Entfernung der OP-Haube
- ⇒ Entfernung von Schutzbrille und Schuhen
- ⇒ Entfernung der FFP2- oder N95-Maske

In **Zone 5** kann schlussendlich die unterste Operationsbekleidung entfernt werden, wobei den MitarbeiterInnen Duschen zur Verfügung stehen. Zone 5 markiert die letzte Station vor dem Ausschleusen aus dem Operationsbereich<sup>67,68</sup>.

### 1.3.8 Telemedizin in Orthopädie und Unfallchirurgie

Telemedizin entstand primär als innovative Möglichkeit, medizinische Versorgung auch über größere Distanzen zu gewährleisten. Entsprechend ihrer Definition handelt es sich dabei zumeist um eine Interaktion zwischen medizinischem Personal und PatientInnen mittels Video-Kommunikation<sup>69</sup>.

Mit Orthopädie und Unfallchirurgie finden sich Fachrichtungen, deren Spezialisierung zu einem essentiellen Teil auf technologischer Innovation basiert. Zu Zeiten von COVID-19 und der Notwendigkeit von Reduktion persönlicher Interaktion findet ein Paradigmenwechsel statt<sup>70,71</sup>.

Die ersten Publikationen betreffend Telemedizin und Orthopädie finden sich aus dem Jahr 1996 in Finnland. Hierbei wurde die Nutzung eines Videokonferenz-Systems zur klinischen Untersuchung von PatientInnen beschrieben sowie besonderer Fokus auf den Austausch radiologischer Aufnahmen zwischen unterschiedlichen Providern dreier Krankenhäuser gelegt<sup>71</sup>. In den USA fanden telemedizinische Konsultationen erstmals 1998 Beachtung, als Lambrecht et al. in North Dakota ihre Erfahrungen mit videogestütztem Follow-up nach diversen Verletzungen publizierten<sup>72</sup>.

Telemedizin gewinnt gerade in gegenwärtiger Zeit eine zunehmende Bedeutung in der orthopädischen und unfallchirurgischen Praxis. Neben Online-Konsultationen bei akuten Verletzungen bestehen auch die Möglichkeiten postoperativer Evaluierungen und Visiten.<sup>73</sup> Die Studienlage bezüglich der Exaktheit von telemedizinischen Verfahren zeigt sich bis dato noch ambivalent. Zum einen wird der Telemedizin ein deutlicher Nachteil bezüglich potentieller Fehldiagnosen zugeschrieben, wie eine Untersuchung aus dem Jahr 2007 zeigen konnte. Hierbei erfassten die Autoren eine Rate von etwa 40% Falschdiagnosen, betreffend minimal dislozierter Frakturen im Rahmen einer Konsultation mit Videotelefonie an mobilen Endgeräten<sup>74</sup>.

Durch inzwischen verbesserte Technik, hochauflösende Kameras und vereinfachter Handhabung der verwendeten Werkzeuge lässt sich vor allem in letzter Zeit nun eine deutliche Qualitätssteigerung in der Telemedizin verbuchen. Rezente Studien berichten von einer deutlichen Verbesserung der Genauigkeit und Validität medizinischer Diagnosen sowie von einer herausragende PatientInnenzufriedenheit<sup>14,75</sup>.

Im Rahmen der COVID-19-Pandemie erlebten telemedizinische Konsultationen einen deutlichen Aufschwund. Vor allem in Ländern mit strengen „Lock-down“-Maßnahmen erfreute sich die Telemedizin wachsender Beliebtheit und ersetzte die persönliche Konsultation vor Ort teilweise vollständig. Eoghan et al. erhoben im Rahmen einer Umfrage die Zufriedenheit orthopädischer ChirurgInnen bezüglich der neu etablierten telemedizinischen Systeme und deren Handhabung. Dabei gaben 84,8% der Befragten an, Telemedizin zu praktizieren. Nur 20,5% boten diese schon vor der Pandemie an. Die Zufriedenheit seitens der ChirurgInnen lag bei etwa 70%. Die meisten Konsultationen fanden bezüglich Nachkontrollen – operativer und konservativer Natur – statt. Ein Großteil der ChirurgInnen zeigten sich gegenüber einer Weiterführung ihrer telemedizinischen Tätigkeiten auch nach der COVID-19-Pandemie offen, wengleich die meisten Bedenken bezüglich potentieller Fehldiagnosen oder falschem PatientInnenmanagement bestanden<sup>69</sup>.

### **1.3.9 Potentielle Langzeitfolgen von COVID-19 auf Orthopädie und Unfallchirurgie**

Zu Beginn des COVID-19-Ausbruchs bedienten sich die behandelnden ÄrztInnen der Erfahrungen, welche während der SARS-Pandemie im Jahr 2003 gemacht wurden. Beide Erkrankungen rufen teilweise, ungeachtet der unterschiedlichen Virulenz, schwere pulmonale Beteiligungen hervor. Die Behandlung des „Acute Respiratory Distress Syndrome“, kurz ARDS, umfasst üblicherweise die Kombination aus hochdosierten Corticosteroiden, antibiotischer und antiviraler Therapie sowie bei Bedarf beatmungsunterstützender Maßnahmen<sup>76</sup>.

Die verabreichten Medikamente sind jedoch mit bedeutenden Komplikationen vergesellschaftet, welche vor allem hinsichtlich potentieller Langzeitfolgen beachtet werden sollten. Die Gabe hochdosierter Glucocorticoide reduzieren zwar beispielsweise die Entwicklung inflammatorischer Pneumonien und pulmonaler Fibrosen im Rahmen der SARS- oder COVID-19-Infektion, können jedoch bei prolongierter Verabreichung Immunsuppression, Infektionen, Osteoporose und Osteonekrosen verursachen<sup>40,77</sup>.

Zudem darf aufgrund aktueller Studienlage zusätzlich davon ausgegangen werden, dass eine SARS-CoV2-Infektion aufgrund spezieller Protein-Sequenzen des Virus möglicherweise eine

direkte Auswirkung auf den Knochenstoffwechsel haben könnte. So berichteten Obitsu et al. von einer erhöhten Bildung von Osteoklasten bei PatientInnen mit SARS-Infektionen<sup>78</sup>.

Vor allem in Orthopädie und Unfallchirurgie sollten den potentiellen Langzeitfolgen und Komplikationen Beachtung geschenkt werden. Im Rahmen eines umfangreichen Reviews bezogen Patel et al.<sup>76</sup> Stellung zur Entwicklung und dem Management von Osteonekrosen, welche entweder direkt COVID-19-assoziiert sind oder aufgrund der medikamentösen Therapie auftreten können. Osteonekrosen treten, je nach untersuchtem Kollektiv, bei 9% - 40% aller mit Glucocorticoiden behandelten PatientInnen auf und sind nicht zwingendermaßen auch mit Osteoporose vergesellschaftet<sup>79</sup>. Im Zuge des SARS-Ausbruchs im Jahr 2003 zeigten sich bei 5% - 58% der PatientInnen Osteonekrosen nach vorangegangener Glucocorticoidtherapie, wobei die häufigst beobachtete Lokalisation an Hüfte und Femurkopf dokumentiert werden konnte. Ca. 39% des PatientInnenkollektivs erlitt die Nekrosen bereits innerhalb der ersten Monate nach Verabreichung, weitere 19% im Verlauf der nächsten drei Jahre<sup>80-82</sup>.

Als prädisponierende Faktoren ließen sich eine kumulative Cortison-Dosis von  $\geq 3000\text{mg}$  oder eine tägliche Maximaldosis von 200 mg über einen Zeitraum von 25 Tagen ermitteln, insbesondere bei PatientInnen, welche jünger als 50 Jahre waren<sup>76</sup>.

Da sich die klinische Manifestation und Symptomatik bei Osteonekrosen mannigfaltig darstellt ist eine akkurate Diagnostik unerlässlich. Die Wahrnehmung von Schmerz in betroffenen Gelenken kann sich zunächst unspezifisch darstellen und sollte bei entsprechender Anamnese mittels Magnetresonanztomographie näher evaluiert werden. Griffith et al. berichteten von PatientInnen mit unspezifischen Gelenksschmerzen nach überstandener SARS-Infektion. Bei  $> 80\%$  der Untersuchten ließen sich kernspintomographisch keinerlei Anzeichen für osteonekrotische Prozesse detektieren<sup>81</sup>. Dieser Umstand scheint hinsichtlich der Tatsache, dass virale Infektionen nach Ausheilung des Öfteren mit unspezifischen Gelenksschmerzen vergesellschaftet sind, durchaus plausibel. Dennoch gilt die differenzierte Abklärung als unerlässlich. Das MRT erweist sich als zuverlässige Untersuchungsmöglichkeit bei der weiterführenden Abklärung, da sich vor allem in der T1-gewichteten Sequenz osteonekrotische Areale deutlich abgrenzen lassen. Die klinische Präsentation gibt zudem wichtige Hinweise auf die Lokalisation der Pathologie. PatientInnen mit Hüftkopfnekrosen zeigen sich zumeist symptomatisch, wohingegen bei Osteonekrosen im Knie oftmals asymptomatische Verläufe dokumentiert werden können<sup>76,81</sup>.

Hinsichtlich des Managements bei radiologisch verifizierter Osteonekrose ergeben sich unterschiedliche Behandlungsmöglichkeiten, je nach Ausprägung des Befundes und in

Zusammenschau der klinischen Präsentation. Da es sich um eine progressive Erkrankung mit deutlich immobilisierendem Outcome handelt, erscheint in vielen Fällen die endoprothetische Versorgung unumgänglich. Hinsichtlich der Haltbarkeit von Endoprothesen und der daraus resultierenden hohen Wahrscheinlichkeit an Revisionseingriffen sollte daher vor allem bei jüngeren Betroffenen dem nichtoperativen Management der Vorzug gegeben werden. Mögliche Behandlungsansätze wären, trotz divergierender Datenlage bezüglich des Outcomes, zum Beispiel Observanz, Mobilisierung unter Teilbelastung sowie Behandlung mit Biphosphonaten, Statinen und Prostaglandinen sowie die Anwendung von hyperbarer Sauerstofftherapie, kurz „HBO“, und extrakorporaler Stoßwellentherapie<sup>76,83,84</sup>.



*Abbildung 7:* Aseptische Hüftkopfnekrose in a/p Projektion.



*Abbildung 8:* Aseptische Hüftkopfnekrose in Lauenstein-Aufnahme.

In vorliegender Literatur wird bezüglich des Outcomes beschrieben, dass Osteonekrosen nach SARS-Infektionen bei PatientInnen über längere Zeit in Ausdehnung und Lokalisation stabil bleiben und ggf. sogar rückläufige Tendenzen zeigen. Drei Jahre nach Glucocorticoid-Therapie zeigt die Mehrheit der betroffenen PatientInnen potentielle Regressionen. Die Möglichkeit erhöhter Raten an Osteonekrosen, vor allem bei jüngeren PatientInnen nach COVID-19-Infektion, sollte dennoch auch als potentielle Langzeitfolge in Betracht gezogen und gegebenenfalls adäquat diagnostiziert und therapiert werden<sup>76</sup>.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden retrospektiven, monozentrischen Studie war Erhebung und Evaluierung möglicher Unterschiede im Kollektiv aller durchgeführten Hospitalisierungen im Zeitraum zwischen 16. März und 16. Mai 2020 im Vergleich zu den identen Zeiträumen der beiden Vorjahre 2018 und 2019 an der Universitätsklinik für Orthopädie der Universität Regensburg.

Bedeutsam war, die jeweiligen Unterschiede innerhalb der Subgruppen herauszuarbeiten, um ein besseres Verständnis zur Indikationsstellung orthopädischer und unfallchirurgischer Operationen und Hospitalisierungen während einer Pandemie zu erlangen. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, potentielle OP-Indikationen in Ausnahmesituationen adäquat zu klassifizieren und ein Modell zur Erleichterung der Indikationsstellung zu erarbeiten. Eine vergleichbare Studie wurde von Wong et al. durchgeführt<sup>53</sup>. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können als Grundlage für nachfolgende Arbeiten dienen.

Zudem handelt es sich um eine Outcome-Analyse und Qualitätskontrolle der medizinischen Versorgung beim Auftreten von SARS-CoV-2 an der Universitätsklinik für Orthopädie der Universität Regensburg in Zeiten einer globalen Pandemie.

### 2.2 Studiendesign

Die vorliegende explorativ angelegte, retrospektive Kohortenstudie analysierte PatientInnen, die sich zwischen dem 16. März und dem 16. Mai 2020 und dem gleichen Zeitraum der Vorjahre 2018 und 2019 einer operativen Therapie oder einer konservativen Behandlung im Rahmen einer Hospitalisierung an der Universitätsklinik für Orthopädie der Universität Regensburg unterzogen.

Zur Gewinnung jener PatientInnendaten, die auch den Einschlusskriterien genügten, wurden zu Beginn die Operationspläne der Abteilung durchsucht. In einem weiteren Schritt wurden die relevanten Parameter und Variablen, wie Diagnosen, Alter, Geschlecht, Intervention, therapeutisches Vorgehen, Aufenthaltsdauer, Komorbiditäten und Eingriffsraten, d.h. alle erforderlichen Informationen den hinterlegten und archivierten PatientInnendaten, dem ORBIS entnommen. Das PatientInnenkollektiv wurde im Rahmen des Datenmanagements in drei Gruppen entsprechend der Jahre 2018, 2019 und 2020 kategorisiert.

Nachdem alle relevanten Daten anhand einer entsprechenden SPSS®-Datenmatrix aufgezogen und auf Korrektheit sowie Plausibilität geprüft worden waren, konnten die statistischen Auswertungen erfolgen.

### 2.2.1 PatientInnen

Einzuschließen waren all jene PatientInnen, unabhängig ihrer Diagnose, die an der Universitätsklinik für Orthopädie der Universitätsklinik Regensburg im Asklepios Klinikum Bad Abbach zwischen 16. März und 16. Mai 2020 sowie des gleichen Zeitraumes der Vorjahre 2018 und 2019 eine chirurgische Behandlung oder akute Hospitalisierung, im Rahmen diagnostischer und konservativer Maßnahmen, erhalten haben. Wir erwarteten ursprünglich etwa 1200 Datensätze. Da es sich um eine rein exploratorische, retrospektive Studie handelt, war eine formale Fallzahlberechnung im Rahmen einer Poweranalyse nicht erforderlich. Im Folgenden sind jene Ein- und Ausschlusskriterien angeführt, welche die Gültigkeit eines einzuschließenden Falles für die nachfolgenden statistischen Analysen festlegten.

### 2.2.2 Einschlusskriterien

Einzuschließen waren alle PatientInnen mit operativen Eingriffen (ambulant/stationär) sowie all jene PatientInnen im Rahmen notfallmäßiger Hospitalisierung für konservative Maßnahmen welche im Zeitraum

- ⇒ 16. März – 16. Mai 2018
- ⇒ 16. März – 16. Mai 2019
- ⇒ 16. März – 16. Mai 2020

an der Klinik für Orthopädie der Universität Regensburg, dem Asklepios Klinikum Bad Abbach behandelt wurden. Anzumerken ist, dass im Beobachtungszeitraum multiple Aufnahmen bei einzelnen PatientInnen zu verzeichnen waren.

### 2.2.3 Ausschlusskriterien

- ⇒ Fälle außerhalb der definierten Zeiträume
- ⇒ Fälle mit unvollständigen Krankenakten
- ⇒ Ambulante PatientInnen

## 2.3 Parameter

Die Hauptzielparameter wurden definiert als:

- ⇒ Notfall- versus Elektiveingriffe
- ⇒ Art der Operationsindikation

Der zugrundeliegenden Forschungsfrage entsprechend, ob und inwieweit unterschiedliche Parameter die Indikationsstellung zur operativen Versorgung während einer Pandemie beeinflussen, war folgendes Hypothesenpaar abzuleiten und zu formulieren.

Die *Nullhypothese* ( $H_0$ ) lautet: Demographische und eingriffsspezifische Parameter unterscheiden sich nicht in den untersuchten Kollektiven zwischen den Beobachtungszeiträumen.

Die *Alternativhypothese* ( $H_1$ ) lautet: Demographische und eingriffsspezifische Parameter unterscheiden sich in den untersuchten Kollektiven zwischen den Beobachtungszeiträumen.

Neben den Hauptzielparametern wurden die Baseline-Charakteristika erhoben. Dabei handelte es sich um Alter, Geschlecht, Grund der Hospitalisierung, Art der Operation, Komorbiditäten (Hypertonie, KHK, Nierenversagen, Diabetes mellitus Typ II, PAVK, Vorhofflimmern, Rheuma, Polyneuropathie, Karzinomerkrankungen, Adipositas), Aufenthaltsdauer, Zahl der Operationen sowie Interventionstechnik.

## **2.4 Nutzen- und Risikoevaluierung**

Die in vorliegender Studie eingeschlossenen PatientInnen haben keinen direkten Nutzen aus der Erhebung. Da es sich um eine rein retrospektive Auswertung ihrer Daten handelte, war zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung ein Risiko zu erwarten. Das einzig mögliche Risiko, das Bekanntwerden sensibler PatientInnendaten, wurde durch die Pseudonymisierung und Zugriffsbeschränkung minimiert, sodass aus den Ergebnissen keinerlei Rückschlüsse auf individuelle PatientInnen gezogen werden können. Demnach können die ethischen Aspekte als erfüllt betrachtet werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie mögen auch als Grundlage zur weiteren Hypothesengenerierung nachfolgender Studien dienen.

## **2.5 Datenschutz**

Alle PatientInnenprotokolle wurden im Rahmen der Datenerhebung fortlaufend nummeriert und für weitere Auswertungsvorgänge pseudonymisiert. Ausschließlich autorisierte Personen haben Zugriff auf die sensiblen Daten und Einträge. Die Datenmatrix wurde auf einem PC mit Zugangsbeschränkung an der Universitätsklinik für Orthopädie der Universität Regensburg gespeichert.

## **2.6 Statistische Analysen**

Die deskriptiv- und inferenzstatistischen Auswertungen wurden mit der Statistiksoftware IBM SPSS® Version 28 (IBM, Armonk, NY) für Mac® OSX vorgenommen. Zur Erstellung von Grafiken und Abbildungen wurden die Software-Programme Microsoft Excel® sowie IBM SPSS® herangezogen.

Das Signifikanzniveau wurde, entsprechend der Irrtumswahrscheinlichkeit (Fehler 1. Art), mit  $\alpha = 5\%$  vorab festgelegt, sodass im schließenden Teil der Statistik ein Ergebnis mit  $p \leq ,05$  als



signifikant bezeichnet wird. Bei multiplen Testen wurde darüber hinaus die Bonferroni-Adjustierung ( $\alpha^* = 0,05 / k$ ;  $k =$  Anzahl der durchgeführten Tests) angewendet, um das unerwünschte Anwachsen des Alpha-Fehlers zu vermeiden<sup>85</sup>.

Für die Interpretation der inhaltlichen Relevanz von signifikanten Ergebnissen wurden gegebenenfalls Effektgrößen gemäß der Klassifikation nach Cohen herangezogen<sup>86</sup>. Demnach werden für das standardisierte Effektmaß  $r$  Wertebereiche  $\geq ,10$  als klein,  $\geq ,30$  als moderat und  $\geq ,50$  als deutlich bezeichnet<sup>87</sup>. Dieses Effektstärkenmaß wurde im Rahmen von U-Tests anhand des Ausdrucks  $r = z / \sqrt{N}$  ermittelt<sup>88</sup>.

### 2.6.1 Beschreibende Statistik

Im Rahmen der Deskriptivstatistik wurden für metrische Parameter die Kennwerte arithmetisches Mittel ( $M$ ), Standardabweichung ( $SD$ ), Minimum (min), Maximum (max) sowie das alternative Lagemaß Median ( $Md$ ) mit dem zugehörigen Streuungsmaß Interquartilsabstand (IQR) ermittelt und angeführt. Zur Darstellung der Verteilung metrischer Parameter wurden entsprechend Histogramme und Boxplots erstellt. Für die Kategorien nominalskaliert Variablen wurden die Häufigkeiten ( $n$ ) und die Anteilswerte (%) berechnet. Zur Illustration der Verhältnisse wurden gestapelte Balkendiagramme angefertigt.

Um auch die Lage des Erwartungswerts von Wahrscheinlichkeiten in der Grundgesamtheit abschätzen zu können, wurden entsprechend 95%-Konfidenzintervalle [KI] anhand des Ausdrucks

$$\tilde{\pi} = p \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

erstellt. Für die Bereichsschätzung wurde der zugehörige, zweiseitige  $z$ -Wert von 1,96 eingesetzt, womit die untere und die obere Schranke der Schwankungsbreite definiert sind<sup>89</sup>.

### 2.6.2 Schließende Statistik

Im Rahmen der Inferenzstatistik wurde zur Prüfung der Unterschiedlichkeit zumindest ordinalskaliert Parameter im Vergleich von zwei Stichproben der parameterfreie U-Test nach Mann und Whitney herangezogen. Dieses Rangsummenverfahren verhält sich gegenüber schiefen Datenverteilungen robust und wird in diesem Fall dem t-Test für unabhängige

Stichproben vorgezogen. Der U-Test prüft die Permutation der gemeinsam geordneten Rangplätze aus beiden Stichproben auf Inversion; die Prüfgröße unterliegt einer  $z$ -Verteilung<sup>89</sup>.

Zur Prüfung der Unterschiedlichkeit von zumindest ordinalskalierten Daten im Vergleich von mehr als zwei Stichproben wurde die parameterfreie Rangvarianzanalyse nach Kruskal-Wallis verwendet und wurde im Fall von schiefverteilten Messwerten der einfaktoriellen Varianzanalyse vorgezogen. Die Prüfgröße  $H$  ist Chi-Quadrat-verteilt<sup>88</sup>.

Zur Untersuchung von Zusammenhängen der Kategorien von zwei nominalskalierten Variablen auf Basis von Kreuztabellen wurde die Chi-Quadrat-Testung herangezogen. Bei einer signifikanten Assoziation weist die Prüfgröße  $\chi^2$ , unter Berücksichtigung der zugehörigen Freiheitsgrade  $df$ , auf einen Unterschied der empirisch beobachteten Häufigkeiten gegenüber den theoretisch zu erwartenden hin. In diesem Fall kann ein Verteilungsunterschied der Kategorien der abhängigen Variablen bezüglich der unabhängigen angenommen werden. Die Interpretation der Abweichungen erfolgte über die  $z$ -standardisierten Residuen, wobei als kritischer Wert  $|1,96|$  zu beachten war<sup>89</sup>. Sofern in mehr als 20% der Zellen einer Kreuztabelle der Erwartungswert  $<5$  lag, erfolgte die Korrektur der Prüfgröße  $\chi^2$  mittels exaktem Test nach Fisher (c.F.)<sup>86</sup>.

Ebenfalls mittels Chi-Quadrat-Testung wurden die Häufigkeiten von Kategorien nominalskalierten Variablen auf Gleichverteilung innerhalb der Stichprobe untersucht, d.h. gegenüber einem Erwartungswert verglichen<sup>89</sup>.

### 3 Resultate

In diesem Kapitel erfolgt zunächst die Darlegung der PatientInnencharakteristika innerhalb der Stichprobe und daran anschließend die Darstellung der Ergebnisse zur Beantwortung der zentralen Forschungsfrage.

#### 3.1 PatientInnen

Innerhalb der Gesamtstichprobe waren insgesamt 1171 Aufnahmen bei 1122 (95,8%) PatientInnen zu beobachten. Hiervon erfolgte bei 1074 PatientInnen eine einmalige Aufnahme, bei 47 PatientInnen eine zweimalige und bei einem Fall eine dreimalige Hospitalisierung. Das mittlere PatientInnenalter lag bei den Erstaufnahmen bei  $56,9 \pm 19,1$  ( $Md = 59,4$ ) Jahren, wie auch Tabelle 1 zeigt.

Geschlecht	n (Anteilswert)	$M \pm SD$	min - max	$Md$	IQR	mittlerer Rang
weiblich	608 (54,2%)	$57,8 \pm 19,4$	0,3 – 92,0	61,0	48,7; 72,4	580,88
männlich	514 (45,8%)	$55,9 \pm 18,6$	0,1 – 95,6	58,8	47,5; 69,2	538,57
Gesamt	1122 (100%)	$56,9 \pm 19,1$	0,1 – 95,6	59,4	48,0; 71,0	

Tabelle 1: Kennwerte des Lebensalters bei der ersten Aufnahme unter Berücksichtigung des PatientInnengeschlechts.

Die Prüfung der Unterschiedlichkeit des Lebensalter bezüglich des Geschlechts mittels U-Test zeigte einen signifikant höheres Alter bei weiblichen Patientinnen mit einer medianen Differenz von 2,2 Jahren gegenüber Männern,  $z = -2,179$ ,  $p = ,029$ . Die entsprechende Altersstruktur ist in Abbildung 9 veranschaulicht.

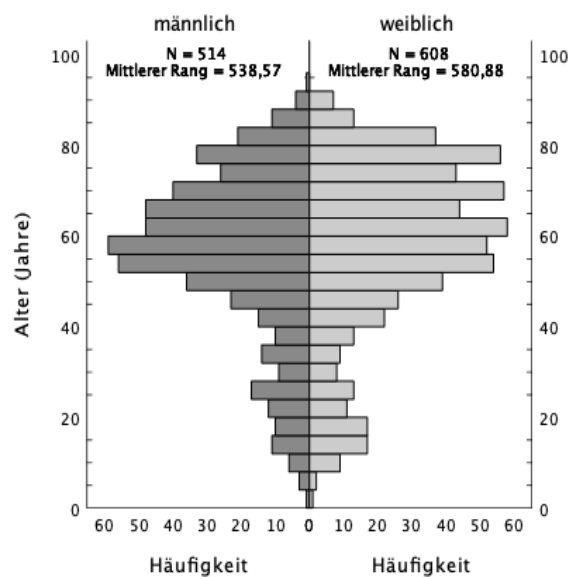


Abbildung 9: Verteilung des Lebensalters bei der ersten Aufnahme unter Berücksichtigung des PatientInnengeschlechts (n = 1122).

Die Altersstruktur und Geschlechterverteilung von sämtlichen PatientInnenaufnahmen in den Beobachtungszeiträumen ist in Tabelle 2 dargestellt, wobei sowohl der Gesamtbeobachtungszeitraum als auch die Unterteilung in „prä-Lockdown“ (2018-2019) vs. „Lockdown“ (2020) Berücksichtigung findet.

Geschlecht	n (Anteilswert)	$M \pm SD$	min - max	$Md$	IQR
Gesamtbeobachtungszeitraum 2018-2020					
weiblich	635 (54,2%)	$57,8 \pm 19,4$	0,3 – 92,0	60,9	49,0; 72,4
männlich	536 (45,8%)	$55,9 \pm 18,6$	0,1 – 95,6	58,6	47,1; 69,3
Gesamt	1171 (100%)	$56,9 \pm 19,1$	0,1 – 95,6	59,3	47,7; 70,9
2018/2019					
weiblich	567 (54,3%)				
männlich	477 (45,7%)				
Gesamt	1044 (100%)	$57,2 \pm 19,1$	0,1 – 95,6	59,6	48,8; 71,1
2020					
weiblich	68 (53,5%)				
männlich	59 (46,5%)				
Gesamt	127 (100%)	$53,5 \pm 20,2$	10,8 – 92,0	55,7	37,7; 69,8

Tabelle 2: Kennwerte des Lebensalters aller Aufnahmen unter Berücksichtigung des PatientInnen-geschlechts (Häufigkeiten und Anteilswerte, Spaltenprozentage).

Der Frauenanteil unter allen Aufnahmen lag mit 54,2%, 95%-KI [51,4%; 57,1%] über jenem der Männer. Die Prüfung auf Gleichverteilung der Geschlechter zeigte mit  $\chi^2(1) = 8,37$ ,  $p = ,004$  entsprechend einem signifikantem Ergebnis.

Unter Berücksichtigung der beiden Beobachtungszeiträume 2018/19 vs. 2020 zeigte sich zudem, dass sich der höhere Frauenanteil nicht signifikant verschoben hat,  $\chi^2(1) = 0,03$ ,  $p = ,870$ . Die mediane Differenz, dass im Jahr 2020 das Aufnahmekollektiv um median 3,9 Jahre jünger war, fiel anhand des entsprechenden U-Tests mit  $z = -1,963$ ,  $p = ,051$  lediglich tendenziell signifikant aus. Der zugehörige Effekt mit  $r = -,06$  kann als sehr klein bezeichnet werden.

### 3.2 Analyseresultate

Die Untersuchung der Aufnahmezahlen in den drei Beobachtungszeiträumen der Jahre 2018, 2019 und 2020 mittels Chi-Quadrat-Test ergab mit  $\chi^2(2) = 266,50$ ,  $p < ,001$  ein signifikantes Ergebnis, sodass keine Gleichverteilung anzunehmen war. Während im Jahr 2018 in den Beobachtungszeiträumen März bis Mai insgesamt 520 und im Jahr 2019 insgesamt 524 Aufnahmen zu verzeichnen waren, lag diese Anzahl im Jahr 2020 mit 127 deutlich unter dem mittleren Erwartungswert der drei Jahre von 390,3 PatientInnenaufnahmen, d.h. gegenüber dem Mittel von 522 Aufnahmen der beiden Jahre 2018 und 2019 entsprach das Jahr 2020 mit 127 aufgenommenen PatientInnen einer Rate von 24,3%.

Die zusätzliche Berücksichtigung der Aufnahmeindikationen *elektiv* und *Notfall*, wie in Tabelle 3 zusammenfassend dargestellt, wurde mittels Chi-Quadrat-Testung untersucht.

Aufnahmemodus	Jahr			Gesamt
	2018	2019	2020	
elektiv	466 (89,6%) 443,2 (1,1)	465 (88,7%) 446,6 (0,9)	67 (52,8%) 108,2 (-4,0)	998 (85,2%)
Notfall	54 (10,4%) 76,8 (-2,6)	59 (11,3%) 77,4 (-2,1)	60 (47,2%) 18,8 (9,5)	173 (14,8%)
Gesamt (100%)	520	524	127	1171

Tabelle 3: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozentage) der beiden Aufnahmemodi bezüglich der drei Jahrgänge unter Berücksichtigung der Erwartungswerte und standardisierten Residuen.

Die entsprechende Prüfgröße weist auf einen signifikanten Verteilungsunterschied der Aufnahmemodi in Abhängigkeit der Jahre hin,  $\chi^2(2) = 266,50$ ,  $p < ,001$ . Unter Berücksichtigung der standardisierten Residuen gegenüber dem kritischen  $z$ -Wert von  $|1,96|$  zeigte sich für das Jahr 2020 mit  $z = -4,0$  eine wesentlich geringere elektive Aufnahmerate von 52,8% im Vergleich mit den Vorjahren. Die elektive Aufnahmerate der beiden Jahre 2018 und 2019 betrug durchschnittlich 89,2%. Die Abbildung 10 veranschaulicht die Proportionen der Aufnahmezahlen im Verlauf der drei Jahre. Zu erkennen ist zudem, dass die absolute Anzahl an Notfallaufnahmen mit Werten zwischen 54 und 60 jeweils nur geringfügig vom Durchschnitt (57,7) abweicht.

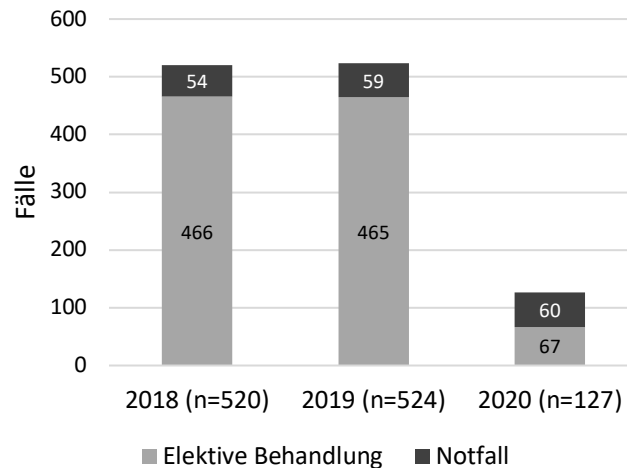


Abbildung 10: Häufigkeiten der beiden Aufnahmeindikationen in den drei Beobachtungszeiträumen der Jahre 2018 bis 2020 (n = 1171).

Die zusätzliche Berücksichtigung der Behandlungsoptionen *konservativ* und *operativ*, wie in Tabelle 4 zusammenfassend dargestellt, wurde ebenfalls mit Chi-Quadrat-Testung analysiert.

Behandlungsmodus	Jahr			Gesamt
	2018	2019	2020	
konservativ	108 (20,8%)	99 (18,9%)	13 (10,2%)	220 (18,8%)
	97,7 (1,0)	98,4 (0,1)	23,9 (-2,2)	
operativ	412 (79,2%)	425 (81,1%)	114 (89,8%)	951 (81,2%)
	422,3 (-0,5)	425,6 (0)	103,1 (1,1)	
Gesamt (100%)	520	524	127	1171

Tabelle 4: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozent) der Behandlungsmodi bezüglich der drei Jahrgänge unter Berücksichtigung der Erwartungswerte und standardisierten Residuen.

Die entsprechende Prüfgröße weist auf einen signifikanten Verteilungsunterschied der Aufnahmemodi in Abhängigkeit der Jahre hin,  $\chi^2(2) = 7,429$ ,  $p = ,024$ . Unter Berücksichtigung der standardisierten Residuen gegenüber dem kritischen z-Wert von  $|1,96|$  zeigte sich für das Jahr 2020 mit  $z = -2,2$  eine verminderte konservative Behandlungsrate von 10,2% im Vergleich zu den Vorjahren. Die konservative Behandlungsrate der beiden Jahre 2018 und 2019 betrug durchschnittlich 19,8%. Die Abbildung 11 veranschaulicht die Proportionen dieser Aufnahmeindikationen im Verlauf der drei Jahre innerhalb der Beobachtungszeiträume. Zu erkennen ist zudem, dass die absolute Behandlungsanzahl im Jahr 2020 sowohl konservativ als auch operativ deutlich geringer ausfiel. Das Verhältnis konservativer vs. operativer Behandlungsmodalität zeigte sich demnach im Jahr 2020 verschoben.

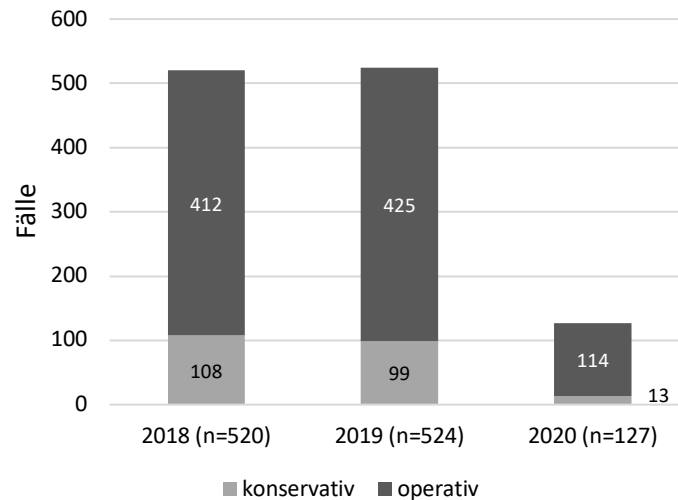


Abbildung 11: Häufigkeiten der operativen und konservativen Aufnahmen in den drei Beobachtungszeiträumen der Jahre 2018 bis 2020 (n = 1171).

Innerhalb der 951 verzeichneten Operationen wurde die mittlere Anzahl an Eingriffen pro Jahrgang gegenübergestellt. Die Prüfung der Unterschiedlichkeit erfolgte unter Berücksichtigung der schiefen Datenverteilung mittels Kruskal-Wallis-Test auf Grundlage der Tabelle 5.

Jahr	n	$M \pm SD$	min - max	$Md$	mittlerer Rang
2018	412	1,03 ± ,27	1 - 4	1,0	469,29
2019	425	1,05 ± ,26	1 - 3	1,0	476,76
2020	114	1,17 ± ,98	1 - 11	1,0	497,72
Gesamt	951	1,06 ± ,42	1 - 11	1,0	

Tabelle 5: Kennwerte der Operationsanzahl pro verzeichneter Aufnahme in den drei Jahren.

Die entsprechende Prüfgröße  $H$  weist auf einen signifikanten Unterschied der Operationshäufigkeit in den drei Jahren hin,  $\chi^2(2) = 9,655$ ,  $p = ,008$ . Post hoc paarweise Vergleiche der Jahre mittels U-Test, unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur  $\alpha^* = 0,0167$ , zeigten in der Gegenüberstellung der Jahre 2018 vs. 2020 mit  $p = ,002$  eine signifikant erhöhte OP-Anzahl für im Jahr 2020 aufgenommene Fälle mit einem kleinen Effekt ( $r = ,14$ ), während der Vergleich von 2019 mit 2020 mit  $p = ,046$  nur einen tendenziellen Unterschied mit einem sehr kleinen Effekt ( $r = ,09$ ) widerspiegelt.

Innerhalb der 1167 verzeichneten Aufnahmen mit dokumentierter Aufenthaltsdauer wurde die Hospitalisierungsdauer in Tagen ermittelt und pro Jahrgang gegenübergestellt. Die Prüfung der Unterschiedlichkeit erfolgte unter Berücksichtigung der schiefen Datenverteilung mittels Kruskal-Wallis-Test auf Grundlage der Tabelle 6.

Jahr	n	$M \pm SD$	min - max	$Md$	IQR	mittlerer Rang
2018	517	$6,3 \pm 5,2$	1 - 63	7,0	3,0; 8,0	591,59
2019	523	$6,5 \pm 5,2$	1 - 52	7,0	3,0; 9,0	599,39
2020	127	$7,1 \pm 12,2$	1 - 94	4,0	2,0; 7,0	489,71
Insgesamt	1167	$6,5 \pm 6,3$	1 - 94	7,0	3,0; 8,0	

Tabelle 6: Kennwerte der Aufenthaltsdauer (Tage) pro verzeichneter Aufnahme in den drei Jahren ( $n = 1167$ ).

Die entsprechende Prüfgröße  $H$  weist auf einen signifikanten Unterschied der Aufenthaltsdauern im Vergleich der drei Jahre hin,  $\chi^2(2) = 11,467$ ,  $p = ,003$ . Die paarweisen post hoc Vergleiche der Jahre mittels U-Test, unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur  $\alpha^* = 0,0167$ , zeigten in der Gegenüberstellung der Jahre 2018 vs. 2019 mit  $p = ,686$  keinen signifikanten Unterschied der Aufenthaltstage, während die Vergleiche von 2018 mit 2020 mit  $p = ,002$  einen signifikanten Unterschied mit einem kleinen Effekt ( $r = ,12$ ) und ebenso von 2019 mit 2020 mit  $p = ,001$  einen signifikanten Unterschied mit einem kleinen Effekt ( $r = ,13$ ) zeigen. Die Abbildung 12 veranschaulicht die Verteilung der Hospitalisierungstage bezüglich der drei untersuchten Zeiträume; im Jahr 2020 lag die mediane Aufenthaltsdauer im Vergleich zu den beiden vorangegangenen Erhebungszeiträumen um drei Tage niedriger.

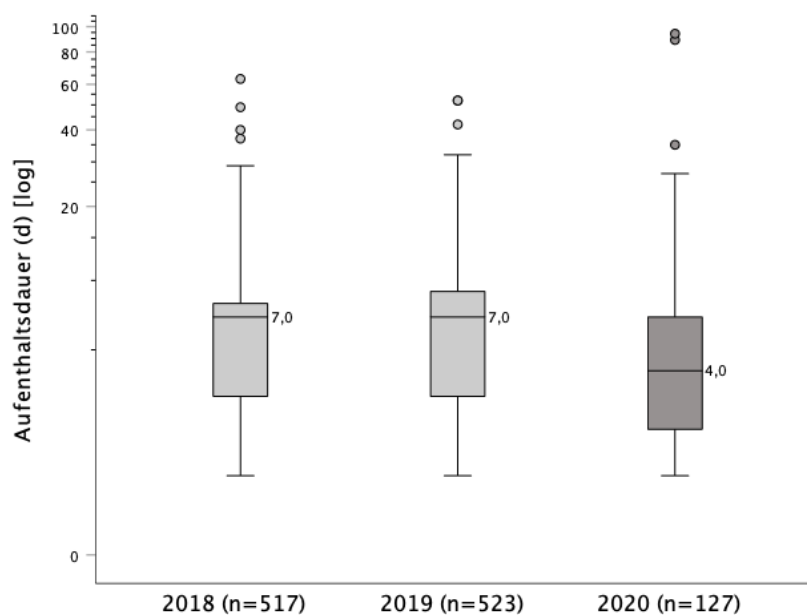


Abbildung 12: Hospitalisierungsdauer in Tagen (mit Median) bezüglich der drei Jahre.

Innerhalb der 946 verzeichneten Aufnahmen mit Operationsindikation und dementsprechend erhobenem ASA Score wurde die Verteilung pro Jahrgang ermittelt und anhand einer Chi-Quadrat-Testung vergleichend gegenübergestellt, wie die Tabelle 7 darlegt.



ASA Score	Jahr			Gesamt
	2018	2019	2020	
1	145 (35,4%)	108 (25,5%)	38 (33,6%)	291 (30,8%)
	126,1 (1,7)	130,1 (-1,9)	34,8 (0,5)	
2	194 (47,3%)	228 (53,9%)	58 (51,3%)	480 (50,7%)
	208,0 (-1,0)	214,6 (0,9)	57,3 (0,1)	
3	70 (17,1%)	86 (20,3%)	17 (15,0%)	173 (18,3%)
	75,0 (-0,6)	77,4 (1,0)	20,7 (-0,8)	
4	1 (0,2%)	1 (0,2%)	0	2 (0,2%)
	0,9 (0,1)	0,9 (0,1)	0,2 (-0,5)	
Gesamt (100%)	410	423	113	946

Tabelle 7: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozente) der erfassten ASA-Scores bezüglich der drei Jahrgänge unter Berücksichtigung der Erwartungswerte und standardisierten Residuen.

Die entsprechende Prüfgröße weist auf einen tendenziell signifikanten Verteilungsunterschied der ASA Scores in Abhängigkeit der Jahre hin,  $\chi^2(6) = 10,894$ ,  $p = ,092$ . Unter Berücksichtigung der standardisierten Residuen zeigte sich für das Jahr 2019 mit  $z = -1,9$  ein Trend zu einer geringeren Häufigkeit des ASA 1 Scores mit 25,5%, während für das Jahr 2020 keine auffälligen Abweichungen zu verzeichnen waren.

Von 173 notfallmäßigen Hospitalisierungen im gesamten Beobachtungszeitraum wurden 148 (85,5%) einer operativen Versorgung zugeführt. Es wurde die Verteilung der Notfall-OP-Indikationen pro Jahrgang ermittelt und anhand einer Chi-Quadrat-Testung vergleichend gegenübergestellt, wie die Tabelle 8 zeigt.

OP-Indikation	Jahr			Gesamt
	2018	2019	2020	
Fraktur	21 (36,2%)	18 (31,6%)	12 (36,4%)	51 (34,5%)
	20,0 (0,4)	19,6 (-0,6)	11,4 (0,3)	
Luxation	5 (8,6%)	2 (3,5%)	1 (3,0%)	8 (5,4%)
	3,1 (1,4)	3,1 (-0,8)	1,8 (-0,7)	
Luxationsfraktur	1 (1,7%)	1 (1,8%)	1 (3,0%)	3 (2,0%)
	1,2 (-0,2)	1,2 (-0,2)	0,7 (0,5)	
Septisch	7 (12,1%)	22 (38,6%)	13 (39,4%)	42 (28,4%)
	16,5 (-3,5)	16,2 (2,2)	9,4 (1,6)	
Neurologie	24 (41,4%)	14 (24,6%)	6 (18,2%)	44 (29,7%)
	17,2 (2,5)	16,9 (-1,1)	9,8 (-1,6)	
Gesamt (100%)	58	57	33	148

Tabelle 8: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozente) bezüglich der drei Jahrgänge unter Berücksichtigung der Erwartungswerte und angepassten standardisierten Residuen.

Die entsprechende Prüfgröße weist auf einen signifikanten Verteilungsunterschied der Notfallindikationen bezüglich der Jahre hin,  $\chi^2(\text{c.F.}) = 16,696$ ,  $p = ,018$ . Unter Berücksichtigung der angepassten standardisierten Residuen zeigte sich für das Jahr 2018 mit  $z = -3,5$  eine geringere relative Häufigkeit von Notfalloperationen aufgrund septischer Ereignisse mit 12,1% und dem gegenüber für 2019 ein erhöhter Anteil ( $z = +2,2$ ) mit 38,6%. Zudem war für das Jahr 2018 ein erhöhter Anteil ( $z = +2,5$ ) an Notfalloperationen aufgrund neurologischer Auffälligkeiten mit 41,4%. Aus dieser Gegenüberstellung können für das Jahr 2020 jedoch keine auffälligen Abweichungen im Vergleich mit den beiden Vorjahren abgeleitet werden.

Eine Übersicht zur Verteilung der Behandlungsarten der Aufnahmen in den drei Jahrgängen des Beobachtungszeitraumes bietet Tabelle 9. Die Abfolge der Behandlungsarten in absteigender Reihenfolge orientiert sich dabei an den Häufigkeiten des Jahres 2018.

Behandlungsart	2018		2019		2020		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
Wirbelsäule Schmerztherapie	101	19,4%	93	17,7%	10	7,9%	204	17,4%
Knietotalendoprothese	80	15,4%	66	12,6%	2	1,6%	148	12,6%
Hüfttotalendoprothese	69	13,3%	89	17,0%	14	11,0%	172	14,7%
Kniegelenksarthroskopie	58	11,2%	60	11,5%	23	18,1%	141	12,0%
Metallentfernung	22	4,2%	19	3,6%	14	11,0%	55	4,7%
Dekompression	18	3,5%	26	5,0%	2	1,6%	46	3,9%
Prothesenrevision	18	3,5%	25	4,8%	3	2,4%	46	3,9%
Rekonstruktive Eingriffe	15	2,9%	12	2,3%	10	7,9%	37	3,2%
Sonstige Fuß-OP	14	2,7%	11	2,1%	6	4,7%	31	2,6%
Tumorresektion	14	2,7%	9	1,7%	3	2,4%	26	2,2%
Osteotomie	13	2,5%	16	3,1%	0	-	29	2,5%
Arthrodes	12	2,3%	12	2,3%	1	0,8%	25	2,1%
Knochenresektion	12	2,3%	11	2,1%	4	3,1%	27	2,3%
Sonstige Wirbelsäulen-OP	11	2,1%	13	2,5%	5	3,9%	29	2,5%
Spondylodese	11	2,1%	3	0,6%	1	0,8%	15	1,3%
Sonstige Hand-OP	10	1,9%	19	3,6%	5	3,9%	34	2,9%
Arthrotomie	10	1,9%	6	1,1%	6	4,7%	22	1,9%
Sonstige Kinder-OP	10	1,9%	5	1,0%	1	0,8%	16	1,4%
Konserv. Schmerztherapie	7	1,3%	5	1,0%	2	1,6%	14	1,2%
ORIF	5	1,0%	6	1,1%	6	4,7%	17	1,5%
Kyphoplastie	5	1,0%	3	0,6%	2	1,6%	10	0,9%
VKB-Plastik	3	0,6%	6	1,1%	0	-	9	0,8%
Sonstiger Weichteileingriff	2	0,4%	4	0,8%	3	2,4%	9	0,8%
Wundrevision	0	-	3	0,6%	4	3,1%	7	0,6%
Schulterprothese	0	-	2	0,4%	0	-	2	0,2%
Gesamt	520	100,0%	524	100,0%	127	100,0%	1171	100,0%

Tabelle 9: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozente) der Aufnahmefälle bezüglich der Behandlungsmodalität in den drei Jahrgängen und insgesamt (N = 1171).

Die Gegenüberstellung der Anteilswerte des Jahres 2020 mit jenen der Jahre 2018 und 2019 weist auf eine Verschiebung der Behandlungsarten hin, womit eine unterschiedliche Gewichtung der durchgeführten Behandlungsmodalität innerhalb des Lockdowns zu verzeichnen ist, wie auch Abbildung 13 veranschaulicht.

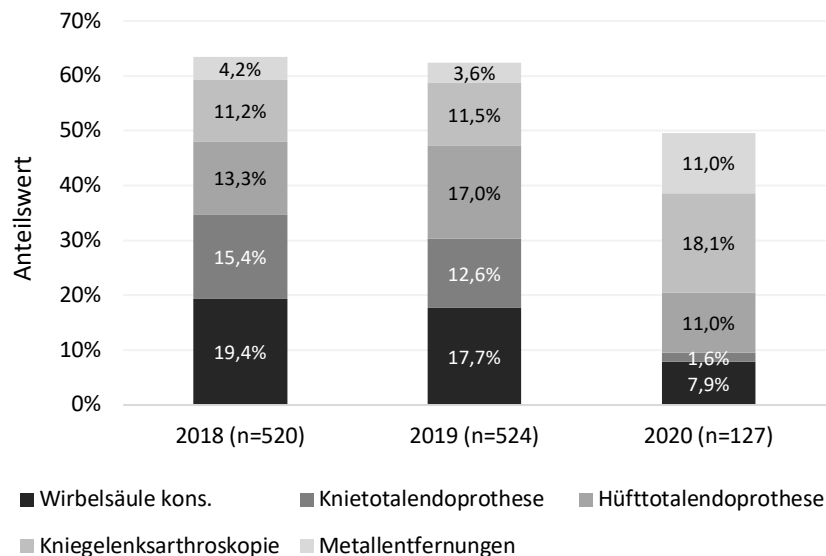


Abbildung 13: Anteilswerte der häufigsten Behandlungsarten in den drei Jahrgängen.

Eine Übersicht zur Verteilung der Komorbiditäten der Aufnahmen in den drei Jahrgängen des Beobachtungszeitraumes bietet Tabelle 10, wobei erklärend der angeführte Prozentwert das Ausmaß der Komorbidität im jeweiligen Beobachtungsjahr anzeigt. Die Abfolge der Begleiterkrankungen in absteigender Reihenfolge orientiert sich dabei an den Häufigkeiten des Jahres 2018. Aufgrund des univariaten Berechnungsansatzes sind multiple Komorbiditäten einzelner PatientInnen in dieser Zusammenstellung je Begleiterkrankung enthalten.

Komorbidität	Jahr			Gesamt N = 1171	p-Wert
	2018 n = 520	2019 n = 524	2020 n = 127		
Arterielle Hypertonie	144 (27,7%)	206 (39,3%)	48 (37,8%)	398 (34,0%)	< ,001**
Diabetes mellitus Typ II	38 (7,3%)	61 (11,6%)	13 (10,2%)	112 (9,6%)	,057°
Koronare Herzkrankheit	31 (6,0%)	35 (6,7%)	11 (8,7%)	77 (6,6%)	,541
Rheuma	26 (5,0%)	30 (5,7%)	4 (3,1%)	60 (5,1%)	,491
Vorhofflimmern	22 (4,2%)	25 (4,8%)	6 (4,7%)	53 (4,5%)	,910
Adipositas	14 (2,7%)	29 (5,5%)	8 (6,3%)	51 (4,4%)	,042*
Karzinom	14 (2,7%)	18 (3,4%)	3 (2,4%)	35 (3,0%)	,708
COPD	8 (1,5%)	10 (1,9%)	4 (3,1%)	22 (1,9%)	,486
Niereninsuffizienz	7 (1,3%)	22 (4,2%)	5 (3,9%)	34 (2,9%)	,018*
Polyneuropathie	1 (0,2%)	7 (1,3%)	6 (4,7%)	14 (1,2%)	< ,001**

\*\*  $p \leq ,01$ , \*  $p \leq ,05$ , °  $p \leq ,10$  (Tendenz)

Tabelle 10: Häufigkeiten und Anteilswerte von Komorbiditäten bezüglich der pro Jahr in den drei Beobachtungszeiträumen aufgenommenen PatientInnen und insgesamt (N = 1171).

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass arterielle Hypertonie, Adipositas, Niereninsuffizienz sowie Polyneuropathie einen signifikanten und darüber hinaus Diabetes mellitus Typ II einen tendenziellen Verteilungsunterschied über die Beobachtungszeiträume der drei Jahre entwickelten.

Die Abbildung 14 illustriert die Anteilswerte der Begleiterkrankungen in absteigender Reihenfolge und orientiert sich dabei an der Verteilung des Jahres 2018. Multiple Komorbiditäten einzelner PatientInnen sind aufgrund der univariaten Betrachtung in dieser grafischen Zusammenstellung berücksichtigt.

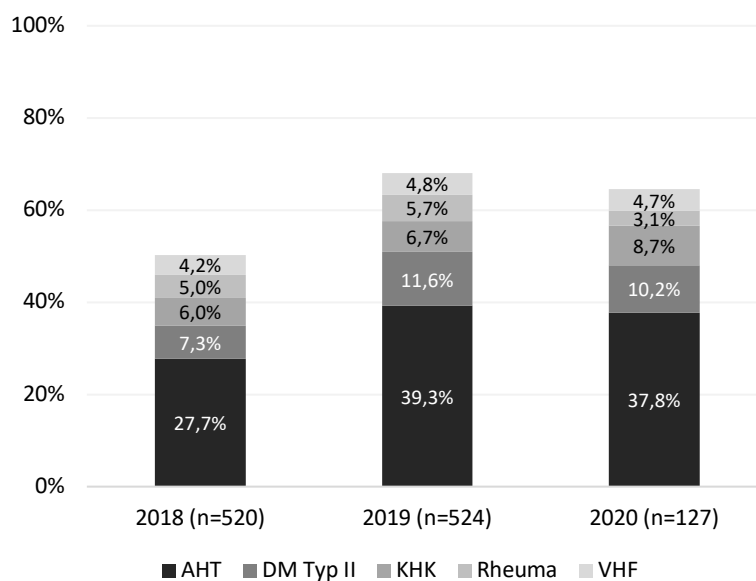


Abbildung 14: Anteilswerte der häufigsten Komorbiditäten (multiple Eintragungen möglich) in den drei Jahrgängen.

Die Zusammenfassung zur Komorbiditätenanzahl kann der Tabelle 11 entnommen werden.

Jahr	Anzahl der Nebenerkrankungen						Gesamt (100%)
	0	1	2	3	4	5	
2018	337 (64,8%)	98 (18,8%)	54 (10,4%)	25 (4,8%)	5 (1,0%)	1 (0,2%)	520
2019	282 (53,8%)	111 (21,2%)	85 (16,2%)	27 (5,2%)	13 (2,5%)	6 (1,1%)	524
2020	69 (54,3%)	29 (22,8%)	16 (12,6%)	7 (5,5%)	4 (3,1%)	2 (1,6%)	127
Gesamt	688 (58,8%)	238 (20,3%)	155 (13,2%)	59 (5,0%)	22 (1,9%)	9 (0,8%)	1171

Tabelle 11: Häufigkeiten und Anteilswerte (Zeilenprozente) zur Anzahl der Komorbiditäten in den Beobachtungszeiträumen der drei Jahre.

Die vergleichsweise größte Gruppe wies keine Nebenerkrankungen auf, wobei die Anteilswerte in den drei Jahren zwischen 53,8% und 64,8% lagen. Darüber hinaus wurden die gemittelten Komorbiditäten pro Aufnahmefall analysiert, wie die Tabelle 12 zusammenfassend zeigt.

Jahr	n	$M \pm SD$	min - max	$Md$	mittlerer Rang
2018	520	0,59 ± 0,95	0 - 5	0	546,44
2019	524	0,85 ± 1,14	0 - 5	0	618,49
2020	127	0,85 ± 1,19	0 - 5	0	613,93
Insgesamt	1171	0,73 ± 1,07	0 - 5	0	

Tabelle 12: *Gemittelte Komorbiditäten pro Aufnahmefall in den Beobachtungszeiträumen der drei Jahre.*

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied der gemittelten Komorbiditätenanzahl anhand der Prüfgröße  $H$  des Kruskal-Wallis-Tests,  $\chi^2(2) = 16,304$ ,  $p < ,001$ . Die Prüfung der Unterschiedlichkeit mit paarweisen Vergleichen der Jahre post hoc mittels U-Test, unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur  $\alpha^* = 0,0167$ , erbrachte nur im Vergleich der Beobachtungszeiträume eine signifikante Steigerung für 2019 gegenüber 2018 mit einem kleinen Effekt von  $r = ,12$ ,  $p < ,001$ .

## 4 Diskussion

Der im Dezember 2019 erstmalig aus Proben von PatientInnen mit atypischer Pneumonie isolierte Erreger SARS-CoV-2 breitete sich mit unglaublicher Rasananz über den Globus aus und stellte das weltweite Gesundheitssystem vor bisher nie dagewesenen Herausforderungen. Schon bald stufte die Weltgesundheitsorganisation WHO die Erkrankung als Pandemie ein und die einhergehenden Restriktionen und Einschränkungen brachten nachhaltige Veränderungen des tagtäglichen Lebens mit sich<sup>1</sup>.

Bei dem Virus handelt es sich um einen neuartigen Betacoronavirus der monophyletischen Gruppe der Sarbecoviren. Den Erstbeschreibern Zhu et al.<sup>1</sup> gelang der Nachweis von SARS-CoV-2 in extrahierten Epithelzellen aus dem Respirationstrakt. Neben MERS-CoV und SARS-CoV handelt es sich um das nun siebte bekannte Coronavirus, das nachweislich symptomatische Infektionen beim menschlichen Individuum auslösen kann<sup>1,2</sup>.

Wenngleich die Erkrankung sich in der Klinik meist im Rahmen symptomloser Infektionen und eher milder Erkrankungszeichen äußert, bringen vor allem die unvorhersehbaren schweren Verläufe mit bilateralen Lungenentzündungen, SIRS und Lungenversagen das Gesundheitswesen an seine Grenzen<sup>3</sup>.

Das Robert-Koch-Institutes (RKI) sah für Deutschland bis Frühjahr 2020 keine große Bedrohung. Diese Wahrnehmung änderte sich binnen weniger Wochen rasant, als die ersten Erkrankungsfälle im Januar 2020 publik wurden. Die Ausbreitung der Erkrankung erfolgte im europäischen Raum schneller als zuvor angenommen. Es resultierte zunächst eine schrittweise Anhebung der Warnstufen zur Eindämmung von COVID-19. Erste Einschränkungen bezüglich des täglichen Lebens wurden im März 2020 getroffen. So wurden beispielsweise medizinische Fortbildungen in der ersten Monatshälfte abgesagt<sup>4</sup>.

Am 11. März 2020 wurde seitens des Generaldirektors der WHO die globale Pandemie ausgerufen. Infolgedessen forderte der damalig amtierende, deutsche Gesundheitsminister Jens Spahn am 12. März 2020 dazu auf, alle planbaren Operationen zu verschieben. Spätestens zu diesem Zeitpunkt waren die orthopädischen und unfallchirurgischen Abteilungen des Landes mit erheblichen Einbußen in der PatientInnenversorgung konfrontiert<sup>5</sup>.

Ab 16. März 2020 erfolgte die Etablierung eines bundesweiten „Lockdowns“, im Sinne einer Schließung von Schulen, Geschäften und diverser anderer Einrichtungen<sup>4,6</sup>.

Die vorliegende explorativ angelegte, retrospektive Kohortenstudie hatte zum Ziel, Veränderungen in Aufnahmezahlen, Indikationsstellungen, Behandlungsmodalitäten, Aufenthalts-

dauer und demographischer Eigenschaften zu Zeiten des ersten Lockdowns in Deutschland zwischen 16. März und 16. Mai 2020 im Vergleich zu identen Zeiträumen der Vorjahre 2018 und 2019 an der Universitätsklinik für Orthopädie der Universität Regensburg zu erheben und mit Untersuchungen internationalen Ranges zu vergleichen.

Es konnten insgesamt 1171 Datenprotokolle aus dem gesamten Erhebungszeitraum in die Analyse aufgenommen werden, wobei auch multiple Aufnahmen einzelner PatientInnen inkludiert waren. Unter Berücksichtigung der identen, zweimonatigen Beobachtungszeiträume in den drei Jahren war die Abnahme der Aufnahmen im Jahr 2020 unter Lockdown-Bedingungen deutlich. Das Jahr 2020 mit 127 aufgenommenen PatientInnen entsprach einer Rate von 24,3% gegenüber dem Schnitt von 522 Aufnahmen der beiden vorangegangenen Jahre 2018 und 2019. Der Anteil weiblicher Patientinnen lag insgesamt bei Erstaufnahme im Gesamtbeobachtungszeitraum über alle 3 Jahre bei 54,2%, 95%-KI [51,4%; 57,1%] und somit über jenem der Männer. Dieses Verhältnis konnte auch bei Betrachtung der Aufnahmen in der vergleichenden Gegenüberstellung von „prä-COVID“ vs. „Lockdown“ bestätigt werden. Während insgesamt ein höheres Alter bei weiblichen Patientinnen ( $Md = 61.0$  Jahre) bei Erstaufnahme mit einer medianen Differenz von 2.2 Jahren gegenüber Männern ( $Md = 58.8$  Jahre) vorlag, zeigte sich unter der Lockdown-Bedingung ( $Md = 55.7$  Jahre) der Trend eines um median 3.9 Jahre niedrigeren Alters der Aufnahmen. Diese Entwicklung könnte darauf zurückzuführen sein, dass ältere PatientInnen mit multiplen Begleiterkrankungen aufgrund des höheren OP-Risikos und damit der voraussichtlich längeren Hospitalisierung keiner operativen Versorgung zugeführt wurden, sondern durch Postponierung nicht zwingend notwendiger medizinischer Interventionen eine Risikoreduktion erwirkt werden sollte.

Als eines der zentralen Ergebnisse zu den Elektiv- und Notfallaufnahmen konnte ein Verteilungsunterschied der beiden Aufnahmemodi in Abhängigkeit der Beobachtungszeiträume festgestellt werden. Demnach war für das Jahr 2020 eine wesentlich geringere elektive Aufnahmerate von 52,8% im Vergleich zu den Vorjahren 2018 und 2019 mit durchschnittlich 89,2% zu registrieren, womit ein Rückgang von 36,4% festzustellen ist. Die bei Wong et al. berichtete Abnahme von 58,9% liegt darüber<sup>53</sup>.

Die beobachteten Ergebnisse erscheinen bei Betrachtung der Situation in Deutschland konklusiv, da entsprechend der Vorgaben des Gesundheitsministeriums eine deutliche Reduktion der Planaufnahmen und -operationen erfolgen musste. Bei der Indikationsstellung wurde zudem der Fokus auf eine gründliche Zusammenschau der klinischen und radiologischen Befunde gelegt. Stark schmerzgeplagten oder durch degenerative Erkrankungen deutlich



immobilisierten PatientInnen wurde bei der Terminvergabe der Vorzug gegeben, um die Balance zwischen perioperativer Risikoreduktion und gleichzeitiger Verbesserung des Outcomes zu finden. Während Wong et al<sup>53</sup> ihre Daten im Rahmen einer multizentrischen Studie auswerteten, die auch hauptsächlich auf Notfälle spezialisierte Kliniken einschloss, handelt es sich in vorliegender Erhebung um die Daten eines Endoprothetik-Zentrums, welches schon prinzipiell ein höheres Aufkommen elektiver Operationen verzeichnet.

Da die absoluten Häufigkeiten der Notfallaufnahmen in den drei Jahren mit Werten zwischen 54 und 60 nur geringfügig vom dreijährigen Durchschnitt (57.7) abwichen, können die bei Wong et al. beobachteten Rückgänge der Notfallaufnahmen um 30% in der vorliegenden Studie für das Jahr 2020 nicht bestätigt werden<sup>53</sup>. Am Universitätsklinikum für Orthopädie der Universität Regensburg kam es während des Lockdowns zu einer relativen Zunahme der notfallmäßigen Hospitalisierung auf 47,2% in Relation zu durchschnittlich 10,8% in den Jahren 2018 und 2019. Als Grund könnte angeführt werden, dass orthopädische Notfälle wie septische Komplikationen, Frakturen, Luxationen und dergleichen unabhängig von bundesweiten Ausgangsbeschränkungen oder „Lockdown“-Bedingungen auftreten. Daher findet eine verhältnismäßige Verschiebung zu den Elektiveingriffen statt. Eine vergleichbare Studie, jedoch im Verlauf eines ganzen Jahres wurde von Vayshia et al<sup>90</sup> durchgeführt. Auch hier zeigte sich ein anteilmäßig geringerer Rückgang der Notfalloperationen, welche im Kollektiv schlussendlich 42,2% ausmachten.

Die absolute Behandlungsanzahl im Jahr 2020, gemessen an konservativen als auch operativen Maßnahmen, war gegenüber den Vergleichszeiträumen deutlich geringer. Darüber hinaus zeigte sich für das Jahr 2020 eine Reduktion der konservativen Behandlungsrate auf 10,2% im Vergleich zu den Vorjahren 2018 und 2019 mit durchschnittlich 19,8%.

Bei 951 verzeichneten Operationen im Gesamtzeitraum wurde die mittlere Anzahl der Eingriffe pro Jahrgang gegenübergestellt. Für das „Lockdown“-Jahr 2020 lag die durchschnittliche Anzahl an OPs pro Aufnahme mit 1.17 im Vergleich zu 2018 mit 1.03 signifikant und gegenüber 2019 mit 1.05 tendenziell höher.

#### **4.1 Limitationen und Stärken**

Als Limitation der gegenständlichen Arbeit ist die Tatsache anzuführen, dass es sich bei den jeweiligen Datensätzen nicht nur um einzelne PatientInnen handelt, sondern aufgrund potentieller Wiederaufnahmen innerhalb der Beobachtungszeiträume Mehrfachregistrierungen einfließen. Demnach war bei den Analysen im Prinzip zwischen 1171 Aufnahmen, die sich aus 1122 individuellen PatientInnen zusammensetzten, zu unterscheiden. Zudem bezieht sich der

Gesamtdatensatz auf eine einzelne Klinik und lediglich auf den Zeitraum des ersten Lockdowns in Deutschland im Vergleich mit den identen Zeiträumen der vorangegangenen Jahre 2018 und 2019.

Die Stärken der vorliegenden Studie beruhen auf jeweils gleich langen und jahreszeitlich adäquat ausgewählten Vergleichszeiträumen, womit Beobachtungsdauer und Zusammensetzung des PatientInnenkollektivs keinem systematischen Bias unterlagen und Störeinflüsse weitgehend auszuschließen waren. Die vergleichsweise hohe Fallzahl war zudem der Genauigkeit von Abschätzungen zuträglich.

Inwieweit sich die Aufnahmeffluktuation über das Gesamtjahr 2020 entwickelte, wäre ausschließlich durch ausgeweitete Erhebungen – beispielsweise seitens des Krankenhausmanagements – über die entsprechenden Zeiträume der Vorjahre zu bewerkstelligen.

## **4.2 Ausblick**

Zur Absicherung der beobachteten Ergebnisse und um gezeigte Trends noch weiter belegen zu können, sind weiterführende Untersuchungen, beispielsweise mithilfe weiterer Erhebungen in den Folgejahren erforderlich. So wäre es beispielsweise möglich, langfristige Auswirkungen von SARS-CoV-2 auf Frequenz und Behandlungsablauf einer orthopädischen Klinik im Verlauf zu detektieren und Veränderungen bei Indikationsstellungen und PatientInnenmanagement zu registrieren. Die Resultate der vorliegenden Studie mögen dabei als Grundlage für nachfolgende Arbeiten dienen.

## 5 Literaturverzeichnis

1. Zhu N, Zhang D, Wang W, et al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med*. Feb 20 2020;382(8):727-733. doi:10.1056/NEJMoa2001017
2. Zhou H, Chen X, Hu T, et al. A Novel Bat Coronavirus Closely Related to SARS-CoV-2 Contains Natural Insertions at the S1/S2 Cleavage Site of the Spike Protein. *Curr Biol*. Oct 5 2020;30(19):3896. doi:10.1016/j.cub.2020.09.030
3. Chan JF, Yuan S, Kok KH, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *Lancet*. Feb 15 2020;395(10223):514-523. doi:10.1016/S0140-6736(20)30154-9
4. Haffer H, Schomig F, Rickert M, et al. Impact of the COVID-19 Pandemic on Orthopaedic and Trauma Surgery in University Hospitals in Germany: Results of a Nationwide Survey. *J Bone Joint Surg Am*. Jul 15 2020;102(14):e78. doi:10.2106/JBJS.20.00756
5. Koch M, Popp D, Freigang V, et al. Knee Surgery during the COVID-19 Lockdown-Experiences of a Level-One Trauma Center in Germany. *Biomed Res Int*. 2021;2021:8875643. doi:10.1155/2021/8875643
6. Emanuel EJ, Persad G, Upshur R, et al. Fair Allocation of Scarce Medical Resources in the Time of Covid-19. *N Engl J Med*. May 21 2020;382(21):2049-2055. doi:10.1056/NEJMs2005114
7. Coutard B, Valle C, de Lamballerie X, Canard B, Seidah NG, Decroly E. The spike glycoprotein of the new coronavirus 2019-nCoV contains a furin-like cleavage site absent in CoV of the same clade. *Antiviral Res*. Apr 2020;176:104742. doi:10.1016/j.antiviral.2020.104742
8. Wrobel AG, Benton DJ, Xu P, et al. SARS-CoV-2 and bat RaTG13 spike glycoprotein structures inform on virus evolution and furin-cleavage effects. *Nat Struct Mol Biol*. Aug 2020;27(8):763-767. doi:10.1038/s41594-020-0468-7
9. Cui J, Li F, Shi ZL. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nat Rev Microbiol*. Mar 2019;17(3):181-192. doi:10.1038/s41579-018-0118-9
10. Gralinski LE, Menachery VD. Return of the Coronavirus: 2019-nCoV. *Viruses*. Jan 24 2020;12(2)doi:10.3390/v12020135
11. Hu B, Guo H, Zhou P, Shi ZL. Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nat Rev Microbiol*. Mar 2021;19(3):141-154. doi:10.1038/s41579-020-00459-7
12. Deng SQ, Peng HJ. Characteristics of and Public Health Responses to the Coronavirus Disease 2019 Outbreak in China. *J Clin Med*. Feb 20 2020;9(2)doi:10.3390/jcm9020575
13. Wu F, Zhao S, Yu B, et al. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*. Mar 2020;579(7798):265-269. doi:10.1038/s41586-020-2008-3
14. Buvik A, Bugge E, Knutsen G, Smabrekke A, Wilsgaard T. Patient reported outcomes with remote orthopaedic consultations by telemedicine: A randomised controlled trial. *J Telemed Telecare*. Sep 2019;25(8):451-459. doi:10.1177/1357633X18783921
15. Wang R, Zhang X, Irwin DM, Shen Y. Emergence of SARS-like coronavirus poses new challenge in China. *J Infect*. Mar 2020;80(3):350-371. doi:10.1016/j.jinf.2020.01.017

16. Coronaviridae Study Group of the International Committee on Taxonomy of V. The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. *Nat Microbiol.* Apr 2020;5(4):536-544. doi:10.1038/s41564-020-0695-z
17. Lai CC, Shih TP, Ko WC, Tang HJ, Hsueh PR. Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and coronavirus disease-2019 (COVID-19): The epidemic and the challenges. *Int J Antimicrob Agents.* Mar 2020;55(3):105924. doi:10.1016/j.ijantimicag.2020.105924
18. Fisher D, Heymann D. Q&A: The novel coronavirus outbreak causing COVID-19. *BMC Med.* Feb 28 2020;18(1):57. doi:10.1186/s12916-020-01533-w
19. Deslandes A, Berti V, Tandjaoui-Lambotte Y, et al. SARS-CoV-2 was already spreading in France in late December 2019. *Int J Antimicrob Agents.* Jun 2020;55(6):106006. doi:10.1016/j.ijantimicag.2020.106006
20. Paraskevis D, Kostaki EG, Magiorkinis G, Panayiotakopoulos G, Sourvinos G, Tsiodras S. Full-genome evolutionary analysis of the novel corona virus (2019-nCoV) rejects the hypothesis of emergence as a result of a recent recombination event. *Infect Genet Evol.* Apr 2020;79:104212. doi:10.1016/j.meegid.2020.104212
21. Li X, Zai J, Zhao Q, et al. Evolutionary history, potential intermediate animal host, and cross-species analyses of SARS-CoV-2. *J Med Virol.* Jun 2020;92(6):602-611. doi:10.1002/jmv.25731
22. Lau SKP, Luk HKH, Wong ACP, et al. Possible Bat Origin of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2. *Emerg Infect Dis.* Jul 2020;26(7):1542-1547. doi:10.3201/eid2607.200092
23. Xiao K, Zhai J, Feng Y, et al. Isolation of SARS-CoV-2-related coronavirus from Malayan pangolins. *Nature.* Jul 2020;583(7815):286-289. doi:10.1038/s41586-020-2313-x
24. Shi J, Wen Z, Zhong G, et al. Susceptibility of ferrets, cats, dogs, and other domesticated animals to SARS-coronavirus 2. *Science.* May 29 2020;368(6494):1016-1020. doi:10.1126/science.abb7015
25. Oreshkova N, Molenaar RJ, Vreman S, et al. SARS-CoV-2 infection in farmed minks, the Netherlands, April and May 2020. *Euro Surveill.* Jun 2020;25(23)doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.23.2001005
26. Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and Important Lessons From the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72314 Cases From the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA.* Apr 7 2020;323(13):1239-1242. doi:10.1001/jama.2020.2648
27. Chen N, Zhou M, Dong X, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet.* Feb 15 2020;395(10223):507-513. doi:10.1016/S0140-6736(20)30211-7
28. Huang D, Lian X, Song F, et al. Clinical features of severe patients infected with 2019 novel coronavirus: a systematic review and meta-analysis. *Ann Transl Med.* May 2020;8(9):576. doi:10.21037/atm-20-2124
29. Hong JM, Hu LH, Zhong QS, et al. Epidemiological Characteristics and Clinical Features of Patients Infected With the COVID-19 Virus in Nanchang, Jiangxi, China. *Front Med (Lausanne).* 2020;7:571069. doi:10.3389/fmed.2020.571069

30. Chen T, Wu D, Chen H, et al. Clinical characteristics of 113 deceased patients with coronavirus disease 2019: retrospective study. *BMJ*. Mar 26 2020;368:m1091. doi:10.1136/bmj.m1091
31. Chen H, Guo J, Wang C, et al. Clinical characteristics and intrauterine vertical transmission potential of COVID-19 infection in nine pregnant women: a retrospective review of medical records. *Lancet*. Mar 7 2020;395(10226):809-815. doi:10.1016/S0140-6736(20)30360-3
32. Vivanti AJ, Vauloup-Fellous C, Prevot S, et al. Transplacental transmission of SARS-CoV-2 infection. *Nat Commun*. Jul 14 2020;11(1):3572. doi:10.1038/s41467-020-17436-6
33. Zou L, Ruan F, Huang M, et al. SARS-CoV-2 Viral Load in Upper Respiratory Specimens of Infected Patients. *N Engl J Med*. Mar 19 2020;382(12):1177-1179. doi:10.1056/NEJMc2001737
34. Lu CW, Liu XF, Jia ZF. 2019-nCoV transmission through the ocular surface must not be ignored. *Lancet*. Feb 22 2020;395(10224):e39. doi:10.1016/S0140-6736(20)30313-5
35. Chan JF, Yip CC, To KK, et al. Improved Molecular Diagnosis of COVID-19 by the Novel, Highly Sensitive and Specific COVID-19-RdRp/Hel Real-Time Reverse Transcription-PCR Assay Validated In Vitro and with Clinical Specimens. *J Clin Microbiol*. Apr 23 2020;58(5)doi:10.1128/JCM.00310-20
36. Bordi L, Nicastrì E, Scorzolini L, et al. Differential diagnosis of illness in patients under investigation for the novel coronavirus (SARS-CoV-2), Italy, February 2020. *Euro Surveill*. Feb 2020;25(8)doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.8.2000170
37. Konrad R, Eberle U, Dangel A, et al. Rapid establishment of laboratory diagnostics for the novel coronavirus SARS-CoV-2 in Bavaria, Germany, February 2020. *Euro Surveill*. Mar 2020;25(9)doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.9.2000173
38. Kanne JP. Chest CT Findings in 2019 Novel Coronavirus (2019-nCoV) Infections from Wuhan, China: Key Points for the Radiologist. *Radiology*. Apr 2020;295(1):16-17. doi:10.1148/radiol.2020200241
39. Fang X, Zhao M, Li S, Yang L, Wu B. Changes of CT findings in a 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pneumonia patient. *QJM*. Apr 1 2020;113(4):271-272. doi:10.1093/qjmed/hcaa038
40. Chan KS, Zheng JP, Mok YW, et al. SARS: prognosis, outcome and sequelae. *Respirology*. Nov 2003;8 Suppl:S36-40. doi:10.1046/j.1440-1843.2003.00522.x
41. Corman VM, Landt O, Kaiser M, et al. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *Euro Surveill*. Jan 2020;25(3)doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.3.2000045
42. Smith TRF, Patel A, Ramos S, et al. Immunogenicity of a DNA vaccine candidate for COVID-19. *Nat Commun*. May 20 2020;11(1):2601. doi:10.1038/s41467-020-16505-0
43. Zhu FC, Li YH, Guan XH, et al. Safety, tolerability, and immunogenicity of a recombinant adenovirus type-5 vectored COVID-19 vaccine: a dose-escalation, open-label, non-randomised, first-in-human trial. *Lancet*. Jun 13 2020;395(10240):1845-1854. doi:10.1016/S0140-6736(20)31208-3
44. Gao Q, Bao L, Mao H, et al. Development of an inactivated vaccine candidate for SARS-CoV-2. *Science*. Jul 3 2020;369(6499):77-81. doi:10.1126/science.abc1932

45. Guo X, Wang J, Hu D, et al. Survey of COVID-19 Disease Among Orthopaedic Surgeons in Wuhan, People's Republic of China. *J Bone Joint Surg Am.* May 20 2020;102(10):847-854. doi:10.2106/JBJS.20.00417
46. Mi B, Chen L, Xiong Y, Xue H, Zhou W, Liu G. Characteristics and Early Prognosis of COVID-19 Infection in Fracture Patients. *J Bone Joint Surg Am.* May 6 2020;102(9):750-758. doi:10.2106/JBJS.20.00390
47. Petersen W, Bierke S, Karpinski K, Häner M. Coronavirus-Pandemie und ihre Auswirkungen auf Orthopädie und Unfallchirurgie: Operationen, Risiken und Prävention? *Knie Journal.* 2020/12/01 2020;2(1):1-9. doi:10.1007/s43205-020-00052-1
48. Unfallchirurgie DGfOu. Empfehlung für den Umgang mit Unfallverletzten Accessed 15.03.2021, 2022. <https://dgou.de/news/news/detailansicht/artikel/empfehlungen-fuer-den-umgang-mit-unfallverletzten-und-op-indikationen-1/>
49. Surgeons ACo. Clinical issues and guidance. Accessed 13.03.2022, <https://www.facs.org/covid-19/clinical-guidance>.
50. Chang Liang Z, Wang W, Murphy D, Po Hui JH. Novel Coronavirus and Orthopaedic Surgery: Early Experiences from Singapore. *J Bone Joint Surg Am.* May 6 2020;102(9):745-749. doi:10.2106/JBJS.20.00236
51. Chen YC, Lin WC. Risk of long-term infection-related death in clinical osteoporotic vertebral fractures: A hospital-based analysis. *PLoS One.* 2017;12(8):e0182614. doi:10.1371/journal.pone.0182614
52. Egol KA, Konda SR, Bird ML, et al. Increased Mortality and Major Complications in Hip Fracture Care During the COVID-19 Pandemic: A New York City Perspective. *J Orthop Trauma.* Aug 2020;34(8):395-402. doi:10.1097/BOT.0000000000001845
53. Wong JSH, Cheung KMC. Impact of COVID-19 on Orthopaedic and Trauma Service: An Epidemiological Study. *J Bone Joint Surg Am.* Jul 15 2020;102(14):e80. doi:10.2106/JBJS.20.00775
54. Li J, Shen X, Shao J, et al. How to Manage Pediatric Orthopaedic Patients: Strategies to Provide Safer Care During the COVID-19 Outbreak in Wuhan, People's Republic of China. *J Bone Joint Surg Am.* Aug 5 2020;102(15):e86. doi:10.2106/JBJS.20.00521
55. Hill KL, Wu VJ, Kusumoto H, Sherman WF, Savoie FH, 3rd. Management of Orthopaedic Emergencies During a Pandemic: Compartment Syndrome of the Hand in a Patient with COVID-19: A Case Report. *JBJS Case Connect.* Jul-Sep 2020;10(3):e2000377. doi:10.2106/JBJS.CC.20.00377
56. Zheng F, Liao C, Fan QH, et al. Clinical Characteristics of Children with Coronavirus Disease 2019 in Hubei, China. *Curr Med Sci.* Apr 2020;40(2):275-280. doi:10.1007/s11596-020-2172-6
57. Wang Y, Mao K, Li Z, Xu W, Shao H, Zhang R. Clinical study of pulmonary CT lesions and associated bronchiectasis in 115 convalescent patients with novel coronavirus pneumonia (COVID-19) in China. *Can J Physiol Pharmacol.* Mar 2021;99(3):328-331. doi:10.1139/cjpp-2020-0522
58. Verdoni F, Ricci M, Di Grigoli C, et al. Effect of the COVID-19 Outbreak on Pediatric Patients' Admissions to the Emergency Department in an Italian Orthopedic Trauma Hub. *Children (Basel).* Jul 27 2021;8(8)doi:10.3390/children8080645

59. Service BC, Collins AP, Crespo A, et al. Medically Necessary Orthopaedic Surgery During the COVID-19 Pandemic: Safe Surgical Practices and a Classification to Guide Treatment. *J Bone Joint Surg Am.* Jul 15 2020;102(14):e76. doi:10.2106/JBJS.20.00599
60. Chen T, Li G, Liu H, Wan W, Zheng H, Chen C. Clinical characteristics of 132 healthcare worker cases with COVID-19: A retrospective study from a single center in Wuhan, China. *J Med Virol.* Sep 14 2020;doi:10.1002/jmv.26511
61. Liu M, He P, Liu HG, et al. [Clinical characteristics of 30 medical workers infected with new coronavirus pneumonia]. *Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi.* Mar 12 2020;43(3):209-214. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2020.03.014
62. Chu J, Yang N, Wei Y, et al. Clinical characteristics of 54 medical staff with COVID-19: A retrospective study in a single center in Wuhan, China. *J Med Virol.* Jul 2020;92(7):807-813. doi:10.1002/jmv.25793
63. Kruttgen A, Cornelissen CG, Dreher M, Hornef MW, Imohl M, Kleines M. Comparison of the SARS-CoV-2 Rapid antigen test to the real star Sars-CoV-2 RT PCR kit. *J Virol Methods.* Feb 2021;288:114024. doi:10.1016/j.jviromet.2020.114024
64. Tarun V, Anurag T, Yugal K, Raj K, Lalit M. Orthopaedic operating room considerations in covid-19 pandemic: A systematic review. *J Arthrosc Jt Surg.* Apr-Jun 2021;8(2):91-95. doi:10.1016/j.jajs.2021.02.008
65. Ding BTK, Soh T, Tan BY, et al. Operating in a Pandemic: Lessons and Strategies from an Orthopaedic Unit at the Epicenter of COVID-19 in Singapore. *J Bone Joint Surg Am.* Jul 1 2020;102(13):e67. doi:10.2106/JBJS.20.00568
66. Geevarughese NM, Haq RU. Aerosol generating procedures in orthopaedics and recommended protective gear. *J Clin Orthop Trauma.* Jan 2021;12(1):40-42. doi:10.1016/j.jcot.2020.08.019
67. Rodrigues-Pinto R, Sousa R, Oliveira A. Preparing to Perform Trauma and Orthopaedic Surgery on Patients with COVID-19. *J Bone Joint Surg Am.* Jun 3 2020;102(11):946-950. doi:10.2106/JBJS.20.00454
68. Wax RS, Christian MD. Practical recommendations for critical care and anesthesiology teams caring for novel coronavirus (2019-nCoV) patients. *Can J Anaesth.* May 2020;67(5):568-576. Directives concretes a l'intention des equipes de soins intensifs et d'anesthesiologie prenant soin de patients atteints du coronavirus 2019-nCoV. doi:10.1007/s12630-020-01591-x
69. Hurley ET, Haskel JD, Bloom DA, et al. The Use and Acceptance of Telemedicine in Orthopedic Surgery During the COVID-19 Pandemic. *Telemed J E Health.* Sep 14 2020;doi:10.1089/tmj.2020.0255
70. Lanham NS, Bockelman KJ, McCriskin BJ. Telemedicine and Orthopaedic Surgery: The COVID-19 Pandemic and Our New Normal. *JBJS Rev.* Jul 2020;8(7):e2000083. doi:10.2106/JBJS.RVW.20.00083
71. Lamminen H, Nevalainen J, Alho A, Lindholm TS, Tallroth K, Lepisto J. Experimental telemedicine in orthopaedics. *J Telemed Telecare.* 1996;2(3):170-3. doi:10.1258/1357633961930013
72. Lambrecht CJ, Canham WD, Gattey PH, McKenzie GM. Telemedicine and orthopaedic care. A review of 2 years of experience. *Clin Orthop Relat Res.* Mar 1998;(348):228-32.
73. Makhni MC, Riew GJ, Sumathipala MG. Telemedicine in Orthopaedic Surgery: Challenges and Opportunities. *J Bone Joint Surg Am.* Jul 1 2020;102(13):1109-1115. doi:10.2106/JBJS.20.00452

74. Chandhanayingyong C, Tangtrakulwanich B, Kiriratnikom T. Teleconsultation for emergency orthopaedic patients using the multimedia messaging service via mobile phones. *J Telemed Telecare*. 2007;13(4):193-6. doi:10.1258/135763307780908049
75. Sinha N, Cornell M, Wheatley B, Munley N, Seeley M. Looking Through a Different Lens: Patient Satisfaction With Telemedicine in Delivering Pediatric Fracture Care. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*. Sep 2019;3(9):e100. doi:10.5435/JAAOSGlobal-D-19-00100
76. Patel MS, Gutman MJ, Abboud JA. Orthopaedic Considerations Following COVID-19: Lessons from the 2003 SARS Outbreak. *JBJS Rev*. Jul 2020;8(7):e2000052. doi:10.2106/JBJS.RVW.20.00052
77. Oba Y. The use of corticosteroids in SARS. *N Engl J Med*. May 15 2003;348(20):2034-5; author reply 2034-5. doi:10.1056/NEJM200305153482017
78. Obitsu S, Ahmed N, Nishitsuji H, et al. Potential enhancement of osteoclastogenesis by severe acute respiratory syndrome coronavirus 3a/X1 protein. *Arch Virol*. 2009;154(9):1457-64. doi:10.1007/s00705-009-0472-z
79. Weinstein RS. Clinical practice. Glucocorticoid-induced bone disease. *N Engl J Med*. Jul 7 2011;365(1):62-70. doi:10.1056/NEJMcp1012926
80. Chan MH, Chan PK, Griffith JF, et al. Steroid-induced osteonecrosis in severe acute respiratory syndrome: a retrospective analysis of biochemical markers of bone metabolism and corticosteroid therapy. *Pathology*. Jun 2006;38(3):229-35. doi:10.1080/00313020600696231
81. Griffith JF, Antonio GE, Kumta SM, et al. Osteonecrosis of hip and knee in patients with severe acute respiratory syndrome treated with steroids. *Radiology*. Apr 2005;235(1):168-75. doi:10.1148/radiol.2351040100
82. Lv H, de Vlas SJ, Liu W, et al. Avascular osteonecrosis after treatment of SARS: a 3-year longitudinal study. *Trop Med Int Health*. Nov 2009;14 Suppl 1:79-84. doi:10.1111/j.1365-3156.2008.02187.x
83. Chughtai M, Piuze NS, Khlopas A, Jones LC, Goodman SB, Mont MA. An evidence-based guide to the treatment of osteonecrosis of the femoral head. *Bone Joint J*. Oct 2017;99-B(10):1267-1279. doi:10.1302/0301-620X.99B10.BJJ-2017-0233.R2
84. Zalavras CG, Lieberman JR. Osteonecrosis of the femoral head: evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg*. Jul 2014;22(7):455-64. doi:10.5435/JAAOS-22-07-455
85. Aickin. *Am J Public Health*; 1996;86:726-728.
86. J C. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. N.J: Lawrence Erlbaum Associates Inc, 2 Rev ed. Hillsdale, N.J; 1988:400.
87. Döring N BJ. *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. vol 5. Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
88. A F. *Discovering Statistics using SPSS*. vol 3rd Edition. SAGE Publications Ltd; 2009:816.
89. RB WC. *Basiswissen Medizinische Statistik*. vol 6. überarbeitete Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2013:897.
90. Vaishya R, Vaish A, Kumar A. Impact of COVID-19 on the practice of orthopaedics and trauma-an epidemiological study of the full pandemic year of a tertiary care centre of New Delhi. *Int Orthop*. Jun 2021;45(6):1391-1397. doi:10.1007/s00264-021-05021-5



## 6 Index der verwendeten Abkürzungen

Abkürzung (Akronym)	Beschreibung ( <i>Description</i> )
$\alpha$	Alpha
$\mu\text{l}$	Mikroliter
$\mu\text{m}$	Mikrometer
$\chi^2$	Chi-Quadrat, Prüfgröße
ACE	Angiotensin-konvertierendes Enzym
AHT	Arterielle Hypertonie
AAOS	American Academy of Orthopaedic Surgeons
ARDS	Acute Respiratory Distress Syndrome
BMI	Body Mass Index
$^{\circ}\text{C}$	Grad Celsius
c.F.	Korrektur mittels exaktem Test nach Fisher
cm	Zentimeter
COPD	Chronisch obstruktive Lungenkrankheit
COVID	Corona Virus Disease
CRP	C-Reaktives Protein
CT	Computertomographie
d	Tag
<i>df</i>	Freiheitsgrad ( <i>degrees of freedom</i> )
DGOU	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
dl	Deziliter
DM	Diabetes mellitus
Dr. <sup>in</sup>	DoktorIn
engl.	Englisch
FFP	<i>Filtering Face Piece</i>
h	Stunde
$H_0$	Nullhypothese
$H_1$	Alternativhypothese
HEPA	<i>High Efficiency Particulate Air/Arrestance</i>
i.v.	intravenös
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
KHK	Koronare Herzerkrankung
KI	Konfidenzintervall
l	Liter
Mio.	Million
<i>M</i>	Mittelwert ( <i>mean</i> )
Max	Maximum
<i>Md</i>	Median
min	Minimum
ml	Milliliter

mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
Mmol	Millimol
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
MRT	Magnetresonanztomographie
OP	Operation
PAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PPE	<i>Personal Protective Equipment</i>
®	<i>Registered Trademark</i>
RKI	Robert Koch-Institut
<i>SD</i>	Standardabweichung ( <i>standard deviation</i> )
<i>SE</i>	Standardmessfehler ( <i>standard error</i> )
SARS	Schweres Akutes Respiratorisches Syndrom
SIRS	<i>Systemic Inflammatory Response Syndrom</i>
Tsd.	tausend
U	<i>Unit</i>
US	Ultraschall; <i>United States</i>
VAC	<i>Vacuum Assisted Wound Closure</i>
VHF	Vorhofflimmern

## 7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennwerte des Lebensalters bei der ersten Aufnahme unter Berücksichtigung des PatientInnengeschlechts. ....	43
Tabelle 2: Kennwerte des Lebensalters aller Aufnahmen unter Berücksichtigung des PatientInnengeschlechts (Häufigkeiten und Anteilswerte, Spaltenprozent). ....	44
Tabelle 3: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozent) der beiden Aufnahmemodi bezüglich der drei Jahrgänge unter Berücksichtigung der Erwartungswerte und standardisierten Residuen. ....	45
Tabelle 4: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozent) der Behandlungsmodi bezüglich der drei Jahrgänge unter Berücksichtigung der Erwartungswerte und standardisierten Residuen. ....	46
Tabelle 5: Kennwerte der Operationsanzahl pro verzeichneter Aufnahme in den drei Jahren. ....	47
Tabelle 6: Kennwerte der Aufenthaltsdauer (Tage) pro verzeichneter Aufnahme in den drei Jahren (n = 1167). ....	48
Tabelle 7: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozent) der erfassten ASA-Scores bezüglich der drei Jahrgänge unter Berücksichtigung der Erwartungswerte und standardisierten Residuen. ....	49
Tabelle 8: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozent) bezüglich der drei Jahrgänge unter Berücksichtigung der Erwartungswerte und angepassten standardisierten Residuen. ....	49
Tabelle 9: Häufigkeiten und Anteilswerte (Spaltenprozent) der Aufnahmefälle bezüglich der Behandlungsmodalität in den drei Jahrgängen und insgesamt (N = 1171). ....	51
Tabelle 10: Häufigkeiten und Anteilswerte von Komorbiditäten bezüglich der pro Jahr in den drei Beobachtungszeiträumen aufgenommenen PatientInnen und insgesamt (N = 1171). ....	52
Tabelle 11: Häufigkeiten und Anteilswerte (Zeilenprozent) zur Anzahl der Komorbiditäten in den Beobachtungszeiträumen der drei Jahre. ....	53
Tabelle 12: Gemittelte Komorbiditäten pro Aufnahmefall in den Beobachtungszeiträumen der drei Jahre. ....	54

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: SARS-CoV-2 unter dem Elektronenmikroskop. Quelle: Pexels/ CDC.....	9
Abbildung 2: Entnahme eines pharyngealen Abstrichs in PPE zur PCR-Testung. Quelle: Shutterstock.....	15
Abbildung 3: Behandlungsalgorithmus für pädiatrische PatientInnen und Begleitpersonen. .	26
Abbildung 4: Level of PPA.....	27
Abbildung 5: Krankenhausmitarbeiterin in PPA, Level III. ....	27
Abbildung 6: Checkliste für präoperatives Screening. ....	31
Abbildung 7: Aseptische Hüftkopfnekrose in a/p Projektion. ....	37
Abbildung 8: Aseptische Hüftkopfnekrose in Lauenstein-Aufnahme. ....	37
Abbildung 9: Verteilung des Lebensalters bei der ersten Aufnahme unter Berücksichtigung des PatientInnengeschlechts (n = 1122). ....	43
Abbildung 10: Häufigkeiten der beiden Aufnahmeindikationen in den drei Beobachtungszeiträumen der Jahre 2018 bis 2020 (n = 1171). ....	46
Abbildung 11: Häufigkeiten der operativen und konservativen Aufnahmen in den drei Beobachtungszeiträumen der Jahre 2018 bis 2020 (n = 1171). ....	47
Abbildung 12: Hospitalisierungsdauer in Tagen (mit Median) bezüglich der drei Jahre. ....	48
Abbildung 13: Anteilswerte der häufigsten Behandlungsarten in den drei Jahrgängen. ....	52
Abbildung 14: Anteilswerte der häufigsten Komorbiditäten (multiple Eintragungen möglich) in den drei Jahrgängen. ....	53

## **9 Anhang**

### **9.1 Urheberrecht**

Die in der vorliegenden Dissertation verwendeten, in den Fließtext integrierten Grafiken wurden von der Verfasserin erstellt. Die Röntgenbilder stammen aus dem Archiv der Universitätsklinik für Orthopädie der Universität Regensburg unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. med. Dr. h.c. Joachim Grifka und wurden freundlicherweise nach Rücksprache zur Verfügung gestellt. Die Vervielfältigung oder Veröffentlichung darf ausschließlich nach Zustimmung der genannten Urheber erfolgen.

### **9.2 Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit, dass die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer der angegebenen Hilfsmittel angefertigt wurde. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

### 9.3 Danksagung

Ich danke all jenen Menschen, die mich in Worten und Taten bei der Abfassung dieser Doktorarbeit unterstützt haben.

Allen voran meinem Doktorvater Prof. Dr. med. Achim Benditz, der mir durch seine Erfahrung, Menschlichkeit und Begeisterung für die Thematik stets eine große Hilfe war, sowie Prof. Dr. med. Dr. h.c. Joachim Grifka, ohne dessen Vermittlung und Motivation vorliegende Arbeit nicht hätte entstehen können.

Dr. Loreto Pulido Quintana für ihren unerschöpflichen Mut, ihr Temperament und die so entstandene Freundschaft während der gemeinsamen Ausbildungszeit.

Dr. Melanie Schindler für ihre beispiellose Arbeitsmoral und grenzenlosen Humor während langen, gemeinsamen Abenden der Datenerhebung.

All den lieben Menschen am Asklepios Klinikum Bad Abbach, die mir fern der Heimat ein kleines bisschen Zuhause schenken konnten.

Dr. med. univ. Britta Chocholka, im Mai 2022

## 9.4 Curriculum Vitae

### *Persönliche Daten:*

Dr. med. univ. Britta Chocholka  
geboren am 09.03.1989, Amstetten  
Österreichische Staatsbürgerin

### *Schulbildung:*

Volksschule St.Peter/Au, 1995-1999  
Stiftsgymnasium Seitenstetten, 1999-2003  
HLW/FW Stadt Haag, 2003-2008

### *Universitäre Ausbildung:*

#### **Medizinische Universität Wien**

Studiengang Humanmedizin, 2009-2017

Promotionsdatum: 16.03.2017

#### *Diplomarbeit:*

„Nekrotisierende Faszitis und Fournier’sches Gangrän –  
eine retrospektive Single-Center-Analyse“

### *Berufliche Laufbahn:*

#### **AKH Wien**

Klinische Abteilung für Transplantation

*Transplantkoordinatorin 04-10/17*

#### **Medizinische Universität Wien**

Klinische Abteilung für Unfallchirurgie

*Assistenzärztin seit 11/2017*

#### **Asklepios Klinikum Bad Abbach**

Universitätsklinik für Orthopädie Regensburg

*Assistenzärztin 03/20-03/21*