



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„COVID-19 und Myokarditis – Ein systematischer Review“

verfasst von / submitted by

Kathrin Humann BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Science (MSc)

Wien, 2022 / Vienna 2022

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Sportwissenschaft

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Jürgen Scharhag

Vorwort

Ich möchte mich bei folgenden Personen bedanken.

Bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Jürgen Scharhag, der mir die Möglichkeit gegeben hat meine Masterarbeit über dieses aktuelle Thema zu schreiben und mich äußerst gut betreut hat.

Bei Frau Dr. Hofbauer, die mir regelmäßig wertvolle Rückmeldungen gab, um die Qualität meiner Arbeit zu verbessern, was besonders lehrreich war.

Bei meinen Eltern, die mich immer unterstützen und mich ermutigen, meinen Weg zu gehen.

Bei meiner Schwester, die mit Rat und Tat zur Seite steht und bei meinem Bruder, der mich auf seine Art und Weise motiviert.

Zu guter Letzt will ich mich bei meinen Freunden und Studienkollegen bedanken. Sie haben einen großen Teil beigetragen, dass ich eine äußerst schöne Studienzeit durchleben konnte.

Zusammenfassung

Hintergrund: Die Coronavirus-Krankheit-19 (COVID-19), ist eine hoch ansteckende Viruserkrankung und wurde von der WHO 2020 als globale Pandemie erklärt. Auslöser ist das schwere akute Atemwegssyndrom Coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Neben der Lunge können auch andere Organe, insbesondere der Herzmuskel, betroffen sein. Eine Vielzahl von Studien untersuchen die myokardialen Auswirkungen nach einer SARS-CoV-2-Infektion. Myokarditis tritt in allen Kohorten auf und ist dabei nicht nur auf schwere Krankheitsverläufe beschränkt, sondern ist auch bei leichten und asymptomatischen nachgewiesen.

Ziel: Das Ziel dieser Arbeit ist, einen Überblick über die Inzidenzen der Myokarditis, verursacht durch eine SARS-CoV2-Infektion, für SportlerInnen und sportlich inaktive Personen zu erlangen.

Methode: Basierend auf einer Literaturrecherche in PubMed wurden Studien identifiziert, die Myokarditis auf Basis von Bildgebungen oder kardialen Biomarkern nachweisen. Die Suchergebnisse wurden nach bestimmten Kriterien (z.B. Untersuchungsmethoden, Alter, Herkunft), und in zwei Kohorten (SportlerInnen und Nicht-SportlerInnen) kategorisiert und in einer Tabelle zusammengefasst. Die Literaturrecherche beschränkt sich auf den Zeitraum von Oktober 2021 bis Dezember 2021.

Ergebnisse: In 73 Originalarbeiten wurden relevante Informationen zu Myokarditiden, die im Rahmen einer SARS-CoV-2-Infektion auftraten, beschrieben, wobei zwölf Studien SportlerInnen untersuchten. Basierend auf den Ergebnissen dieser zwölf Studien wurde eine durchschnittliche Inzidenz für SportlerInnen von 1,26% berechnet. Für sportlich inaktive Personen konnte eine Myokarditisinzidenz von 4,24% auf Basis von 61 Originalarbeiten ermittelt werden. Die gängigen Untersuchungsmethoden wie Elektrokardiogramm, transthorakale Echokardiographie und kardiale Biomarker sind für die Bestimmung der Myokarditis und der kardialen Auswirkungen wenig sensitiv. Für eine aussagekräftige Diagnose wird eine kardiale Magnetresonanztomographie-Untersuchung benötigt, wenngleich auch hier noch unklar ist, inwiefern eine subklinische Myokarditis für die klinische Praxis relevant ist.

Conclusio: Die Ergebnisse der Studien zeigen eine große Spannweite der Myokarditisinzidenz nach einer SARS-CoV-2-Infektion. Das Auftreten einer Myokarditis nach einer SARS-CoV-2-Infektion könnte mit ähnlicher Wahrscheinlichkeit auftreten, wie nach einer Influenza-Infektion. Weitere Untersuchungen sind notwendig, um die kardiovaskulären Auswirkungen nach einer SARS-CoV-2-Infektion genauer zu diagnostizieren und zu behandeln.

Abstract

Background: The coronavirus-19 illness (COVID-19) is a highly contagious viral disease that was classified as global pandemic by the WHO in 2020. It is caused by the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Apart from the lungs, other organs can be impacted as well, especially the heart. A number of studies investigate the myocardial effects after a SARS-CoV-2 infection. Myocarditis occurs in all groups and is not limited to severe disease courses, but can also be found in mild and asymptomatic disease progressions.

Aim: The aim of this thesis is to obtain an overview of the incidences of myocarditis caused by SARS-CoV2 infection for athletes and sports inactive individuals.

Method: Based on literature research in PubMed, studies were identified that reported myocarditis using imaging techniques or cardiac biomarkers. The results were categorized by specific criteria (e.g. examination method, age, origin,...). Furthermore they were split into two different groups of athletes and non-athletes. The obtained results were then summarized in a table. The literature research was performed during October 2021 until December 2021.

Results: Relevant information regarding myocarditis occurring in the setting of SARS-CoV-2 infection was reported in 73 studies. 12 studies investigated athletes. Based on the results of these 12 studies, an average incidence of 1,26% was calculated. For non-athletes an incidence for myocarditis of 4,24% was found, considering 61 studies. Common investigation methods such as electrocardiogram, transthoracic echocardiography and cardiac biomarkers are not sensitive enough to determine myocarditis and cardiac effects. For a more reliable diagnosis, a cardiac magnet resonance imaging is needed. However, up to now, the relevance of a subclinical myocarditis regarding the clinical practice is not clear yet.

Conclusions: The results of the studies show a wide range of incidences of myocarditis after SARS-CoV-2 infection. It was concluded that the occurrence of a myocarditis infection after SARS-CoV-2 infection could have the same probability as after a common influenza infection. Further investigations are necessary, to assess the cardiovascular effects and its treatment after SARS-CoV-2 infection.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
1.1	Hintergrund.....	3
1.2	Forschungsfragen und Forschungsziel	4
1.3	Definition der Variablen.....	5
1.3.1	COVID-19-Erkrankung	5
1.3.2	Myokarditis	5
1.3.3	Lake Louise Kriterien.....	5
1.3.4	SportlerInnen und Leistungssport	6
2	Methode.....	7
2.1	Suchstrategie	7
2.2	Ein- und Ausschlusskriterien	7
2.3	Studienselektion	8
2.4	Auswertung der Ergebnisse	8
3	Ergebnisse.....	9
3.1	Ergebnisse der Literaturrecherche.....	9
3.2	Charakteristika der inkludierten Studien	10
3.3	Tabellarische Ergebnisse	14
3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	14
3.4.1	Myokarditis bei SportlerInnen mit COVID-19.....	14
3.4.1.1	Kardiale Marker und andere Blutwerte bei SportlerInnen.....	15
3.4.1.2	Auffälligkeiten in der Bildgebung bei SportlerInnen	16
3.4.1.3	Auffälligkeiten der Symptome bei SportlerInnen	20
3.4.2	Myokarditis bei erwachsenen Nicht-SportlerInnen mit COVID-19	21
3.4.2.1	Kardiale Marker und andere Blutwerte bei erwachsenen Nicht-SportlerInnen	22
3.4.2.2	Auffälligkeiten in der Bildgebung bei erwachsenen Nicht-SportlerInnen	22
3.4.3	Myokarditis bei Kindern mit COVID-19	23
3.4.3.1	Kardiale Marker und andere Blutwerte bei Kindern	23
3.4.3.2	Auffälligkeiten in der Bildgebung bei Kindern.....	24
3.4.4	Vergleich der Myokarditis bei SportlerInnen und erwachsene Nicht-SportlerInnen mit COVID-19	25
3.4.4.1	Kardiale Marker und andere Blutmarker im Vergleich von SportlerInnen und erwachsene Nicht-SportlerInnen	25

3.4.4.2	Auffälligkeiten in der Bildgebung im Vergleich SportlerInnen und erwachsene Nicht-SportlerInnen	26
4	Diskussion	29
4.1	Myokarditis bei SportlerInnen	29
4.1.1	Häufigkeit bei SportlerInnen und Nicht-SportlerInnen	29
4.1.2	Auffälligkeiten der Symptome	30
4.1.3	Auffälligkeiten im EKG	30
4.1.4	Auffälligkeiten von Laborwerten	32
4.1.5	Auffälligkeiten in der Bildgebung	34
4.1.6	Auffälligkeiten bei anderen Untersuchungen	39
4.2	Konsequenzen bei COVID-19- Myokarditiden	40
4.2.1	Return to Sport	40
4.2.2	Langzeitfolgen	41
4.3	Limitationen	43
4.4	Schlussfolgerung	45
5	Abkürzungsverzeichnis	46
6	Abbildungsverzeichnis	47
7	Tabellenverzeichnis	47
7.1	Übersicht der Studienergebnisse für SportlerInnen	48
7.2	Übersicht der Studienergebnisse für Nicht-SportlerInnen	61
8	Literaturverzeichnis	96

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die neu aufgetretene Krankheit, Coronavirus-Krankheit-19 (COVID-19), ist eine hoch ansteckende Viruserkrankung, die durch das schwere akute Atemwegssyndrom Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) verursacht wird. Nachdem im Dezember 2019 die ersten Fälle in Wuhan, Provinz Hubei und in China auftraten, verbreitete sich das Virus weltweit. Am 11. März 2020 erklärte die WHO diese Krankheit als globale Pandemie. Durch die klinische Forschung wurde das Verständnis des SARS-CoV-2 verbessert und somit die Ausbreitung des Virus verzögert. Jedoch traten im Laufe der Pandemie durch Mutationen bis dato fünf Varianten auf, wodurch sich die Eindämmung trotz Massenimpfungen erschwert (Cascella et al., 2022).

Die Auswirkungen einer Coronavirus-Infektion sind sehr unterschiedlich. Sie reichen von einem asymptomatischen Verlauf bis zum Multiorganversagen und dem Tod. Das Coronavirus kann neben der Lunge auch andere Organe wie beispielsweise das Herz betreffen und Komplikationen wie eine Myokarditis verursachen (Sawalha et al., 2020), welche im schlimmsten Fall zu einem plötzlichen Herztod führen kann (Raukar & Cooper 2021). Deshalb sollten myokardiale Auswirkungen nach einer SARS-CoV-2-Infektion untersucht werden. Eine Myokarditis kann nicht nur im Zuge eines schweren, sondern auch nach einem leichten oder asymptomatischen Verlauf auftreten, wovon junge, gesunden SportlerInnen nicht auszunehmen sind. Vor dem Wiedereinstieg in den Sport sollten sich AthletInnen daher einer medizinischen Untersuchung unterziehen. AthletInnen sind, aufgrund ihrer hohen Trainingsintensität, anfällig für Atemweginfektionen. Darunter fällt auch die SARS-CoV-2-Infektion. Eine mögliche Myokarditis kann zu Veränderungen im linken (LV) und rechten Ventrikel (RV) sowie zu Funktionseinschränkungen führen (Puntmann et al., 2020) und den Return to Sport gefährden.

Eine Myokarditis kann zu schwerwiegenden Komplikationen nach einer SARS-CoV-2-Infektion führen. Seit Beginn der Pandemie wurden zahlreiche Studien mit unterschiedlich hohen Inzidenzen einer Myokarditis durch SARS-CoV-2 veröffentlicht. Anfangs wurden Inzidenzen von über 60% und höher berichtet, Folgestudien zeigten deutlich geringere Zahlen (Cates et al., 2020; Puntmann et al., 2020). Es ist daher wichtig eine virale Myokarditis richtig zu erkennen und die passende Behandlung zu initiieren, um den

Wiedereinstieg in den Sport komplikationslos zu gestalten. Das SARS-CoV-2 verbreitet sich schneller als bisher bekannte Viren, womit auch die folgenden Risiken für SportlerInnen und der Allgemeinbevölkerung zunehmen. Es stellt sich somit die Frage welches Risiko eine SARS-CoV-2-Infektion birgt und welche Bedeutung dies für die kardiovaskuläre Gesundheit hat.

Es besteht nun das Interesse den Unterschied der Inzidenz der Myokarditis und deren Schweregrad im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion im Vergleich von SportlerInnen und der Allgemeinbevölkerung zu veranschaulichen.

1.2 Forschungsfragen und Forschungsziel

Anhand dieser Thematik lässt sich folgende Forschungsfrage ableiten:

Wie oft tritt eine Myokarditis im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion auf?

Subfragestellungen:

Wie oft tritt eine Myokarditis im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion bei SportlerInnen auf?

Wie oft tritt eine Myokarditis im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion bei sportlich inaktiven Personen auf?

Das Ziel dieses systematischen Reviews ist es einen Überblick über die Höhe der Inzidenz der Myokarditis, welche durch eine SARS-CoV-2-Infektion verursacht wurde, zu erlangen. Es wird untersucht, wie sich eine Herzmuskelentzündung bei SportlerInnen als auch bei sportlich inaktiven Personen nach einer SARS-CoV-2-Infektion verhält, beziehungsweise ob es einen Unterschied in diesen Personengruppen gibt. Zusätzlich soll herausgearbeitet werden, inwiefern Vorerkrankungen und Begleiterkrankungen das Ergebnis beeinflussen oder verändern.

Zur Übersicht werden die auserwählten Studien kategorisiert und ihre Ergebnisse angeführt. Weiters werden die Informationen diskutiert und interpretiert. Die Forschungsfrage wird mit Hilfe der ausgewerteten Ergebnisse beantwortet. Zum Schluss wird ein möglicher Ausblick darüber gegeben, inwiefern dieses Thema noch weiterer Forschung bedarf.

1.3 Definition der Variablen

1.3.1 COVID-19-Erkrankung

Die Coronavirus-19-Erkrankung (COVID-19) wird durch das schwere-akute-Atemwegssyndrom-Coronavirus Typ 2 (SARS-CoV-2) verursacht. Der Großteil der Infizierten zeigt einen leichten bis moderaten Verlauf, die keine spezielle Behandlung benötigen. Bei manchen Personen treten schwere Symptome auf wodurch eine medizinische Versorgung notwendig wird. Ältere Menschen und Personen mit gewissen Erkrankungen, wie beispielsweise kardiovaskulären Erkrankungen, chronischen Atemwegserkrankungen oder Krebs entwickeln eher einen schweren Verlauf. Jedoch kann jeder, egal welchen Alters, aufgrund des Virus ernsthaft erkranken oder sogar daran sterben (WHO, 2022).

1.3.2 Myokarditis

Eine Myokarditis ist eine Entzündung des Herzmuskels. Es wird zwischen infektiöser (verursacht durch: Viren, Bakterien, Pilze, Protozoen, Parasiten) und in nichtinfektiöser (rheumatoide Arthritis, nach Bestrahlung des Mediastinums, medikamentös induziert) Myokarditis unterschieden. In einem Zeitraum bis zu drei Monaten, spricht man von einer akuten Myokarditis, über drei Monate hinaus wird sie als chronische Myokarditis benannt. Eine Myokarditis verläuft bei der Mehrheit der Fälle mild. Seltener kommt es zu einem fulminanten Verlauf und kann bis zum Tod führen. PatientInnen mit einer Myokarditis können unter akuten Brustschmerzen, Dyspnoe, Fatigue, Arrhythmiesymptomen, Synkopen oder unter einem kardiogenen Schock leiden. Bei einer Myokarditis ist meist die Kreatinkinase (CK), die Kreatinkinase-Muscle-Brain (CK-MB), das Troponin (Tn) und das Brain Natriuretic Peptide (BNP) erhöht. Außerdem kann die Blutsenkungsgeschwindigkeit einen unspezifischen Hinweis geben. Zusätzlich sollte eine bakteriologische und virologische Diagnostik stattfinden (Herold, 2021).

1.3.3 Lake Louise Kriterien

Um eine Myokarditis mittels Magnetresonanztomographie (MRT) zu diagnostizieren, müssen die Lake-Louise-Kriterien erfüllt sein. Um diesen Kriterien zu entsprechen, muss einerseits ein Myokardödem in der T2-Wichtung erkannt werden und andererseits muss eine Gewebeverletzung des Myokards in der T1-Wichtung anhand des Late Gadolinium Enhancement (LGE) oder per extrazellulären Volumenfraktion bestimmt werden. Nebenkriterien wie eine Perikarditis und eine LV-Dysfunktion können die Diagnostik unterstützen (Herold, 2021; Puntmann et al. 2018).

1.3.4 SportlerInnen und Leistungssport

In diesem systematischen Review wurden einerseits sportlich inaktive Personen, als auch SportlerInnen aufgenommen. Inkludiert wurden AthletInnen einer Universität oder professionelle erwachsene LeistungssportlerInnen, die ihren Sport auf höchstem Niveau ausüben. Es handelt sich um NationalteamspielerInnen, Olympioniken oder erstklassige NationalligaspielerInnen. Weiters wurden Personen eingeschlossen, die einen Sportumfang von 14h/Woche aufwiesen. Es wurden SportlerInnen aus unterschiedlichen Sportarten aufgenommen. Darunter waren folgende Sportarten repräsentiert: Football, Fußball, Basketball, Volleyball, Tennis, Leichtathletik, Ringen, Judo, Fechten, Softball und Tanz.

2 Methode

Die methodische Vorgehensweise begann mit einer allgemeinen Literatursuche, die einen Überblick zu diesem Thema verschaffen hat. Danach folgte eine spezifische Recherche, um das Thema einzugrenzen.

2.1 Suchstrategie

Dieser systematische Review wurde auf Basis des PRISMA-Statement (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) verfasst (Moher et al., 2009). Zur systematischen Literatursuche wurde die online Datenbank „PubMed“ verwendet. Folgender Search String wurde zur Suche in PubMed verwendet: „myocarditis SARS-CoV-2“. Anhand der Verwendung des Search Strings konnten jene Studien eingeschlossen werden, die seit Pandemiebeginn im November 2019 bis Dezember 2021 publiziert wurden. Die Literaturrecherche fand im Zeitraum von Oktober 2021 bis Dezember 2021 statt. Die Studien wurden in zwei Gruppen, SportlerInnen und Allgemeinbevölkerung, eingeteilt.

2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Die Ein- und Ausschlusskriterien werden in der folgenden Tabelle aufgelistet und im Weiteren erläutert.

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
COVID-19-Erkrankung	Personen ohne COVID-19-Erkrankung
weiblich, männlich	Tiere
Personen jedes Alters	Originalarbeiten, die keinen Bezug zur Myokarditis darstellen
Personen mit/ohne Komorbiditäten möglich	andere Sprachen als Englisch und Deutsch
Diagnostik und Prävalenz der Myokarditis bei AthletInnen und der Allgemeinbevölkerung, die mit SARS-CoV-2 infiziert waren	Reviews, Metanalysen, Editorials, Meinungsbericht, Fallstudien, Fallserienstudien, Studien, ohne Verfügbarkeit des Volltextes
Originalarbeiten, peer reviewed Paper	

Eingeschlossen wurden Originalarbeiten, die von Experten begutachtet wurden und in englischer oder deutscher Sprache veröffentlicht wurden. Dazu zählen Querschnitts-Beobachtungsstudien, prospektive Studien, retrospektive Kohortenanalysen und Fall-Kontroll-Studien. Es wurden dabei Personen beider Geschlechter und jedes Alters untersucht. Weiters wurden ausschließlich Publikationen verwendet, bei denen die ProbandInnen mit SARS-CoV-2 infiziert waren sowie Studien, die über die Diagnostik und Prävalenz der Myokarditis bei AthletInnen oder bei der Allgemeinbevölkerung berichteten. Publikationen wurden ausgeschlossen, wenn die Personen keine SARS-CoV-2-Infektion aufwiesen, Daten über Tiere berichtet wurden oder wenn die Veröffentlichungen keinen Bezug zur Myokarditis herstellten. Reviews, Metaanalysen, Leserbriefe, Literaturrezensionen, Editorials, Meinungsberichte, Fallstudien, Fallserienstudien und Studien, ohne Verfügbarkeit des Volltextes wurden ebenfalls ausgeschlossen.

2.3 Studienselektion

Die Literatursuche wurde von einem Reviewer unter Aufsicht des Senior-Reviewers durchgeführt. Titel, Abstract und Volltext wurden in dieser Reihenfolge mithilfe der Ein- und Ausschlusskriterien geprüft. Relevante Studien wurden für die Datendarstellung extrahiert und in einer Tabelle festgehalten.

2.4 Auswertung der Ergebnisse

Die absoluten Werte der Myokarditisinzidenz aller Studien wurden in Excel notiert, woraus die Anzahl der Myokarditiden bezogen auf alle teilnehmenden ProbandInnen berechnet wurde. Außerdem wurde der relative Wert für jede einzelne Studie als auch für die Gesamtkohorte eruiert.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Literaturrecherche

Die Suche ergab 820 Datensätze. Unter Einbeziehung der Ein- und Ausschlusskriterien wurden anhand von Titel und Abstract 732 Studien ausgeschlossen. Es verblieben 88 Studien, welche für diesen Review als potenziell geeignet angesehen wurden. Durch Lesen der Volltexte wurden anschließend 15 weitere Studien verworfen. Grund dafür waren das Fehlen einer ausreichenden Beschreibung und Untersuchung der Myokarditis. Insgesamt wurden 73 Originalarbeiten in den systematischen Review aufgenommen. Im Folgenden wird die Studienselektion mithilfe eines Prisma-Flow-Charts (Abb. 1.) dargestellt.



PRISMA 2009 Flow Diagram

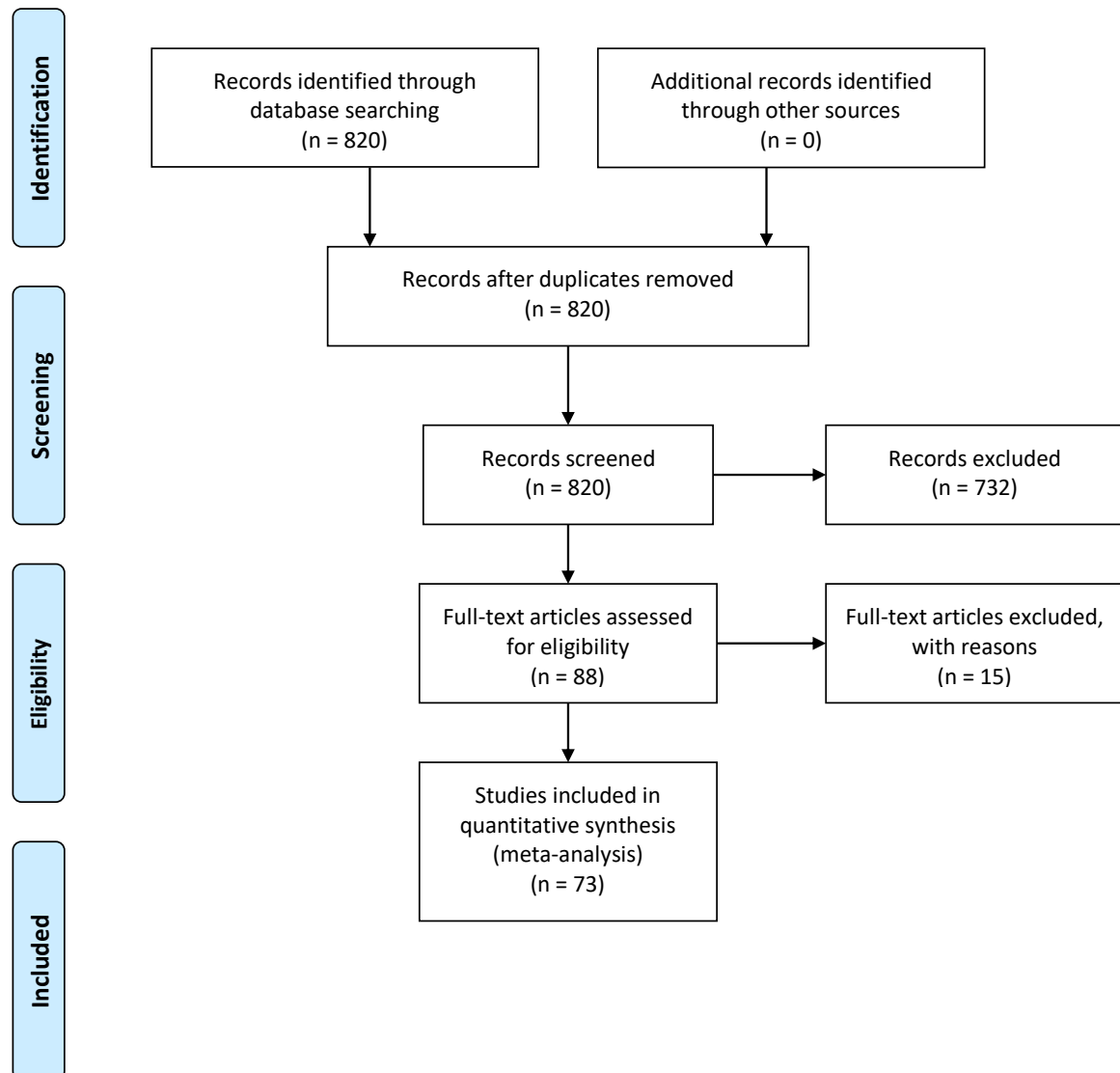


Abbildung 1: PRISMA-Flow-Chart

3.2 Charakteristika der inkludierten Studien

Zwölf Studien untersuchten AthletInnen. Der Großteil der Studien untersuchte jedoch Personen, die keinen Leistungssport betreiben beziehungsweise sportlich inaktiv sind.

Die Publikationen stammen aus 18 verschiedenen Ländern. Die Vereinigten Staaten stellen mit 23 Veröffentlichungen einen wesentlichen Teil dar. Davon untersuchten 13 Studien sportlich inaktive Personen und 10 Originalarbeiten AthletInnen. Zwölf Originalarbeiten stammen aus Italien, wobei davon eine Studie SportlerInnen untersucht. Acht Publikationen

haben ihre Herkunft aus Frankreich, sechs aus Deutschland, fünf aus dem Vereinigten Königreich, drei aus Indien, je zwei aus Ägypten, China, Iran und Polen. Eine Studie aus Polen untersuchte SportlerInnen. Jeweils eine Studie kommt aus Belgien, Brasilien, den Niederlanden, Nigeria, Schweden, Schweiz, Spanien und der Türkei. Die Gesamtheit der Stichprobe der Nicht-SportlerInnen ist vor allem für die europäische und amerikanische Population repräsentativ. Die Ergebnisse der SportlerInnen sind mit Ausnahme von Italien und Polen auf den amerikanischen Raum zurückzuführen.

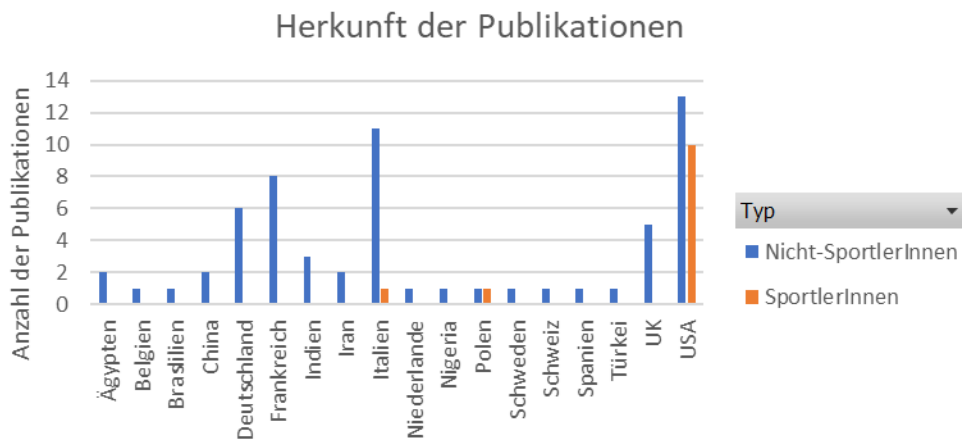


Abbildung 2: Herkunft der Publikationen

Die Anzahl der StudienteilnehmerInnen variiert stark. So umfasste die Studie aus Brasilien insgesamt fünf Probanden (Duarte-Neto et al. 2021), während die Studie aus dem Vereinigten Königreich 718 365 TeilnehmerInnen inkludierte (Buckley et al. 2021). Das Alter der StudienteilnehmerInnen umfasste eine Spannweite von 0,58 (Duarte-Neto et al. 2021) bis 85 (Lindner et al. 2020) Jahren. 19 (26%) der 73 Studien stellten die Ergebnisse der unter 18- beziehungsweise unter 21-Jährigen dar. 50 (69%) Studien untersuchten volljährige Personen. Bei 4 (5%) Publikationen fehlt die Altersangabe.

Alter der ProbandInnen

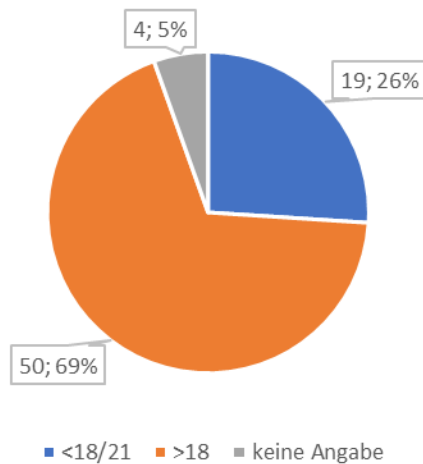


Abbildung 3: Alter der ProbandInnen

Gesamt betrachtet sind 47 066 (50,37%) der inkludierten Personen weiblich und 46 373 (49,63%) männlich. Bei vier Studien fehlen Angaben bezüglich des Geschlechts (Buckley et al., 2021; Galea, Catapano et al., 2021; Miró et al., 2020; Rakha et al., 2021). Aufgrund der Größe dieser Studien machen alle Publikationen mit Geschlechtsangaben lediglich 10,67% der Gesamtpersonenzahl aus. Es konnten 782 222 Personen nicht in die geschlechtsspezifische Unterteilung einfließen.

Unter Berücksichtigung aller Studien wurden sieben verschiedene Bildgebungsmodalitäten angewendet. 47 Publikationen zeigten die Ergebnisse transthorakale echokardiographischer (TTE) Befunde, 36 Studien führten ein Elektrokardiogramm (EKG) und 30 Studien eine kardiale Magnetresonanztomographie (CMR) durch. In 16 Originalarbeiten wurde eine endomyokardiale Biopsie (EMB) gemacht, in 14 Studien wurde ein Röntgen des Thorax (CXR) durchgeführt und in zwölf Publikationen wurde eine Computertomographie (CT) veranlasst. Drei Publikationen zeigten die Ergebnisse einer CT-Koronarangiographie (CTCA).

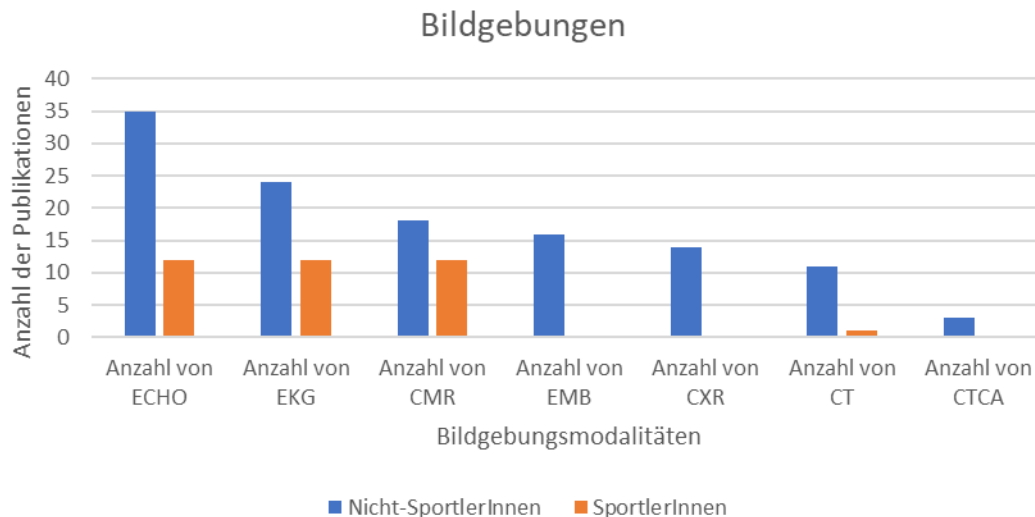


Abbildung 4: Bildgebungsmodalitäten

43 (59%) Studien wiesen eine Probandengröße von unter 100 Personen auf. 19 (26%) Originalarbeiten zeigten Probandengruppen von über 100 Personen. Acht (11%) Publikationen untersuchten Probandengruppen von über 1 000 Personen und drei (4%) Studien zeigten Gruppen von über 10 000 Personen, diese machen jedoch den geringsten Anteil der Studien aus.

Gruppierung der Studien nach Probandenanzahl

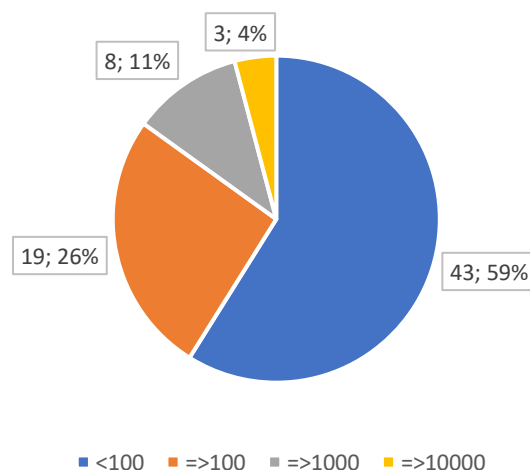


Abbildung 5: Gruppierung der Studien nach Probandenanzahl

58 (79%) der 73 Studien untersuchten zusätzlich zu der Bildgebung Blutwerte wie CRP und D-Dimer, jedoch wurden lediglich in 55 der 73 Studien kardiale Marker wie Troponin, BNP oder CK-MB gemessen. Auffälligkeiten in den Ergebnissen der kardialen Marker zeigten sich in 47 der 55 Studien.

3.3 Tabellarische Ergebnisse

Die Tabellen im Anhang fassen die Merkmale und Hauptergebnisse der Studien zusammen.

3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse wurden in unterschiedliche Kollektive unterteilt und diese getrennt betrachtet beziehungsweise miteinander verglichen. Unter Einbeziehung der Ein- und Ausschlusskriterien wurden 73 Publikationen eingeschlossen. Zwölf Studien untersuchten SportlerInnen und 61 Studien hatten den Fokus auf die Allgemeinbevölkerung. Darunter gab es 19 Studien, die sich mit Kindern beschäftigten und 42 Studien, die erwachsene sportlich inaktive Personen untersuchten.

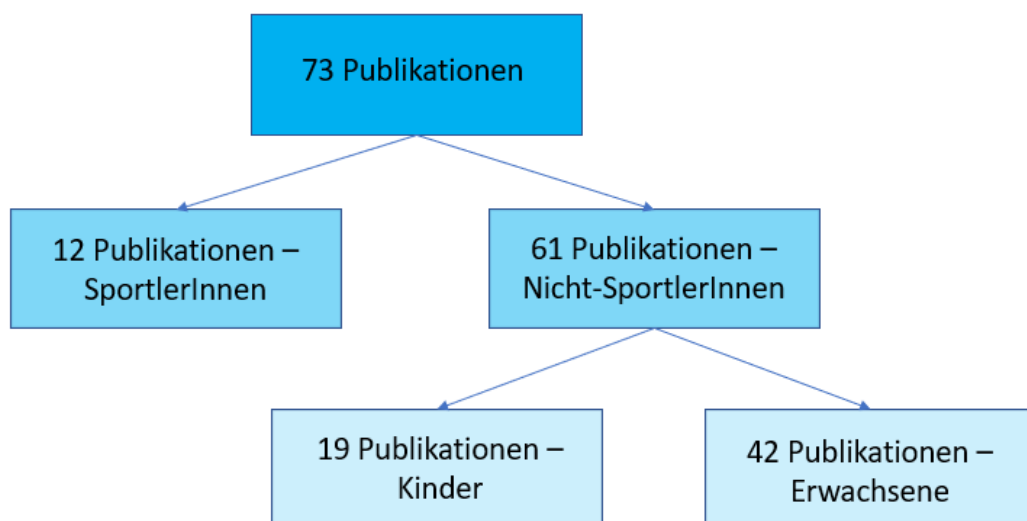


Abbildung 6: Aufteilung der Kollektive

3.4.1 Myokarditis bei SportlerInnen mit COVID-19

In Zusammenschau der inkludierten Ergebnisse liegt die Wahrscheinlichkeit, dass SportlerInnen im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion an einer Myokarditis erkranken, bei 1,26%. Vergleicht man die Studien, variiert die Inzidenz stark und liegt bei SportlerInnen zwischen 0,0-15,4%. Drei der zwölf Studien konnten bei keinen ProbandInnen eine Myokarditis nachweisen (Brito et al., 2020; Hendrickson et al., 2021; Małek et al., 2020). Geringe Inzidenzen von um 1% wiesen Martinez et al. (2021), Moulson et al. (2021), Cavigli et al. (2021), Daniels et al. (2021) und Starekova et al. (2021) auf. Andere Studien

publizierten Inzidenzen bei SportlerInnen von 3,40-15,40% (Clark et al., 2020; Clark, Dendy et al., 2021; Clark, Parikh et al., 2021; Rajpal et al., 2020).

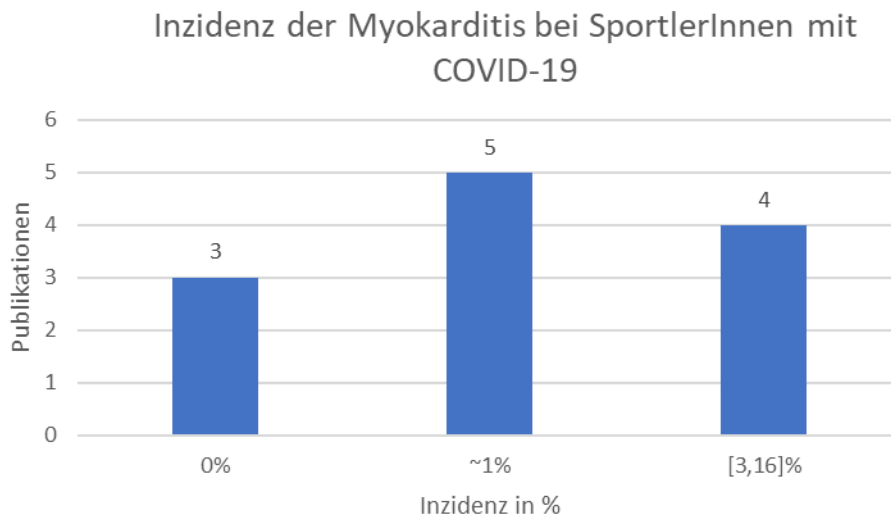


Abbildung 7: Inzidenz der Myokarditis bei SportlerInnen mit COVID-19

Das Alter der sportlichen StudienteilnehmerInnen erstreckte sich von 19 bis 26,5 Jahren. Für die Analyse wurden 5 128 (70,97%) Männer und 2 098 (29,03%) Frauen in Betracht gezogen.

In den folgenden Kapiteln werden bestimmte Auffälligkeiten beschrieben. Wird bei einem/r ProbandIn ein positiver Befund notiert, so wird die gesamte Studie als auffällig gewertet, außer die Anomalien der einzelnen Personen wurden angeführt.

3.4.1.1 Kardiale Marker und andere Blutwerte bei SportlerInnen

In allen zwölf Studien des sportlichen Kollektives wurden kardiale Marker bestimmt. Von diesen zeigten acht eine Erhöhung des Troponins. Das Brain Natriuretic Peptide (BNP) wurde in zwei Studien zur Analyse herangezogen. In keinem der Fälle zeigten sich erhöhte Werte. Die Kreatinkinase (CK) wurde lediglich in einer der Studie bestimmt und zeigte sich hier nur bei einer Person erhöht (Cavigli et al., 2021). Weiters wurde das C-reaktive Protein (CRP) in vier Publikationen und das D-Dimer in einer Studie angegeben. Das CRP zeigte keine positiven Befunde, während das D-Dimer in dieser Studie bei zwei SportlerInnen erhöht war.

Cavigli et al. (2021) untersuchten als einzige vier Blutmarker (Troponin, CRP, D-Dimer, CK). Auffällige Befunde zeigten sich im Troponin, D-Dimer und im CK-Wert. Sie berichteten, dass das Troponin bei einer (1,1%) von 90 Personen erhöht war. Bei dieser Person wurde eine Perikarditis diagnostiziert. Die Kreatinkinase zeigte bei einer (1,1%)

Person erhöhte Werte und das D-Dimer war bei zwei (2,2%) SportlerInnen erhöht. Das CRP der AthletInnen lag im Normbereich. Keiner der Auffälligkeiten gingen mit einer Myokarditis einher (Cavigli et al., 2021). Clark et al. (2020) und Starekova et al. (2021) zogen die drei Blutmarker Troponin, BNP und CRP heran. Keine der beiden Autorengruppen berichtete von positiven Befunden des BNPs und CRPs. Ebenfalls lag das Troponin in der Studie von Clark et al. (2020) im Normbereich. Starekova et al. (2021) berichteten, dass insgesamt drei (2,1%) SportlerInnen eine Erhöhung des Troponins aufwiesen. Einer (0,7%) der drei positiven Befunde wurde mit einer Myokarditis assoziiert (Starekova et al., 2021). Małek et al. (2020) untersuchten Troponin und CRP. Es zeigte sich, dass die Werte im Normbereich lagen. Acht Studien untersuchten ausschließlich das Troponin. Sechs von diesen Publikationen wiesen erhöhte Werte auf (Brito et al., 2020; Clark, Dendy et al., 2021; Daniels et al., 2021; Hendrickson et al., 2021; Martinez et al., 2021; Moulson et al., 2021). Bei Clark, Parikh et al. (2021) und Rajpal et al. (2020) lag das Troponin im Normbereich.

Daniels et al. (2021) zeigten das höchste Aufkommen einer Troponinerhöhung. Sechs der 37 (16%) Personen, bei denen eine Myokarditis diagnostiziert wurde, zeigten eine Erhöhung des Troponins. Bei Clark, Dendy et al. (2021) wiesen zwei (4%) der 50 AthletInnen, bei Hendrickson et al. (2021) vier (2,9%) der 137 SportlerInnen und bei Brito et al. (2020) eine (1,9%) der 54 Personen eine Erhöhung des Troponins auf. In allen drei Studien zeigte keiner der SportlerInnen mit positiven Troponin-Befund eine Myokarditis (Brito et al., 2020; Clark, Dendy et al., 2021; Hendrickson et al., 2021). Moulson et al. (2021) berichteten, dass 25 (0,9%) der 2736 AthletInnen eine Erhöhung des Troponins aufwiesen, aber nur eine (0,03%) Person von dieser Gruppe mit einer Myokarditis diagnostiziert wurde. Bei Martinez et al. (2021) wiesen sechs (0,8%) der 789 AthletInnen positive Befunde des Troponins auf. Ebenfalls wie bei Moulson et al. (2021) zeigte nur eine (0,1%) Person eine Myokarditis (Martinez et al., 2021).

Clark et al. (2020), Clark, Parikh et al. (2021), Małek et al. (2020) und Rajpal et al. (2020) zeigten keine Auffälligkeiten in den Blutwerten. Laut Małek et al. (2020) besteht keine Korrelation zwischen CRP oder Troponin und der T1- oder T2-Kartierung.

3.4.1.2 Auffälligkeiten in der Bildgebung bei SportlerInnen

Alle Studien, die AthletInnen untersuchten, zeigten Daten einer transthorakalen Echokardiographie (TTE) und einer kardialen Magnetresonanztomographie (CMR), die als nicht-invasiver Goldstandard gilt. Hier wiesen elf von zwölf Studien ein LGE auf. Weiterhin

wurde in allen zwölf Studien ein Elektrokardiogramm (EKG) und in einer Publikation eine Computertomographie (CT) durchgeführt. Es bestehen keine Daten einer endomyokardialen Biopsie (EMB), eines Thoraxröntgens (CXR), oder einer CT-Koronarangiographie (CTCA). Fünf Studien zeigten Abnormalitäten in der TTE und im EKG. Neun Publikationen wiesen Auffälligkeiten in der kardialen Magnetresonanztomographie auf. In den weiter angeführten Bildgebungen wurden keine Auffälligkeiten notiert.

In der Studie von Brito et al. (2020), in welcher keine Myokarditiden auftraten, zeigte eine (1,9%) Person, mit asymptomatischem Verlauf, ein abnormales EKG. Es handelte sich um eine unangemessene Sinustachykardie mit ST-Strecken- und T-Wellen -Veränderungen. In der TTE wies ein symptomatischer Patient eine linksventrikuläre Ejektionsfraktion (LVEF) unter 50% mit globaler Hypokinese auf. Sechs Patienten hatten ein reduziertes Globales Longitudinal Strain (GLS). Kleine Perikardergüsse wurden bei drei (5,5%) SportlerInnen festgestellt. Weiters zeigten acht asymptomatische PatientInnen grenzwertige RV-Dilatationen oder Dysfunktionen. 48 (89%) der 54 AthletInnen unterzogen sich einer CMR-Untersuchung, die sowohl einen symptomatischen als auch asymptomatische Verlauf hatten. Ausgeschlossen wurden jene PatientInnen, die ein unauffälliges EKG (asymptomatisch) aufwiesen und ein Patient (symptomatisch) mit Klaustrophobie. Acht SportlerInnen wiesen myokardiale Abnormalitäten, wie eine LVEF <50%, GLS <16%, T1-Signal Erhöhungen oder ein myokardiales enhancement, in der CMR auf. Ein erhöhtes T1-Signal (≥ 990 ms) wurde bei neun (19%) Personen festgestellt. Die Befunde in der T2-Kartierung waren unauffällig. Keiner der ProbandInnen zeigten myokardiale Ödeme. Ein (2,1%) Proband von 48 SportlerInnen zeigte ein LGE (Brito et al., 2020).

Das EKG und die Spirometrie der AthletInnen in Cavigli et al. (2021) waren unauffällig. Drei (3,3%) der 90 AthletInnen zeigten Abnormalitäten in der TTE. Bei allen drei AthletInnen wurde ein Perikarderguss beobachtet. Bei einem der Patienten wurde eine Myoperikarditis festgestellt. Diese wurde auf die LLC geprüft und erfüllte zwei der drei Kriterien. Es trat ein leichtes LGE auf. Der Athlet war 22 Jahre alt und spielte professionell Fußball. Die Myoperikarditis wurde 30 Tage nach dem negativen COVID-19 Testergebnis festgestellt. Bei der körperlich anstrengenden Untersuchung traten bei dem Patienten gelegentlich ventrikuläre Arrhythmien, ein breiter QRS-Komplex und ein Rechtsschenkelblock auf. Die anderen beiden Athletinnen zeigten ein normales EKG, aber milde Perikardergüsse. Bei ihnen wurde eine Perikarditis diagnostiziert (Cavigli et al., 2021).

Zwei (9%) der 22 StudienteilnehmerInnen von Clark et al. (2020) zeigten Abnormalitäten in der CMR. Diese zwei SportlerInnen zeigten ein inferoseptales LGE. Basierend auf den LLC wurde eine Myokarditis bei einem Sportler festgestellt. Bei dem anderen wurde eine Perikarditis diagnostiziert. Sie wiesen aber ein normales EKG und keine Auffälligkeiten in der TTE auf. Generell wiesen COVID-19 PatientInnen höhere T2-Signal-Zeiten als die Kontrollgruppe auf (Clark et al., 2020).

Ähnlich wie bei der zuvor beschriebenen Autorengruppe erfüllten zwei (3%) der 59 AthletInnen von Clark, Parikh et al. (2021) die Kriterien einer Myokarditis. Das EKG und die TTE zeigten keine Auffälligkeiten. Bei 16 SportlerInnen wurde ein LGE gefunden. Zwei von ihnen entwickelten eine Myokarditis. Die T2-Relaxationszeiten waren in allen Myokardsegmenten höher als jene in der Kontrollgruppe. Ein Patient mit Myokarditis entwickelte eine Dysfunktion des linken Ventrikels, welche bei der Folgeuntersuchung in der TTE entdeckt wurde (Clark, Parikh et al., 2021).

Clark, Dendy et al. (2021) berichteten über COVID-19-positive Soldaten, die im aktiven Dienst einen hohen Trainingsumfang von mindestens 14 Stunden pro Woche aufwiesen und vor allem Ausdauer- und Krafttraining durchführten. Die Autoren beschrieben, dass vier (8,3%) Soldaten, die COVID-19-positiv waren, Abnormalitäten im EKG aufwiesen. Aber keiner von diesen PatientInnen zeigten Auffälligkeiten in der CMR. Die Soldaten hatten eine reduzierte rechtventrikuläre Ejektionsfraktion (RVEF) im Vergleich zur Kontrollgruppe. Bei der Kontrollgruppe handelte es sich ebenfalls um Soldaten, jedoch wiesen sie keine SARS-CoV-2-Infektion auf. Elf (23%) positiv getestete Soldaten zeigten ein LGE. Acht (24%) Soldaten aus der Kontrollgruppe wiesen ein LGE auf. Keiner der hospitalisierten Soldaten (n=5) zeigten Abnormalitäten in der CMR. Vier Soldaten wurden mit einer Myokarditis diagnostiziert, welche anhand der LLC bestimmt wurden. Proband 1 zeigte ein inferolaterales LGE mit normaler T2-Signal-Zeit. Proband 2 wurde mit Myokarditis diagnostiziert. Proband 3 zeigte ein LGE und eine leichte Erhöhung der T2-Signal-Zeit. Proband 4 wies eine inferoseptale und inferolaterale Myokarditis auf (Clark, Dendy et al., 2021).

Daniels et al. (2021) berichteten von neun AthletInnen, bei denen eine klinische Myokarditis diagnostiziert wurde. Von ihnen zeigten fünf (55,6%) Personen Abnormalitäten im EKG. Von 28 asymptomatischen AthletInnen, die eine subklinische Myokarditis aufwiesen, zeigte lediglich eine Person (3,6%) Abnormalitäten im EKG. Um welche Abnormalitäten es sich handelte konnte nicht entnommen werden. Weiters zeigten drei dieser 28 AthletInnen

Auffälligkeiten in der TTE. Bei den insgesamt 37 Personen, bei denen eine Myokarditis diagnostiziert wurde, wurden Abnormalitäten in der CMR notiert. Bei 31 von 37 Personen wurde ein LGE gefunden. 31 der 37 AthletInnen erfüllten die Lake-Louise-Kriterien-21 mit erhöhtem T2- und T1-Signal oder des Vorhandenseins von LGE. Von den sechs AthletInnen, die diese Voraussetzungen nicht erfüllten, zeigten drei SportlerInnen eine klinische Myokarditis. Die anderen drei AthletInnen zeigten eine subklinische Myokarditis. Zwei der drei Personen mit subklinischer Myokarditis erfüllten die LLC nicht, zeigten aber eine reduzierte linksventrikuläre systolische Funktion und ein LGE. Der dritte Patient mit subklinischer Myokarditis zeigte ein LGE mit myokarditis-typischem Muster, jedoch ohne Myokardödem in der T2-Kartierung (Daniels et al., 2021).

Hendrickson et al. (2021) veranlassten neben dem EKG eine TTE und eine CMR. Bis auf in der TTE wurden in den Bildgebungen keine Auffälligkeiten der 26 StudienteilnehmerInnen beschrieben. Vier (2,9%) Athleten zeigten Perikardergüsse in der TTE. Es wurde kein LGE gefunden. In dieser Studie wurde bei keinem/r SportlerIn einer Myokarditis festgestellt (Hendrickson et al., 2021).

Małek et al. (2020) beschrieben Anomalien des Myokardgewebes in der CMR in fünf (19%) von 26 AthletInnen. Drei AthletInnen zeigten grenzwertig erhöhte T2-Signal-Verhältnisse. Eine Sportlerin wies ein Myokardödem in der T2-Kartierung auf. Es wurde nur bei einer Sportlerin ein LGE im mittleren ventrikulären inferolateralen Segment des linken Ventrikels gefunden. Keiner der AthletInnen erfüllte die LLC für eine Myokarditis (Małek et al., 2020).

In der Studie von Martinez et al. (2021) zeigten zehn (1,3%) AthletInnen Abnormalitäten im EKG, welche nicht näher erklärt wurden. Von den zehn SportlerInnen wies eine Person eine Myokarditis auf. 20 (2,5%) ProbandInnen zeigten Abnormalitäten in der TTE, wobei drei von ihnen eine Myokarditis aufwies. Fünf (18,5%) der 27 Personen, an welchen eine CMR durchgeführt wurde, zeigten Abnormalitäten in dieser Bildgebung. Dies entspricht 0,6% der Gesamtkohorte. Drei der fünf SportlerInnen wiesen eine Myokarditis auf, die andern beiden eine Perikarditis. Zwei SportlerInnen wiesen ein LGE auf. Bei einer Person, bei der eine Myokarditis diagnostiziert wurde, wurde kein LGE gefunden. Sie wies eine normale LVEF und RVEF auf, jedoch Auffälligkeiten in der T2-Kartierung in der mittleren ventrikulären inferioren Wand (Martinez et al., 2021).

Bei Moulson et al. (2021) zeigten 21 (0,7%) der 2 999 SportlerInnen, bei denen keine Myokarditis auftrat, Auffälligkeiten im EKG und 24 (0,9%) der 2556 ProbandInnen zeigten

Auffälligkeiten in der TTE. 17 SportlerInnen wurden mit einer Myokarditis diagnostiziert. Zwei von ihnen zeigten ein „left atrial enlargement“ (LAE, linksatriale Vergrößerung) sowie ein „right atrial enlargement“ (RAE, rechtsatriale Vergrößerung). Ein Proband hatte ein verlängertes QTc-Intervall von 481ms. Ein anderer Proband zeigte Abnormalitäten im Sinne eines „black athlete repolarization pattern“, T-Wellen Inversion (TWI) in V5-V6 und RAE. Somit zeigten vier (24%) von 17 ProbandInnen mit Myokarditis Auffälligkeiten im EKG. Bei fünf (29%) der Myokarditis-Patienten wurde über positive Befunde in der TTE berichtet. Alle SportlerInnen, die mit einer Myokarditis diagnostiziert wurden (n=17) zeigten Auffälligkeiten in der CMR. Bei 13 (76%) von 17 Personen wurde ein LGE nachgewiesen (Moulson et al., 2021).

Rajpal et al. (2020) führten zwar ein EKG, eine TTE und eine CMR durch, aber Auffälligkeiten wurden nur in der CMR bei vier (15,4%) männlichen von 26 AthletInnen vermerkt. Diese CMR-Befunde stimmten mit den LLC auf eine Myokarditis überein. Sie wiesen ein Myokardödem bei erhöhtem T2-Signal und eine Myokardverletzung in der T1-Kartierung auf. Acht weitere AthletInnen, ohne diagnostizierter Myokarditis, (30,8%, insgesamt 12 (46%)) wiesen ein LGE ohne erhöhtes T2- Signal auf. Dies könnte laut Autorengruppe auf eine frühere myokardiale Verletzung hindeuten (Rajpal et al., 2020).

Starekova et al. (2021) führten die selben Bildgebungen wie Rajpal et al. (2020) durch und es zeigten sich ebenfalls bei zwei (1,4%) von 145 Personen Auffälligkeiten in der CMR. Diese beiden erfüllten die LLC. Ein Patient zeigte eine deutliche Myoperikarditis mit fleckigem LGE im mittleren Myokard und in der apikalen inferolateralen LV-Wand. Der andere Patient wies ein leichtes epikardiales LGE an der inferobasalen Wand auf und zeigte eine leichte T2-Signalanomalie. Die CMR-Bilder der beiden PatientInnen entsprachen den LLC und erfüllten somit die Kriterien einer Myokarditis (Starekova et al., 2021).

3.4.1.3 Auffälligkeiten der Symptome bei SportlerInnen

In drei Studien, die eine Inzidenz von 0,4% bis 1,1% aufweisen und eine CMR nur nach Feststellung abnormaler Befunde in der Erstuntersuchung durchführten, hatten die Mehrheit der PatientInnen mit einer Myokarditis (76%-100%) einen symptomatischen COVID-19-Verlauf (Cavigli et al., 2021; Martinez et al., 2021; Moulson et al., 2021). In einer dieser Studien wiesen 29% der PatientInnen kardiale Symptome auf (Moulson et al., 2021). In den Studien, in denen die CMR im Rahmen des Primär-Screenings durchgeführt wurde, zeigten 50% der PatientInnen mit einer Myokarditis einen symptomatischen COVID-19-Verlauf (Rajpal et al., 2020; Starekova et al., 2021). 25% der Myokarditis-PatientInnen berichteten

in der Studie von Daniels et al. (2021) über kardiale Symptome. In zwei Studien, die eine Inzidenz von 3,4% bis 4,5% anführten, zeigten die MyokarditispatientInnen keine COVID-19 Symptome (Clark et al., 2020; Clark, Parikh et al., 2021). In der Studie von Clark, Dendy et al. (2021) wiesen 100% der Myokarditis-Fälle Symptome auf, jedoch ist hier anzumerken, dass kardiale Symptome zu den Einschlusskriterien zählten. Die mit SARS-CoV-2 infizierten ProbandInnen, die keine Myokarditis entwickelten, zeigten zu mehr als zwei Drittel einen symptomatischen Verlauf (Brito et al., 2020; Hendrickson et al., 2021; Małek et al., 2020).

3.4.2 Myokarditis bei erwachsenen Nicht-SportlerInnen mit COVID-19

Die Wahrscheinlichkeit, dass sich im Rahmen einer SARS-CoV-2-Infektion bei erwachsenen Nicht-SportlerInnen eine Myokarditis entwickelt, liegt nach Zusammenschau der inkludierten Studien bei 4,18%. Die Spanne der Inzidenz in einem sportlich inaktiven beziehungsweise keinen Leistungssport betreibenden, erwachsenen Kollektiv erstreckt sich je nach Studie von 0-60%. Acht Studien wiesen eine Inzidenz von 0% auf. Zehn Publikationen zeigten eine geringe Wahrscheinlichkeit von 1% oder weniger. 16 Originalarbeiten veröffentlichten Ergebnisse zwischen 1% und 10%, drei zwischen 10% und 30% und fünf Studien wiesen Inzidenzen zwischen 30% und 60% auf.

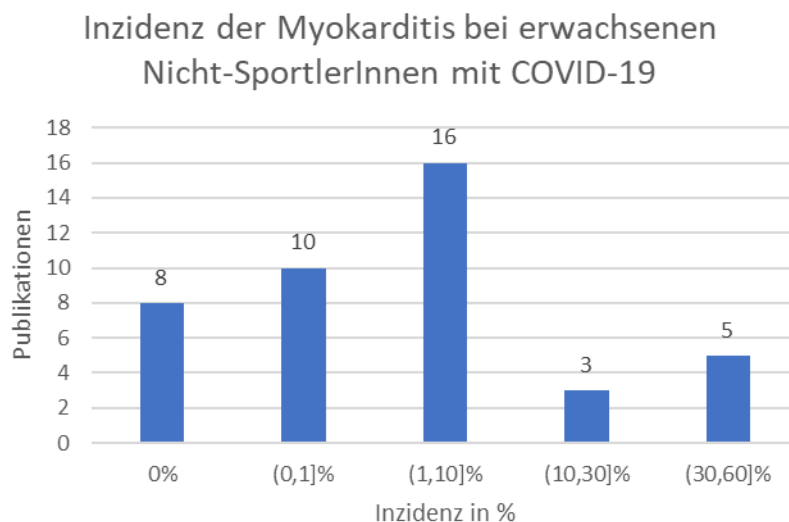


Abbildung 8: Inzidenz der Myokarditis bei erwachsenen Nicht-SportlerInnen mit COVID-19

Das Alter der ProbandInnen erstreckte sich von 18 bis 85 Jahren. Die Geschlechterverteilung war annähernd gleich. 47,33% Männer und 52,67% Frauen wurden in die Studien inkludiert.

3.4.2.1 Kardiale Marker und andere Blutwerte bei erwachsenen Nicht-SportlerInnen

42 Studien, die sportlich inaktive beziehungsweise keinen Leistungssport betreibende Erwachsene untersuchten, wurden für die Analyse der Blutwerte in Betracht gezogen. 28 (67%) der 42 Studien zeigten Ergebnisse von Blutwerten. In 26 (93%) Publikationen wurde Troponin untersucht. 21 (80,8%) dieser Studien zeigten eine Troponinerhöhung. BNP wurde in 16 Studien zur Analyse herangezogen. In zwölf (75%) Studien zeigt es erhöhte Werte. Die Kreatinkinase wurde in sieben Studien bestimmt, wobei bei zwei Studien das Isoenzym CK-MB gemessen wurde. Drei (42,9%) Studien wiesen erhöhte Werte der Kreatinkinase auf. Weiters wurden CRP-Werte in 21 und das D-Dimer in 18 Studien angegeben. Das CRP zeigte in 17 (81%) Publikationen und das D-Dimer in 15 (83,3%) Studien erhöhte Werte.

Hékimian et al. (2020), Kotecha et al. (2021), Laganà et al. (2021) und Zeng et al. (2020) untersuchten alle fünf Blutwerte: Troponin, BNP, CK, CRP und D-Dimer. Drei von diesen vier Studien wiesen erhöhte Werte in vier Markern auf. Hékimian et al. (2020) wiesen positive Befunde des Troponins, des CRPs, des D-Dimers und des CK-Wertes auf. Kotecha et al. (2021) zeigten Auffälligkeiten im BNP, CRP, D-Dimer und im CK-Wert. Zeng et al. (2020) berichteten über erhöhte Werte des Troponins, des BNP, des CRPs und des D-Dimers. Laganà et al. (2021) zeigten lediglich eine Erhöhung des Troponins und des BNP.

Weiters zeigten sieben Studien positive Befunde in vier von fünf Blutwerten. In vier der sieben Studien handelte es sich um das Troponin, BNP, CRP und das D-Dimer (Khawaja et al., 2021; Pignatelli et al., 2021; Sang et al., 2021; Zeng et al., 2020). Zwei der sieben Studien gaben erhöhte Werte des Troponins, CRPs, D-Dimers und der Kreatinkinase an (Hékimian et al., 2020; Kunal et al., 2020). Die letzte Studie, die vier erhöhte Blutmarker angab, untersuchte das BNP, CRP, D-Dimer und die CK (Kotecha et al., 2021). Sechs Publikationen wiesen auffällige Werte in drei Blutmarkern auf. Cordeanu et al. (2020), Dal Ferro et al. (2021), Galea, Marchitelli et al. (2021) und Weckbach et al. (2021) berichteten über Erhöhungen des Troponins, des CRPs und des D-Dimers. Fox et al. (2021) zeigten positive Befunde des Troponins, des BNP und des D-Dimers. Die PatientInnen der Studie von Peretto et al. (2021) wiesen Erhöhungen des Troponins, des BNP und des CRPs auf.

3.4.2.2 Auffälligkeiten in der Bildgebung bei erwachsenen Nicht-SportlerInnen

20 (48%) der 42 Studien, die sportlich inaktive Erwachsene beziehungsweise keine LeistungssportlerInnen untersuchten, führten eine TTE durch. Davon zeigten 18 Studien Abnormalitäten. In 17 Publikationen wurden die Daten eines EKGs bekannt gegeben, wobei

bei 13 Studien Abweichungen vorhanden waren. 14 Originalarbeiten führten eine MRT des Herzens durch. In all diesen Studien wurden Abnormalitäten verzeichnet. In 15 Studien bestanden Daten von endomyokardialen Biopsien, wobei in zehn Publikationen Veränderungen notiert wurden. Sieben Studien wiesen Ergebnisse eines Thoraxröntgen auf. Drei der sieben Studien berichteten über Abnormalitäten. Sechs Publikation führten eine CT durch, wobei fünf Studien Veränderungen zeigten. Drei (7%) der 42 Publikationen veranlassten eine CT-Koronarangiographie, wobei zwei Studien Abnormalitäten zeigten. Elf von 42 Studien wiesen ein LGE auf.

3.4.3 Myokarditis bei Kindern mit COVID-19

19 Studien berichten über die Inzidenz von Myokarditis bei Kindern, die mit SARS-CoV-2 infiziert waren. Sie liegt zwischen 0% und 76%. Zwei Studien wiesen eine Inzidenz von 0% auf. Sechs Originalarbeiten veröffentlichten ein Ergebnis zwischen 1% und 10%. Weitere sechs Publikationen zeigten eine Wahrscheinlichkeit von 30% und darunter. Fünf Studien veröffentlichten Werte zwischen über 30 und 76%.

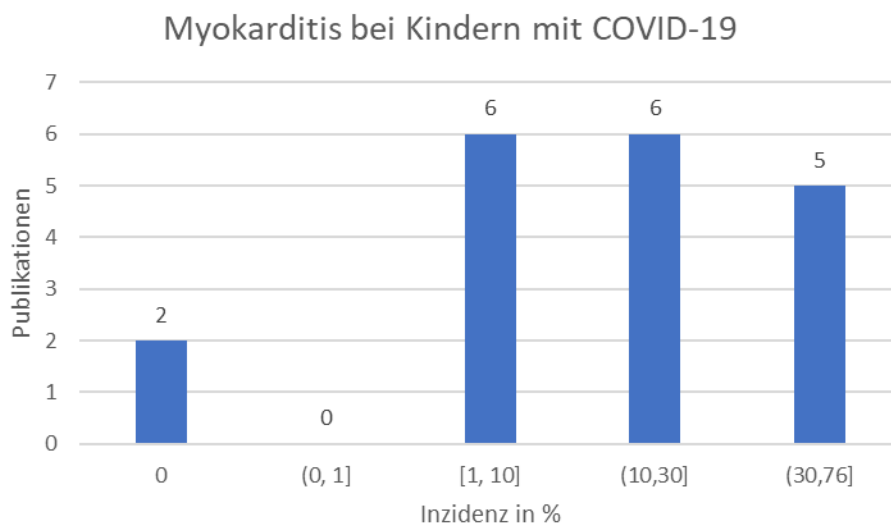


Abbildung 9: Inzidenz der Myokarditis bei Kindern mit COVID-19

Das Alter der TeilnehmerInnen erstreckte sich von Null bis 18 Jahren. Die Studien umfassten insgesamt eine Anzahl von 2 580 (57,16%) Buben und 1 934 (42,84%) Mädchen.

3.4.3.1 Kardiale Marker und andere Blutwerte bei Kindern

Nur eine der 19 Studien, die Kinder untersuchten, wies keine Blutmarker auf (Gartenberg et al., 2021). In 15 Publikationen wurde das Troponin untersucht. 13 der 15 Studien gaben erhöhte Troponinwerte bekannt. Das BNP wurde in neun Studien zur Analyse herangezogen. In all diesen Fällen zeigte es erhöhte Werte. Die Kreatinkinase wurde in fünf Studien

bestimmt, wobei bei drei Studien das Isoenzym CK-MB gemessen wurde. Vier Studien wiesen erhöhte Werte der Kreatinkinase auf. Weiters wurde das CRP in 17 Publikationen bestimmt und jeweils auch positive Befunde notiert. Das D-Dimer wurde in elf Studien angegeben und in zehn Fällen zeigte es erhöht Werte.

Cattalini et al. (2021) untersuchte als einziger fünf Blutmarker (Troponin, BNP, CK, CRP, D-Dimer). Vier dieser Marker zeigten erhöhte Werte. Lediglich war die Kreatinkinase unauffällig (Cattalini et al., 2021). Sechs Autorengruppen zogen das Troponin, das BNP, das CRP und das D-Dimer zur Analyse heran (Abrams et al., 2021; Bartoszek et al., 2021; Belay et al., 2021; Dufort et al., 2020; Fabi et al., 2020; Toubiana et al., 2020). Fünf von diesen Publikationen wiesen erhöhte Werte in all diesen Blutmarkern auf. Duarte-Neto et al. (2021) und Maheshwari et al. (2021) zeigten ebenfalls in vier Markern Ergebnisse, jedoch untersuchten sie statt dem BNP die Kreatinkinase. Diese vier Blutmarker lieferten in diesen beiden Studien positive Befunde.

Im Folgenden werden die Erkrankungen der SARS-CoV-2 positiven Kinder dargestellt. Es wird gezeigt welche Krankheiten in wie vielen Studien vorkamen.

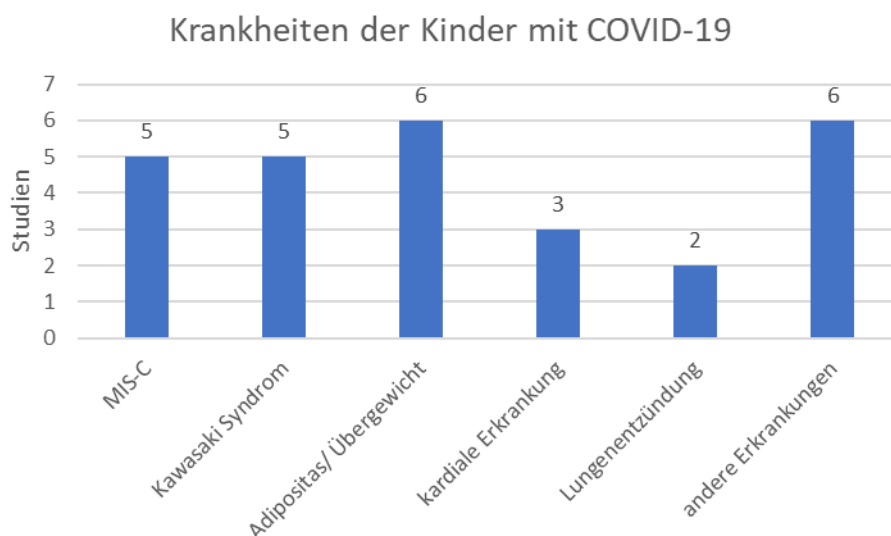


Abbildung 10: Krankheiten der Kinder mit COVID-19

3.4.3.2 Auffälligkeiten in der Bildgebung bei Kindern

15 der 19 Studien, die Kinder untersuchten, führten eine TTE durch, davon zeigten 14 Abnormalitäten. In sieben Publikationen wurden die Daten eines EKGs bekannt gegeben, wobei in sechs dieser Studien Abweichungen vorhanden waren. In vier Originalarbeiten wurde ein MRT des Herzens durchgeführt, wovon eine Studie Abnormalitäten zeigte. Eine Publikation lieferte Ergebnisse einer endomyokardialen Biopsie, welche Veränderungen

notierte. Sieben Studien wiesen die Ergebnisse eines Thoraxröntgens auf und alle Bildgebungen zeigten positive Befunde. Fünf Publikation führten eine CT durch und berichteten ebenfalls bei allen Studien über Abnormalitäten. Es wurde in keiner der Publikationen, die Kinder untersuchten, ein LGE vermerkt.

3.4.4 Vergleich der Myokarditis bei SportlerInnen und erwachsene Nicht-SportlerInnen mit COVID-19

Bei SportlerInnen wurden 76 Myokarditiden von insgesamt 6 007 ProbandInnen gefunden. Dies ergibt eine Inzidenz von 1,26% im Rahmen einer SARS-CoV-2-Infektion. Im Vergleich dazu traten bei den 870 415 sportlich inaktiven Personen bei 36 870 Personen eine Herzmuskelentzündung auf. Dies entspricht einem Wert von 4,24%. Im Altersvergleich wiesen die erwachsenen Nicht-SportlerInnen eine Myokarditiswahrscheinlichkeit von 4,18% auf, während Kinder, die an einer SARS-CoV-2-Infektion leiden, eine Inzidenz von 16,87% zeigten.

Tabelle 2: Inzidenz der Myokarditis bei unterschiedlichen Kollektiven

	SportlerInnen	Nicht-SportlerInnen	
Inzidenz der Myokarditis	1,26%	4,24%	
		Nicht-SportlerInnen Erwachsen	Nicht-SportlerInnen- Kind
		4,18%	16,87%

3.4.4.1 Kardiale Marker und andere Blutmarker im Vergleich von SportlerInnen und erwachsene Nicht-SportlerInnen

Troponin wurde in jeder Studie, die SportlerInnen untersuchte, gemessen, während es bei Studien, die sportlich inaktive Erwachsene inkludierten, lediglich in 62% der Studien untersucht wurde. Bei 67% der „SportlerInnen-Studien“ zeigte das Troponin erhöhte Werte. Bei „Nicht-SportlerInnen-Studien“ wurde um 17% häufiger eine Erhöhung des Troponins gemessen als bei SportlerInnen. Das BNP wurde bei Studien der sportlich-inaktiven Erwachsenen mehr als doppelt so oft zur Analyse herangezogen als bei Studien der SportlerInnen. Bei AthletInnen lag dieser Marker im Normbereich, während er bei Studien, die erwachsene Nicht-SportlerInnen untersuchten, bei knapp 30 Prozent der

StudienteilnehmerInnen eine Erhöhung zeigte. Die Kreatinkinase wurde bei erwachsenen „Nicht-SportlerInnen-Studien“ doppelt so oft, wie bei „SportlerInnen-Studien“ gemessen. Eine CK-Erhöhung wurde in beiden Gruppen etwa gleich oft gemessen, 8% in „SportlerInnen-Studien“ und 7% in „Nicht-SportlerInnen-Studien“. Bei der Hälfte der Studien, die Nicht-SportlerInnen untersuchten, wurde das CRP bestimmt. In 40% der „Nicht-SportlerInnen-Studien“ wurden erhöhte Werte verzeichnet. Im Vergleich zu dieser Probandengruppe wurden bei SportlerInnen-Studien nur bei einem Drittel das CRP bestimmt und keine Erhöhungen in diesem Entzündungswert vermerkt. Das D-Dimer wurde bei Nicht-SportlerInnen in knapp 43% der Studien gemessen, bei SportlerInnen in 8% der Studien. Bei SportlerInnen wurden keine erhöhten Werte in diesem Parameter verzeichnet, jedoch zeigten 15 Studien (36%), die sportlich inaktive Personen untersuchten, erhöhte D-Dimer-Werte.

Tabelle 3: Messung und Erhöhungen der Blutwerte

	SportlerInnen [12 Studien]	Nicht-SportlerInnen Erwachsene [42 Studien]
Troponin-Messung	n=12 100%	n=26 62%
Troponin-Erhöhung	n=8 67%	n=21 50%
BNP-Messung	n=2 17%	n=16 38%
BNP-Erhöhung	n=0 0%	n=12 29%
CK-Messung	n=1 8%	n=7 17%
CK-Erhöhung	n=1 8%	n=3 7%
CRP-Messung	n=4 33%	n=21 50%
CRP-Erhöhung	n=0 0%	n=17 40%
D-Dimer-Messung	n=1 8%	n=18 43%
D-Dimer-Erhöhung	n=1 8%	n=15 36%

3.4.4.2 Auffälligkeiten in der Bildgebung im Vergleich SportlerInnen und erwachsene Nicht-SportlerInnen

Eine Echokardiographie wurde bei allen „SportlerInnen-Studien“ durchgeführt. Im Gegensatz dazu wurde bei sportlich inaktiven Erwachsenen diese Bildgebung bei nur etwas

weniger als der Hälfte der Studien durchgeführt. Die Höhe der Abnormalitäten in der TTE war jedoch in beiden Probandengruppen gleich hoch, bei etwas über 40%. Ein EKG wurde ebenfalls bei allen SportlerInnen durchgeführt, bei Nicht-SportlerInnen lediglich in 40% der Studien. Unspezifische EGK-Auffälligkeiten kamen bei „SportlerInnen-Studien“ (42%) häufiger vor als bei Studien an sportlich inaktiven Personen (31%). Die kardiale Magnetresonanztomographie fand in 100% der Studien, die SportlerInnen untersuchten, Anwendung, bei Nicht-SportlerInnen lediglich in 33%. Jedoch zeigten „SportlerInnen-Studien“ in 75% unspezifische Auffälligkeiten in dieser Bildgebung, Studien an Nicht-SportlerInnen hingegen nur in 33%. Somit wiesen alle Studien, der sportlich inaktiven Gruppe, bei welchen eine CMR durchgeführt wurde, unspezifische Abnormalitäten auf. Die endomyokardiale Biopsie wurde bei SportlerInnen in keinem der Fälle durchgeführt. Jedoch wurde sie bei 36% der Nicht-SportlerInnen angewendet. 24% der Studien, die Personen untersuchten, die keinen Sport betreiben, zeigten Auffälligkeiten in der endomyokardialen Biopsie. Es wurde bei keinem der SportlerInnen ein Thoraxröntgen aufgenommen. Bei Studien der Nicht-SportlerInnen wurde das Thoraxröntgen in 17% der Fälle durchgeführt. Bei weniger als der Hälfte dieser Studien wurden Abnormalitäten gekennzeichnet. Eine CT fand bei 8% der „SportlerInnen-Studien“ Anwendung, bei „Nicht-SportlerInnen-Studien“ in 14%. 12% der Studien an sportlich Inaktiven zeigten Auffälligkeiten in der CT. Im Vergleich dazu wiesen SportlerInnen keine Veränderung auf. Eine Koronar-CT wurde bei SportlerInnen nicht durchgeführt, bei Nicht-SportlerInnen in 7% und zeigte bei knappe 5% der Studien Abnormalitäten. Ein LGE war bei 92% der SportlerInnen vorhanden. Bei Nicht-SportlerInnen wurde es lediglich bei 26% der Personen gefunden.

Tabelle 4: Durchführung von Bildgebungen und Häufigkeit von Abnormalitäten

	SportlerInnen [12 Studien]	Nicht-SportlerInnen Erwachsene [42 Studien]
ECHO-Durchführung	n=12 100%	n=20 48%
ECHO-Abnormalitäten	n=5 42%	n=18 43%
EKG-Durchführung	n=12 100%	n=17 40%
EKG-Abnormalitäten	n=5 42%	n=13 31%
CMR-Durchführung	n=12 100%	n=14 33%
CMR-Abnormalitäten	n=9 75%	n=14 33%

EMB-Durchführung	n=0 0%	n=15 36
EMB-Abnormalitäten	n=0 0%	n=10 24%
Thoraxröntgen-Durchführung	n=0 0%	n=7 17%
Thoraxröntgen-Abnormalitäten	n=0 0%	n=3 7%
CT-Durchführung	n=1 8%	n=6 14%
CT-Abnormalitäten	n=0 0%	n=5 12%
CTCA-Durchführung	n=0 0%	n=3 7%
CTCA-Abnormalitäten	n=0 0%	n=2 5%
LGE	n=11 92%	n=11 26%

4 Diskussion

4.1 Myokarditis bei SportlerInnen

4.1.1 Häufigkeit bei SportlerInnen und Nicht-SportlerInnen

Laut der gesammelten Daten tritt eine Myokarditis im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion bei SportlerInnen nicht so häufig auf, wie bei erwachsene Nicht-SportlerInnen. SportlerInnen weisen in Zusammenschau der Studienergebnisse eine Inzidenz von 1,26% auf, erwachsene Nicht-SportlerInnen hingegen 4,18%. Die Ergebnisse der eingeschlossenen Studien zeigen eine große Spannweite der Myokarditisinzidenzen. Die Inzidenz bei AthletInnen reicht von 0% bis 15,4%. Dies könnte an den Einschlusskriterien, den Untersuchungsmethoden, am Zeitpunkt der Durchführung der CMR nach der SARS-CoV-2-Infektion oder an der Interpretation der erhobenen Befunde liegen. Außerdem ist die SportlerInnenkohorte im Schnitt deutlich jünger (Durchschnittsalter 22 vs. 59 Jahre), weist weniger Vor- und Begleiterkrankungen sowie kardiale Risikofaktoren als die Allgemeinbevölkerung auf. Studien, die höhere Inzidenzen aufweisen, zeigen im Schnitt eine geringere ProbandInnenzahl, als Publikationen mit niedrigeren Inzidenzen. Generell scheint das Risiko im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion an einer Myokarditis zu erkranken niedriger, als zu Beginn der Pandemie befürchtet zu sein.

In Zusammenschau der Daten weisen Kinder und Jugendliche ein höheres Myokarditisrisiko im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion auf, als Erwachsenen (16,87% vs. 4,18%). Kinder und Jugendliche können außerdem auch schwerwiegende Erkrankungen, wie beispielsweise ein Kawasaki-Syndrom entwickeln.

In Bezug auf die Geschlechterverteilung der Myokarditisfälle ist keine Aussage möglich, da Geschlechtsangaben häufig nicht beschrieben wurden.

Die Verteilung der Herkunft der Studien in diesem systematischen Review ist nicht ausgewogen. Zehn der Zwölf Studien, die SportlerInnen untersuchten, stammen aus den Vereinigten Staaten. Sie machen den Großteil der Ergebnisse mit einer Myokarditisinzidenz von 1,27% aus. Eine Studie stammt aus Italien, welche eine Inzidenz von 1,11% aufweist. Die Publikation aus Polen berichtete keine Myokarditis-Fälle. Die Herkunft der „Nicht-SportlerInnen-Studien“ fokussiert sich vor allem auf folgende Länder: Vereinigte Staaten, Italien, Frankreich, Deutschland, Vereinigtes Königreich. Im Vergleich zu den SportlerInnen weisen die Studien der Nicht-SportlerInnen, welche aus den Vereinigten

Staaten kamen, eine geringere Inzidenz von 0,85% auf als die Studien, die SportlerInnen untersuchten. Wie oben beschrieben, berichteten die Autoren aus den Vereinigten Staaten, die SportlerInnen untersuchten, über eine Inzidenz von 1,27%. Aus Italien stammen elf Studien, die Nicht-SportlerInnen untersuchten. Sie zeigten eine minimal höhere Inzidenz von 1,87% im Vergleich zu der Studie mit SportlerInnen aus Italien, welche von einer Inzidenz von 1,1% berichtete. Im Allgemeinen zeigten Nicht-SportlerInnen eine deutlich höhere Inzidenz als SportlerInnen (1,26% vs. 4,18%). Hierzu tragen einerseits die Publikationen aus Deutschland mit einer durchschnittlichen Inzidenz von knappen 22% sowie Frankreich und das Vereinigte Königreich mit 5% bei. Weiters gibt es Ausreißer, die das Ergebnis in eine andere Richtung lenken, wie die Studie aus den Vereinigten Staaten, welche sehr viele ProbandInnen untersuchte und eine geringe Inzidenz von 0,1% aufweist. Diese Studie verringert den Durchschnittswert der Myokarditiden der Nicht-SportlerInnen. Die höhere Inzidenz der Nicht-SportlerInnen ist auch der britischen Studie von Buckley et al. (2021) geschuldet. Sie weist die höchste Probandenanzahl mit 718 365 auf. Ihre Inzidenz liegt bei 5%. Die Studien aus Nigeria und Türkei berichten über eine 30-prozentige Inzidenz. Aufgrund ihrer geringen Probandenzahl fallen sie nicht allzu sehr ins Gewicht.

4.1.2 Auffälligkeiten der Symptome

Eine kürzlich publizierte Studie untersuchte SportlerInnen, die an einem plötzlichen Herztod verstarben, welcher durch eine mittels Autopsie bestätigten Myokarditis verursacht wurde. Dabei wiesen mehr als 50% der AthletInnen keine Symptome auf. 21,6% der SportlerInnen berichteten über kardiale Symptome, wie Brustschmerzen, Herzklopfen oder Synkopen (Harris et al., 2021). Diese Studie wies wieder darauf hin, dass auch PatientInnen mit asymptomatischem Verlauf eine Myokarditis entwickeln können. Es stellt sich somit die Frage nach einem sicheren Return to Sport- Protokoll auch für asymptomatische Personen.

4.1.3 Auffälligkeiten im EKG

Ein EKG wurde bei allen Studien mit SportlerInnen durchgeführt. Fünf Publikationen berichten über Auffälligkeiten in dieser Bildgebung (Brito et al., 2020; Clark, Dendy et al., 2021; Daniels et al., 2021; Martinez et al., 2021; Moulson et al., 2021).

Bei Brito et al. (2020) und Clark, Dendy et al. (2021) hatte keiner der ProbandInnen, bei welchen Auffälligkeiten im EKG notiert wurden, eine Myokarditis. Bei Brito et al. (2020) korreliert das Nicht-Vorhandensein von Auffälligkeiten im EKG mit einer Myokarditis-Inzidenz von 0%. Knappe 2% der AthletInnen hatten Sinustachykardien, ST-Strecken- und T-Wellen-Veränderungen, aber keiner von ihnen wies eine Myokarditis nach einer SARS-

CoV-2-Infektion auf (Brito et al., 2020). Bei Clark, Dendy et al. (2021) hatten die SportlerInnen mit einer Myokarditis ebenfalls keine Auffälligkeiten im EKG, jedoch liegt die Myokarditis-Inzidenz in dieser Studie bei 8%. Demnach waren die EKG-Auffälligkeiten (4/50) nicht durch eine Myokarditis bedingt.

Bei Martinez et al. (2021) und Moulson et al. (2021) beträgt die Höhe der Auffälligkeiten im EKG der Myokarditispatienten 0,1%. In Bezug auf die Myokarditisinzidenz waren die EKG-Auffälligkeiten der SportlerInnen mit einer Myokarditis deutlich seltener als die CMR-basierte Myokarditisdiagnose selbst. Martinez et al. (2021) berichteten über eine Inzidenz von 0,4% und Moulson et al. (2021) zeigten eine Inzidenz von 0,6%. Auch bei diesen beiden Studien zeigten sich EKG-Auffälligkeiten bei mehreren ProbandInnen ohne Myokarditis (Martinez et al., 2021; Moulson et al., 2021).

Daniels et al. (2021) berichteten über die meisten EKG-Auffälligkeiten der MyokarditispatientInnen. Die Autorengruppe beschrieb, dass fünf (0,3%) SportlerInnen mit einer Myokarditis Auffälligkeiten im EKG aufwiesen. Dies bedeutet, dass 14% der SportlerInnen mit Myokarditis Auffälligkeiten im EKG zeigten. 32 (2%) Personen, die ebenfalls eine Myokarditis aufwiesen, zeigten jedoch keine Auffälligkeiten im EKG. Obwohl die Auffälligkeitsrate im EKG gering ist, liegt die Myokarditisinzidenz bei 2,3% (Daniels et al., 2021).

Tabelle 5: EKG-Auffälligkeiten

Autor	Myo-Inzidenz	keine Myokarditis-Fälle		nur Myokarditis-Fälle		Auffälligkeiten/ Myo-Fälle
		EKG (neg.)	EKG (pos.)	EKG (neg.)	EKG (pos.)	
Brito et al.	0% (0/54)	53 (98,1%)	1 (1,9%)	0	0	0/0 (0%)
Clark, Dendy et al.	8,0% (4/50)	42 (84,0%)	4 (8,0)	4 (8,0%)	0 (0%)	0/4 (0%)
Daniels et al.	2,3% (37/1597)	k.A.	k.A.	32 (2,0%)	5 (0,3%)	5/37 (14%)
Martinez et al.	0,4% (3/789)	777 (98,5%)	9 (1,1%)	2 (0,2%)	1 (0,1%)	1/3 (33,3%)
Moulson et al.	0,6% (17/3018)	2978 (98,7%)	21 (0,7%)	13 (0,4%)	4 (0,1%)	4/17 (24%)

Sieben Studien zeigten keine Auffälligkeiten im EKG. Die Inzidenz der Myokarditis nach einer SARS-CoV-2-Infektion ist in diesen Studien jedoch nicht gleich Null. Obwohl keine EKG-Auffälligkeiten gefunden wurden, beschrieben beispielsweise Rajpal et al. (2020) eine Wahrscheinlichkeit von 15,4% im Zuge einer SARS-CoV-2-Infektion an einer Myokarditis

zu erkranken. Aus der Studie von Clark et al. (2020) berechnet sich eine Inzidenz der Myokarditis von 4,5%. Auch hier zeigten sich jedoch keine Auffälligkeiten im EKG.

Aufgrund dieser Ergebnisse kann gesagt werden, dass das EKG ein eher wenig sensitiver Hinweis auf eine Myokarditis ist.

4.1.4 Auffälligkeiten von Laborwerten

Alle Studien, außer Daniels et al. (2021) und Moulson et al. (2021), untersuchten bei allen SportlerInnen das Troponin. Die beiden genannten Autorengruppen untersuchten einen Großteil der Probandengruppe auf diesen Biomarker. Acht Studien berichteten über eine Erhöhung des Troponins. Brito et al. (2020), Hendrickson et al. (2021) und Małek et al. (2020) geben eine Myokarditisinzidenz nach einer SARS-CoV-2-Infektion von 0% an. 1,9% der Probanden der Studie von Brito et al. (2020) und 2,9% der StudienteilnehmerInnen der Studie von Hendrickson et al. (2021) wiesen eine Erhöhung des Troponins auf, jedoch zeigten sie keine Anzeichen in der Bildgebung auf eine Myokarditis. Małek et al. (2020) berichteten passend zur angegebenen Inzidenz von 0%, dass das Troponin und das CRP im Normbereich lag. Rajpal et al. (2020) zeigten ebenfalls keine Erhöhung des Troponins, wiesen jedoch eine Inzidenz der Myokarditis von 15,4% auf. Anzumerken ist, dass in dieser Studie keine Angaben zu Vor- und Begleiterkrankungen der 20-jährigen AthletInnen notiert wurden und die Studienpopulation relativ klein war. Die nicht beschriebenen, möglichen Erkrankungen und das kleine Kollektiv könnten Grund für die hohe Inzidenz sein. Genauso zeigten Clark et al. (2020) und Clark, Parikh et al. (2021) keine Erhöhung des Troponins, wiesen aber geringere Inzidenzen der Myokarditis auf. Clark et al. (2020) gaben zusätzlich bekannt, dass sowohl das BNP als auch das CRP im Normbereich lagen. Somit war das Blutbild in Bezug auf die Myokarditis unauffällig, die Inzidenz der Myokarditis liegt jedoch bei 4,5% (Clark et al., 2020). Bei Clark, Dendy et al. (2021) wiesen ebenfalls weniger Personen eine Erhöhung des Troponins auf als eine Myokarditis. Anzumerken ist, dass keine Person mit einer Myokarditis eine Troponinerhöhung aufwies. Somit korreliert in dieser Studie die Erhöhung des Troponins nicht mit der Myokarditisinzidenz.

Obwohl Daniels et al. (2021) eine Myokarditisinzidenz von 2,3% angeben, wiesen nur sechs (0,4%) Personen, die mit einer Myokarditis diagnostiziert wurden, ein erhöhtes Troponin auf. Dies bedeutet, dass 16% der Myokarditis-Fälle eine Troponinerhöhung aufwiesen. Bei Martinez et al. (2021) und Moulson et al. (2021) zeigten ebenfalls weniger SportlerInnen erhöhte Troponin-Werte als eine Myokarditis.

Das BNP wurde lediglich in zwei der zwölf Studien untersucht (Clark et al., 2020; Starekova et al., 2021). Keine der beiden Studien gaben Erhöhungen des BNPs an. Clark et al. (2020) wiesen weder erhöhte Werte des BNPs noch des Troponins auf. Allerdings zeigt diese Autorengruppe eine Inzidenz der Myokarditis von 4,5%. Die Studie von Starekova et al. zeigt eine Inzidenz der Myokarditis von 1,4%, während das BNP bei allen SportlerInnen unauffällig war. Das Troponin zeigte jedoch in 0,7% der AthletInnen eine Auslenkung. Dies entspricht, dass eine (50%) der zwei Personen mit diagnostizierter Myokarditis eine Erhöhung des Troponins aufwies (Starekova et al., 2021).

Die CK wurde nur in der Studie von Cavigli et al. (2021) (n=90) gemessen und zeigte bei einer (1,1%) Person, welche eine Perikarditis aufwies, einen erhöhten Wert. Bei einer anderen Person ohne CK-Erhöhung wurde eine Myokarditis diagnostiziert. Somit ist die Übereinstimmung des CK-Wertes mit der Myokarditisinzidenz Zufall (Cavigli et al., 2021).

Das CRP wurde in vier Studien untersucht. In all diesen Publikationen zeigte es keine Erhöhung, auch wenn eine Myokarditis diagnostiziert wurde (Cavigli et al., 2021; Clark, Parikh et al., 2021; Malek et al., 2020; Starekova et al., 2021).

Es besteht keine aufschlussreiche Korrelation zwischen den Blutwerten und der Myokarditisinzidenz. In manchen Studien wiesen mehr Personen Auffälligkeiten in den Blutwerten auf als Personen die tatsächlich eine Myokarditis entwickelten. In anderen Studien wurden mehr SportlerInnen mit einer Myokarditis diagnostiziert, zeigten aber im Blutbild Normalbefunde. In Zusammenschau dieser Daten kann durch das Erheben des Troponinwertes nur bedingt auf eine Myokarditis geschlossen werden.

Tabelle 6: Auffälligkeiten von Laborwerten

Autor	Myo-Inzidenz	cTn			BNP		D-Dimer		CK		CRP	
		Myo (Nein)	Myo (Ja)	Auff./Myo-Fälle	Myo (Nein)	Myo (Ja)	Myo (Nein)	Myo (Ja)	Myo (Nein)	Myo (Ja)	Myo (Nein)	Myo (Ja)
Brito et al.	0,0% (0/54)	1 (1,9%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Cavigli et al.	1,1 % (1/90)	1 (1,1%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	2 (2,2%)	0 (0%)	1 (1,1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Clark et al.	4,5% (1/22)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	0 (0%)	0 (0%)
Clark, Parikh et al.	3,4% (2/59)	k.A.	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Clark, Dendy et al.	8,0% (4/50)	2 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Daniels et al.	2,3% (37/1597)	k.A.	6 (0,4%)	6/37 (16%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Hendrickson et al.	0,0% (0/137)	4 (2,9%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	-	-	-	-

Malek et al.	0,0% (0/26)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	-	-	0 (0%)	0 (0%)
Martinez et al.	0,4% (3/789)	5 (0,6%)	1 (0,1%)	1/3 (33,3%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Moulson et al.	0,6% (17/3018)	24 (0,8%)	1 (0,03%)	1/17 (5,9%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Rajpal et al.	15,4% (4/26)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Starekova et al.	1,4% (2/145)	2 (1,4%)	1 (0,7%)	1/2 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-	-	0 (0%)	0 (0%)

4.1.5 Auffälligkeiten in der Bildgebung

Sechs der zwölf Studien, die SportlerInnen untersuchten, beschreiben Auffälligkeiten in der Echokardiographie.

Bei Brito et al. (2020) zeigten sieben (13%) Personen Auffälligkeiten in der TTE, darunter globale Hypokinesie, verminderte Ejektionfraktion des linken Ventrikels oder Perikardergüsse. Die Inzidenz der Myokarditis nach einer SARS-CoV-2-Infektion ist in dieser Studie jedoch 0%. Die Auffälligkeiten in der TTE kamen nur bei Personen ohne Myokarditis vor (Brito et al., 2020). Die Studie von Hendrickson et al. (2021) zeigte ähnliche Ergebnisse wie Brito et al. (2020). Die Autoren berichteten zwar, dass bei vier (2,9%) SportlerInnen Auffälligkeiten in der TTE zu sehen waren, aber all diese Personen wiesen keine Myokarditis auf (Hendrickson et al., 2021).

Bei Martinez et al. (2021) korreliert das Auftreten der Auffälligkeiten in der TTE mit der Myokarditisinzidenz. Die Inzidenz in dieser Studie liegt bei 0,4%. Drei (0,4%) der SportlerInnen, die mit einer Myokarditis diagnostiziert wurden, zeigten ebenfalls einen positiven TTE-Befund. Dies bedeutet, dass alle Myokarditis-PatientInnen (n=3) in dieser Studie Auffälligkeiten in der TTE zeigten. Weiters traten bei 17 (2,2%) SportlerInnen, die keine Myokarditis aufwiesen, Abnormalitäten auf. Somit zeigten diese Personen unspezifische Auffälligkeiten, die nicht für eine Myokarditis sprechen (Martinez et al., 2021).

Daniels et al. (2021) und Moulson et al. (2021) berichteten von deutlich höheren Myokarditisinzidenzen als von positiven Befunden in der TTE bei SportlerInnen mit Myokarditis. Bei Daniels et al. (2021) wiesen fünf (0,3%) Personen mit Myokarditis Auffälligkeiten auf. Die Inzidenz liegt jedoch bei 2,3%. Bei Moulson et al. (2021) zeigten ebenfalls fünf (0,2%) Personen mit Myokarditis Auffälligkeiten in der TTE, aber die Inzidenz der Myokarditis liegt bei 0,6%. In dieser Studie zeigt ein knappes Prozent der

ProbandInnen (n=24) Auffälligkeiten in der TTE, obwohl sie keine Myokarditis hatten (Moulson et al., 2021).

Bei Cavigli et al. (2021) entspricht die Auffälligkeitsrate der TTE der Myokarditispatienten der Myokarditisinzidenz. Die eine (1,1%) Person, die eine Myokarditis aufwies, zeigte Auffälligkeiten in der TTE. Weitere zwei (2,2%) Personen, bei welchen keine Myokarditis festgestellt wurde, zeigten ebenfalls Auffälligkeiten in der TTE (Cavigli et al., 2021).

Betrachtet man nur die Myokarditis-Fälle, so wiesen alle PatientInnen von Cavigli et al. (2021) und Martinez et al. (2021) Auffälligkeiten in der TTE auf. All diese Personen, bei welchen Auffälligkeiten in der TTE festgestellt wurden, wiesen auch eine Myokarditis auf. Moulson et al. (2021) berichteten, dass fünf (29,4%) der 17 Patienten mit Myokarditis einen positiven TTE-Befund erhielten. Daniels et al. (2021) kamen zu einem ähnlichen, aber etwas geringerem Ergebnis. Ebenfalls fünf (14%) der 37 SportlerInnen mit Myokarditis zeigten Auffälligkeiten.

Diese Ergebnisse zeigen, dass Auffälligkeiten in der TTE nicht unbedingt auf eine Myokarditis hindeuten müssen.

Tabelle 7: Auffälligkeiten in der TTE

Autor	Myo-Inzidenz	keine Myokarditis-Fälle		nur Myokarditis-Fälle		Auffälligkeiten der Myo-Fälle
		TTE (neg.)	TTE (pos.)	TTE (neg.)	TTE (pos.)	
Brito et al.	0,0% (0/54)	47 (87%)	7 (13%)	0 (0%)	0 (0%)	0/0 (0%)
Cavigli et al.	1,1% (1/90)	87 (96,7%)	2 (2,2%)	0 (0%)	1 (1,1%)	1/1 (100%)
Daniels et al.	2,3% (37/1597)	k.A.	k.A.	32 (2,0%)	5 (0,3%)	5/37 (14%)
Hendrickson et al.	0% (0/137)	133 (97,1%)	4 (2,9%)	0 (0%)	0 (0%)	0/0 (0%)
Martinez et al.	0,4% (3/789)	769 (97,5%)	17 (2,2%)	0 (0%)	3 (0,4%)	3/3 (100%)
Moulson et al.	0,6% (17/3018)	2532 (98,4%)	24 (0,9%)	12 (0,5%)	5 (0,2%)	5/17 (29,4%)

Eine CMR wurde in allen Studien, die SportlerInnen untersuchten, durchgeführt. Elf von zwölf Studien berichteten über Auffälligkeiten in der CMR.

Die Auswertungen der Studien können nicht gut verglichen werden, da die CMR-Untersuchung nicht immer am gesamten Studienkollektiv durchgeführt wurde. Hier muss auf die Selektion der Studien vertraut werden. Martinez et al. (2021) geben hier ein gutes

Beispiel. Gesamt nahmen 789 SportlerInnen an der Studie teil, jedoch wurde bei nur 27 dieser Personen eine CMR durchgeführt. Bei fünf ProbandInnen wurden Auffälligkeiten in der CMR diagnostiziert. Somit zeigen fünf (18,5%) der 27 SportlerInnen, die sich einer CMR unterzogen haben, Auffälligkeiten, aber nur 0,6% (fünf von 789 Personen) der gesamten Studiengruppe. Diese Vorselektion wurde bei Brito et al. (2020), Cavigli et al. (2021), Hendrickson et al. (2021), Martinez et al. (2021) und bei Moulson et al. (2021) getätigt. Sie führten die CMR nur bei einer bestimmten Gruppe, welche Auffälligkeiten in anderen klinischen Untersuchungen zeigten, durch, um eine Myokarditis mittels Lake Louis Kriterien (LLC) zu diagnostizieren. Moulson et al. (2021) untersuchten zwei Gruppen. Bei der einen Gruppe wurde die CMR bei allen (n=198) SportlerInnen durchgeführt, bei der anderen nur bei Hinweisen auf eine Myokarditis von anderen klinischen Untersuchungen (119 der 2820 ProbandInnen).

Im Folgenden wird auf die Vorselektion der Studie vertraut, beziehungsweise die Daten der beiden Kollektive verglichen.

Das Auftreten eines LGEs kam häufig vor. Eine Myokarditis wurde nicht in allen Fällen, in welchen ein LGE gefunden wurde, diagnostiziert, da die LLC für eine Diagnose nicht erfüllt wurden. In elf der zwölf Studien, die SportlerInnen untersuchten, wurde ein LGE notiert. In zwei der elf Studien wurde eine Inzidenz der Myokarditis von Null angegeben. Diese beiden Studien zeigten keine Myokardödeme in der T2-Kartierung (Brito et al., 2020; Malek et al., 2020).

Bei Martinez et al. (2021) trat bei drei (0,3%) SportlerInnen eine Myokarditis nach einer SARS-CoV-2-Infektion auf. Bei einer Person, die mit einer Myokarditis diagnostiziert wurde, wurde jedoch kein LGE gefunden. Es wurden zwar Myokardödeme in der T2-Kartierung erkannt, aber kein LGE im T1-Signal gefunden. Insgesamt wiesen fünf (0,6%) SportlerInnen Auffälligkeiten in der CMR auf. Wird nur die CMR-Gruppe betrachtet, so ergibt sich eine Auffälligkeitsrate von 18,5% (5/27) der durchgeführten CMR-Untersuchungen (Martinez et al., 2021).

Um eine Myokarditis zu diagnostizieren, müssen die LLC erfüllt werden. Dies führt dazu, dass mehrere Studien zwar Auffälligkeiten in der CMR notierten, aber eine Myokarditisinzidenz nach einer SARS-CoV-2-Infektion von 0% angeben.

Brito et al. (2020) gaben zwar bei 28 (51,9%) PatientInnen Auffälligkeiten in der CMR, wie eine globale LV Hypokinesie mit reduzierten LVEF oder eine eingeschränkter LV-Funktion

bekannt, aber keiner von ihnen zeigte myokardiale Ödeme in der T2-Kartierung. Eine Person (2%) wies ein LGE auf, aber dennoch keine Myokarditis. Somit zeigt diese Autorengruppe eine Inzidenz der Myokarditis von 0% (Brito et al., 2020). Małek et al. (2020) berichteten von ähnlichen Ergebnissen. Fünf (19,2%) SportlerInnen wiesen Auffälligkeiten in der CMR auf und eine Person (3,8%) zeigte ein LGE. Keiner von ihnen wurde mit einer Myokarditis diagnostiziert (Małek et al., 2020). Genauso bei Clark et al. (2020) zeigten zwei Personen (9%) Abnormalitäten in der CMR. Es wurde ein inferoseptales LGE beschrieben, jedoch erfüllte nur einer der beiden PatientInnen die Kriterien einer Myokarditis. So wiesen Clark et al. (2020) zwar eine Abnormalitätsrate von 9% in der CMR auf, jedoch wurde eine Myokarditis nur bei 4,5% der StudienteilnehmerInnen diagnostiziert.

Daniels et al. (2021) berichteten über eine Myokarditisinzidenz nach einer SARS-CoV-2-Infektion von 2,3%. Dies bedeutet, dass 37 Personen mit Myokarditis diagnostiziert wurden, jedoch erfüllten lediglich 31 SportlerInnen die LLC. Je drei ProbandInnen wiesen entweder eine klinische und eine subklinische Myokarditis auf. Nicht alle Patientinnen mit Myokarditis wiesen ein LGE auf, nur 36 der 37 Patienten (Daniels et al., 2021).

Bei zwei Studien entspricht die Abnormalitätsrate in der CMR der Inzidenz der Myokarditis (Daniels et al., 2021; Starekova et al., 2021). Daniels et al. (2021) weist eine Inzidenz der Myokarditis von 2,3% auf, Starekova et al. (2021) von 1,4%.

Auffällig ist bei Clark, Parikh et al. (2021), dass laut den Autoren nur zwei (3,4%) SportlerInnen eine Myokarditis laut den LLC zeigen, aber weitere 14 (23,7%) SportlerInnen ein LGE und erhöhte T2-Signal-Zeiten aufweisen. Die Autorengruppe beschrieb, dass ein inferoseptales LGE im RV bei SportlerInnen öfter vorkommt, aber nur selten eine Myokarditis auftritt. Auch bei Rajpal et al. (2020) ist das Aufkommen des LGEs viel höher, als die Inzidenz der Myokarditis. Bei zwölf (46,2%) SportlerInnen wurde ein LGE gefunden, aber nur vier (15,4%) Personen wurden mit einer Myokarditis diagnostiziert. Diese Gegebenheit wurde ebenfalls bei Clark, Dendy et al. (2021) gesehen. Insgesamt wiesen elf (22%) SportlerInnen ein LGE auf, jedoch wurden nur vier (8%) ProbandInnen mit einer Myokarditis diagnostiziert (Clark, Dendy et al., 2021). Moulson et al. (2021) berichteten, dass 21 (0,7%) Personen Auffälligkeiten in der CMR zeigten. 17 (0,6%) von ihnen erfüllten die LLC-Kriterien einer Myokarditis und 13 wiesen ein LGE auf. Drei (0,01%) der vier Personen, die zwar Auffälligkeiten in der CMR zeigten, aber mit keiner Myokarditis diagnostiziert wurden, wiesen ein LGE auf (Moulson et al., 2021).

Hendrickson et al. (2021) untersuchten nur fünf der 137 SportlerInnen mittels CMR. Diese ProbandInnen zeigten weder ein LGE noch andere Auffälligkeiten. Cavigli et al. (2021) führten ebenfalls bei einer sehr geringen Probandenzahl eine CMR-Untersuchung durch. Alle drei (100%) SportlerInnen, bei welchen eine CMR durchgeführt wurde, zeigten Auffälligkeiten, aber nur bei einer (33,3%) Person wurde ein LGE gefunden. Diese Person wies auch eine Myokarditis auf (Cavigli et al., 2021).

Auffälligkeiten in der CMR geben Hinweise auf eine Myokarditis. Allerdings führen diese nicht zwingend zu einer Diagnose, sofern sie nicht den LLC einer Myokarditis entsprechen.

Zusammengefasst ist zu erkennen, dass im Falle einer Myokarditis zu 100% Auffälligkeiten in der CMR vorliegen, da die Diagnose mittels LLC bestätigt wird. Jedoch traten in mehreren Fällen auch Abnormalitäten bei ProbandInnen ohne Myokarditis auf. Weiters ist anzumerken, dass Studien, welche eine gewisse Vorselektion für die CMR-Untersuchung trafen, im Schnitt geringere Inzidenzen aufzeigen, als Publikationen welche eine CMR im Zuge der Primärselektion bei allen Probanden durchführten.

Obwohl die Inzidenzen der Myokarditis nicht immer mit den Auffälligkeiten der CMR-Untersuchung übereinstimmen, scheint diese Bildgebung die reliablere Methode gegenüber des EKGs, der TTEs oder der kardialen Biomarker zu sein.

Tabelle 8: Auffälligkeiten in der CMR

Autor	Myo-Inzidenz	keine Myokarditis-Fälle		nur Myokarditis-Fälle		Auffälligkeiten/ Myo-Fälle
		CMR (neg.)	CMR (pos.)	CMR (neg.)	CMR (pos.)	
Brito et al.	0,0% (0/54)	20 (37%)	28 (51,9%)	0 (0%)	0 (0%)	0/0 (0%)
Cavigli et al.	1,1% (1/90)	87 (96,7%)	2 (2,2%)	0 (0%)	1 (1,1%)	1/1 (100%)
Clark et al.	4,5% (1/22)	20 (90,9%)	1 (4,5%)	0 (0%)	1 (4,5%)	1/1 (100%)
Clark, Parikh et al.	3,4% (2/59)	55 (93,2%)	2 (3,4%)	0 (0%)	2 (3,4%)	2/2 (100%)
Clark, Dendy et al.	8,0% (4/50)	35 (70%)	11 (22%)	0 (0%)	4 (8%)	4/4 (100%)
Daniels et al.	2,3% (37/1597)	k.A.	k.A.	0 (0%)	37 (2,3%)	37/37 (100%)
Hendrickson et al.	0,0% (0/137)	137 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0/0 (0%)
Malek et al.	0,0% (0/26)	21 (80,8%)	5 (19,2%)	0 (0%)	0 (0%)	0/0 (0%)
Martinez et al.	0,4% (3/789)	22 (2,8%)	2 (0,3%)	0 (0%)	3 (0,4%)	3/3 (100%)
Moulson et al.	0,6% (17/3018)	0 (0%)	4 (0,1%)	0 (0%)	17 (0,6%)	17/17 (100%)

Rajpal et al.	15,4% (4/26)	14 (53,8%)	8 (30,8%)	0 (0%)	4 (15,4%)	4/4 (100%)
Starekova et al.	1,4% (2/145)	143 (98,6%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (1,4%)	2/2 (100%)

Tabelle 9: Auftreten des LGE

		keine Myokarditis-Fälle		nur Myokarditis-Fälle	
Autor	Myo-Inzidenz	LGE/Probandengruppe	LGE/CMR-Gruppe	LGE/Probandengruppe	LGE/CMR-Gruppe
Brito et al.	0,0% (0/54)	1/54 (1,9%)	1/48 (2,1%)	-	-
Cavigli et al.	1,1% (1/90)	-	-	1/90 (1,1%)	1/3 (33,3%)
Clark et al.	4,5% (1/22)	1/22 (4,5%)	-	1/22 (4,5%)	-
Clark, Parikh et al.	3,4% (2/59)	14/59 (23,7%)	-	2/59 (3,4%)	-
Clark, Dendy et al.	8,0% (4/50)	7/50 (14%)	-	4/50 (8%)	-
Daniels et al.	2,3% (37/1597)	k.A.	-	36/1597 (2,2%)	-
Hendrickson et al.	0,0% (0/137)	0/137 (0%)	0/5 (0%)	-	-
Malek et al.	0,0% (0/26)	1/26 (3,8%)	-	-	-
Martinez et al.	0,4% (3/789)	-	-	2/789 (0,3%)	2/27 (7,4%)
Moulson et al.	0,6% (17/3018)	3/3018 (0,01%)	3/317 (0,9%)	13/3018 (0,4%)	13/317 (4,1%)
Rajpal et al.	15,4% (4/26)	8/26 (30,8%)	-	4/26 (15,4%)	-
Starekova et al.	1,4% (2/145)	-	-	2/145 (1,4%)	-

4.1.6 Auffälligkeiten bei anderen Untersuchungen

Bei den SportlerInnen wurde nur bei einer Studie zusätzlich eine CT durchgeführt. Cavigli et al. (2021) untersuchten zwei (2,2%) SportlerInnen im Zuge der Studie. Es wurden keine Auffälligkeiten in der CT beschrieben, obwohl die Myokarditis-Inzidenz bei 1,1% liegt. Aufgrund dieser Ergebnisse kann gesagt werden, dass die CT ein eher wenig sensitiver Hinweis auf eine Myokarditis ist. Andere Untersuchungsmodalitäten wurden nur bei Nicht-SportlerInnen durchgeführt.

4.2 Konsequenzen bei COVID-19- Myokarditiden

4.2.1 Return to Sport

Damit mögliche Komplikationen nach einer SARS-CoV-2-Infektion ausgeschlossen werden können, um wieder in den Sport einzusteigen, sind medizinische und leistungsdiagnostische Untersuchungen notwendig (Halle et al., 2021). Es gibt zahlreiche Return-to-Sport-Protokolle. Die Dauer der Sportpause variiert von Studie zu Studie. Sie reicht von einigen Tagen bis zu mehreren Monaten. Es wurden jedoch keine Langzeitfolgen oder Komplikationen beim Return to Sport beschrieben. Allerdings wurden die Studien meist nur über einen recht kurzen Zeitraum nachbeobachtet. Eine großzügige Nachbeobachtungsperiode wird in zukünftigen Studien von Bedeutung sein, um Langzeitfolgen abschätzen zu können.

Nicht nur die Dauer der Sportpause ist für den problemlosen Wiedereinstieg in den Sport wesentlich, sondern auch die richtige Anwendung der Untersuchungsmodalitäten, wenngleich hier immer auch Kosten gegen Nutzen abgewogen werden müssen, um sinnvolle und sichere Guidelines zu erstellen. Die CMR-Untersuchung scheint ein hervorragendes Tool für die Risikoeinschätzung einer Myokarditis nach einer SARS-CoV-2-Infektion zu sein, um sicher wieder in den Leistungssport zurückkehren zu können (Rajpal et al., 2020), allerdings ist sie auch mit einem hohen Ressourcenaufwand verbunden. Małek et al. (2020) betonten, dass nur eine CMR-Untersuchung bei schweren Verläufen oder Verdacht auf Myokarditis notwendig sei und bei asymptomatischen und leicht symptomatischen Personen ein EKG, eine TTE und ein Labor ausreichend wäre.

PatientInnen, die einen asymptomatisch oder einen leicht symptomatischen Verlauf zeigten und zusätzlich einen unauffälligen CMR-Befund aufwiesen, mussten nach Abklingen der Symptome keine Trainingspause einlegen. Wiesen die PatientInnen jedoch auffällige CMR-Befund auf, so wurden sie vom Training ausgeschlossen. Die PatientInnen unterzogen sich weiterer klinischer Untersuchungen, um problemlos in den Sport wiedereinsteigen zu können (Clark et al., 2020; Clark, Parikh et al., 2021). Je nach Ausmaß der Befunde wurden individuelle Trainingspausen vereinbart. Bei Myokarditisdiagnose muss nach aktuellen Guidelines eine Sportpause von drei Monaten eingehalten werden, bevor nach Abklingen der Symptome die Trainingsroutine wieder aufgenommen werden darf (Cavigli et al., 2021).

BreitensportlerInnen, beziehungsweise Personen, die sportlich inaktiv sind, sollten sich ausreichend Zeit für die Genesung und den Wiedereinstieg in den Sport nehmen, um unnötige Komplikationen zu vermeiden.

Langschnittstudien sind erforderlich um den Wiedereinstieg in den Sport und potentielle Komplikationen im Follow-up zu untersuchen und in Folge einen sicheren Return-to-Sport in der Zukunft zu gewährleisten (Daniels et al., 2021; Martinez et al., 2021).

4.2.2 Langzeitfolgen

Die Nachuntersuchungen zeigten, dass einerseits eine Genesung stattfand, aber andererseits auch gleichbleibende Anreicherungen des LGEs oder der Ödeme zu beobachten waren.

Vier Soldaten, die mit einer Myokarditis diagnostiziert wurden, unterzogen sich einer CMR-Follow-up Untersuchung. Proband 2 zeigte rund 270 Tage nach der Infektion weiterhin eine LGE-Anreicherung. Proband 3, mit LGE und einer leichten Erhöhung der T2-Zeit, zeigte bei der Nachuntersuchung, die 213 Tage nach der Infektion stattfand, ebenfalls die gleichen Auffälligkeiten (Clark, Dendy et al., 2021). 27 der 37 AthletInnen mit einer Myokarditis von Daniels et al. (2021) unterzogen sich einer CMR-Nachsorgeuntersuchung, welche vier bis 14 Wochen nach positivem SARS-CoV-2-Test stattfand. Bei 16 von 27 AthletInnen wurden zwar keine Ödeme in der T2-Kartierung gefunden, jedoch war das Vorhandensein von LGE noch geben. Starekova et al. (2021) veranlassten ein Monat nach der Diagnose eine Nachsorgeuntersuchung. Die CMR zeigte unveränderte LGE-Befunde, aber die T2-Siganlanomalien waren nicht mehr zu beobachten. Somit erfüllten sie nicht mehr die LLC und wiesen keine Myokarditis bei der Nachuntersuchung auf (Starekova et al., 2021).

All jene ProbandInnen, die bei der Nachuntersuchung noch Auffälligkeiten in der CMR zeigten, wiesen laut den LLC keine chronische Myokarditis auf.

Im Folgenden werden jene ProbandInnen beschrieben, die bei der Nachuntersuchung eine Verbesserung oder eine vollständige Genesung erzielten. Proband 1 von Clark, Dendy et al. (2021), mit anfänglichem inferolateralem LGE und normaler T2-Zeit, zeigte eine vollständige Auflösung des LGEs 119 Tage nach der Infektion. Proband 4, mit inferoseptalem und inferolateralem LGE, zeigte 245 Tage nach der Infektion eine vollständige Genesung (Clark, Dendy et al., 2021). Elf von 27 AthletInnen von Daniels et al. (2021) zeigten bei der Nachuntersuchung weder Myokardödeme in der T2-Kartierung noch das Auftreten von LGE. Einer von sechs PatientInnen mit klinischer Myokarditis zeigte eine vollständige Genesung bei der Follow-Up-Untersuchung, die zehn Wochen nach der

Diagnose durchgeführt wurde. Außerdem zeigten zehn von 21 SportlerInnen, die mit subklinischer Myokarditis diagnostiziert wurden, eine vollständige Rückbildung der Entzündung und des LGEs nach knappen acht Wochen (Daniels et al., 2021). Die SportlerInnen von Hendrickson et al. (2021) zeigten zum Zeitpunkt des Wiedereinstieg ins Training keine Probleme.

Anhand dieser Beschreibungen wird gezeigt, dass die Dauer der Infektion sehr langwierig sein kann, sich jedoch in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wieder zurückbildet.

4.3 Limitationen

Es besteht die Möglichkeit, dass potenziell relevante Studien, trotz systematischen Vorgehens der Literatursuche, übersehen worden sind. Dazu könnte die Eingrenzung der Suche auf bestimmte Datenbanken und der Sprachen Deutsch und Englisch limitierend beitragen.

Die Stichprobengröße der Studien variiert stark. Es gibt Originalarbeiten, bei welchen sie sehr klein ausfällt. Sie erstreckt sich von vier (Duarte-Neto et al., 2021) bis zu 718 365 (Buckley et al., 2021) ProbandInnen, wobei der Großteil der Studien zwischen 20 und 100 Personen untersuchte. Je größer die Stichprobe, desto geringer fiel die Inzidenz der Myokarditis aus. Eine kleine Probandengruppe von 21 TeilnehmerInnen von Toubiana et al. (2020) zeigten eine Inzidenz von 76%. Eine große Stichprobe von Murk et al. (2021) wies lediglich eine Wahrscheinlichkeit von 0,1% auf.

Die Vergleichbarkeit der Studien ist kritisch zu betrachten. Die Studien zeigen eine sehr große Spannweite der Myokarditisinzidenzen nach einer SARS-CoV-2-Infektion. Hier muss unbedingt die Interpretation der Publikation beachtet werden. Weiters sind die Kollektive der Studien sehr heterogen. Viele Studien, ausgenommen jener mit SportlerInnen, inkludierten ProbandInnen, welche viele und schwerwiegende Vor- und Begleiterkrankungen aufwiesen. Manche Ergebnisse zeigten jedoch, dass das Vorhandensein der Vor- und Begleiterkrankungen nicht unbedingt direkt proportional zur Inzidenz der Myokarditis erfolgen muss. Um die Ergebnisse der Studien sinnvoll zu vergleichen, sollten einerseits die PatientInnen die gleichen oder keine Vor- und Begleiterkrankungen aufweisen, andererseits müsste das Alter der ProbandInnen ähnlich hoch sein. Aufgrund des höheren Durchschnittsalters der erwachsenen Nicht-SportlerInnen stellt sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit eines direkten Vergleichs. Darüber hinaus stellen die verschiedenen Untersuchungsmethoden und die Ausführlichkeit der Beschreibungen dieser einen wesentlichen variierenden Einfluss dar. Fehlende Beschreibungen von Auffälligkeiten in den jeweiligen Untersuchungsmethoden machen einen Vergleich der Studien unmöglich. Häufig wird das Auftreten von Abnormalitäten bekanntgegeben, ohne dass diese näher erläutert werden.

Nur wenige Studien untersuchten SportlerInnen. Lediglich zwölf der 73 Originalarbeiten befassten sich mit AthletInnen. Für eine klare Aussage wären vermehrt Studien notwendig,

die gesunde junge ProbandInnen mit einem ähnlichen, mit SARS-CoV-2 infizierten, Kollektiv vergleichen.

4.4 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Studien zeigen eine große Spannweite der Myokarditisinzidenzen nach einer SARS-CoV-2-Infektion. Bei SportlerInnen liegt die Inzidenz zwischen 0% und 15,4%. Der Durchschnitt liegt somit bei 1,26%. Im Vergleich dazu ist sie bei der Allgemeinbevölkerung mit einem durchschnittlichen Wert von 4,24% deutlich höher. Das Auftreten einer Myokarditis nach einer SARS-CoV-2-Infektion könnte mit ähnlicher Wahrscheinlichkeit auftreten, wie nach einer Influenza-Infektion (Datta et al., 2018). Weitere Untersuchungen sind notwendig, um die kardiovaskulären Auswirkungen nach einer SARS-CoV-2-Infektion genauer zu diagnostizieren und zu behandeln. Nach Zusammenschau der inkludierten Daten, sind die gängigen Untersuchungsmethoden wie EKG, TTE und kardiale Biomarker wenig sensitiv für die Bestimmung von kardialen Auswirkungen, insbesondere der Myokarditis. Für eine aussagekräftige Diagnose wird eine CMR-Untersuchung benötigt, wenngleich auch hier noch unklar ist inwiefern eine subklinische Myokarditis für die klinische Praxis relevant ist. Weiters sind Follow-up-Studien für die Überprüfung des Gesundheitszustandes und der Sporttauglichkeit nach SARS-CoV-2 mit und ohne klinischer sowie subklinischer Myokarditis notwendig. Es gibt viele Faktoren, die die Inzidenz der Myokarditis beeinflussen. Darunter fallen das Alter, Erkrankungen sowie der Fitnesszustand. In Zukunft gilt es, sichere, evidenzbasierte "Return-to-Sport" Protokolle zu verfassen. Hierfür soll das Augenmerk vor allem auf SportlerInnen gelegt werden, wobei es sich hierbei vorwiegend um junge Personen ohne Vor- und Begleiterkrankungen handelt.

5 Abkürzungsverzeichnis

BNP	Brain Natriuretic Peptide
CK	Kreatinkinase
CK-MB	Kreatinkinase Muscle-Brain type
CMR	Kardiale Magnetresonanztomographie
COVID-19	Coronavirus-Krankheit-19
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
CTCA	Computertomographie - Koronarangiographie
CXR	Thoraxröntgen
EKG	Elektrokardiogramm
EMB	Endomyokardbiopsie
GLS	Global Longitudinal Strain
LGE	Late Gadolinium Enhancement
LLC	Lake Louise Kriterien
LV	Linker Ventrikel
LVEF	Linksventrikuläre Ejektionsfraktion
Myo	Myokarditis
RV	Rechter Ventrikel
SARS-CoV-2	Schweres-akutes-Atemwegssyndrom-Coronavirus Typ 2
cTn	Kardiales Troponin
TTE	Transthorakale Echokardiographie

6 Abbildungsverzeichnis

Übersicht über Abbildungen

Abbildung 1: PRISMA-Flow-Chart.....	10
Abbildung 2: Herkunft der Publikationen.....	11
Abbildung 3: Alter der ProbandInnen.....	12
Abbildung 4: Bildgebungsmodalitäten	13
Abbildung 5: Gruppierung der Studien nach Probandenanzahl	13
Abbildung 6: Aufteilung der Kollektive	14
Abbildung 7: Inzidenz der Myokarditis bei SportlerInnen mit COVID-19	15
Abbildung 8: Inzidenz der Myokarditis bei erwachsenen Nicht-Sportlerinnen mit COVID-19	21
Abbildung 9: Inzidenz der Myokarditis bei Kindern mit COVID-19	23
Abbildung 10: Krankheiten der Kinder mit COVID-19	24

7 Tabellenverzeichnis

Übersicht über Tabellen

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien	7
Tabelle 2: Inzidenz der Myokarditis bei unterschiedlichen Kollektiven	25
Tabelle 3: Messung und Erhöhungen der Blutwerte	26
Tabelle 4: Durchführung von Bildgebungen und Häufigkeit von Abnormalitäten.....	27
Tabelle 5: EKG-Auffälligkeiten	31
Tabelle 6: Auffälligkeiten von Laborwerten	33
Tabelle 7: Auffälligkeiten in der TTE	35
Tabelle 8: Auffälligkeiten in der CMR	38
Tabelle 9: Auftreten des LGE.....	39

ANHANG

7.1 Übersicht der Studienergebnisse für SportlerInnen

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
<i>Hendrickson et al.</i> , Mai 2021, USA	137 , 32% Frauen, Median 20 (18-27) Jahre Schwarz 48% Weiß 47% Hispana 7%	Prospective Kohortenstudie, 3 Universitäten, HochschulathletInnen: Positive Athleten verwiesen an die Klinik für Sportkardiologie → Screening all dieser AthletInnen Median 16 (IQR 12-34) Tage nach positivem Test, unabhängigen von Symptomen → bei Abnormalitäten in der klinischen Bewertung, ECG,	0%	<i>Gruppe=137</i> Ektasie der Koronararterie: 0,7% (1/137, mild) Spur eines Perikardergusses: 2,9% (4/137)	<i>Gruppe=0</i>	<i>Gruppe=137</i> Asymptomatisch: 18% (25) Symptomatisch: 82% (112) - Mild: 55% (75/137) - Moderate: 27% (37/137) Kardiale Symptome: 20% (27/137) - SOB:	<i>Gruppe=0</i>	<i>Gruppe=137</i> EKG: 0% TTE: 2,9% ¹ (4/137) cTn ↑: 2,9% ² (4/137) <i>Gruppe=5</i> CMR: 40% ³ (2/5) 1,4% ³ (2/137)

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
		TTE, cTn → CMR				10% (14/137) - Brustschmerzen/ Engegefühl: 9% (13/137)		
Brito et al., März 2021, USA	54, (+ 20 Kontrolle), 15% Frauen, Durchschnitt 19 (19-21) Jahre, Schwarz 66% Weiß 26% Andere 10%	Querschnittsstudie, 1 Universität HochschulathletInnen: PCR/ Screening der Antikörper unabhängig von Symptomen → Screening all dieser AthletInnen Median 27 (22-33) Tage nach positivem Test, unabhängigen von Symptomen → wenn symptomatisch oder Abnormalitäten in ECG, TTE, cTn → CMR	0%	Gruppe=54 Myokardiale Abnormalitäten: 16,7% ¹ (9/54, sympt.) (0/54 aysmpt) Abklingen der perikardialen Entzündung: 30% (sympt.15%/asympt.12%)	Gruppe=0	Gruppe=54 Asymptomatisch: 30% (16) Symptomatisch: 70% (38) - mild: 66% (36/54) - moderat: 4% (2/54) Kardiale Symptome: 17% (9/54)	Gruppe=0	Gruppe=54 EKG: 3% ² (1/54) TTE: 11% ³ (6), 6% ⁴ (3) cTn ↑: 3% ⁵ (1/54) Gruppe=48 CMR:

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
								23% ⁶ (11/48) 40% ⁷ (19/48) 58% ⁸ (28/48)
<i>Malek et al.</i> , Dezember 2020, Polen	26 , 81% Frauen, Median 24 (IQR 21-27) Jahre	Prospektive Kohortenstudie, EliteathletInnen (Polnische Nationalmannschaft der Olympischen Spiele): Positive AthletInnen eingeschlossen → Screening Median 32 (IQR 22-62) Tage nach positiven Test mit klinischer Beurteilung, EKG, cTn and CMR	0%	<i>Gruppe=26</i> Borderline signs of isolated myocardial edema: 15% (4/26, mild 50%/moderat 50%) myoLGE + Kleine Perikardergüsse: 4% (1/26, moderat)	<i>Gruppe=0</i>	<i>Gruppe=26</i> Asymptomatisch: 23% (6) Symptomatisch: 77% (20) - mild: 54% (14/26) - moderat: 19% (5/26) - schwer: 4% (1/26)	<i>Gruppe=0</i>	<i>Gruppe=26</i> EKG: 0% cTn ↑: 0% CMR: 19% ¹ (5/26)

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
Martinez et al., März 2021, USA	789, 1,5% Frauen, Durchschnitt 25 (19-35) Jahre	Querschnittsstudie, Professionelle AthletInnen (MLS, MLB, NHL, NFL, WNBA, NBA): Positive AthletInnen wurden vor RTP eingeschlossen → Screening Durchschnitt 19 (3-156) Tage nach positivem Test → wenn auffällige Befunde im EKG, TTE oder cTn → CMR und/oder Stress-TTE	0,4% (3/786)	Gruppe=789 Perikarditis: 0,3% (2/789)	Gruppe=3 Symptomatisch: 100% (mild, moderat)	Gruppe=786 Asymptomatisch/ minimal symptomatisch.: 42% (330) Symptomatisch: 58% (456, mild, moderat)	Gruppe=3 EKG: 30% ¹ (1) TTE: 100% ² (3) cTn ↑: 30% (1) CMR: 100% (3)	Gruppe=786 EKG: 1,1% ¹ (9/786) TTE: 2,1% ³ (17/786) cTn ↑: 0,6% ⁴ (5/786) Gruppe=24 CMR: 8,3% ⁵ (2/24) 0,2% ⁵ (2/786) Gruppe=15 Stress-TTE: 0%

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
<i>Cavigli et al.</i> , Mai 2021, Italien	90 , 29% Frauen, Durchschnitt 24 (SD 10) Jahre	Prospektive Kohortenstudie, LeistungssportlerInnen Positive AthletInnen wurden vor RTP eingeschlossen → Screening nach positivem Test mit klinischer Bewertung, EKG, 24h-ambulantes EKG, TTE, Blutuntersuchung, Spirometrie und CPET → wenn Abnormalitäten → CMR	1,1% (1/90)	<i>Gruppe=90</i> Perikarditis: 2,2% (2/90) Brustschmerzen/asymptomatisch bei Untersuchung	<i>Gruppe=1</i> Symptomatisch: 100% (moderat)	<i>Gruppe=89</i> Asymptomatisch: 23% (21) Symptomatisch: 77% (68, mild, moderat)	<i>Gruppe=1</i> EKG: 0% 24h-EKG: 100% ¹ TTE: 100% ² cTn ↑: 0% Spirometrie: 0% CPET: 100% ³ CMR: 100%	<i>Gruppe=89</i> EKG: 0% 24h-EKG: 52,2% ¹ TTE: 2,2% ² (2/89) cTn ↑: 1,1% (1/89) Spirometrie: 0% CPET: 0% <i>Gruppe=2</i> CMR: 2,2% ⁴ (2/89)

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
<i>Starekova et al.</i> , Jänner 2021, USA	145 , 25% Frauen, Durchschnitt 20 (17-23) Jahre	Retrospektive Fallserienstudie, 1 Universität, HochschulathletInnen: positive Athleten, die sich einer CMR unterzogen, wurden eingeschlossen→ Screening Median 15 (11-194) Tage nach positivem Test mit CMR (zusätzlich EKG, TTE, cTn)	1,4% (2/145)	<i>Gruppe=145</i> n.a.	<i>Gruppe=2</i> Asymptomatisch: 50% (1) Symptomatisch: 50% (1, moderat)	<i>Gruppe=143</i> Asymptomatisch: 16% (23) Symptomatisch: 82% (117) - mild: 50% (71/143) - moderat: 27% (39/143) - unklar: 5% (7/143)	<i>Gruppe=2</i> EKG: 50% ¹ (1) TTE: n.a. cTn ↑: 50% (1) CMR: 100%	<i>Gruppe=143</i> EKG: n.a. (n.a./143) TTE: n.a. (n.a./137) cTn ↑: 1,4% (2/143) CMR: 0% (0/143)
<i>Daniels et al.</i> , Mai 2021, USA	1597 , 40% Frauen, n.a. Jahre	Multizentrische Beobachtungsstudie, 13 Universitäten, HochschulathletInnen:	2,3% (95% CI, 1.1%-4.4%) (37/1597) Wenn die diagnostische Strategie auf kardialen Symptomen	<i>Gruppe=1597</i> n.a.	<i>Gruppe=37</i> Asymptomatic: n.a. Symptomatic: n.a.	<i>Gruppe=1560</i> n.a.	<i>Gruppe=37</i> EKG: 13% ² (5/37)	<i>Gruppe=1560</i> n.a.

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
		2810 AthletInnen mit positive Test → 1597 Screening mit klinischer Bewertung, EKG, TTE, cTn und CMR	basiert (wenn abn → ECG, TTE, cTn → wenn abn. → CMR) 0,3% (5/1597) Wenn die diagnostische Strategie auf EKG, TTE oder cTn (wenn abn. → CMR) 0,81% (13/1597) Wenn die diagnostische Strategie auf kardialen Symptomen basiert, EKG, TTE, cTn (wenn abn. → CMR) 1,1% (17/1597)		- cardiac symptoms ¹ : 25%		TTE: 13% ² (5/37) cTn ↑: 16% (6/37) CMR: 100%	

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
Clark et al., Februar 2021, USA	59, + (60 AthletInnen- Kontrolle, 27 Kontrolle), 63% Frauen, Median 20 (IQR 19–21) Jahre Nicht Weiße: 15% (6)	Retrospektive Kohortenanalyse, HochschulathletInnen: Positive AthletInnen eingeschlossen → Screening Median 21.5 (IQR 13-37) Tage nach positivem Test mit klinischer Bewertung, EKG, TTE, cTn und CMR	3,3% (2/59) (AthletInnen- Kontrolle 0%, Kontrolle 0%)	Gruppe=59 Perikarditis: 2% (1/59), Andere myokardiale Abnormalitäten: 2% (1/59) Fokales LGE isoliert an der inferoseptalen RV- Insertion: positive AthletInnen vs AthletInnen-Kontrolle vs Kontrolle 22% vs 24% vs 0%	Gruppe=2 Asymptomatisch: 100%	Gruppe=57 Asymptomatisch: 19% (11) Symptomatisch: 81% (46, mild)	Gruppe=2 EKG: 0% TTE: 0% (50%) ¹ cTn ↑:0% CMR: 100%	Gruppe=57 EKG: n.a. TTE: n.a. cTn ↑: n.a. CMR: 3,5% ² (2/57)

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
<i>Clark, Parikh et al., September 2020, USA</i>	22, + (22 AthletInnen- Kontrolle, 22 Kontrolle) 59% Frauen, Durchschnitt 20 Jahre Nicht-Weiße: 25%	Retrospektive Kohortenanalyse, 1 University, HochschulathletInnen: PCR-Screening unabhängig von Symptomen, → Screening aller positiven AthletInnen Median 52 Tage nach positivem Test mit EKG, TTE, cTn und CMR	4,5% (1/22)	<i>Gruppe=22</i> Perikarditis: 4,5% ² (1/22)	<i>Gruppe=1</i> Asymptomatisch: 100%	<i>Gruppe=21</i> Asymptomatisch: 19% (4) Symptomatisch: 80% (17, mild)	<i>Gruppe=1</i> EKG: 0% TTE: 0% cTn ↑: 0% CMR: 100% ¹	<i>Gruppe=21</i> EKG: 0% (0/20) TTE: 0% (n.a./21) cTn ↑: 0% (0/18) CMR: 4,7% ² (1/21)
<i>Clark, Dendy et al., Oktober 2021, USA</i>	50, + (50 Soldaten), 2% Frauen, Median 27 Jahre	Fall-Kontroll-Studie, Soldaten (≥6 h anstrengende Aktivität /Woche): Alle Soldaten, die nach COVID-19 wegen kardiopulmonaler Symptome an CMR überwiesen wurden, wurden eingeschlossen	8% (4/50)	<i>Gruppe=50</i> Takotsubo- Kardiomyopathie: 2% (1/50)	<i>Gruppe=4</i> Symptomatisch: 100%	<i>Gruppe=46</i> Symptomatisch: 100% - mild: 4% (2/46)	<i>Gruppe=4</i> EKG: 0% TTE: n.a. cTn ↑: 0%	<i>Gruppe=46</i> EKG: 8,6% (4/46) TTE: n.a.

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
		→ Screening Median 71 (IQR 47–103) Tage nach positivem Test bei anhaltenden kardialen Symptomen mit klinischer Bewertung, EKG, TTE, cTn und CMR (Kontroll-Soldaten retrospectiv angepasst)		RVEF: Fälle vs Kontrolle 51% vs 53,2%	(mild/moderat + kardiovaskulär)	- moderat + kardiovaskulär: 86% (40/46) - schwer + hospitalisiert: 10% (5/46)	CMR: 100% ¹	cTn ↑: 4,3% ² (2/46) CMR: 24% ³ (11/46)
Rajpal et al., September 2020, USA	26, 42% Frauen, Durchschnitt 19,5 (SD 1,5) Jahre	Prospektive Studie, n.a. Universität, HochschulathletInnen: Alle Athleten, die nach positivem Test an eine sportmedizinische Klinik überwiesen wurden, wurden eingeschlossen → Screening Durchschnitt 24 (11-53) Tage nach positivem Test mit	15,4% (4/26)	Gruppe=26 LGE ohne T2 elevation: 30,8% ² (8/26)	Gruppe=4 Asymptomatisch: 50% Symptomatisch: 50% ¹ (mild)	Gruppe=22 Asymptomatisch: 54% (12) Symptomatisch: 45% (10, mild, moderat)	Gruppe=4 EKG: 0% TTE: 0% cTn ↑: 0% CMR: 100%	Gruppe=22 EKG: 0% TTE: 0% cTn ↑: 0% CMR: 36,4% ² (8/22)

Referenz, Jahr, Herkunft	TeilnehmerInnen, % Frauen, Alter (Bereich), Ethnie	Studiendesign	Diagnose /GesamtteilnehmerInnen		Symptome% (Fälle)		Diagnostische Modalität/Häufigkeit von Abnormalitäten% (Cases)	
			Myokarditis% (Fälle)	Nicht-Myokarditis Myoperikardiale Abnormalitäten (Fälle; COVID-19 Symptome)	Myokarditis	Nicht-Myokarditis	Myokarditis	Nicht-Myokarditis
		EKG, TTE, cTn und CMR						

Erläuterung zur obigen Tabelle:

Hendrickson et al.	¹ Spur eines Perikardergusses oder kleiner Perikarderguss, ² asymptomatisch (1/4), trivialer Perikarderguss (1/4), alle schwarzen Athleten, ³ Spur eines Perikardergusses
Brito et al.	¹ EF↓ oder native T1↑ oder GLS↓ oder myokardiales LGE, ² unangemessene Sinustachykardie mit ST-Strecke- und T-Wellen-Veränderungen, ³ reduziertes GLS, ⁴ Perikarderguss, ⁵ symptomatisch COVID-19, ⁶ T1↑ oder EF↓ oder myokardiales LGE, ⁷ perikardiales LGE, ⁸ Perikarderguss
Malek et al.	¹ grenzwertiges Zeichen eines isolierten Myokardödems (4), myokardiales LGE + kleiner Perikarderguss (1)
Martinez et al.	¹ Besorgnis erregende akute Myokardverletzungen, ² leicht reduziertes EF (1/3), WMA (1/3), dilatierter RV (1/3), ³ ventrikuläre Dysfunktion oder andere Befunde, die einen Anlass zur Sorge für mögliche akute Herzverletzungen darstellen, ⁴ Perikarditis (1/5), ⁵ Perikarditis
Moulson et al.	¹ wahrscheinlich kein Zusammenhang mit COVID-19 (LAE, RAE, schwarzes Athleten-Repolarisationsmuster, verlängerte QT), ² LVEF↓ (1), belastungsabhängige WMA (1), Perikarderguss (3), ³ Perikarditis (1/24), ⁴ Perikarderguss, ⁵ eindeutige, wahrscheinliche oder mögliche Herzverletzung
Cavigli et al.	¹ VPBs, ² milder Perikarderguss, ³ VPBs und Couplets, ⁴ Perikarditis
Starekova et al.	¹ ST-T-Wellen Abnormalität
Daniels et al.	¹ Brustschmerzen (8/9), Atemnot (3/9), Palpitationen (3/9), ² übereinstimmend mit der Myokarditis
Clark et al.	¹ LVEF 45% in Follow -up TTE, wegen Verschlechterung der Atmenot durchgeführt, ² Perikarditis oder andere myokardialen Abnormalitäten
Clark, Parikh et al.	¹ leicht reduziertes LVEF 50%, RVEF 46% und akute Myokarditis des basalen Inferoseptums basierend auf den modifizierten Lake Louise Kriterien, ² Perikarditis: Perikarderguss, perikardiales LGE und intramurales LGE des Inferoseptums, Engegefühl in der Brust unter Belastung
Clark, Dendy et al.	¹ übereinstimmende Perikarditis (1), ² anzumerken: keiner der Kontrollgruppe hatte ein erhöhtes cTn, ³ myokardiales LGE
Rajpal et al.	¹ Kurzatmigkeit, ² LGE ohne T2 Erhöhung (2 Fälle nur bei RV-Einführung)

7.2 Übersicht der Studienergebnisse für Nicht-SportlerInnen

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Bartoszek et al.</i> Juli 2021 Polen Journal of Magnetic Resonance Imaging	19 , 16% Frauen, 10 (10-15) Jahre	Fieber 100% Magen-Darm-Beschwerden 68% Husten 21% Kopfschmerzen 16% Ausschlag 11% Dyspnoe, Brustschmerzen 5%	k.A.	cTn BNP CRP D-Dimer TTE	cTn↑ 84% (16/19) BNP↑ 95% (18/19) CRP↑ 100% 19/19 D-Dimer↑ 100% 19/19 TTE: 95% (18/19)	LVEF↓ 18/19	0% (0/19)
<i>Beigmohammadi et al.</i> April 2020 Iran International Journal of	7 , 29% Frauen, 67,85 (46-84) Jahre	Fieber Dyspnoe	Hypertonie 57% (4/7) Dm 14% (1/7) Magengeschwür 14% (1/7)	EMB	k.A.	k.A.	0% (0/7)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Surgical Pathology			Herzklappenfehler 14% (1/7) rheumatische Arthritis (1/7)				
<i>Fox et al.</i> Juni 2021 USA Cardiovascular Pathology	25 , 48% Frauen, 64 (49-79) Jahre	k.A.	Hypertension 90% (18/20) Dm Typ 2 70% (14/20) Nierenerkrankung 60% (12/20) Übergewicht 40% (8/20)	cTn BNP D-Dimer EMB	cTn↑ 60% (6/10) BNP↑ 60% (6/10) D-Dimer↑ 100% 8/8	kein Beweis auf lymphozytäre Myokarditis	0% (0/25)
<i>Gartenberg et al.</i> Juli 2021 USA Cardiology in the Young	46 , 33% Frauen, 15,63±1,65 Jahre	Kopfschmerzen 48% Fieber 40% Fatigue 36%	Asthma 22% (10/46) Allergischer Schnupfen 13% (6/46) ADHD 11% (5/46)	EKG (n=33) TTE (n=27) CMR (n=1)	EKG: 30% (10/33)	keine Hinweise auf Myokarditis	0% (0/46)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Lindner et al.</i> Juli 2020 Deutschland JAMA Cardiology	39 , 59% Frauen, 85 (78-89) Jahre	k.A.	Hypertonie 43% (17/39) KHK 82% (32/39) Dm 18% (7/39)	EMB	k.A.	k.A.	0% (0/39)
<i>Rommelink et al.</i> August 2020 Belgien Critical Care	17 , 29% Frauen, 72 (62–77) Jahre	k.A.	Hypertonie 59% (10/17) Dm 53% (9/17) zerebrovaskuläre Erkrankung 24% (4/17) KHK 24% (4/17) Krebs 24% (4/17)	CT EMB	CT: 88% (15/17)	Haupttodesursachen: Atemversagen (n=9), Multiorganversagen (n=7) Anzeichen einer chronischen ischämischen Kardiomyopathie (n=15) Anzeichen eines akuten Myokardinfarkts (n=2) keine Hinweise auf Myokarditis	0% (0/17)
<i>Zhou et al.</i> Februar 2021 China	97 , 46% Frauen, 46,5 ± 18,6 Jahre	Husten 59% (57/97) Fieber 47% (46/97) Auswurf 18% (17/97)	Hypertension 25% (24/97) Dm 11% (11/97)	cTn BNP EKG	cTn↑ 6% (6/97) BNP↑ 1% (1/97)	k.A.	0% (0/97)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Plos One			KHK 6% (6/97)	TTE CMR (n=4)	EKG: 28% (27/97) TTE: 1% (1/97) CMR: 25% (1/4)		
<i>Miró et al.</i> August 2020 Spanien Epidemiology and Infection	63822 , Keine Geschlechtsangabe Keine Altersangabe	Fieber Husten Atemnot Dysgeusia Anosmia	k.A.	k.A.	k.A.	(myo)pericarditis häufiger in COVID als in Non-COVID-PatientInnen	0,07 (45/63822)
<i>Linschoten et al.</i> Juni 2020 Niederlande European Heart Journal: Acute Cardiovascular Care	3011 , 37% Frauen, 67 (56–76) Jahre	k.A.	Herzerkrankung (31%)	EKG TTE CMR (n=1)	CMR: 100% (1/1)	349 (11,6%) Herzkomplikation diagnostiziert 1 Patient mit COVID-19- und Myokarditis starb	0,1% (3/3011)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Murk et al.</i> Jänner 2021 USA Canadian Medical Association journal	69255 , 57% Frauen, 65 (51–77) Jahre	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	Myokarditis hat eine niedrige Gesamtrisikoeinschätzung, aber einen starken Zusammenhang mit COVID-19	0,1%
<i>Peretto et al.</i> Mai 2021 Italien Journal of Clinical Medicine	7 , 43% Frauen, 51±9 Jahre	Fieber Durchfall Husten Erbrechen	k.A.	cTn BNP CRP Anti-heart Antibodies EKG TTE CMR (n=6) EMB	cTn↑ 57% (4/7) BNP↑ 100% (7/7) CRP↑ 100% (7/7) Anti-heart-Antibodies↑ 57% (4/7) EKG: 57% (4/7) TTE: 57% (4/7) CMR: 71% (5/7)	k.A.	0,2% (7/3500)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
					EMB: 71% (5/7) LGE 50% (3/6)		
Cordeanu et al. Dezember 2020 Frankreich Journal of Clinical Medicine	375, 33% Frauen, 66 (55,5–74) Jahre	k.A.	k.A.	cTn CRP D-Dimer CT TTE	cTn↑ 34% (126/375) CRP↑ 73% (270/371) D-Dimer↑ 58% (170/292) CT: 84% (314/375)	k.A.	0,3% (1/375)
Khawaja et al. Februar 2021 UK Open Heart	498, 38% Frauen, 67,4 ± 16,1 Jahre	k.A.	Hypertension 53% Diabetes 40% Dyslipidaemia 32% KHK 14% LV-Funktion↓ 7%	cTn BNP CRP D-Dimer TTE (n=35) CMR (n=1)	cTn↑ 31% (215/498) BNP↑ 31% (154/498) CRP↑ 100% (498/498)	Myokardschädigung 43% (215/498) LV-Beeinträchtigung 0,8%	0,4% (2/498)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
					D-Dimer↑ 100% (498/498) TTE: 11% (4/35) CMR: 100% (1/1) LGE: 100% (1/1)		
<i>Cates et al.</i> Oktober 2020 USA MMWR	3948 , 6% Frauen, 70 (61-77) Jahre	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	COVID19 vs. Influenza: doppelt so hohes Risiko an einer Myokarditis zu erkranken (0,6 vs. 0,2%)	0,6% (23/3710)
<i>Zeng et al.</i> Juni 2020 China Infection	416 , 52% Frauen, 64 Jahre (59,50–68,00) (ICU)	k.A.	KHK Arrhythmien Klappenerkrankungen Hypertonie Dm	cTn BNP D-Dimer CK-MB CRP	cTn↑ 8,4% (29/345) D-Dimer↑ 8,4% (35/416)	LVEF <55% (n=5) Verdicktes interventrikuläre Septum, verdickte LV hintere Wand↓	0,91% (2/219)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
	45 Jahre (33,00–57,00) N-ICU			CXR EKG (n=57) CT TTE (n=57)	CRP↑ (n=381) 23,61 mg/L (6,64–66,80) CXR: (k.A./416) EKG: (k.A./57) CT: (k.A./416) TTE: (k.A./57)	10% der ICU: RV-Wand verdickt, rechte Herzfunktion	
<i>Romanova et al.</i> Mai 2021 Schweden Journal of Internal Medicine	102 , 50% Frauen, 73±14 Jahre	k.A.	Hypertonie 87% (89/102) Dm 10% (10/102) Ischämische Herzerkrankung 58% (59/102) COPD 13% (13/102) Hirnfarkt 18% (18/102) Keine Risikofaktoren 8% (8/102)	EMB	EMB: 71% (72/102)	k.A.	0,98% (1/102)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Lagana et al.</i> Jänner 2021 Italien Medicine	1169 , 52% Frauen, 70,96±16,71 Jahre	k.A.	Herzerkrankung 29% (341/1169) Herzinsuffizienz 40% (136/341) Vorhofflimmern 25% (85/341) KHK 35% (119/341) Hypertonie 60% (204/341) andere Komorbiditäten 53% (620/1169): Dm, chronische obstruktive Bronchitis, Nierenerkrankung keine Erkrankungen 18% (209/1169)	cTn NT-proBNP CRP D-Dimer EKG TTE	cTn↑ (n=1169) 43,6 pg/mL (30,17) NT-proBNP↑ (n=1169) 1989 pg/mL (5111,32) EKG: 83% (10/12) → Myo-Fälle TTE: 100% (12/12) → Myo-Fälle	Myokarditis: 42% Männer Letalitätsrate: 25% Mortalitätsrate: 0,2% MyokarditispatientInnen: niedriges IL-6	1% (12/1169)
<i>Mostafavi et al.</i> August 2021 Iran	404 , 32% Frauen, 58,4 Jahre	Dyspnoe 73% Husten 69%	Hypertension 39,6% Dm 29,7%	cTn D-Dimer CRP	cTn↑ 5,9% (24/404) CRP↑ 42,3% (171/404)	späte Myoperikarditis: 0% (0/404) ST Despression: 26% (106/404)	1,24% (5/404)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Journal of Cardiovascular and Thoracic Research			Percutaneous coronary intervention 7,4% coronary artery bypass grafting 7,4%	EKG TTE	TTE: 1,2% (5/404)	ST Elevation: 3% (13/404) T Inversion: 24% (96/404)	
<i>Kamal et al.</i> September 2020 Ägypten International Journal of Clinical Practice	287 , 64% Frauen, 32,3±8,5 Jahre	Fatigue 73% Angst 38% Gelenkschmerzen 31% Kopfschmerzen 29% Brustschmerzen 29%	Hypertension 7,7% Dm 5,2% Rheumatoid arthritis 1,4% Dyslipidämie 1,4% Hypothyreose 1%	k.A.	k.A.	k.A.	1,4%
<i>Breitbart et al.</i> August 2021 Deutschland Clinical Research in Cardiology	56 , 54% Frauen, 46±12 Jahre	Fieber 61% (34/56) Husten 59% (33/56) Fatigue 75% (42/56) Brustschmerzen 71% (40/56) Kurzatmigkeit 66% (37/56)	k.A.	cTn NT-proBNP CK EKG TTE CMR	NT-proBNP↑ (1/56) EKG: 7% (4/56) TTE: 1,8% (1/56) CMR: 16% (9/56)	CMR Auffälligkeiten (myokardiales Ödem ohne Fibrose n=3; nichtischämische Myokardschädigung n=5) --> EKG, ECHO, Lab unauffällig	1,8% (1/56)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
					LGE: (7/54)		
<i>Kunal et al.</i> November 2020 Indien Indian Heart Journal	108, 35% Frauen, 51,2 ± 17,7 Jahre	Fieber Husten Atemnot	46,3% Komorbiditäten -- > Hypertonie, Dm	cTn CRP D-Dimer CK-MB EKG TTE (n=28)	cTn↑ 26% (28/108) CRP↑ 40% (43/108) D-Dimer↑ 30% (38/97) CK-MB↑ 26% (28/108) EKG: 18% (19/108) TTE: 71% (20/28)	akute Herzverletzung 26% (28/108) Myokarditis 2,8% (3/108): zwei Betroffene vollständige Genesung, einer starb; PatientInnen mit Herzverletzung waren älter und hatten mehr Komorbiditäten; akute kardiale Schädigung ist eine häufig auftretende Komplikation bei COVID-19-Patienten	2,8 (3/108)
<i>Cherqaoui et al.</i> Jänner 2021	1004, 42% Frauen,	k.A.	k.A.	cTn CRP	cTn↑ 59% (231/389)	KD-ICU: Verdacht auf Myokarditis bei 7/48 (15%)	3,0% (13/405)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Frankreich Rheumatology	PIMS: 8,8±3,7 Jahre KD-HIS: 2,8±2,4 Jahre KD-ICU 3,5±3,1 Jahre			CXR EKG TTE	CRP↑ (n=405) 155,2 mg/L (97,1-345) CXR: 32% (160/497) TTE: 51% (227/441)	Myocarditis: PIMS --> 59/136 (43%) KD-HIS --> 13/405 (3%) KD-ICU --> 12/59 (20%) Myokarditis ist bei PIMS/MIS-C häufiger als bei KD-ICU	
<i>Ferrer-Gomez et al.</i> Oktober 2021 Italien Frontiers in Cardiovascular Medicine	30 , 23% Frauen, 69,5 (12,25) Jahre	Fieber 80% (24/80) Dyspnoe 73% (22/30) Husten 57% (17/30) Schwäche 43% (13/30)	Hypertonie 43% (13/30) Dyslipidemie 37% (11/30) Kardiovaskuläre Erkrankung 27% (8/30) Übergewicht 27% (8/30)	cTn BNP CRP D-Dimer EMB	CRP↑ (n=30) 188,20 mg/L (160,75) D-Dimer↑ (n=30) 1,164 ng/mL (2,098) EMB: 3,3% (1/30)	Gestorbene Patienten	3,3% (1/30)
<i>Attia et al.</i> November 2020	27 , 33% Frauen,	k.A.	Hypertonie 44% (12/27) BMI 28,9±4,2 kg/m²	EKG TTE (n=1)	TTE: 100% (1/1) CMR: 100% (1/1)	LVEF: 57,1±13,5% LVEF <40% n=3	3,7% (1/27)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
USA Mayo Clinic Proceedings	66,5±13,8 Jahre			CMR (n=1)		Myocarditis n=1 --> 77-jährige Frau	
Haslbauer et al. März 2021 Schweiz The Journal of Pathology: Clinical Research	23, 22% Frauen, 76 ± 13 Jahre	Husten 83% (19/23) Atemnot 48% (11/23) Fieber 65% (15/23)	Hypertonie 91% (21/23) Kardiovaskuläre Erkrankung 61% (14/23) Dm 48% (11/23)	cTn (n=8) CRP EKG EMB	CRP↑ (n=23) 176 mg/dL (121–271) EMB: 100% (23/23)	Autopsie an Toten Leukozytendifferenzierung zeigte schwere Lymphopenie cTn mit hoher Sensitivität 34% (8/23)	4,0% (1/23)
Joy et al. November 2021 UK Cardiovascular Imaging	74, 62% Frauen, 39 (30-48) Jahre	k.A.	Hypertonie 14% Hyperlipidämie 5% Dm 3% CAD 12% COPD 17%	cTn NT-proBNP CXR (n=1) TTE (n=1) CMR	CMR LGE: (6/74)	k.A.	4,0% (3/74)
Nathan et al. September 2020	23, 43% Frauen,	Fieber 78% (18/23) Fatigue 52% (12/23)	Asthma 13% (3/23) Sichelzellerkrankung	CRP CK	CRP↑ 39% (9/23)	k.A.	4,0% (1/23)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Frankreich Journal of Clinical Medicine	4,9 (0,1- 17,6) Jahre	Husten 48% (11/23)	13% (3/23) Übergewicht/Adipositas 13% (3/23)	CXR (19/23) CT	CK↑ 61% (14/23) CXR: 47% (9/19) CT: 17% (4/23)		
<i>Sang et al.</i> Juli 2021 USA Cardiovascular Pathology	50 , 28% Frauen, 63,5 (31-94) Jahre	k.A.	Hypertonie 90% Dm 56% Übergewicht 50% Hyperlipidämie 32% CAD 14% Herzfehler 10%	cTn (n=28) BNP (n=15) CRP (n=21) D-Dimer (n=23) TTE (n=21) EMB	cTn↑ 86% (24/28) BNP↑ 67% (10/15) CRP↑ 95% (20/21) D-Dimer↑ 100% (23/23) TTE 71% (15/21) EMB 80% (40/50)	Myokardiale Fibrose 80% Hypertrophie 72% Mikrothrombie 66%	4,0% (2/50)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Toubiana, Cohen et al.</i> <i>Dezember 2020</i> <i>Frankreich</i> <i>Journal of Clinical Immunology</i>	89 , 42% Frauen, ≤ 18 Jahre	Fieber	Kawasaki-Krankheit	CRP	CRP↑ (KD-SARS-CoV-2 höher als Classic KD)	k.A.	4,5% (1/22)
<i>Escher et al.</i> Mai 2020 Deutschland ESC Heart Failure	104 , 24% Frauen, 57,9 ± 16,4 Jahre	Fieber Atemnot Herzinsuffizienzsymptomen schweres akutes respiratorisches Syndrom	Thromben Embolien LV-Hypertrophie	cTn (n=4) BNP (n=4) EMB (n=5)	cTn 100% (4/4) BNP 100% (4/4) EMB 100% (5/5)	LVEF: 37,7 ± 14,6% mit Myokarditis oder Herzinsuffizienz Dilatative Myokardiopathie 41% (43/104) Inflammatorische Myokardiopathie 33% (34/104)	4,8% (5/104)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Buckley et al.</i> September 2021 UK European Journal of Clinical Investigation	718365 , Keine Geschlechtsangabe >18 Jahre	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	Verwendung von elektronischer Krankenakten	5,0% (35820/718365)
<i>Dal Ferro et al.</i> Juli 2021 Italien Clinical Research in Cardiology	40 , 45% Frauen, 79±11 Jahre	Fieber Husten Dyspnoe	Hypertonie 37% (15/40) Dm 25% (10/40) Herzfehler 33% (13/40) Chron. Nierenerkrankung 20% (8/40)	cTn CRP D-Dimer TTE (n=7) EMB	cTn↑ 48% (19/40) CRP↑ 100% (40/40) D-Dimer↑ 23% (9/40) TTE: 100% (7/7) EMB: 5% (2/40)	LVEF <50% 1/40 --> Myokardinfarkt	5,0% (2/40)
<i>Maestrini et al.</i> Juni 2021	152 , 43% Frauen,	Fieber 84% (129/152) Atembeschwerden 64% (98/152)	Kardiovaskuläre Risikofaktor 71% (108/152)	cTn CRP	cTn↑ 41% (62/152)	LGE aufgetreten	5,26% (8/152)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Italien International Journal of Cardiology	70,5 (56,2-80) Jahre	Husten 34% (52/152) Brustschmerzen 17% (26/152)	Krebs, COPD, Asthma Hypertonie 7% (10/152) Dm 16% (24/152)	CK EKG CT TTE CMR (n=10)	CRP↑ 11 mg/L (3,5-13,2) CK↑ 88 U/L (56-554) EKG: 13% (20/152) CT: 86% (130/152) TTE 36% (54/152) CMR 80% (8/10)		
Hooper et al. Mai 2021 USA Arch Pathol Lab Med	135 , 41% Frauen, 63 (0,6-97) Jahre	k.A.	Hypertension 64% (86/135) Dm 52% (70/135) Übergewicht 34% (46/135)	EMB	EMB: 19% (26/135)	Mittlere/ medianes Herzgewicht lag bei 491g/ 460g erhöhten Herz-, Leber- und Nierengewichte spiegeln wahrscheinlich eher vorbestehende	6% (8/135)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
			KHK 25% (34/135) Keine Vorerkrankungen 7,4% (10/135)			chronische Erkrankungen wider als eine direkte Wirkung von COVID-19; Myozytenhypertrophie betraf 77% (104/135) der Herzen eine Fibrose und/oder ein alter Infarkt lag bei 58% (78/135) der Herzen	
<i>Bordet et al.</i> September 2020 Frankreich European Journal of Pediatrics	32 , 47% Frauen, 5 [0,1–18] Jahre	Fieber Bauchschmerzen	Kawasaki disease 34% (11/32) Kawasaki syndrome 19% (6/32)	cTn CRP EKG TTE CMR	cTn↑ 22% (7/32) CRP↑ 22% (7/32) EKG: 16% (5/32) TTE: 50% (16/32)	LVEF↓ 19% (6/32) Zwei Personen mit Myokarditis starben; Inzidenz einer isolierten Myokarditis bleibt vor und nach dem Beginn der Pandemie stabil	6,25% (2/32)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Secco et al.</i> April 2020 Italien Catheter Cardiovasc Interv.	31 , 23% Frauen, 72,3 ± 9 Jahre	Dyspnoe Fieber Husten	Hypertonie 71% (22/31) Dm 39% (12/31) Raucher 35% (11/31) Dyslipidämie 58% (18/31) KHK 35% (11/31)	CXR EKG TTE CTCA	EKG: 68% (21/31) TTE: 48% (15/31) CTCA: 39% (12/31)	k.A.	6,5% (2/31)
<i>Perrone et al.</i> Jänner 2021 Italien IJC Heart & Vasculature	543 , 42% Frauen, 63 (18–99) Jahre	Fieber 59% (320/543) Respiratorische Symptome 74% (402/543) Anosmie 7% (37/543)	Hypertonie	cTn	cTn↑ 47% (257/543)	k.A.	7% (18/257)
<i>Fabi et al.</i> August 2020 Italien The Journal of the Pediatric	13 , 31% Frauen, 0-17 Jahre	Fieber Synkope Bauchschmerzen Hypotonie	Parvovirus B19 Influenza A M. Pneumoniae	cTn BNP (n=9) CRP D-Dimer	cTn↑ 23% (3/13) BNP↑ 56% (5/9) CRP↑ 100% (13/13)	Myokarditis: EKG: niedrige Spannung, keine Abnormalitäten; cTn normalisierte sich nach der Therapie;	7,7% (1/13)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Infectious Diseases Society				EKG TTE CMR	D-Dimer↑ 15% (2/13) EKG: 38% (5/13) TTE: 54% (7/13)	MRT: normal, T2: mildes interstitielles myokardiales transmurales Ödem, T1: erhöhte Werte	
<i>Kotecha et al.</i> Februar 2021 UK European Heart Journal	148 , 30% Frauen, 64±12 Jahre	Fieber Husten Dyspnoe Myalgie	Hypertonie 57% Hypercholesterolaemia 46% Dm 34% Raucher 24% Myokardialer Infarkt 7%	cTn NT-proBNP (n=92) CRP D-Dimer CK CXR EKG CMR CTCA	NT-proBNP↑ (n=92) 231 ng/L (72–878) CRP↑ 100% (148/148) D-Dimer↑ 2417 ng/mL (1172–7548) CK↑ 206 U/L (87–813) CMR: 54% (80/148) LGE: (70/144)	kardiale Abnormalitäten 54% (80/148) → myocarditis-like LGE 39/148 → Infarkt 22% (32/148) Myocarditis-pattern injury 27% (40/148)	8,1% (12/148)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Sharma et al.</i> August 2021 Indien Journal of Paediatrics and Child Health	100 , 41% Frauen, 5,21 (1,4-10) Jahre	Fieber 80% (80/100) SpO ₂ ↓ 45% (45/100) Kurzatmigkeit 47% (47/100) Husten 35% (35/100) Erbrechen 34% (34/100) Bauchschmerzen 27% (27/100) Myalgie 11% (11/100)	Leberabszess 6% (6/100) Dengue 4% (4/100) Staphylokokken Sepsis 4% (4/100) Lungentuberkulose 12% (12/100) maligne hämatologische Erkrankung 13% (13/100)	CRP D-Dimer CK-MB CXR	CRP↑ 70% (70/100) D-Dimer↑ 79% (26/33) CK-MB↑ 76% (22/29) CXR: 16% (16/100)	k.A.	9% (9/100)
<i>Bearse et al.</i> Februar 2021 USA Modern Pathology	41 , 34% Frauen, 67 (21-89) Jahre	k.A.	Dm Hypertonie Hyperlipidämie Myokardinfarkt Autoimmunerkrankungen	cTn BNP CRP D-Dimer EKG TTE	cTn↑ 97% (35/36) NT-proBNP↑ 67% (20/30) EKG: 85% (23/27) TTE: 50% (16/38)	Bei PatientInnen mit SARS-CoV-2-Herzinfektion waren infizierte Zellen selten (1 Zelle/cm ²)	9,8% (4/41)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Rakha et al.</i> Juli 2021 Ägypten Cardiology in the Young	16 , Keine Geschlechtsangabe 1 (0,37-2,25) Jahre	Fieber 100% (16/16) Schleimhautläsion 70% (11/16) Magen-Darm-Beschwerden 60% (10/16) Atemwegsbeschwerden 40% (6/16) Schock 10% (2/16)	KHK 6% (1/16)	cTn CRP EKG TTE	cTn↑ 25% (4/16) CRP↑ 82,5 mg/L (42,75–146,5) EKG/TTE: 63% (10/16)	Kardiale Erkrankungen: 56% (10/16) ➔ KHK 50% (5/10) ➔ KHK mit Myokarditis oder Myoperikarditis 20% (2/10)	12,5% (2/16)
<i>Belay et al.</i> Februar 2021 USA JAMA Pediatrics	1727 , 42% Frauen, 9 (5-13) Jahre	Fieber Bauchschmerzen 66% Erbrechen 64% Hautausschlag 55% Durchfall 54%	Multisystem Inflammatory Syndrome	cTn BNP NT-proBNP CRP D-Dimer	BNP↑ 599 pg/mL (199,9-1469) NT-proBNP↑ 2789 ng/L (490,75-8405) CRP↑ 18,1 mg/dL (10,2-	Herzdysfunktion 31,0 % (n=484) Perikarderguss bei 23,4% (n=365) Koronararteriendilatation oder Aneurysmen bei 16,5% (n=258)	17,3% (300/1727)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
					26,05) D-Dimer↑ 2,35 mg/L (1,25-4,38)		
<i>Abrams et al.</i> März 2021 USA Lancet Child Adolesc Health	1078 , 44% Frauen, 8 (4-12) Jahre	Bauchschmerzen 64% (692/1078) Erbrechen 63% (684/1078) Hautausschlag 54% (584/1078)	MIS-C Adipositas	cTn BNP NT-proBNP CRP D-Dimer TTE	cTn↑ 74% (793/1078) BNP↑ 35% (381/1078) NT-proBNP↑ 34% (371/1078) CRP↑ 81% (870/1078) D-Dimer↑ 69% (747/1078) TTE: 17% (185/1078)	höheres Alter (6-12J) → erhöhte Wahrscheinlichkeit an Myokarditis zu erkranken; Nur 9% (70/770) der Patienten ohne verminderte Herzfunktion hatten eine Myokarditis; 40% (122/303) der Patienten mit verminderter Herzfunktion hatten eine Myokarditis	18% (192/1078)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
<i>Pignatelli et al.</i> März 2021 Deutschland European Journal of Pediatrics	98 , 50% Frauen, Keine Altersangabe	Fieber	Asthma 11% (11/98) Krebs 4% (4/98) Herzerkrankung 2% (2/98)	cTn BNP CRP D-Dimer CXR CT TTE	cTn↑ 22% (22/89) BNP↑ 33% (32/89) CRP↑ 64% (63/89) D-Dimer↑ 56% (55/89) CXR: 36% (35/98) CT: 11% (11/98) TTE: 40% (39/98)	k.A.	18% (18/98)
<i>Dennis et al.</i> März 2021 UK BMJ Open	201 , 71% Frauen, 44 ± 11 Jahre	Müdigkeit 98 % (197/201) Kurzatmigkeit 88 % (177/201)	Adipositas 20% (40/201) Bluthochdruck 7% (14/201)	CRP CMR (n=56)	CRP↑ (>10% der Probanden) CMR: 5% (3/56)	Fragebogen	19,4% (39/201)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
		Muskelschmerzen 87 % (175/201) Kopfschmerzen 83 % (167/201)	Frühere Herzerkrankung 5% (10/201) Dm 2% (4/201)				
<i>Duarte-Neto et al.</i> März 2021 Brasilien EClinicalMedicine	5 , 80% Frauen, 7 Monate-15 Jahre	k.A.	Pat. 1 & 2: schwere Erkrankungen Pat. 3-5: gesund, MIS-C Adipositas, Übergewicht	cTn CRP D-Dimer CK-MB CT TTE EMB Laktat	cTn↑ 20% (1/5) CRP↑ 80% (4/5) D-Dimer↑ 80% (4/5) CK-MB↑ 60% (3/5) CT: 100% (5/5) TTE: 100% (5/5) EMB: 80% (4/5)	k.A.	20% (1/5)
<i>Cattalini et al.</i> März 2021 Italien	149 , 44% Frauen, 3 (1–6) Jahre	k.A.	KD KD-like multisystemic disease	cTn NT-proBNP CRP	cTn↑ (n=53) 168 ng/L (80–672) NT-proBNP↑ (n=53) 927	k.A.	23,5% (35/149)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer- Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Pediatric Rheumatology				D-Dimer CK TTE	pg/mL (701– 1734); (n=96) 347 pg/mL (81– 350) CRP↑ (n=53) 242 mg/L (138,5-300,5); (n=96) 96,6 mg/L (40,6–195) D-Dimer↑ (n=53) 2514 ng/mL (1380– 3890); (n=96) 1740 ng/mL (730–2530) CK↑ 100% (149/149) TTE: 4% (6/149)		

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Blumfield & Levin Juli 2020 USA Pediatric Radiology	19, 47% Frauen, 8 (0,17-18) Jahre	Fieber 89% (17/19) Husten 68% (13/19) Atembeschwerden 68% (13/19) Erbrechen 47% (9/17)	neurologische Beeinträchtigungen 26% (5/19) Adipositas 16% (3/16) Kardiomyopathi Krebs Asthma Hypertonie	cTn NT-proBNP CXR TTE	cTn↑ 60% (3/5) NT-proBNP↑ 100% (19/19) CXR: 37% (7/19) TTE: 100% (3/5)	LVEF↓ → 3 davon MIS-C	26,3% (5/19)
Lasisi et al. Dezember 2020 Nigeria Cardiovascular Journal of Africa	10, 60% Frauen, 52,5±18,79 Jahre	Fieber 60% (6/10)	Hypertension 70% (7/10) Dm 50% (5/10) Übergewichtig 60% (6/10) Ischemische Herzkrankheit 10% (1/10) keine Begleiterkrankung 10% (1/10)	CRP D-Dimer CXR EKG CT TTE	CRP↑ 30% (3/10) D-Dimer↑ 60% (6/10) CXR: 40% (4/10) EKG: 20% (2/10) CT: 40% (4/10)	k.A.	30% (3/10)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
					TTE: 70% (7/10)		
<i>Palabiyik et al.</i> September 2021 Türkei Academic Radiology	45 , 40% Frauen, 7,68 (0,14-16) Jahre	Fieber 93% Schwäche 89% Bauchschmerzen 62% Erbrechen 44% Ausschlag 33% Myokardiale Dysfunktion 31%	k.A.	cTn CRP D-Dimer CXR CT (n=16) TTE CMR (n=1)	cTn↑ 100% (45/45) CRP↑ 100% (45/45) D-Dimer↑ 100% (45/45) CXR: 100% (45/45) CT: 36% (16/45) TTE: 100% (45/45) CMR: 2% (1/45)	systolische Funktion↓ und EF↓ 31% (14/45)	31,1% (14/45)
<i>Galea, Catapano et al.</i>	19 ,	Infarkt ähnliches Erscheinungsbild	k.A.	CMR	CMR: 53% (10/19)	aktive Myokardschädigung	31,6% (6/19)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Juni 2021 Italien European Heart Journal - Cardiovascular Imaging	keine Geschlechtsangabe keine Altersangabe				LGE 54% (7/13)	(erhöhter myokardialer T2-Wert) 50% (6/12) Myokardödem 26% (5/19) Perikarditis 5% (1/19) Myokardinfarkt 5% (1/19)	
<i>Bois et al.</i> Jänner 2021 USA Circulation	15 , 20% Frauen, 78 (71–86) Jahre	k.A.	k.A.	cTn D-Dimer EMB	cTn↑ 54% (8/15) D-Dimer↑ 47% (7/15) EMB: 80% (12/15)	ischämische Verletzung 7% (1/15)	33,3% (5/15)
<i>Galea, Marchitelli et al.</i> Juni 2021 Italien Journal of Cardiovascular	27 , 30% Frauen, 54 (12) Jahre	Fieber 88,9% (24/27) Husten 48,2% (13/27) Dyspnoe 22,2% (6/27)	Hypertonie 20% (8/27) Dm Type2 7% (2/27) Dyslipidämie 7,4% (2/27)	cTn CRP D-Dimer CMR	cTn↑ 66% (18/27) CRP↑ 70% (19/27)	T2-mapping-Werte positive Korrelation mit hs-cTnT	33,3% (9/27)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Magnetic Resonance					D-Dimer↑ 78% (21/27) CMR: 52% (14/27) LGE: (12/27)		
Dufort et al. Juni 2020 USA The new england journal of medicine	99, 46% Frauen, <21 Jahre	Tachykardie 97% Tachypnoe 78% Brustschmerzen 99% Fieber 63% Hautausschläge 60%	MIS-C chronische Lungenerkrankung 14% (14/99) Übergewicht 29% (29/99)	cTn NT-proBNP CRP D-Dimer CXR EKG CT TTE	cTn↑ 71% (63/89) NT-proBNP↑ 71% (74/82) CRP↑ 100% (98/98) D-Dimer↑ 91% (86/98) CXR: 39% (35/90) EKG: 98% (59/60)	ventrikuläre Dysfunktion 52% Kawasaki-Krankheit 36% Tod 2%	36% (36/99)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
					CT: 39% (35/90) TTE: 98% (59/60)		
<i>Weckbach et al.</i> Jänner 2021 Deutschland Circulation: Cardiovascular Imaging	18, 11% Frauen, 70,0 (63,5-76,5) Jahre	Fieber 72% (13/18) Kurzatmigkeit 61,1% (11/18) Husten 50% (9/18) Erbrechen 22% (4/18)	Hypertonie 78% (14/18) Dm 39% (7/18) Kardiovaskuläre Erkrankung 44% (8/18) Chronische Lungenerkrankung 11% (2/18)	cTn CRP D-Dimer CK EKG (14/18) TTE CMR EMB (5/18)	cTn↑ (n=18) 0,051 ng/mL (0,025–0,150) CRP↑ (n=18) 3,8 mg/dL (0,7–6,7) D-Dimer↑ (n=10) 2,5 ug/mL (0,9–5,3) EKG: 21% (3/14) TTE: 100% (18/18) CMR: 83% (15/18)	k.A.	38,9% (7/18)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
					EMB: 100% (5/5) LGE 67% (12/16)		
<i>Pouletty et al.</i> Juni 2020 Frankreich Paediatric rheumatology	16 , 50% Frauen, 10 (4,7 to 12,5) Jahre	Fieber	Kawasaki Syndrom 62% (10/16) Übergewicht 25% (4/16)	cTn NT-proBNP CRP TTE	NT-proBNP↑ (n=16) 4319 pg/mL (2747-6493) CRP↑ (n=16) 207 mg/L (162-236) TTE: 69% (11/16)	k.A.	44% (7/16)
<i>Hekimian et al.</i> September 2020 Frankreich Chest Journal	11 , 45% Frauen, 16-40 Jahre	Asthenie 82% (9/11) Dyspnoe 64% (7/11) Bauchschmerzen 55% (6/11) Kopfschmerzen 45% (5/11)	Dm 18% (2/11) Asthma 9% (1/11) mäßige Aorteninsuffizienz 9% (1/11)	cTn BNP CRP D-Dimer	cTn↑ 100% (11/11) CRP↑ 100% (11/11)	klassische Kawasaki-Krankheit 9% (1/11) inkomplette Kawasaki-Krankheit 73% (8/11)	54,5% (6/11)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
		Brustschmerzen 27% (3/11)	Hypertonie 9% (1/11)	CK CXR EKG CMR (6/11) CTCA (6/11)	D-Dimer ↑ 90% (9/10) CK ↑ 73% (8/11) EKG: 82% (9/11) CMR: 100% (6/6)		
<i>Maheshwari et al.</i> Juli 2021 Indien Journal of Paediatrics and Child Health	29 , 38% Frauen, 3 (0,92-9) Jahre	Ausschlag 52% (15/29) Schleimhautentzündung 52% (15/29) Lymphadenopathie 45% (13/29) Rötung der Augen 59% (17/29) Hautschuppen 21% (6/29)	k.A.	cTn CRP D-Dimer CK-MB TTE (10/29)	cTn ↑ 28% (8/29) CRP ↑ (n=21) 101 mg/L (32,8-140) D-Dimer ↑ (n=21) 902 ng/mL (512-1024)	21 Überlebende, 8 Verstorbene Myokarditis: Überlebende 10/21, Verstorbene 7/8 Verstorbene hatten eine erhöhte Inzidenz einer Myokarditis Komplette KD 10/29 Inkomplette KD 6/29	58,6% (17/29)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
					CK-MB↑ (n=21) 34 U/L (24,8-101) TTE: 60% (6/10)		
<i>Puntmann et al.</i> August 2020 Deutschland JAMA Cardiology	100 , 47% Frauen, 49 (14) Jahre	k.A.	Hypertonie 22% (22/100) COPD 21% (21/100) Diabetes 18% (18/100) KHK 13% (13/100)	cTn NT-proBNP CRP CMR EMB (n=3)	cTn↑ 5% (5/100) CMR: 78% (78/100)	sig. abnormal native T1 (40/100) sig. abnormal native T2 (22/100) 3 Patienten: cTn sig. erhöht; LVEF <50%, native T1 und T2 erhöht, LGE; cTn korreliert signifikant mit T1, T2 und der LV-Masse	60% (60/100)
<i>Toubiana, Poirault et al.</i> Mai 2020	21 , 57% Frauen,	Bauchschmerzen Hautausschlag	Kawasaki-Krankheit	cTn BNP CRP	cTn↑ 81% (17/21)	LVEF: 10-57% QT-Intervall↑ (2/21)	76% (16/21)

Autor, Jahr, Herkunft, Journal	Teilnehmer-Innen, % Frauen, Alter (Bereich)/SD, Ethnie	Symptome	Vorerkrankungen	Untersuchungen		Ergebnisse	
				gemessen	Auffälligkeiten	Anmerkungen	Inzidenz Myokarditis [%], (n)
Frankreich BMJ	7,9 (3,7-16,6) Jahre			D-Dimer CXR EKG CT TTE	BNP↑ 78% (14/18) CRP↑ 100% (21/21) D-Dimer↑ 95% (19/20) CXR: 44% (8/18) EKG: 13% (2/16) CT: 44% (8/18) TTE: 38% (8/21)	Anomalien der Koronararterien 38% (8/21) Kein Todesfall	

8 Literaturverzeichnis

- Abrams, J. Y., Oster, M. E., Godfred-Cato, S. E., Bryant, B., Datta, S. D., Campbell, A. P., Leung, J. W., Tsang, C. A., Pierce, T. J., Kennedy, J. L., Hammett, T. A. & Belay, E. D. (2021). Factors linked to severe outcomes in multisystem inflammatory syndrome in children (MIS-C) in the USA: a retrospective surveillance study. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 5(5), 323–331. [https://doi.org/10.1016/S2352-4642\(21\)00050-X](https://doi.org/10.1016/S2352-4642(21)00050-X)
- Attia, Z. I., Kapa, S., Noseworthy, P. A., Lopez-Jimenez, F. & Friedman, P. A. (2020). Artificial Intelligence ECG to Detect Left Ventricular Dysfunction in COVID-19: A Case Series. *Mayo Clinic proceedings*, 95(11), 2464–2466. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2020.09.020>
- Bartoszek, M., Małek, Ł. A., Barczuk-Falęcka, M. & Brzewski, M. (2021). Cardiac Magnetic Resonance Follow-Up of Children After Pediatric Inflammatory Multisystem Syndrome Temporally Associated With SARS-CoV-2 With Initial Cardiac Involvement. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1002/jmri.27870>
- Bearse, M., Hung, Y. P., Krauson, A. J., Bonanno, L., Boyraz, B., Harris, C. K., Helland, T. L., Hilburn, C. F., Hutchison, B., Jobbagy, S., Marshall, M. S., Shepherd, D. J., Villalba, J. A., Delfino, I., Mendez-Pena, J., Chebib, I., Newton-Cheh, C. & Stone, J. R. (2021). Factors associated with myocardial SARS-CoV-2 infection, myocarditis, and cardiac inflammation in patients with COVID-19. *Modern pathology : an official journal of the United States and Canadian Academy of Pathology, Inc*, 34(7), 1345–1357. <https://doi.org/10.1038/s41379-021-00790-1>
- Beigmohammadi, M. T., Jahanbin, B., Safaei, M., Amoozadeh, L., Khoshavi, M., Mehrtash, V., Jafarzadeh, B. & Abdollahi, A. (2020). Pathological Findings of Postmortem Biopsies From Lung, Heart, and Liver of 7 Deceased COVID-19 Patients. *International journal of surgical pathology*, 29(2), 135–145. <https://doi.org/10.1177/1066896920935195>
- Belay, E. D., Abrams, J., Oster, M. E., Giovanni, J., Pierce, T., Meng, L., Prezzato, E., Balachandran, N., Openshaw, J. J., Rosen, H. E., Kim, M., Richardson, G., Hand, J., Tobin-D'Angelo, M., Wilson, S., Hartley, A., Jones, C., Kolsin, J., Mohamed, H., . . . Godfred-Cato, S. (2021). Trends in Geographic and Temporal Distribution of US Children With Multisystem Inflammatory Syndrome During the COVID-19 Pandemic. *JAMA pediatrics*, 175(8), 837–845. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2021.0630>
- Blumfield, E. & Levin, T. L. (2020). COVID-19 in pediatric patients: a case series from the Bronx, NY. *Pediatric radiology*, 50(10), 1369–1374. <https://doi.org/10.1007/s00247-020-04782-2>
- Bois, M. C., Boire, N. A., Layman, A. J., Aubry, M.-C., Alexander, M. P., Roden, A. C., Hagen, C. E., Quinton, R. A., Larsen, C., Erben, Y., Majumdar, R., Jenkins, S. M., Kipp, B. R., Lin, P. T. & Maleszewski, J. J. (2021). COVID-19-Associated Nonocclusive Fibrin Microthrombi in the Heart. *Circulation*, 143(3), 230–243. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.050754>

- Bordet, J., Perrier, S., Olexa, C., Gerout, A.-C., Billaud, P. & Bonnemains, L. (2020). Paediatric multisystem inflammatory syndrome associated with COVID-19: filling the gap between myocarditis and Kawasaki? *European journal of pediatrics*, 180(3), 877–884. <https://doi.org/10.1007/s00431-020-03807-0>
- Breitbart, P., Koch, A., Schmidt, M., Magedanz, A., Lindhoff-Last, E., Voigtländer, T., Schmermund, A., Mehta, R. H. & Eggebrecht, H. (2021). Clinical and cardiac magnetic resonance findings in post-COVID patients referred for suspected myocarditis. *Clinical research in cardiology : official journal of the German Cardiac Society*, 110(11), 1832–1840. <https://doi.org/10.1007/s00392-021-01929-5>
- Brito, D., Meester, S., Yanamala, N., Patel, H. B., Balcik, B. J., Casaclang-Verzosa, G., Seetharam, K., Riveros, D., Beto, R. J., Balla, S., Monseau, A. J. & Sengupta, P. P. (2020). High Prevalence of Pericardial Involvement in College Student Athletes Recovering From COVID-19. *JACC. Cardiovascular imaging*, 14(3), 541–555. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.10.023>
- Buckley, B. J. R., Harrison, S. L., Fazio-Eynullayeva, E., Underhill, P., Lane, D. A. & Lip, G. Y. H. (2021). Prevalence and clinical outcomes of myocarditis and pericarditis in 718,365 COVID-19 patients. *European journal of clinical investigation*, 51(11), e13679. <https://doi.org/10.1111/eci.13679>
- Cascella, M., Rajnik, M., Aleem, A., Dulebohn, S. C., & Di Napoli, R. (2022). Features, Evaluation, and Treatment of Coronavirus (COVID-19). In StatPearls. StatPearls Publishing.
- Cates, J., Lucero-Obusan, C., Dahl, R. M., Schirmer, P., Garg, S., Oda, G., Hall, A. J., Langley, G., Havers, F. P., Holodniy, M. & Cardemil, C. V. (2020). Risk for In-Hospital Complications Associated with COVID-19 and Influenza - Veterans Health Administration, United States, October 1, 2018-May 31, 2020. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 69(42), 1528–1534. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6942e3>
- Cattalini, M., Della Paolera, S., Zunica, F., Bracaglia, C., Giangreco, M., Verdoni, L., Meini, A., Sottile, R., Caorsi, R., Zuccotti, G., Fabi, M., Montin, D., Meneghel, A., Consolaro, A., Dellepiane, R. M., Maggio, M. C., La Torre, F., Marchesi, A., Simonini, G., . . . Taddio, A. (2021). Defining Kawasaki disease and pediatric inflammatory multisystem syndrome-temporally associated to SARS-CoV-2 infection during SARS-CoV-2 epidemic in Italy: results from a national, multicenter survey. *Pediatric rheumatology online journal*, 19(1), 29. <https://doi.org/10.1186/s12969-021-00511-7>
- Cavigli, L., Frascaro, F., Turchini, F., Mochi, N., Sarto, P., Bianchi, S., Parri, A., Carraro, N., Valente, S., Focardi, M., Cameli, M., Bonifazi, M. & D'Ascenzi, F. (2021). A prospective study on the consequences of SARS-CoV-2 infection on the heart of young adult competitive athletes: Implications for a safe return-to-play. *International journal of cardiology*, 336, 130–136. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2021.05.042>
- Cherqaoui, B., Koné-Paut, I., Yager, H., Le Bourgeois, F. & Piram, M. (2021). Delineating phenotypes of Kawasaki disease and SARS-CoV-2-related inflammatory multisystem syndrome: a French study and literature review. *Rheumatology (Oxford, England)*, 60(10), 4530–4537. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keab026>
- Clark, D. E., Dendy, J. M., Li, D. L., Crum, K., Dixon, D., George-Durrett, K., Parikh, A. P., Wassenaar, J. W., Hughes, S. G. & Soslow, J. H. (2021). Cardiovascular magnetic resonance evaluation of soldiers after recovery from symptomatic SARS-CoV-2

- infection: a case-control study of cardiovascular post-acute sequelae of SARS-CoV-2 infection (CV PASC). *Journal of cardiovascular magnetic resonance : official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*, 23(1), 106. <https://doi.org/10.1186/s12968-021-00798-1>
- Clark, D. E., Parikh, A., Dendy, J. M., Diamond, A. B., George-Durrett, K., Fish, F. A., Fitch, W., Hughes, S. G. & Soslow, J. H. (2020). COVID-19 Myocardial Pathology Evaluated Through screening Cardiac Magnetic Resonance (COMPETE CMR). *medRxiv : the preprint server for health sciences*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1101/2020.08.31.20185140>.
- Clark, D. E., Parikh, A., Dendy, J. M., Diamond, A. B., George-Durrett, K., Fish, F. A., Slaughter, J. C., Fitch, W., Hughes, S. G. & Soslow, J. H. (2021). COVID-19 Myocardial Pathology Evaluation in Athletes With Cardiac Magnetic Resonance (COMPETE CMR). *Circulation*, 143(6), 609–612. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.052573>
- Cordeanu, E.-M., Duthil, N., Severac, F., Lambach, H., Tousch, J., Jambert, L., Mirea, C., Delatte, A., Younes, W., Frantz, A.-S., Merdji, H., Schini-Kerth, V., Bilbault, P., Ohlmann, P., Andres, E. & Stephan, D. (2020). Prognostic Value of Troponin Elevation in COVID-19 Hospitalized Patients. *Journal of clinical medicine*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/jcm9124078>
- Dal Ferro, M., Bussani, R., Paldino, A., Nuzzi, V., Collesi, C., Zentilin, L., Schneider, E., Correa, R., Silvestri, F., Zacchigna, S., Giacca, M., Metra, M., Merlo, M. & Sinagra, G. (2021). SARS-CoV-2, myocardial injury and inflammation: insights from a large clinical and autopsy study. *Clinical research in cardiology : official journal of the German Cardiac Society*, 110(11), 1822–1831. <https://doi.org/10.1007/s00392-021-01910-2>
- Daniels, C. J., Rajpal, S., Greenshields, J. T., Rosenthal, G. L., Chung, E. H., Terrin, M., Jeudy, J., Mattson, S. E., Law, I. H., Borchers, J., Kovacs, R., Kovan, J., Rifat, S. F., Albrecht, J., Bento, A. I., Albers, L., Bernhardt, D., Day, C., Hecht, S., . . . Rink, L. D. (2021). Prevalence of Clinical and Subclinical Myocarditis in Competitive Athletes With Recent SARS-CoV-2 Infection: Results From the Big Ten COVID-19 Cardiac Registry. *JAMA cardiology*, 6(9), 1078–1087. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.2065>
- Datta, R., Helou, E., Tucker, M., John, B., Martinello, R. A. & Malinis, M. (2018). Detection of influenza myocarditis using national healthcare safety network surveillance definitions accounting for fever in older adults. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 39(9), 1145–1147. <https://doi.org/10.1017/ice.2018.147>
- Dennis, A., Wamil, M., Alberts, J., Oben, J., Cuthbertson, D. J., Wootton, D., Crooks, M., Gabbay, M., Brady, M., Hishmeh, L., Attree, E., Heightman, M., Banerjee, R. & Banerjee, A. (2021). Multiorgan impairment in low-risk individuals with post-COVID-19 syndrome: a prospective, community-based study. *BMJ open*, 11(3), e048391. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-048391>
- Duarte-Neto, A. N., Caldini, E. G., Gomes-Gouvêa, M. S., Kanamura, C. T., Almeida Monteiro, R. A. de, Ferranti, J. F., Ventura, A. M. C., Regalio, F. A., Fiorenzano, D. M., Gibelli, M. A. B. C., Carvalho, W. B. de, Leal, G. N., Pinho, J. R. R., Delgado, A. F., Carneiro-Sampaio, M., Mauad, T., Ferraz da Silva, L. F., Saldiva, P. H. N. & Dolhnikoff, M. (2021). An autopsy study of the spectrum of severe COVID-19 in

- children: From SARS to different phenotypes of MIS-C. *EClinicalMedicine*, 35, 100850. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2021.100850>
- Dufort, E. M., Koumans, E. H., Chow, E. J., Rosenthal, E. M., Muse, A., Rowlands, J., Barranco, M. A., Maxted, A. M., Rosenberg, E. S., Easton, D., Udo, T., Kumar, J., Pulver, W., Smith, L., Hutton, B., Blog, D. & Zucker, H. (2020). Multisystem Inflammatory Syndrome in Children in New York State. *The New England journal of medicine*, 383(4), 347–358. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2021756>
- Escher, F., Pietsch, H., Aleshcheva, G., Bock, T., Baumeier, C., Elsaesser, A., Wenzel, P., Hamm, C., Westenfeld, R., Schultheiss, M., Gross, U., Morawietz, L. & Schultheiss, H.-P. (2020). Detection of viral SARS-CoV-2 genomes and histopathological changes in endomyocardial biopsies. *ESC heart failure*, 7(5), 2440–2447. <https://doi.org/10.1002/ehf2.12805>
- Fabi, M., Filice, E., Andreozzi, L., Conti, F., Gabrielli, L., Balducci, A., Vergine, G., Cicero, C., Iughetti, L., Guerzoni, M. E., Corinaldesi, E., Lazzarotto, T., Pession, A. & Lanari, M. (2020). Spectrum of Cardiovascular Diseases in Children During High Peak Coronavirus Disease 2019 Period Infection in Northern Italy: Is There a Link? *Journal of the Pediatric Infectious Diseases Society*, 10(6), 714–721. <https://doi.org/10.1093/jpids/piaa162>
- Ferrer-Gómez, A., Pian-Arias, H., Carretero-Barrio, I., Navarro-Cantero, A., Pestaña, D., Pablo, R. de, Zamorano, J. L., Galán, J. C., Pérez-Mies, B., Ruz-Caracuel, I. & Palacios, J. (2021). Late Cardiac Pathology in Severe Covid-19. A Postmortem Series of 30 Patients. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 8, 748396. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.748396>
- Fox, S. E., Falgout, L. & Vander Heide, R. S. (2021). COVID-19 myocarditis: quantitative analysis of the inflammatory infiltrate and a proposed mechanism. *Cardiovascular pathology : the official journal of the Society for Cardiovascular Pathology*, 54, 107361. <https://doi.org/10.1016/j.carpath.2021.107361>
- Galea, N., Catapano, F., Marchitelli, L., Cundari, G., Maestrini, V., Panebianco, V., Mancone, M., Fedele, F., Catalano, C. & Francone, M. (2021). How to perform a cardio-thoracic magnetic resonance imaging in COVID-19: comprehensive assessment of heart, pulmonary arteries, and lung parenchyma. *European heart journal. Cardiovascular Imaging*, 22(7), 728–731. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa335>
- Galea, N., Marchitelli, L., Pambianchi, G., Catapano, F., Cundari, G., Birtolo, L. I., Maestrini, V., Mancone, M., Fedele, F., Catalano, C. & Francone, M. (2021). T2-mapping increase is the prevalent imaging biomarker of myocardial involvement in active COVID-19: a Cardiovascular Magnetic Resonance study. *Journal of cardiovascular magnetic resonance : official journal of the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance*, 23(1), 68. <https://doi.org/10.1186/s12968-021-00764-x>
- Gartenberg, A. J., White, T. J., Dang, K., Shah, M., Paridon, S. M. & Elias, M. D. (2021). Assessing the utility of screening electrocardiograms in paediatric patients following COVID-19. *Cardiology in the young*, 1–7. <https://doi.org/10.1017/S1047951121003012>
- Harris, K. M., Mackey-Bojack, S., Bennett, M., Nwaudo, D., Duncanson, E. & Maron, B. J. (2021). Sudden Unexpected Death Due to Myocarditis in Young People, Including

- Athletes. *The American Journal of Cardiology*, 143, 131–134. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2020.12.028>
- Haslbauer, J. D., Tzankov, A., Mertz, K. D., Schwab, N., Nienhold, R., Twerenbold, R., Leibundgut, G., Stalder, A. K., Matter, M. & Glatz, K. (2021). Characterisation of cardiac pathology in 23 autopsies of lethal COVID-19. *The journal of pathology. Clinical research*, 7(4), 326–337. <https://doi.org/10.1002/cjp.2.212>
- Hékimian, G., Kerneis, M., Zeitouni, M., Cohen-Aubart, F., Chommeloux, J., Bréchet, N., Mathian, A., Lebreton, G., Schmidt, M., Hié, M., Silvain, J., Pineton de Chambrun, M., Haroche, J., Burrel, S., Marot, S., Luyt, C.-E., Leprince, P., Amoura, Z., Montalescot, G., . . . Combes, A. (2020). Coronavirus Disease 2019 Acute Myocarditis and Multisystem Inflammatory Syndrome in Adult Intensive and Cardiac Care Units. *Chest*, 159(2), 657–662. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.08.2099>
- Hendrickson, B. S., Stephens, R. E., Chang, J. V., Amburn, J. M., Pierotti, L. L., Johnson, J. L., Hyden, J. C., Johnson, J. N. & Philip, R. R. (2021). Cardiovascular Evaluation After COVID-19 in 137 Collegiate Athletes: Results of an Algorithm-Guided Screening. *Circulation*, 143(19), 1926–1928. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.121.053982>
- Herold, G. (2021). *Innere Medizin 2021*. De Gruyter.
- Hooper, J. E., Padera, R. F., Dolhnikoff, M., da Silva, L. F. F., Duarte-Neto, A. N., Kapp, M. E., Lacy, J. M., Mauad, T., Saldiva, P. H. N., Rapkiewicz, A. V., Wolf, D. A., Felix, J. C., Benson, P., Shanes, E., Gawelek, K. L., Marshall, D. A., McDonald, M. M., Muller, W., Priemer, D. S., . . . Williamson, A. K. (2021). A Postmortem Portrait of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic: A Large Multi-institutional Autopsy Survey Study. *Archives of pathology & laboratory medicine*, 145(5), 529–535. <https://doi.org/10.5858/arpa.2020-0786-SA>
- Joy, G., Artico, J., Kurdi, H., Seraphim, A., Lau, C., Thornton, G. D., Oliveira, M. F., Adam, R. D., Aziminia, N., Menacho, K., Chacko, L., Brown, J. T., Patel, R. K., Shiwani, H., Bhuva, A., Augusto, J. B., Andiapien, M., McKnight, A., Noursadeghi, M., . . . Moon, J. C. (2021). Prospective Case-Control Study of Cardiovascular Abnormalities 6 Months Following Mild COVID-19 in Healthcare Workers. *JACC. Cardiovascular imaging*, 14(11), 2155–2166. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2021.04.011>
- Kamal, M., Abo Omirah, M., Hussein, A. & Saeed, H. (2020). Assessment and characterisation of post-COVID-19 manifestations. *International journal of clinical practice*, 75(3), e13746. <https://doi.org/10.1111/ijcp.13746>
- Khawaja, S. A., Mohan, P., Jabbour, R., Bampouri, T., Bowsher, G., Hassan, A. M. M., Huq, F., Baghdasaryan, L., Wang, B., Sethi, A., Sen, S., Petraco, R., Ruparelia, N., Nijjer, S., Malik, I., Foale, R., Bellamy, M., Kooner, J., Rana, B., . . . Mikhail, G. W. (2021). COVID-19 and its impact on the cardiovascular system. *Open heart*, 8(1). <https://doi.org/10.1136/openhrt-2020-001472>
- Kotecha, T., Knight, D. S., Razvi, Y., Kumar, K., Vimalasvaran, K., Thornton, G., Patel, R., Chacko, L., Brown, J. T., Coyle, C., Leith, D., Shetye, A., Ariff, B., Bell, R., Captur, G., Coleman, M., Goldring, J., Gopalan, D., Heightman, M., . . . Fontana, M. (2021). Patterns of myocardial injury in recovered troponin-positive COVID-19 patients assessed by cardiovascular magnetic resonance. *European heart journal*, 42(19), 1866–1878. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab075>

- Kunal, S., Sharma, S. M., Sharma, S. K., Gautam, D., Bhatia, H., Mahla, H., Sharma, S. & Bhandari, S. (2020). Cardiovascular complications and its impact on outcomes in COVID-19. *Indian heart journal*, 72(6), 593–598. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2020.10.005>
- Laganà, N., Cei, M., Evangelista, I., Cerutti, S., Colombo, A., Conte, L., Mormina, E., Rotiroti, G., Versace, A. G., Porta, C., Capra, R., Vacirca, V., Vitale, J., Mazzone, A. & Mumoli, N. (2021). Suspected myocarditis in patients with COVID-19: A multicenter case series. *Medicine*, 100(8), e24552. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000024552>
- Lasisi, G. T., Duro-Emanuel, A. O., Akintomide, T. E., Ologunja, J. O. & Amah, O. E. (2020). Cardiac manifestation of corona virus disease 2019: a preliminary report. *Cardiovascular journal of Africa*, 32, 1–4. <https://doi.org/10.5830/CVJA-2020-061>
- Lindner, D., Fitzek, A., Bräuninger, H., Aleshcheva, G., Edler, C., Meissner, K., Scherschel, K., Kirchhof, P., Escher, F., Schultheiss, H.-P., Blankenberg, S., Püschel, K. & Westermann, D. (2020). Association of Cardiac Infection With SARS-CoV-2 in Confirmed COVID-19 Autopsy Cases. *JAMA cardiology*, 5(11), 1281–1285. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.3551>
- Linschoten, M., Peters, S., van Smeden, M., Jewbali, L. S., Schaap, J., Siebelink, H.-M., Smits, P. C., Tieleman, R. G., van der Harst, P., van Gilst, W. H. & Asselbergs, F. W. (2020). Cardiac complications in patients hospitalised with COVID-19. *European heart journal. Acute cardiovascular care*, 9(8), 817–823. <https://doi.org/10.1177/2048872620974605>
- Maestrini, V., Birtolo, L. I., Francone, M., Galardo, G., Galea, N., Severino, P., Alessandri, F., Colaiacomo, M. C., Cundari, G., Chimenti, C., Lavallo, C., Ciardi, M., Palange, P., Deales, A., d'Ettore, G., Mastroianni, C. M., Catalano, C., Ruberto, F., Pugliese, F., . . . Mancone, M. (2021). Cardiac involvement in consecutive unselected hospitalized COVID-19 population: In-hospital evaluation and one-year follow-up. *International journal of cardiology*, 339, 235–242. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2021.06.056>
- Maheshwari, A., Mahto, D., Kumar, V., Gulati, S., Pemde, H., Saha, A., Mukherjee, S. B., Pandit, K., Paharia, K. & Basu, S. (2021). Comparison of clinical and laboratory profile of survivors and non-survivors of SARS-CoV-2-related multisystem inflammatory syndrome of childhood in India: An observational study. *Journal of paediatrics and child health*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1111/jpc.15675>
- Małek, Ł. A., Marczak, M., Miłosz-Wieczorek, B., Konopka, M., Braksator, W., Drygas, W. & Krzywański, J. (2020). Cardiac involvement in consecutive elite athletes recovered from Covid-19: A magnetic resonance study. *Journal of magnetic resonance imaging : JMRI*, 53(6), 1723–1729. <https://doi.org/10.1002/jmri.27513>
- Martinez, M. W., Tucker, A. M., Bloom, O. J., Green, G., DiFiori, J. P., Solomon, G., Phelan, D., Kim, J. H., Meeuwisse, W., Sills, A. K., Rowe, D., Bogoch, I. I., Smith, P. T., Baggish, A. L., Putukian, M. & Engel, D. J. (2021). Prevalence of Inflammatory Heart Disease Among Professional Athletes With Prior COVID-19 Infection Who Received Systematic Return-to-Play Cardiac Screening. *JAMA cardiology*, 6(7), 745–752. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2021.0565>
- Miró, Ò., Llorens, P., Jiménez, S., Piñera, P., Burillo-Putze, G., Martín, A., Martín-Sánchez, F. J. & González Del Castillo, J. (2020). Frequency of five unusual presentations in

- patients with COVID-19: results of the UMC-19-S1. *Epidemiology and infection*, 148, e189. <https://doi.org/10.1017/S0950268820001910>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009b). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ*, 339, b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Mostafavi, A., Tabatabaei, S. A. H., Zamani Fard, S., Majidi, F., Mohagheghi, A. & Shirani, S. (2021). The incidence of myopericarditis in patients with COVID-19. *Journal of cardiovascular and thoracic research*, 13(3), 203–207. <https://doi.org/10.34172/jcvtr.2021.36>
- Moulson, N., Petek, B. J., Drezner, J. A., Harmon, K. G., Kliethermes, S. A., Patel, M. R. & Baggish, A. L. (2021). SARS-CoV-2 Cardiac Involvement in Young Competitive Athletes. *Circulation*, 144(4), 256–266. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.121.054824>
- Murk, W., Gierada, M., Fralick, M., Weckstein, A., Klesh, R. & Rassen, J. A. (2021). Diagnosis-wide analysis of COVID-19 complications: an exposure-crossover study. *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*, 193(1), E10-E18. <https://doi.org/10.1503/cmaj.201686>
- Nathan, N., Prevost, B., Sileo, C., Richard, N., Berdah, L., Thouvenin, G., Aubertin, G., Lecarpentier, T., Schnuriger, A., Jegard, J., Guellec, I., Taytard, J. & Corvol, H. (2020). The Wide Spectrum of COVID-19 Clinical Presentation in Children. *Journal of clinical medicine*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/jcm9092950>
- Palabiyik, F., Akcay, N., Sevetoglu, E., Hatipoglu, N., Sari, E. E. & Inci, E. (2021). Imaging of Multisystem Inflammatory Disease in Children (MIS-C) Associated With COVID-19. *Academic radiology*, 28(9), 1200–1208. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2021.05.030>
- Peretto, G., Villatore, A., Rizzo, S., Esposito, A., Luca, G. de, Palmisano, A., Vignale, D., Cappelletti, A. M., Tresoldi, M., Campochiaro, C., Sartorelli, S., Ripa, M., Gaspari, M. de, Busnardo, E., Ferro, P., Calabrò, M. G., Fominskiy, E., Monaco, F., Cavalli, G., . . . Sala, S. (2021). The Spectrum of COVID-19-Associated Myocarditis: A Patient-Tailored Multidisciplinary Approach. *Journal of clinical medicine*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/jcm10091974>
- Perrone, M. A., Spolaore, F., Ammirabile, M., Romeo, F., Caciagli, P., Ceriotti, F. & Bernardini, S. (2021). The assessment of high sensitivity cardiac troponin in patients with COVID-19: A multicenter study. *International journal of cardiology. Heart & vasculature*, 32, 100715. <https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2021.100715>
- Pignatelli, R., Antona, C. V., Rivera, I. R., Zenteno, P. A., Acosta, Y. T., Huertas-Quiñones, M., Murillo, C. A., Torres, F. M., Cabalin, C. F., Camacho, A. G., Pérez, A. A., Lombardi, A. B., Soares, A. M., Garcia, C. T., Borges, C. T., Villalba, C. N., Lechado, C. R., Dias, D. T., Morales, D. A., . . . Zachariah, J. P. (2021). Pediatric multisystem SARS COV2 with versus without cardiac involvement: a multicenter study from Latin America. *European journal of pediatrics*, 180(9), 2879–2888. <https://doi.org/10.1007/s00431-021-04052-9>
- Pouletty, M., Borocco, C., Ouldali, N., Caseris, M., Basmaci, R., Lachaume, N., Bensaid, P., Pichard, S., Kouider, H., Morelle, G., Craiu, I., Pondarre, C., Deho, A., Maroni, A., Oualha, M., Amoura, Z., Haroche, J., Chommeloux, J., Bajolle, F., . . . Melki, I. (2020). Paediatric multisystem inflammatory syndrome temporally associated with SARS-CoV-2 mimicking Kawasaki disease (Kawa-COVID-19): a multicentre

- cohort. *Annals of the rheumatic diseases*, 79(8), 999–1006. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2020-217960>
- Puntmann, V. O., Carerj, M. L., Wieters, I., Fahim, M., Arendt, C., Hoffmann, J., Shchendrygina, A., Escher, F., Vasa-Nicotera, M., Zeiher, A. M., Vehreschild, M. & Nagel, E. (2020). Outcomes of Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging in Patients Recently Recovered From Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *JAMA cardiology*, 5(11), 1265–1273. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.3557>
- Puntmann, V. O., Zeiher, A. M., & Nagel, E. (2018). T1 and T2 mapping in myocarditis: seeing beyond the horizon of Lake Louise criteria and histopathology. Expert review of cardiovascular therapy, 16(5), 319–330. <https://doi.org/10.1080/14779072.2018.1455499>
- Rajpal, S., Tong, M. S., Borchers, J., Zareba, K. M., Obarski, T. P., Simonetti, O. P. & Daniels, C. J. (2020). Cardiovascular Magnetic Resonance Findings in Competitive Athletes Recovering From COVID-19 Infection. *JAMA cardiology*, 6(1), 116–118. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.4916>
- Rakha, S., Sobh, A., Hager, A. H., Hafez, M., Alsawah, G. A., Abuelkheir, M. M., Zeid, M. S., Nahas, M. & Elmarsafawy, H. (2021). Cardiac implications of multisystem inflammatory syndrome associated with COVID-19 in children under the age of 5 years. *Cardiology in the young*, 1–6. <https://doi.org/10.1017/S1047951121003140>
- Raukar, N. P. & Cooper, L. T. (2020). Implications of SARS-CoV-2-Associated Myocarditis in the Medical Evaluation of Athletes. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 13(2), 145–148. <https://doi.org/10.1177/1941738120974747>
- Rommelink, M., Mendonça, R. de, D'Haene, N., Clercq, S. de, Verocq, C., Lebrun, L., Lavis, P., Racu, M.-L., Trépant, A.-L., Maris, C., Rorive, S., Goffard, J.-C., Witte, O. de, Peluso, L., Vincent, J.-L., Decaestecker, C., Taccone, F. S. & Salmon, I. (2020). Unspecific post-mortem findings despite multiorgan viral spread in COVID-19 patients. *Critical care (London, England)*, 24(1), 495. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-03218-5>
- Romanova, E. S., Vasilyev, V. V., Startseva, G., Karev, V., Rybakova, M. G. & Platonov, P. G. (2021). Cause of death based on systematic post-mortem studies in patients with positive SARS-CoV-2 tissue PCR during the COVID-19 pandemic. *Journal of internal medicine*, 290(3), 655–665. <https://doi.org/10.1111/joim.13300>
- Sang, C. J., Burkett, A., Heindl, B., Litovsky, S. H., Prabhu, S. D., Benson, P. V. & Rajapreyar, I. (2021). Cardiac pathology in COVID-19: a single center autopsy experience. *Cardiovascular pathology : the official journal of the Society for Cardiovascular Pathology*, 54, 107370. <https://doi.org/10.1016/j.carpath.2021.107370>
- Secco, G. G., Tarantini, G., Mazzarotto, P., Garbo, R., Parisi, R., Maggio, S., Vercellino, M., Pistis, G., Audo, A., Kozel, D., Centini, G. & Di Mario, C. (2020). Invasive strategy for COVID patients presenting with acute coronary syndrome: The first multicenter Italian experience. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*, 97(2), 195–198. <https://doi.org/10.1002/ccd.28959>
- Sawalha, K., Abozenah, M., Kadado, A. J., Battisha, A., Al-Akchar, M., Salerno, C., Hernandez-Montfort, J. & Islam, A. M. (2021). Systematic Review of COVID-19 Related Myocarditis: Insights on Management and Outcome. *Cardiovascular*

- Sharma, A. G., Kumar, V., Sodani, R., Sapre, A., Singh, P., Saha, A., Sharma, S., Ray, S. & Pemde, H. (2021). Predictors of mortality in children admitted with SARS-CoV-2 infection in tertiary care hospital in North India. *Journal of paediatrics and child health*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1111/jpc.15737>
- Starekova, J., Bluemke, D. A., Bradham, W. S., Eckhardt, L. L., Grist, T. M., Kusmirek, J. E., Purtell, C. S., Schiebler, M. L. & Reeder, S. B. (2021). Evaluation for Myocarditis in Competitive Student Athletes Recovering From Coronavirus Disease 2019 With Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *JAMA cardiology*, 6(8), 945–950. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.7444>
- Toubiana, J., Cohen, J. F., Brice, J., Poirault, C., Bajolle, F., Curtis, W., Moulin, F., Matczak, S., Leruez, M., Casanova, J.-L., Chalumeau, M., Taylor, M. & Allali, S. (2020). Distinctive Features of Kawasaki Disease Following SARS-CoV-2 Infection: a Controlled Study in Paris, France. *Journal of clinical immunology*, 41(3), 526–535. <https://doi.org/10.1007/s10875-020-00941-0>
- Toubiana, J., Poirault, C., Corsia, A., Bajolle, F., Fourgeaud, J., Angoulvant, F., Debray, A., Basmaci, R., Salvador, E., Biscardi, S., Frange, P., Chalumeau, M., Casanova, J.-L., Cohen, J. F. & Allali, S. (2020). Kawasaki-like multisystem inflammatory syndrome in children during the covid-19 pandemic in Paris, France: prospective observational study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 369, m2094. <https://doi.org/10.1136/bmj.m2094>
- Weckbach, L. T., Curta, A., Bieber, S., Kraechan, A., Brado, J., Hellmuth, J. C., Muenchhoff, M., Scherer, C., Schroeder, I., Irlbeck, M., Maurus, S., Ricke, J., Klingel, K., Kääb, S., Orban, M., Massberg, S., Hausleiter, J. & Grabmaier, U. (2021). Myocardial Inflammation and Dysfunction in COVID-19-Associated Myocardial Injury. *Circulation. Cardiovascular imaging*, 14(1), e012220. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.120.011713>
- WHO. (2022, 7. Mai). Coronavirus disease (COVID-19). https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1
- Zeng, J.-H., Wu, W.-B., Qu, J.-X., Wang, Y., Dong, C.-F., Luo, Y.-F., Zhou, D., Feng, W.-X. & Feng, C. (2020). Cardiac manifestations of COVID-19 in Shenzhen, China. *Infection*, 48(6), 861–870. <https://doi.org/10.1007/s15010-020-01473-w>
- Zhou, M., Wong, C.-K., Un, K.-C., Lau, Y.-M., Lee, J. C.-Y., Tam, F. C.-C., Lau, Y.-M., Lai, W.-H., Tam, A. R., Lam, Y.-Y., Pang, P., Tong, T., Tang, M., Tse, H.-F., Ho, D., Ng, M.-Y., Chan, E. W., Wong, I. C. K., Lau, C.-P., . . . Siu, C.-W. (2021). Cardiovascular sequelae in uncomplicated COVID-19 survivors. *PloS one*, 16(2), e0246732. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246732>