



MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Zusammenhang zwischen der körperlichen
Leistungsfähigkeit und der Post-COVID-19-Skala des
funktionellen Status“

verfasst von / submitted by

Daniel Siegl, BSc

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

Master of Science (MSc)

Wien, 2023 / Vienna 2023

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. Rhoia Clara Neidenbach
BSc MSc

Danksagung

Ich bedanke mich bei meiner Betreuerin Univ.-Prof. Dr. Rhoia Clara Neidenbach BSc MSc für die große Hilfe über den gesamten Verlauf der Arbeit und bei Univ.-Prof. Dr. Jürgen Scharhag für die Umsetzung der Studie. Außerdem danke ich dem gesamten Studienteam, insbesondere unserer Studienärztin, für die Unterstützung bei Durchführung der Untersuchungen und den Erhebungen der Daten.

Ich widme diese Arbeit meiner Familie und meiner Verlobten.

Abstract

Einleitung: Seit Anfang 2020 hat das Schwere-akute-Atemwegssyndrom-Coronavirus Typ 2 (SARS-CoV-2) große Auswirkungen auf unser Leben. Eine Vielzahl von Personen leidet nach einer Infektion an einer geringeren körperlichen Leistungsfähigkeit, sowie an funktionellen Einschränkungen im Alltag. Ziel ist das Aufzeigen eines Zusammenhanges zwischen der körperlichen Leistungsfähigkeit und den funktionellen Einschränkungen nach der Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19) in einem repräsentativen Kollektiv.

Methode: Diese Untersuchung erfolgte im Rahmen der Versorgungsstudie „Leistungsfähigkeit und Lebensqualität nach COVID-19“, welche am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien durchgeführt wurde. Nach den medizinischen Untersuchungen absolvierten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine Spiroergometrie bis zur Ausbelastung entsprechend den Richtlinien. Für diese Teilstudie wurden außerdem Daten aus der Anamnese und des durch das Studienteams erstellten Fragebogens, ebenso wie der Post-COVID-19-Skala des funktionellen Status (PCFS) einbezogen.

Resultate: Es wurden 113 Probandinnen und Probanden (40,7% Frauen, $36.8 \pm 11,4$ Jahre). Sie wurden durchschnittlich nach 137,3 Tagen untersucht, geimpft waren 91,2 % der Untersuchten. 97,3 % erkrankten nicht schwer an SARS-CoV-2. Der Body-Mass-Index (BMI) lag im Mittel bei $24,4 \text{ kg/m}^2$ und die teilnehmenden Personen gaben an, im Schnitt 5,8 Stunden Sport pro Woche zu machen. 22,1 % wiesen leichte Einschränkungen der Sauerstoffaufnahme (VO_2) an der ersten ventilatorischen Schwelle (VT1) auf, während 5,3 % der Untersuchten eine unzureichende höchst gemessene VO_2 ($\text{VO}_{2\text{peak}}$) von unter 85 % des erwarteten Wertes hatten. Auf der PCFS-Skala gaben 40,7 % Grad 0, 41,6 % Grad 1, 14,2 % Grad 2 und 3,5 % Grad 3 an. Zwischen dem PCFS und dem Alter gab es einen positiven Zusammenhang ($r = 0,190$; $p = 0,044$). Zum Zeitpunkt der VT1 ($r = 0,244$; $p = 0,009$) und $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ($r = -0,221$; $p = 0,018$) konnte eine negative Korrelation zwischen der auf das Körpergewicht normierten VO_2 (VO_2/kg) und dem PCFS festgestellt werden. Zu allen drei Zeitpunkten gab es einen negativen Zusammenhang zwischen den Watt pro Kilogramm Körpergewicht (Watt/kg) und dem PCFS (VT1: $r = -0,273$; $p = 0,003$; VT2: $r = -0,202$; $p = 0,032$; $\text{VO}_{2\text{peak}}$: $r = -0,239$; $p = 0,011$).

Schlussfolgerung: Es gab Zusammenhänge zwischen dem PCFS und dem Alter der Personen, der VO_2/kg bei der VT1 und der $\text{VO}_{2\text{peak}}$, sowie den Watt/kg zu den drei unterschiedlichen Zeitpunkten. Der hohe Sportumfang, das junge Durchschnittsalter und die Vielzahl an mild bis moderaten Krankheitsverläufen können Gründe für die im Verhältnis gute körperliche Leistungsfähigkeit und die geringen funktionellen Einschränkungen sein.

Schlüsselwörter: SARS-CoV-2, COVID-19, PCFS, $\text{VO}_{2\text{peak}}$

Abstract (Englisch)

Introduction: Since the beginning of 2020 the virus severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2 (SARS-CoV-2) has had a major impact on our lives. Many people infected by the virus suffer from reduced exercise capacity and functional limitations in daily life. Therefore, the aim of this study is to examine an association between exercise capacity and functional limitations in daily life after coronavirus disease 2019 (COVID-19) in a representative study sample.

Methods: This study is a sub-analysis of the Post-COVID-19 study “Exercise capacity and quality of life after COVID-19” carried out by the Department of sports science of the University of Vienna. After a medical examination, all individuals underwent a cardiopulmonary exercise test until exhaustion according to the guidelines. In addition to medical history, data from a questionnaire designed by the study group were included to analysis. As well as the data of the “Post-COVID-19 Functional Status (PCFS) scale”.

Results: A total of 113 subjects (40,7% female, $36.8 \pm 11,4$ years) physically active and inactive individuals, independent of the time since the disease onset were included into analysis. They were examined after an average of 137.3 days after the infection, and 91.2 % were vaccinated at the time of the investigation. 97.3 % of the subjects were not seriously affected by SARS-CoV-2, only three people had to be treated in hospital due to the disease. The mean Body-Mass-Index (BMI) was 24.4 kg/m^2 and the participants stated that they exercise an average of 5.8 hours per week. An insufficient peak oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{peak}}$) below 85 % of the expected values were present in 5.3 %, while 22.1 % had limitations of the oxygen uptake (VO_2) below 40 % of the expected $\text{VO}_{2\text{peak}}$ at the first ventilatory threshold (VT1). 40.7 % reported no functional limitations, 41.6 % had negligible restrictions, 14.2 % had slight and 3.5 % had moderate functional limitations based on PCFS. There was a positive association between PCFS and age ($r = 0.190$, $p = 0.044$). At VT1 ($r = 0.244$, $p = 0.009$) and $\text{VO}_{2\text{peak}}$ ($r = -0.221$, $p = 0.018$), there was a negative correlation between VO_2 normalized to body weight (VO_2/kg) and PCFS. At all three different time points, there was a negative association between watts per kilogram body weight (watts/kg) and PCFS (VT1: $r = -0.273$, $p = 0.003$; VT2: $r = -0.202$, $p = 0.032$; $\text{VO}_{2\text{peak}}$: $r = -0.239$, $p = 0.011$).

Conclusion: There were significant associations between PCFS and participants age, VO_2/kg at VT1 and $\text{VO}_{2\text{peak}}$, and watts/kg at the three different time points, even if the effects were not determined high. The high level of exercise, the young average age and the large number of mild to moderate disease cases of the included participants might be reasons for the overall good exercise capacity and individuals' minor functional limitations.

Keywords: SARS-CoV-2, COVID-19, PCFS, $\text{VO}_{2\text{peak}}$

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	3
Abstract	4
Abstract (Englisch)	5
Eidesstattliche Erklärung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
1 Einleitung	8
1.1 Körperliche Aktivität und Coronavirus-Krankheit-19	9
1.2 Körperliche Leistungsfähigkeit	10
1.2.1 VO ₂ max versus VO ₂ peak.....	10
1.2.2 Normwerte der VO ₂ max.....	11
1.2.3 Erste und zweite ventilatorische Schwelle	13
1.2.4 Spiroergometrie	14
1.2.5 VO ₂ -Werte nach COVID-19	15
1.3 Post-COVID-19-Skala des funktionellen Status	17
1.4 Körperliche Leistungsfähigkeit und PCFS	19
2 Ziel der Studie und Hypothese	21
3 Methodik.....	22
3.1 Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer	22
3.2 Studienablauf	22
3.3 Einteilung der Krankheitsverläufe.....	23
3.4 Spiroergometrie	24
3.5 Post-Covid-Skala des funktionellen Status.....	25
3.6 Statistische Analyse.....	26
4 Ergebnisse	28
4.1 Deskriptive Statistik.....	28
4.2 Zusammenhänge mit dem PCFS	35
4.3 Zusammenhänge zwischen dem PCFS und den VO ₂ -Werten.....	37
4.4 Zusammenhänge zwischen dem PCFS und den Watt-Werten.....	38

5 Diskussion	40
5.1 Studienkollektiv	40
5.2 Körperliche Leistungsfähigkeit nach COVID-19.....	42
5.3 Post-COVID-19-Skala des funktionellen Status	45
5.4 Zusammenhänge mit dem PCFS	47
5.5 Stärken und Limitationen.....	48
6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung	50
Literaturverzeichnis.....	52
Abkürzungsverzeichnis	62
Abbildungsverzeichnis	63
Tabellenverzeichnis	64
Anhang	65
Anhang A	65
Anhang B	71
Anhang C	75

1 Einleitung

Seit Anfang des Jahres 2020 hat das Virus Schweres-akutes-Atemwegssyndrom-Coronavirus Typ 2 (SARS-CoV-2) das Leben auf der gesamten Welt massiv beeinflusst. Stand November 2022 gibt es über 600 Millionen Fälle von Personen, die positiv auf SARS-CoV-2 getestet wurden. Davon sind über sechs Millionen Menschen an den Folgen der Erkrankung verstorben (Hopkins, 2022). Dabei gab es gewisse Gruppen in der Bevölkerung, die stärker von der Sterblichkeit betroffen waren als andere. Eine erhöhte Mortalität konnte vor allem bei Männern, Personen höheren Alters, fettleibigen Personen, sowie Raucherinnen und Rauchern festgestellt werden. Aber auch bestimmte demografische Variablen und Vorerkrankungen, wie eine Nierenschädigung, eine chronisch obstruktive Lungenerkrankung, Diabetes, Bluthochdruck oder Krebs, tragen zu einer gesteigerten Sterblichkeitsrate bei (Dessie & Zewotir, 2021). Unter den vielen Menschen auf der ganzen Welt, die sich mit SARS-CoV-2 infiziert hatten, gab es nicht nur zahlreiche Todesfälle, sondern auch viele Patientinnen und Patienten, die schwer an dem Virus erkrankt sind, ohne infolgedessen zu sterben. Die Wahrscheinlichkeit für einen schweren Krankheitsverlauf mit SARS-CoV-2 ist bei Personen ab einem höheren Alter, bei Übergewicht, bei Vorliegen von Vorerkrankungen und körperlicher Inaktivität erhöht (Sallis et al., 2021). Personen, die sich mit dem Virus infizieren, leiden nicht nur während der akuten Infektion an den Symptomen. 10 bis 15 % der an SARS-CoV-2 erkrankten Personen haben langfristig Einschränkungen, die sogar bis zu einem Jahr anhalten können. Diese Langzeitfolgen können nicht nur nach einem Aufenthalt auf der Intensivstation während der akuten Infektion entstehen, sondern auch nach einem im Verhältnis milden Krankheitsverlauf. Die langfristigen Symptome können dabei von Person zu Person sehr unterschiedlich sein, insgesamt gibt es über 200 verschiedene (Jimeno-Almazán et al., 2021). Die Krankheitszeichen nach der Akutphase können die kardiovaskuläre, neurologische, pulmonale, mentale, funktionelle und generell die Gesundheit betreffen (Groff et al., 2021). Seit Jänner 2022 bestimmt die Omikron-Variante des Virus das Geschehen und es gibt im Verhältnis zur Anzahl an Erkrankungen mehr milde und asymptomatische Erkrankungen, vor allem Kinder und Erwachsene betreffend (Yu et al., 2022). Zusätzlich zu der im Vergleich harmloseren Variante des SARS-CoV-2 wurden seit Anfang 2021 zwölf Milliarden Impfungen gegen das Virus verabreicht (Hopkins, 2022). Die schützende Wirkung des Impfstoffes trägt dazu bei, dass mehr Personen einen mildereren Krankheitsverlauf haben und nicht mehr so häufig im Krankenhaus behandelt werden müssen (Yu et al., 2022).

Um der Leserin und dem Leser dieser Arbeit ein besseres Verständnis zu gewährleisten, werden in den folgenden Unterkapiteln weitere Daten zur Pandemie dargestellt und die

Erhebungsmethoden, sowie Untersuchungsparameter beschrieben. Die Kapitel der untersuchten Parameter beleuchten außerdem den aktuellen Forschungsstand und unter anderem auch bisherige Zusammenhänge und Lücken in der Datenlage.

1.1 Körperliche Aktivität und Coronavirus-Krankheit-19

Die negativen Folgen von langen, sitzenden Tätigkeiten spielen für die Gesundheit eine große Rolle. Sie können auf Dauer sogar das Risiko für einen Schlaganfall oder eine kardiovaskuläre Krankheit erhöhen (Liang, Zhang, Wang, Yuan & Liang, 2022; Wang et al., 2022). Nicht nur deshalb ist es wichtig, die Bedeutung von mehr Bewegung im Alltag zu erkennen, sondern auch, weil körperliche Inaktivität und somit eine geringere körperliche Leistungsfähigkeit ein Risikofaktor für schwere Krankheitsverläufe, eine Hospitalisierung oder den Aufenthalt auf der Intensivstation bei Coronavirus-Krankheit-19 (COVID-19) darstellt (Brawner et al., 2021; Sallis et al., 2021). Des Weiteren verringern die Auswirkungen einer Infektion mit SARS-CoV-2, sowohl direkt durch die Infektion als auch indirekt durch die Folgen dieser, die körperliche Leistungsfähigkeit der Patientinnen und Patienten (Schwendinger, Knaier, Radtke & Schmidt-Trucksäss, 2022). Die Wichtigkeit von körperlicher Aktivität in der Pandemie zeigte auch eine Studie, die 263 Personen mit selbstberichteter Fitness untersuchte. Hier zeigte sich, dass bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern mit einer schlechten körperlichen Verfassung, die Verbesserung dieser eine Strategie darstellt, das Risiko einer Krankenhauseinweisung aufgrund von COVID-19 zu verringern (Brandenburg, Lesser, Thomson & Giles, 2021). Neben der geringen selbstberichteten Fitness hebt auch ein höherer Body-Mass-Index (BMI) und eine geringe selbstberichtete Gehgeschwindigkeit das Risiko für einen schweren COVID-19-Verlauf. Wobei hier insbesondere langsame Geher, selbst in Kombination mit einem normalen BMI, ein hohes Risikoprofil aufweisen (Yates et al., 2021). Neben der Wichtigkeit von Bewegung im Alltag ist auch die Aktivität in bereits jungen Jahren von besonderer Bedeutung. Dies zeigten Af Geijerstam et al. (2021), die die Fitness von über eineinhalb Millionen Schwedinnen und Schweden während dem Militärdienst von 1968 bis 2005 auswerteten. Hier sah man, dass eine hohe kardiovaskuläre Fitness in jungen Jahren auch viele Jahre später die Auswirkungen bei COVID-19, wie den Schweregrad des Krankheitsverlaufes, positiv beeinflussen kann (Af Geijerstam et al., 2021). Abschließend ist zu erwähnen, dass eine Steigerung des Bewegungsumfanges nicht nur die Wahrscheinlichkeit für einen schweren Krankheitsverlauf verringert, sondern auch das Potential vieler gesundheitlicher Vorteile mit sich bringt, wenn man sich nicht mit SARS-CoV-2 infiziert. Denn regelmäßige körperliche Aktivität kann die psychologische, neuronale, kardiovaskuläre, respiratorische, muskuloskelettale und die Immungesundheit verbessern (Jimeno-Almazán et al., 2021).

1.2 Körperliche Leistungsfähigkeit

Das Potential von mehr Bewegung im Alltag wurde ausführlich in Kapitel 1.1 beschrieben. Erhöhte regelmäßige körperliche Aktivität führt außerdem zu einer besseren körperlichen Leistungsfähigkeit (Scharhag-Rosenberger, Meyer, Walitzek & Kindermann, 2009). Diese kann auf unterschiedlichste Weise erhoben werden. Die maximale Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2\text{max}$) stellt einen objektiven Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit einer Person dar. Bei der $\dot{V}O_2\text{max}$ handelt es sich um die maximale Menge an Sauerstoff, die von der eingeatmeten Luft pro Zeiteinheit entnommen wird und definiert das obere Limit des kardiopulmonalen Systems. Im Zuge einer physischen Belastung steigt der Bedarf an Energie des Systems in der beanspruchten Muskelzelle an. Mit dem erhöhten Energiebedarf benötigt der Körper auch mehr Sauerstoff, welcher durch eine Erhöhung der Atmung und der Herzfrequenz sichergestellt wird. Somit kann eine größere Menge an Sauerstoff zur Energiegewinnung zu Verfügung gestellt werden und gleichzeitig mehr Kohlendioxid, der durch die Stoffwechselprozesse im Muskel anfällt, abtransportiert werden. Die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2$) und Kohlendioxidabgabe ($\dot{V}CO_2$) wird in l/min angegeben, zur besseren Vergleichbarkeit erfolgt bei der $\dot{V}O_2$ eine Normierung auf das Körpergewicht ml/min/kg. Sobald die individuelle $\dot{V}O_2\text{max}$ erreicht wird, kann vom Körper kein zusätzlicher Sauerstoff mehr aufgenommen werden, auch wenn er es aufgrund der Belastung benötigen würde (Wasserman et al., 2020). Dieser Ablauf ist im Schema des Sauerstofftransports nach Wasserman et al. (2020) in Abbildung 1 dargestellt.

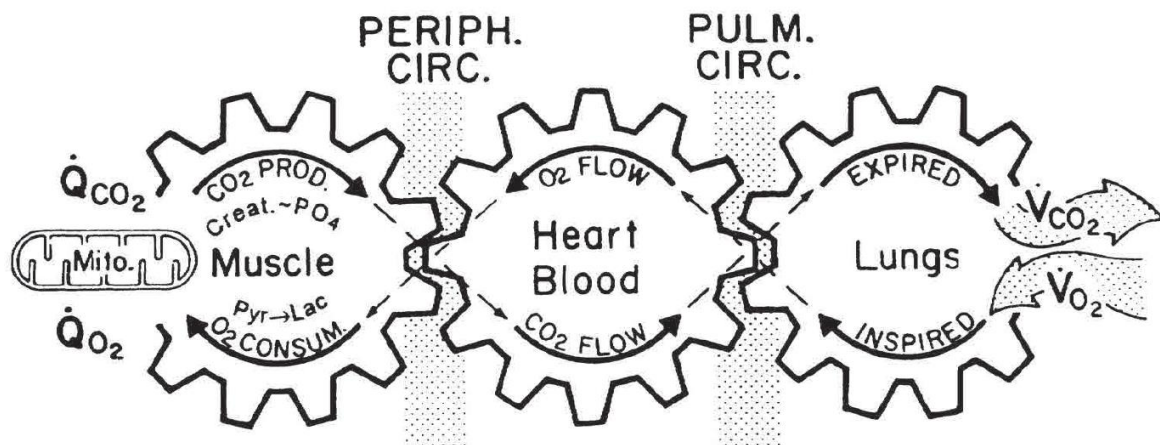


Abb. 1: Schema des Sauerstofftransports (Wasserman, 2020, S. 22).

1.2.1 $\dot{V}O_2\text{max}$ versus $\dot{V}O_2\text{peak}$

In der herkömmlichen Definition der $\dot{V}O_2\text{max}$ soll ein Plateau erreicht werden, bei der es trotz Steigerung der Belastung zu keiner weiteren Erhöhung der $\dot{V}O_2$ kommt (Niemeyer, Knaier & Beneke, 2021). Bei der Verwendung kontinuierlicher Belastungsmethoden, wie Rampenprotokolle und die „Atemzug für Atemzug“-Analyse, konnte in vielen

Untersuchungen kein Plateau festgestellt werden. Obwohl ein VO_2 -Plateau trotz steigender Belastung eine gültige Art der VO_2max ist, können Patientinnen und Patienten das Plateau aufgrund von Ermüdung in den Beinen häufig nicht erreichen. Weitere Gründe können eine mangelnde Motivation oder Herzerkrankungen, sowie die damit verbundenen Symptomatiken sein (Fletcher et al., 2013; Niemeyer et al., 2021). Aus diesen Gründen wird im klinischen Alltag die VO_2max oft mit der VO_2peak gleichgesetzt. Die VO_2peak ist die höchste VO_2 , die bei Abbruch der Belastung gemessen wird, ohne dass sich ein Plateau feststellen lässt (Midgley, McNaughton, Polman & Marchant, 2007; Fletcher et al., 2013; Niemeyer et al., 2021). Für die Auswertung der VO_2max beziehungsweise VO_2peak wird empfohlen, die VO_2 über die höchsten 30 Sekunden am Belastungsmaximum zu mitteln (Robergs, Dwyer & Astorino, 2010). Um festzustellen, dass sich die VO_2peak trotz fehlenden Plateaus in der Nähe der VO_2max befindet, wurden Ausbelastungskriterien aufgestellt. Diese Kriterien werden in Tabelle 1 veranschaulicht, in der auch die häufigsten Definitionen und wesentliche Punkte, die bei der Anwendung berücksichtigt werden sollten, beschrieben werden.

Tab. 1: Ausbelastungskriterien, ihre häufigsten Definitionen und zu beachtende Punkte

Ausbelastungskriterium	Häufigste Definition	Zu beachten
Plateau der VO_2	VO_2 -Anstieg < 150 ml/min	Kein Plateau trotz Ausbelastung möglich
Maximale Herzfrequenz	$\geq 100\%$ oder ± 10 S/min der Norm	Hohe interindividuelle Variabilität
Maximaler respiratorischer Quotient	> 1,1	Hohe interindividuelle Variabilität, Protokoll abhängig
Maximale Laktatkonzentration	> 8 mmol/l	Hohe interindividuelle Variabilität, Sportart abhängig
Borg-Skala (6-20)	> 18	Kein objektives Kriterium
Verifikationstest	VO_2max -Test = Verifikationstest	noch kein einheitliches Protokoll

Quelle: mod. n. Scharhag-Rosenberger & Schommer (2013, S. 363)

1.2.2 Normwerte der VO_2max

Um erhobene VO_2max -Werte nach Untersuchungen einschätzen zu können, werden diese mit vorherigen Messungen oder im Zusammenhang mit Referenzwerten verglichen. Eine große Studie in Deutschland von Rapp, Scharhag, Wagenpfeil & Scholl (2018) hat hierbei über 10.000 Teilnehmerinnen und Teilnehmer untersucht, die als Kontrollgruppe dienen kann. Die höchsten VO_2 -Werte der Probandinnen und Probanden auf dem Fahrradergometer werden in den folgenden beiden Abbildungen (2 und 3) relativ zum

Körpergewicht dargestellt. Die VO_2 -Werte am Belastungsende nehmen dabei mit zunehmendem Alter ab und sind vom Geschlecht abhängig (Rapp et al., 2018).

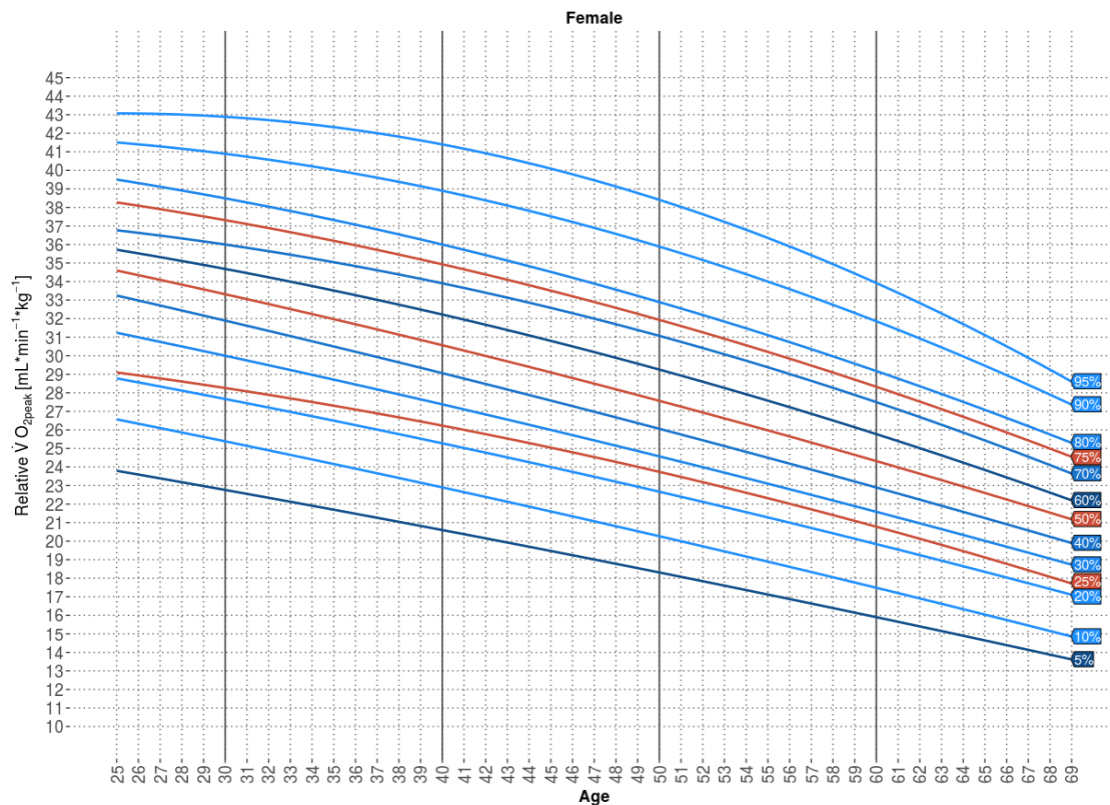


Abb. 2: Perzentil-Referenzwerte der relativen $\text{VO}_{2\text{peak}}$ der Frauen (Rapp, 2018, S.6).

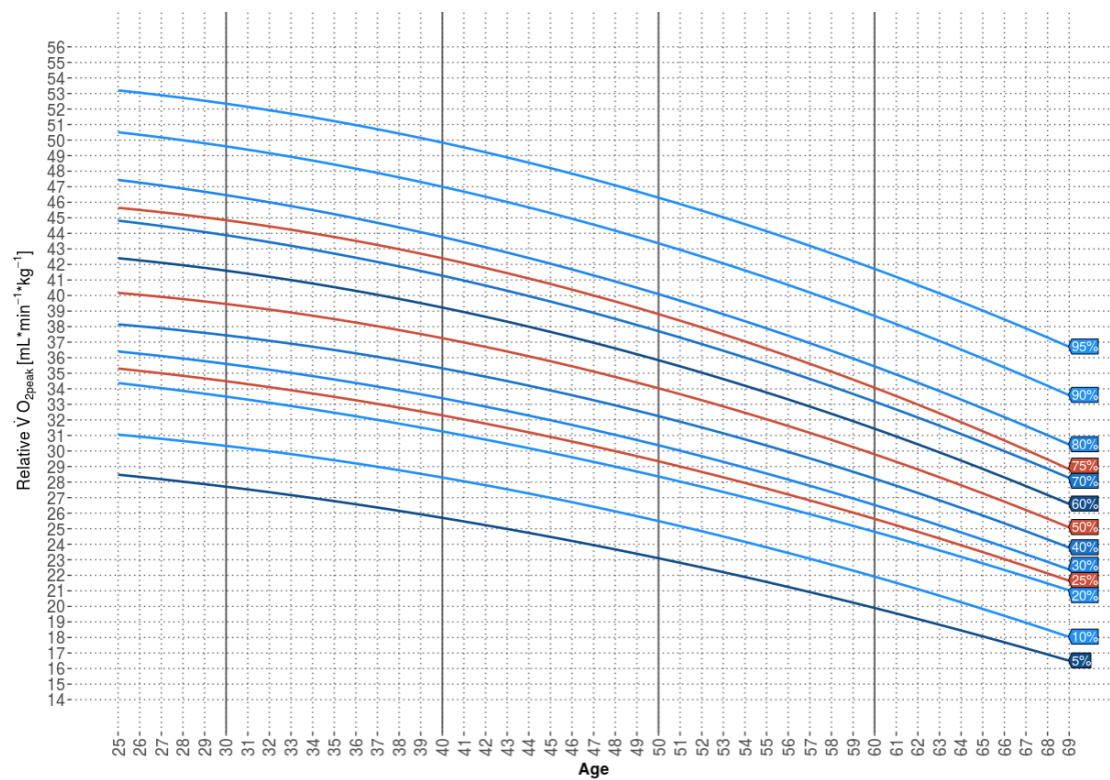


Abb. 3: Perzentil-Referenzwerte der relativen $\text{VO}_{2\text{peak}}$ der Männer (Rapp, 2018, S.6).

Die Ergebnisse von Untersuchungen werden häufig in Prozent der zu erwartenden VO_2max der Referenzgruppe angegeben. Diese Vergleichsmethode wird vor allem bei Personen angewandt, bei denen man keine individuellen Kontrollwerte hat oder bei Studien ohne Kontrollgruppe. Dabei entspricht der Durchschnittswert der Referenzgruppe den erwarteten 100 % der VO_2max . Alle Messungen von Personen über diesem Wert werden im Vergleich zu der Referenz als normal beziehungsweise überdurchschnittlich betrachtet. Werte bis 75 % der Norm gelten als leichte, bis 50 % als mittelschwere und unter 50 % als schwere Einschränkungen in der körperlichen Leistungsfähigkeit (Glaab & Taube, 2022; Guazzi et al., 2018). Die Gründe für verringerte VO_2 -Werte unter maximaler Belastung können dabei unterschiedlich sein und das pulmonale, kardiovaskuläre und periphere System betreffen. Verringerte maximale VO_2 -Werte können bei einer Infektion, sowohl direkt durch die Erkrankung als auch indirekt durch die Folgen dieser, auftreten (Schwendinger et al., 2022).

1.2.3 Erste und zweite ventilatorische Schwelle

Neben der VO_2max gibt es noch weitere submaximale Parameter für die Ausdauerleistungsfähigkeit, die erste ventilatorische Schwelle (VT1) und die zweite ventilatorische Schwelle (VT2) oder auch der respiratorische Kompensationspunkt (RCP) genannt (Scharhag-Rosenberger, 2010, Scharhag-Rosenberger & Schommer, 2013). An der VT1 findet ein überproportionaler Anstieg der VCO_2 statt, welcher im Graphen Ventilation (VE) und VCO_2 gegenüber der VO_2 zu sehen ist. Bei der VT2 setzt eine weitere Hyperventilation ein, da das Potential des Wasserstoffes abfällt, weshalb ein erhöhter Anstieg der VE gegenüber VCO_2 zu erkennen ist (Meyer, Faude, Scharhag, Urhausen & Kindermann, 2004; Meyer, Lucia, Earnest & Kindermann, 2005). Die Messung der VT1 ermöglicht die objektive Beurteilung des Systems bei submaximaler Belastung. Sie kann von dem genutzten Programm automatisch berechnet werden, sollte aber auf jeden Fall von einem qualifizierten Personal geprüft werden (Glaab & Taube, 2022). Durch die Kombination mehrerer Auswertungsmethoden kann die VT1 in den meisten Fällen bestimmt werden (Meyer et al., 2005). Allerdings ist eine valide VT1 -Bestimmung nicht immer möglich, wie sich bei sehr schweren respiratorischen Einschränkungen oder ausgeprägter Herzinsuffizienz gezeigt hat. Aber auch ein zu stark oder zu leicht ansteigendes Protokoll können Gründe dafür sein (Glaab & Taube, 2022). Bezüglich der korrekten Bestimmung der VT2 liegen weniger Daten vor (Meyer et al., 2005). Die Vorteile der VT1 und VT2 im Vergleich zur VO_2max sind eine Unabhängigkeit von der Motivation der Probandinnen und Probanden und das sensiblere Abbilden geringer Leistungsunterschiede (Scharhag-Rosenberger & Schommer, 2013). Des Weiteren kann die VT1 auch in submaximalen Tests ermittelt werden, während für die VT2 nahezu eine Ausbelastung notwendig ist (Scharhag-Rosenberger, 2010; Scharhag-Rosenberger &

Schommer, 2013). Eine erniedrigte VO_2 an der VT1 kann Auskunft über einen gestörten Sauerstofftransport oder eine schlechte Sauerstoffverwertung geben. Die untersuchten VO_2 -Werte an der VT1 können anhand des Verhältnisses zur $\text{VO}_{2\text{max}}$ verglichen werden. Diese Werte betragen im Normalfall zwischen 50 und 65 % der $\text{VO}_{2\text{max}}$. Bei Werten unter 40 % besteht eine leichte, unter 30 % eine mittelschwere und unter 25 % eine schwere Beeinträchtigung der körperlichen Leistungsfähigkeit (Glaab & Taube, 2022).

1.2.4 Spiroergometrie

Die Spiroergometrie wird häufig eingesetzt, um die $\text{VO}_{2\text{max}}$ von Personen festzustellen und gilt hierbei auch als Goldstandard (Fletcher et al., 2013, Arena & Faghy, 2021). Außerdem ist sie eine bewährte Methode zur nichtinvasiven Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Nach überstandenen Erkrankungen wird die Spiroergometrie oftmals zur Beurteilung von Herz und Lunge herangezogen (Arena & Faghy, 2021). Sie ist auch für ältere Personen gut durchführbar und hat sich hierbei als sehr zuverlässig erwiesen (Venturelli et al., 2021). Typischerweise wird die Spiroergometrie auf dem Radergometer durchgeführt, da dieses für eine größere Auswahl an Personen passend und hier eine sichere Durchführung gewährleistet ist (Glaab & Taube, 2022). Außerdem bietet das Ergometer im Vergleich zu einer Testung auf dem Laufband den zusätzlichen Vorteil einer leiseren Absolvierung und einer geringeren Anzahl an Artefakten bei der Erhebung der Atemgase während der Belastung (American Thoracic Society & American College of Chest Physicians, 2003; Venturelli et al., 2021). Ein Rampenprotokoll mit kontinuierlicher Belastungssteigerung eignet sich für die Bestimmung der ventilatorischen Schwellen am besten (Scharhag-Rosenberger, 2010; Scharhag-Rosenberger & Schommer, 2013). Eine Einschränkung bei der Messung auf dem Fahrradergometer ist jedoch die Ermüdung der Muskulatur in den Beinen. Eine Beinermüdung bei unerfahrenen Probandinnen und Probanden kann zu einem vorzeitigen Testabbruch führen, bevor ein echter $\text{VO}_{2\text{max}}$ -Wert erreicht wird. Daher kann die $\text{VO}_{2\text{max}}$ bei Personen, die nicht an das Radfahren gewöhnt sind, um 10 % bis 20 % niedriger, verglichen mit einer Messung auf dem Laufband, ausfallen (Myers et al., 1991). Allerdings ist ein Abbruch aufgrund der Ermüdung in der Muskulatur im Vergleich zu einer Beendigung wegen auftretender Symptome, wie in Tabelle 3 beschrieben, als positiv zu werten (Arena & Faghy, 2021). Die durchschnittliche Dauer der Testung bis zur Ausbelastung liegt zwischen acht und zwölf Minuten, um die Messung der $\text{VO}_{2\text{max}}$ weniger von Art der Belastungssteigerung und dem Belastungsprotokoll abhängig zu machen. Belastungszeiten über 17 Minuten können zu einer vorzeitigen Ermüdung der Beine und damit zu einem vorzeitigen Beenden der Testung führen (Myers et al., 1991; Midgley, Bentley, Luttikholt, McNaughton & Millet, 2008). Aus den Atemgasen, sowie daraus errechneten Parametern, lässt sich die

sogenannte 9-Felder-Grafik ermitteln, welche in Abbildung 4 dargestellt ist. In der Grafik werden die VE in Feld 1 und 3, die Kardiozirkulation in Feld 2, 3 und 5 und der Gasaustausch in Feld 6 und 9 dargestellt. Feld 4 beschreibt sowohl Aspekte der VE als auch der Kardiozirkulation und Feld 8 stellt den respiratorischen Quotienten in Abhängigkeit der getretenen Watt dar. Alle Felder tragen gemeinsam zur Gesamtbeurteilung der Untersuchung und zur Erkennung eventueller Einschränkungen von Herz und Lunge bei (Wasserman et al., 2020).

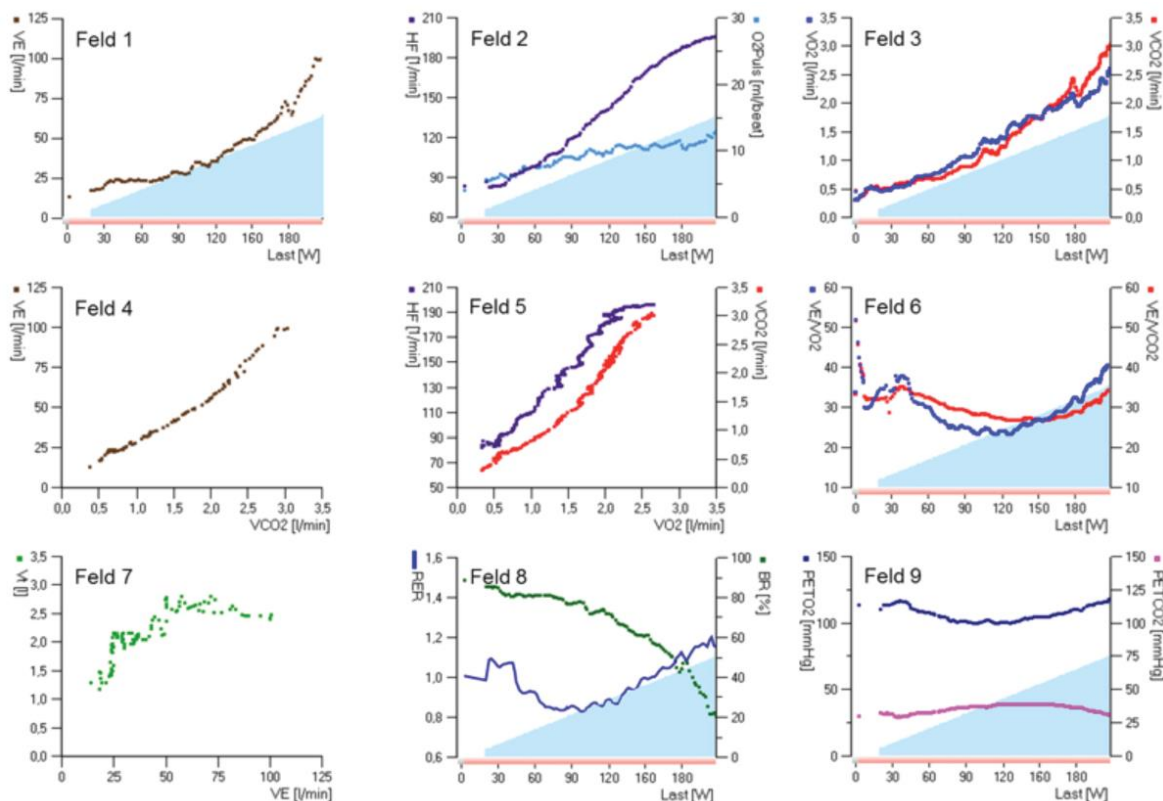


Abb. 4: Normalbefund einer 9-Felder-Grafik (Scharhag-Rosenberg & Schommer, 2013, S. 364).

1.2.5 VO₂-Werte nach COVID-19

Die ersten Autoren, die zeigten, dass die VO₂max nach COVID-19 im Vergleich zu davor erniedrigt ist, sind Crameri et al. (2020). Diese war bei Rekrutinnen und Rekruten, die einen symptomatischen Krankheitsverlauf durchmachten, verglichen mit der VO₂max davor, bis zu 10 % niedriger (Crameri et al., 2020). Weitere zwei Studien haben ebenfalls eine verminderte VO₂max bei kleinen Kollektiven mit Leistungssportlerinnen und Leistungssportlern nach überstandener Erkrankung festgestellt (Fikenzer et al., 2021; Parpa & Michaelides, 2022). Eine Übersichtsarbeit von Schwendinger et al. (2022) ergab, dass von 26 Studien in 22 eine VO₂peak unter 90 % des erwarteten Maximums bei Patientinnen und Patienten nachgewiesen wurde. Halb so viele Studien verzeichneten Ergebnisse unter 80 % der erwarteten VO₂peak.

Unterschiede innerhalb von Personengruppen

Neben erniedrigten VO_2 -Werten unter maximaler Belastung nach COVID-19, ließen sich auch Unterschiede innerhalb von Personengruppen, die mit SARS-CoV-2 infiziert wurden, feststellen. So zeigte sich eine niedrigere VO_2peak bei Patientinnen und Patienten mit Post-COVID-19 Syndrom¹ gegenüber den nicht mehr symptomatischen Probandinnen und Probanden (Barbagelata et al., 2021). Zu demselben Schluss kamen Baratto et al. (2021), die bei Hospitalisierten im Gegensatz zu einer Kontrollgruppe niedrigere VO_2peak -Werte feststellten und Aparisi et al. (2021), die bei Personen mit Kurzatmigkeit nach einer Infektion im Vergleich zu Patientinnen und Patienten ohne Dyspnoe ebenfalls geringere Werte verzeichneten. Auch Personen mit dem Fatigue-Syndrom² waren bei der VO_2 am Belastungsmaximum drei beziehungsweise acht Monaten nach der Erkrankung im Vergleich zu einer Kontrollgruppe eingeschränkt (Margalit et al., 2022; Schaeffer et al., 2022).

Stärke und Dauer der Auswirkungen

Sehr beeinträchtigt von der COVID-19-Erkrankung scheinen Patientinnen und Patienten innerhalb des ersten Monats nach der Krankenhausentlassung zu sein. Hier wiesen kleine Kollektive sogar nur zwischen 56 und 66 % der zu erwartenden VO_2peak -Werte auf (Baratto et al., 2021; Blokland et al., 2020; Everaerts et al., 2021; Gao et al., 2021). Zahlreiche Studien zeigten auch drei bis zwölf Monate nach der akuten Infektion, dass unter maximaler Belastung die VO_2 -Werte unter 80 % beziehungsweise 85 % der erwarteten maximalen VO_2 -Werte lagen. Diese verminderten Werte stellte man bei 31 bis 49 % aller Teilnehmerinnen und Teilnehmern fest. Bei den Studien wurden allerdings fast ausschließlich hospitalisierte Patientinnen und Patienten oder Personen mit einem schweren Krankheitsverlauf untersucht (Clavario et al., 2021; Durstenfeld et al., 2022; Joris et al., 2021; Pleguezuelos et al., 2021; Raman et al., 2021; Ribeiro Baptista et al., 2022; Skjørten et al., 2021; Steinbeis et al., 2022; Vannini, Quijada-Fumero, Martín, Pina & Afonso, 2021).

Auswirkungen von unterschiedlichen Krankheitsverläufen

Im Vergleich zu vielen Studien mit Personen, die im Zuge der COVID-19-Infektion hospitalisiert wurden, gab es bei Szekely et al. (2021) und Vonbank et al. (2021) ein Studienkollektiv, das aus Probandinnen und Probanden mit unterschiedlichen Krankheitsverläufen bestand. Dennoch zeigten Personen drei Monate nach der Infektion im

¹ Das Post-COVID-19 Syndrom umfasst alle Symptome, die über 12 Wochen nach der Erkrankung anhalten oder neu auftreten und nicht durch andere Auslöser erklärt werden können.

² Unter Fatigue versteht man die Ansammlung verschiedener Symptome, die mit einer sehr geringen körperlichen Belastbarkeit einhergehen.

Vergleich zu einer Kontrollgruppe verminderte VO_2 peak-Werte (Szekely et al., 2021). Vonbank et al. (2021) konnten zeigen, dass schwer erkrankte Personen, verglichen mit Patientinnen und Patienten mit milderer Verläufen oder einer Kontrollgruppe, drei bis sechs Monate nach der Infektion unter maximaler Belastung eine verringerte VO_2 aufwiesen. Lemos et al. (2022) stellten einen Unterschied in der VO_2 peak bei Übergewichtigen, die nicht im Krankenhaus behandelt wurden und an leichteren Krankheitsverläufen litten, im Vergleich zu jenen, die auf der Intensivstation betreut werden mussten, fest.

VO_2 an der VT1 und VT2 nach COVID-19

Parpa & Michaelides (2022) stellten darüber hinaus eine geringere VO_2 beim RCP im Vergleich zur VO_2 vor der Infektion fest. Diese Ergebnisse, festgestellt direkt nach der Infektion, decken sich mit den Ergebnissen drei bis sechs Monate nach der Infektion in der Studie von Vonbank et al. (2021) und mit denen von Pleguezuelos et al. (2021). Hier stellte man allerdings zusätzlich eine verminderte VO_2 bei der VT1 fest (Pleguezuelos et al., 2021; Vonbank et al., 2021). Eine verringerte VO_2 an der VT1 konnte auch in weiteren Studien verzeichnet werden (Aparisi et al., 2021; Anastasio et al., 2022; Ladlow et al., 2022).

Abweichende Ergebnisse

Bei mehreren Studien mit jungen Athletinnen und Athleten gab es allerdings auch gegenteilige Ergebnisse im Vergleich zur sonstigen Literatur. Hier wurde kein Unterschied bei der VO_2 unter maximaler Belastung direkt nach der COVID-19-Erkrankung beziehungsweise drei Monate danach festgestellt (Anastasio et al., 2022; Cavigli et al., 2021; Csulak et al., 2021; Komici et al., 2021; Milovancev et al., 2021; Moulson et al., 2022). Die einzige Studie, die ebenfalls keine reduzierten VO_2 max-Werte zeigte und sich nicht mit Leistungssportlerinnen und Leistungssportlern befasste, ist von Wood et al. (2022). Diese untersuchten die VO_2 -Werte bei 22 Personen mit anhaltenden Beschwerden ein Jahr nach der Erkrankung.

1.3 Post-COVID-19-Skala des funktionellen Status

Ein systematischer Review von Groff et al. (2021) ergab, dass 44 % der Patientinnen und Patienten nach einer Infektion mit SARS-CoV-2 Beeinträchtigungen der allgemeinen Funktionsfähigkeit aufweisen. Bei den untersuchten Studien gaben rund 20 % einen Mobilitätsverlust an, eine reduzierte Belastungstoleranz stellte man bei fast 15 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmern fest (Groff et al., 2021). Es gibt unterschiedlichste Methoden um die Beeinträchtigungen nach COVID-19 im alltäglichen Leben festzustellen. Klok et al. (2020) haben dabei die Post-COVID-19-Skala des funktionellen Status, kurz PCFS, entwickelt. Ein sehr einfacher und schnell erhebbarer Parameter, um eine nicht vollständige Erholung nach COVID-19 zu erheben. Die Skala deckt gänzliche

Auswirkungen der Erkrankung auf funktionelle Einschränkungen ab, auch Veränderungen im Lebensstil, Sport und in sozialen Aktivitäten. Der durchschnittliche Wert der letzten Woche soll von der betroffenen Person angegeben werden, außer im Falle einer Entlassung aus dem Krankenhaus. Bei einer Entlassung stellt die Skala die Situation des Entlassungstages dar. Die Symptome, die dazu führen einen bestimmten Grad anzukreuzen oder auszuwählen, sollen Atemnot, Schmerzen, Müdigkeit, Muskelschwäche, Gedächtnisprobleme, Depression und Angst inkludieren. Jedoch sollen sie sich nicht ausschließlich auf diese Beschwerden beschränken. Wenn die Teilnehmerin oder der Teilnehmer empfindet, dass zwei der Grade auf die aktuelle Situation zutreffen, dann soll immer der höhere Wert angekreuzt werden. Bei mehrmaliger Erhebung lässt sich hier auch der Verlauf über die Zeit feststellen, sowie eventuelle Ausgangslagen vor der Erkrankung erfassen. Tabelle 2 stellt die Beschreibung des PCFS dar. Die Skala reicht von Grad 0 bis Grad 4. Die vier Grade der Skala werden noch erweitert durch Grad D, welcher den Tod der Patientinnen oder Patienten angibt. Der PCFS kann entweder über ein Flussdiagramm oder den Patientenfragebogen erhoben werden (Klok et al., 2020).

Tab. 2: PCFS-Skalengrad Beschreibung

PCFS-Grad	Beschreibung der funktionellen Einschränkung im Alltag
0	Keine funktionellen Einschränkungen
1	Vernachlässigbare funktionelle Einschränkungen
2	Leichte funktionelle Einschränkungen
3	Mäßige funktionelle Einschränkungen
4	Schwere funktionelle Einschränkungen
D	Tod

Quelle: mod. nach Klok (2020, S. 2)

Die PCFS-Skala korreliert positiv mit anderen Erhebungsmethoden zur gesundheitsbedingten Lebensqualität und zur mentalen Gesundheit (Benkalfate et al., 2022; Giurgi-Onucu et al., 2021; Goudman, De Smedt, Noppen & Moens, 2021; Machado et al., 2021). Als eine der Stärken des PCFS beschreiben Benkalfate et al. (2022), dass die Skala nicht auf eine bestimmte Beeinträchtigung, sondern allgemein auf die üblichen Tätigkeiten zu Hause oder am Arbeitsplatz abzielt und zusätzlich leicht auszufüllen ist. Passend dazu sehen Pant et al. (2021) die PCFS-Skala als einfach anzuwendenden Fragebogen für eine große Masse an infizierten Personen, welche außerdem kostengünstig ist. Des Weiteren ist sie wichtig zur Abschätzung der Folgen nach dem Kontakt mit SARS-

CoV-2 (Pant et al., 2021). Untersuchungen haben einen erhöhten PCFS-Grad bei Personen nach einer Infektion gezeigt (Mohamed Hussein et al., 2021; Pant et al., 2021). Dabei wurden auch Unterschiede bezüglich des Krankheitsverlaufs zwischen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern festgestellt. Jene, die während der Infektion im Krankenhaus behandelt werden mussten, hatten einen höheren PCFS-Grad als jene, die nicht hospitalisiert waren. Personen, die wiederum auf der Intensivstation behandelt werden mussten, schnitten nochmal schlechter ab (Giurgi-Onucu et al., 2021; Taboada et al., 2021). Zudem wurde bereits festgestellt, dass der PCFS auch drei Monate nach der Erkrankung erhöht sein kann und diese Auswirkungen sogar bis zu einem Jahr anhalten können (Bayat et al., 2022; Betschart et al., 2021; Du et al., 2021; Rubeshkumar et al., 2022; Taboada et al., 2021). Bestimmte Faktoren können einen höheren PCFS-Grad begünstigen. Dazu zählen das weibliche Geschlecht, ein höheres Lebensalter, Rauchen, Komorbiditäten, die Dauer des Aufenthalts im Krankenhaus, die Behandlung auf der Intensivstation während der Infektion, sowie die Dauer der Symptome und eine mechanische Beatmung im Zuge der Erkrankung (Banić et al., 2022; Bayat et al., 2022; Benkalfate et al., 2022; Leite et al., 2022). Doch nicht alle aktuellen Studien zu den Ergebnissen der PCFS-Skala ergeben ein einheitliches Bild. Die Angaben der Probandinnen und Probanden zu den unterschiedlichen Graden des PCFS variierten je nach Studienkollektiv teilweise sehr stark. Die Ergebnisse streuen je nach Studienkollektiv von 0 bis 88 % der Personen, die Grad 0 und somit keine Einschränkungen auf der Skala angaben. Wenn man es andersherum betrachtet, gaben je nach untersuchtem Kollektiv 12 bis 100 % der Personen Grad 1 bis 4 beim PCFS an (De Oliveira, Gardel, Ghetti & Lopes, 2022; Hossain et al., 2021). Bei der Studie von De Oliveira et al. (2022) handelte es sich allerdings um kleines Kollektiv von 37 Frauen mit Post-COVID-19 Syndrom. Hier gaben sogar mehr als 70 % Grad 2 oder 3 auf der PCFS-Skala an, was im täglichen Leben leichten oder mäßigen Einschränkungen entspricht (De Oliveira et al., 2022).

1.4 Körperliche Leistungsfähigkeit und PCFS

Es gibt immer mehr Studien zu SARS-CoV-2 und den Auswirkungen während und nach einer Infektion. Aus diesen geben sich zahlreiche Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit, auch noch Monate danach, zu erkennen. Dabei bezieht sich die angegebene Literatur vor allem auf die VO_2 -Werte nach der akuten Erkrankung. Hier zeigten sich in über 80 % der Studien einer Übersichtsarbeit, VO_{2peak} -Werte unter 90 % verglichen mit Referenzwerten. Personen direkt nach einem Krankenhausaufenthalt scheinen dabei besonders betroffen zu sein, während Leistungssportlerinnen und Leistungssportler mit milden Krankheitsverläufen am wenigsten Einschränkungen zeigen (Schwendinger et al., 2022). Auch die Pflichten und Aktivitäten des alltäglichen Lebens stellen für die

Menschen nach einer COVID-19-Infektion teilweise noch eine Herausforderung dar. Die Angaben zum PCFS zeigen, dass viele Personen auch nach der akuten Infektion weiterhin Probleme im Alltag haben. Personen mit anhaltenden Symptomen haben voraussichtlich auch mit mehr Beeinträchtigung im täglichen Leben zu kämpfen (Barbagelata et al., 2021; De Oliveira et al., 2022). Des Weiteren ist ein schwerer Krankheitsverlauf besonders mit hohen PCFS-Werten und geringen VO_2 -Werten verbunden (Giurgi-Onclu et al., 2021; Taboada et al., 2021; Vonbank et al., 2021). Dabei kann sowohl der PCFS-Grad erhöht, als auch die VO_2 unter maximaler Belastung noch bis zu einem Jahr nach der Infektion erniedrigt sein (Betschart et al., 2021; Steinbeis et al., 2022).

Neben den VO_2 -Werten gibt es auch noch andere Erhebungsmethoden für die körperliche Leistungsfähigkeit, wie den 6-Minuten-Geh-Test (6MGT). In einer Studie mit knapp über 1000 Probandinnen und Probanden mit unterschiedlichen kardiopulmonalen Einschränkungen zeigte sich eine positive Korrelation zwischen dem 6MGT und der VO_{2peak} (Ross, Murthy, Wollak & Jackson, 2010). Eine weitere Studie, untersuchte die Lebensqualität, erhoben mit einer anderen Erhebungsmethode als dem PCFS, und gleichzeitig die körperliche Leistungsfähigkeit mittels 6MGT. Hier wurden 51 im Schnitt 56 Jahre alte Personen, die an einer Lungenerkrankung litten, untersucht. Dabei wurden zwei Monate nach einer COVID-19-Infektion bei zwölf Personen verringerte Werte im 6MGT festgestellt. Zusätzlich wurde der SF-36 (Short Form Gesundheitsfragebogen 36) erhoben, welcher die psychische, körperliche und soziale Gesundheit per Selbsteinschätzung erfasst. Auch dieser war bei den Patientinnen und Patienten, die moderat bis kritisch erkrankten, in allen Bereichen erniedrigt. Diese Studie zeigt, dass sowohl die Lebensqualität als auch die körperliche Leistungsfähigkeit innerhalb derselben Erhebung verringert sein können. Eine Korrelation zwischen dem 6MGT und dem SF-36 wurde allerdings nicht untersucht (Strumiliene et al., 2021). Die Studie von De Oliveira et al. (2022) zeigte beim SF-36 ebenfalls verringerte Werte in allen Dimensionen und gleichzeitig erhöhte Angaben zum PCFS der Teilnehmerinnen und Teilnehmern, ohne dabei den Zusammenhang zu untersuchen.

Es gibt allerdings noch keine einzige Studie, die sich mit dem Zusammenhang der körperlichen Leistungsfähigkeit, in Form der VO_2 , und der PCFS-Skala nach der COVID-19-Infektion befasst. Aufgrund der vorhandenen Literatur kann vermutet werden, dass zwischen der VO_{2max} und der PCFS eine Korrelation besteht, da die VO_2 bei der VT1, bei der VT2 und unter maximaler Belastung erniedrigt sein kann und der PCFS nach einer Erkrankung erhöht ist.

2 Ziel der Studie und Hypothese

Das Ziel dieser Studie ist die Untersuchung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Patientinnen und Patienten nach einer COVID-19-Erkrankung, sowie deren Einschränkungen im täglichen Leben. Aufgrund der nicht einheitlichen Literatur zum PCFS besteht hier noch Bedarf zur Forschung, vor allem weil die Streuung der PCFS-Grade bei den unterschiedlichen Studienkollektiven so hoch ist (siehe Kapitel 1.3). Bezüglich der VO_2max (siehe Kapitel 1.2.5), fanden in der Literatur bestimmte Personengruppen bislang noch weniger Beachtung, da Probandinnen und Probanden, die im Zuge der Erkrankung nicht hospitalisiert wurden und keinen Leistungssport betreiben, bis jetzt noch in sehr wenigen Studien bezüglich ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit untersucht wurden. Außerdem gibt es noch keine Studie, die eine Korrelation zwischen der körperlichen Leistungsfähigkeit von Teilnehmerinnen und Teilnehmern und der PCFS-Skala darstellt. Aufgrund der bestehenden Forschungslücke ist es von Notwendigkeit zu ermitteln, ob hier ein Zusammenhang der beiden Parameter besteht. Neben der VO_2peak sollen auch die VO_2 -Werte an der VT1 beziehungsweise an der VT2 untersucht werden. Außerdem wird auch ein Blick auf die anthropometrischen Daten, den Krankheitsverlauf und weitere Parameter aus der Spiroergometrie geworfen. Sollten sich daraus etwaige Auffälligkeiten ergeben, könnten künftige Projekte diese Parameter genauer untersuchen. Des Weiteren ist es wichtig neue Daten zum Pandemiegeschehen zu erhalten, da sich die Situation aktuell mit der Virusvariante Omikron und den Impfungen anders als noch am Anfang der Pandemie darstellt (Yu et al., 2022). Die Herausforderung besteht noch immer darin, das Virus besser zu verstehen und die betroffenen Personen mit neuen Erkenntnissen zu versorgen und ihnen damit zu helfen. Ein Hauptaugenmerk der Studie liegt außerdem darauf, Aussagen für die Allgemeinbevölkerung zu treffen, Zusammenhänge zwischen der körperlichen Leistungsfähigkeit und dem PCFS zu erkennen und daraus Schlüsse für künftige Studien zu ziehen. Aufgrund des bisherigen Standes der Forschung wird die Hypothese aufgestellt, dass trainierte Personen weniger körperliche Einschränkungen nach COVID-19 haben. Es wird also vermutet, dass je höher der PCFS-Grad ist, desto niedriger die VO_2peak , ebenso wie die VO_2 bei VT1 und VT2, ausfällt.

3 Methodik

Diese Studie findet im Rahmen der Versorgungsstudie „Leistungsfähigkeit und Lebensqualität nach COVID-19“ statt. Durchgeführt wird sie von der Abteilung Sportmedizin, Leistungsphysiologie und Prävention am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien.

3.1 Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer

Untersucht wurden 113 untrainierte und trainierte, sowohl männliche als auch weibliche Personen. Es wurden Personen mit jeglichem Krankheitsverlauf durch SARS-CoV-2 eingeladen, die die folgende Ein- und Ausschlusskriterien erfüllen.

Einschlusskriterien:

- Nachweis einer durchlaufenen COVID-19-Erkrankung
- Alter: ≥ 18 Jahre

Ausschlusskriterien:

- Akute internistische und/oder orthopädische Erkrankungen
- Akute COVID-19-Erkrankung

Rekrutiert wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer über eine freiwillige Anmeldung auf der Studien-Webseite (<https://postcovid19.univie.ac.at/>). Die für diese Teiluntersuchung eingeschlossenen Probandinnen und Probanden wurden zwischen Jänner 2022 und August 2022 untersucht. Die Personen wurden unabhängig vom Zeitpunkt ihrer COVID-19-Erkrankung zur Testung eingeladen. Es waren Personen mit unterschiedlichen Krankheitsverläufen erwünscht, die eine durchlaufene COVID-19-Erkrankung mittels Polymerasekettenreaktion (PCR) nachweisen konnten.

3.2 Studienablauf

Bei der Studie handelt es sich um eine Querschnittsstudie. Die Untersuchungen und Fragebögen fanden an einem Testtag statt und nahmen zwischen zwei und drei Stunden Aufwand in Anspruch. Anfangs wurde bei den Probandinnen und Probanden eine Anamnese inklusive einer ausführlichen sportmedizinischen Untersuchung durchgeführt. Bei der Anamnese (siehe Anhang B) wurden unter anderem demografische Daten und Informationen zum Freizeitverhalten erhoben. Aus diesem Datenmaterial wurden jeweils Kategorien zum Alter und zum Sportumfang der teilnehmenden Personen erstellt. Zusätzlich wurden Informationen zur Infektion, wie Zeitpunkt und Symptome, und mittels eines COVID-19-Fragebogens (siehe Anhang C) zur COVID-19-Impfung erhoben. Wenn

die Angabe zum Zeitpunkt der Infektion nur mit dem Monat erfolgte, wurden die Berechnungen mittels dem ersten des angegebenen Monats durchgeführt. Berechnet wurden unter anderem die Zeit, die seit der COVID-19-Infektion vergangen war und ob die Personen bei der Erkrankung bereits geimpft waren. Zu den sportmedizinischen Untersuchungen gehörten die Analyse der Körperzusammensetzung mittels Bioelektrischer Impedanzanalyse, ein Ruhe-Elektrokardiogramm, eine Blutabnahme, der Ultraschall des Herzens und ein großer Lungenfunktionstest. Des Weiteren wurden eine Pulswellenanalyse und eine Handgriffkraftmessung durchgeführt. Danach erfolgte die Belastungsuntersuchung mittels Spiroergometrie, welche genauer in Kapitel 3.4 erläutert wird. Neben dem COVID-19-Fragebogen, wo unter anderem auch der PCFS angegeben wurde (siehe Kapitel 3.5), gab es auch noch weitere Fragebögen zu beantworten. Abschließend gab es eine ärztliche Abschlussbesprechung, bei der die Befunde besprochen und an die Teilnehmer und Teilnehmerinnen übergeben wurden.

Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der medizinischen Universität in Wien (EK-00620/2021) genehmigt. Außerdem wurde sichergestellt, dass alle Patientinnen und Patienten eine Einverständniserklärung (siehe Anhang A) zu Beginn der Untersuchungen unterschrieben. Hier wurde ihnen nochmal der Zweck und Ablauf der Studie erklärt, sowie mögliche Risiken dargelegt. Den Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern wurde außerdem zur Pseudonymisierung der Daten eine Covidnummer zugewiesen. Diese dient zum Schutz der Teilnehmerinnen und Teilnehmer und bei der Verarbeitung der personenbezogenen Daten. Die Covidnummer setzt sich aus dem Kürzel „Cov“ und einer fortlaufenden Nummer, in der Reihenfolge der Anmeldung, zusammen.

3.3 Einteilung der Krankheitsverläufe

Es wurden Personen mit unterschiedlichsten Ausprägungen bezüglich der Symptome während der akuten Infektion eingeschlossen. Die Unterteilung in den Schweregrad des Verlaufs erfolgte folgendermaßen:

- Asymptomatische Infektion: Personen, die positiv auf SARS-CoV-2 getestet wurden, aber keine Symptome aufwiesen.
- Milde Erkrankung: Personen, die eines der verschiedenen Anzeichen und Symptome von COVID-19 aufwiesen, die jedoch unter keiner Kurzatmigkeit litten.
- Moderate Erkrankung: Personen, die eine Erkrankung der unteren Atemwege aufwiesen.
- Schwere Erkrankung: Personen, welche stationär behandelt werden mussten.
- Kritische Erkrankung: Personen, welche auf der Intensivstation behandelt werden mussten (COVID-19 Treatment Guidelines Panel, 2022).

3.4 Spiroergometrie

Für die Spiroergometrie wurde ein Rampenprotokoll mit kontinuierlicher Belastungssteigerung gewählt und entsprechend den Richtlinien durchgeführt (Fletcher et al., 2013). Das Protokoll wurde sitzend auf dem Fahrradergometer (Ergoline®, Ergoselect 200, Deutschland) gefahren, um eine sichere Durchführung auch für ältere Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu gewährleisten. Vorab wurde eine Ruhephase von drei Minuten auf dem Ergometer durchgeführt, in der noch nicht getreten wurde, um die Werte in Ruhe aufzuzeichnen. Danach folgte eine zweiminütige Aufwärmphase ohne Widerstand mit 60 bis 80 Umdrehungen pro Minute. Die Steigerung des anschließenden Protokolls wurde je nach Fitnessniveau an das erwartete Maximum der Person angepasst. Hierbei wurde das Gewicht in Kilogramm der Teilnehmerinnen je nach Einschätzung mit zwei oder drei multipliziert. Bei den männlichen Probanden wurde mit drei bis vier Watt pro Kilogramm Körpergewicht kalkuliert (American Thoracic Society & American College of Chest Physicians, 2003). Anschließend fuhren die untersuchten Personen mit Steigerungen von 15, 20 oder 25 Watt pro Minute, bei einer Umdrehungszahl von 60 bis 80 Umdrehungen pro Minute. Die beabsichtigte Untersuchungsdauer lag zwischen acht und zwölf Minuten. Sobald die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die geforderte Umdrehungszahl nicht mehr aufrechterhalten konnten oder beim Auftreten sonstiger Abnormalitäten, wurde die Belastung beendet. Die genauen Abbruchkriterien sind in Tabelle 3 abgebildet. Nach der maximalen Belastungsphase gab es eine Auslaufphase ohne Widerstand von fünf bis sechs Minuten auf dem Fahrradergometer.

Tab. 3: Absolute Indikationen für einen Belastungsabbruch

Absolute Indikationen
EKG-Veränderungen, wie ST-Streckenhebung (> 1,0 mm) oder andere Herzrhythmusstörungen
Abfall des systolischen Blutdrucks > 10 mmHg, trotz Erhöhung der Arbeitsbelastung, bei gleichzeitigem Auftreten anderer Anzeichen einer Ischämie
Mittelschwere bis schwere Angina Pectoris
Symptome des Zentralnervensystems oder Anzeichen einer Minderdurchblutung
Anhaltende ventrikuläre Tachykardie oder andere Arrhythmie
Bitte der Person aufzuhören

Quelle: mod. n. Fletcher (2013, S. 882)

Während der Belastung gab es eine kontinuierliche Messung der Herzfrequenz (Custo Med®, Custo Cardio 300, Deutschland) und der Atemgase (Cortex®, MetaMax® 3B,

Deutschland). Dabei wurde die VO_2 und die gefahrenen Watt zu den drei unterschiedlichen Zeitpunkten, VT1, VT2 und $\text{VO}_{2\text{peak}}$, erfasst. Die VO_2 wurde, ebenso wie die Watt, normiert auf das Körpergewicht (VO_2/kg ; Watt/kg) dargestellt. Die VO_2 wurde zusätzlich in Prozent der erwarteten $\text{VO}_{2\text{peak}}$ (%Norm) einer Referenzgruppe und zur eigenen erreichten $\text{VO}_{2\text{peak}}$ (%Peak) beschrieben. Weiters wurde alle zwei Minuten eine manuelle Messung des Blutdrucks durchgeführt und eine regelmäßige Kontrolle der Sauerstoffsättigung vorgenommen. Die Blutlaktatkonzentration wurde in Ruhe, direkt nach der Belastung, sowie zwei & sechs Minuten nach Erreichen der maximalen Belastungsphase erhoben. Die VT1 wurde im Anschluss an die Untersuchung mittels V-Slope Methode in der Grafik VCO_2 gegenüber VO_2 bestimmt und zusätzlich mit dem Diagramm der VE gegenüber der VO_2 abgeglichen. In der Darstellung VE gegenüber VCO_2 wurde die VT2 ermittelt und ebenfalls mit der Grafik VE gegenüber VCO_2 kontrolliert (Meyer et al., 2005; Scharhag-Rosenberger, 2010). Da in dem Großteil der Untersuchungen am Ende der Belastung kein Plateau der VO_2 festgestellt werden konnte, wurde die erreichte VO_2 als $\text{VO}_{2\text{peak}}$ angegeben. Für die Auswertung der $\text{VO}_{2\text{peak}}$ wurde die VO_2 über die höchsten 30 Sekunden am Belastungsmaximum gemittelt. Als Referenz zu den erwarteten $\text{VO}_{2\text{max}}$ -Werten dienten die Werte von Wasserman et al. (2020). Die im Rahmen der Spiroergometrie erhobene $\text{VO}_{2\text{peak}}$ wurde anhand der Referenzgruppe in vier unterschiedliche Kategorien eingeteilt. Eine $\text{VO}_{2\text{peak}}$ unter 85 % des erwarteten Wertes wurde als unzureichend angesehen, Werte über 115 % der Norm wurde als überdurchschnittlich gewertet. Die weiteren Kategorien befanden sich zwischen 85 % und 100 % und zwischen 100 % und 115 %. Die VO_2 an der VT1 wurde als leicht eingeschränkt bewertet, sobald der Wert unter 40 % im Vergleich zur Normgruppe lag.

3.5 Post-Covid-Skala des funktionellen Status

Um eine nicht vollständige Erholung nach einer Infektion mit SARS-CoV-2 festzustellen, kann die PCFS-Skala verwendet werden. Der PCFS reicht von Grad 0 bis 4, wobei Grad 0 bedeutet, dass keine funktionellen Einschränkungen im Alltag vorliegen, Grad 1 beschreibt vernachlässigbare Funktionsbeeinträchtigungen. Unter Grad 2 versteht man leichte Einschränkungen im täglichen Leben. Grad 3 stellt mäßig verminderte Funktionen dar und Grad 4 ist die schwere Funktionsbeeinträchtigung im Alltag nach COVID-19 (Klok et al., 2020). Die untersuchten Personen bekamen die entsprechenden Sätze, wie in Tabelle 4, zu sehen und mussten nach eigenem Befinden einen Grad ankreuzen. Dabei sollte der durchschnittliche Wert der letzten Woche angegeben werden. Passen zwei der Grade zu der aktuellen Situation, wird der höhere Wert angekreuzt. Die angeführte Version der PCFS-Skala ist die deutsche Version, die noch nicht validiert wurde.

Tab. 4: Die deutsche Version des Patientenfragebogen für den Patienten-Selbstbericht des PCFS

Wie stark sind Sie derzeit im in ihrem Alltag von COVID-19 betroffen?	PCFS-Grad
Ich habe keine Einschränkungen in meinem täglichen Leben und keine Symptome, Schmerzen oder Angst im Zusammenhang mit der Infektion.	0
Ich habe vernachlässigbare Einschränkungen in meinem täglichen Leben, da ich alle üblichen Pflichten/Aktivitäten ausführen kann, obwohl ich immer noch anhaltende Symptome, Schmerzen oder Angstzustände habe.	1
Ich leide unter Einschränkungen in meinem täglichen Leben, da ich gelegentlich aufgrund von Symptomen, Schmerzen oder Ängsten Pflichten/Aktivitäten vermeiden oder reduzieren oder über die Zeit verteilen muss. Ich bin jedoch in der Lage, alle Aktivitäten ohne jegliche Unterstützung auszuführen.	2
Ich leide unter Einschränkungen in meinem Alltag, da ich aufgrund von Symptomen, Schmerzen oder Ängsten nicht in der Lage bin alle üblichen Aufgaben/Aktivitäten auszuführen. Ich bin jedoch in der Lage, mich selbst um mich zu kümmern.	3
Ich leide unter schweren Einschränkungen in meinem Alltag. Ich bin nicht in der Lage, für mich zu sorgen und deshalb bin ich aufgrund von Symptomen, Schmerzen oder Ängsten auf die Pflege und/oder Hilfe einer anderen Person angewiesen.	4

Quelle: mod. n. Klok (2020, S. 2)

3.6 Statistische Analyse

Zur Auswertung wurden die erhobenen Daten händisch in eine Tabelle in das Programm Excel (Microsoft® Office®, 2022, USA) übertragen, beziehungsweise wurden die Parameter der Spiroergometrie aus dem Programm MetaSoft® Studio (Cortex®, Deutschland) exportiert. Anschließend wurden diese mittels SPSS (IBM® SPSS® Statistics, Version 29, USA) analysiert. Um einen Überblick über die untersuchten Probandinnen und Probanden zu erhalten, wurde eine deskriptive Statistik durchgeführt und Tabellen zur Darstellung des Studienkollektivs und der Ergebnisse erstellt. Weiters wurden die anthropometrischen Daten mit dem nicht parametrischen Mann-Witney-U-Test auf signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen untersucht. Ein statistisch signifikanter Unterschied wurde bei $p < 0,05$ definiert und in Tabelle 5 entsprechend mit einem „*“ vermerkt. Bei einem p-Wert $< 0,01$ wurde dies mit „**“ gekennzeichnet. Um die Unterschiede des Alters und BMI zwischen den PCFS-Graden zu untersuchen, wurde ein nicht parametrischer Test für unabhängige Stichproben angewandt. Ebenfalls wurden die VO_2 -Werte, sowie die Watt und Watt/kg an der VT1, VT2 und zum Zeitpunkt der VO_{2peak} auf Unterschiede zwischen den PCFS-Graden getestet. Diese Unterschiede wurden mit der einfaktoriellen Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis dargelegt. Sobald ein statistisch signifikanter Unterschied von $p < 0,05$ erreicht wurde, erfolgten noch weitere paarweise

Vergleiche, welche in Tabelle 9 dargestellt sind. Abschließend wurde mit dem nicht parametrischen Test Spearman-Rho überprüft, ob die Zusammenhangshypothese zwischen dem PCFS und Alter, BMI und Sport pro Woche der Probandinnen und Probanden verworfen oder beibehalten wird. Außerdem wurde ausgewählte Parameter für die körperliche Leistungsfähigkeit, an der VT1, VT2 und zum Zeitpunkt VO₂peak auf einen Zusammenhang dem PCFS geprüft. Die Korrelation wurde zweiseitig getestet, die Zusammenhangshypothese wurde beibehalten, wenn der p-Wert < 0,05 (*) beziehungsweise < 0,01 (**) ausfiel. Die signifikanten Korrelationen wurden entsprechend in der Tabelle 10 dargestellt. Der Korrelationskoeffizient „r“ stellt dabei die Stärke des Zusammenhangs dar. Bei einem r unter 0,2 liegt eine sehr geringe Korrelation vor. Zwischen 0,2 und 0,5 gibt es einen geringen, bis 0,7 einen mittleren und ab 0,7 einen hohen Zusammenhang der Parameter (Untersteiner, 2007). Die Schätzung des 95 % Konfidenzintervalls wurde mit der Formel basierend auf Fieller, Hartley und Pearson unternommen. Zur besseren Veranschaulichung wurden Grafiken für die im Rahmen dieser Studie relevanten Parametern mit den Mittelwerten und Standardabweichungen mittels Excel (Microsoft® Office®, 2022, USA) erstellt.

4 Ergebnisse

In den kommenden Unterkapiteln werden die Auswertung mit SPSS (IBM® SPSS® Statistics, Version 29, USA), sowie die mittels Excel (Microsoft® Office®, 2022, USA) erstellten Grafiken dargelegt. Angefangen wird mit der Darstellung des Studienkollektivs, gefolgt von den Zusammenhängen der unterschiedlichen Parameter mit den PCFS-Graden und den Grafiken zur besseren Veranschaulichung.

4.1 Deskriptive Statistik

Eine deskriptive Analyse wurde für alle 113 eingeschlossenen Probandinnen und Probanden durchgeführt, welche an den Untersuchungen zwischen Jänner und August 2022 teilnahmen. Das Studienkollektiv bestand aus 40,7 % Frauen und das Durchschnittsalter der Probandinnen und Probanden betrug 36,8 Jahre. Der BMI lag im Mittel bei 24 kg/m², wobei 64,4 % normalgewichtig, 26,5 % übergewichtig und 8,8 % fettleibig waren. Die Probandinnen und Probanden betrieben im Schnitt 5,8 Stunden Sport pro Woche. Die Zeit von der COVID-19-Erkrankung bis zum Tag der Untersuchung betrug im Mittel 137,2 Tage mit einer Standardabweichung von $\pm 140,8$ Tage. Von den 113 Personen litten 22 an erhöhten Cholesterinwerten, 14 an erhöhtem Blutdruck und 36 an einer anderen Vorerkrankung. Die Daten des Studienkollektivs werden in Tabelle 5 und Tabelle 6 gesamt und auch geschlechterspezifisch dargestellt. Außerdem wurden die Parameter der Probandinnen und Probanden in Tabelle 5 auf Unterschiede zwischen den Geschlechtern getestet und die p-Werte angegeben.

Tab. 5: Anthropometrische Daten, Sport pro Woche und vergangene Tage seit COVID-19

Variable [Einheit]	Mittelwert ($\pm$ Standardabweichung)			
	Gesamt (n = 113)	Männer (n = 67)	Frauen (n = 46)	p-Wert
Alter [Jahre]	36,8 ($\pm 11,4$)	37,3 ($\pm 11,9$)	36,1 ($\pm 10,6$)	p = 0,726
Größe [cm]	175,0 ($\pm 8,6$)	180,3 ($\pm 6,0$)	167,2 ($\pm 5,3$)	p < 0,001 **
Gewicht [kg]	75,1 ($\pm 16,2$)	81,4 ($\pm 13,6$)	66,1 ($\pm 15,5$)	p < 0,001 **
BMI [kg/m ²]	24,4 ($\pm 4,5$)	25,0 ($\pm 3,6$)	23,6 ($\pm 5,4$)	p < 0,001 **
Sport pro Woche [h]	5,8 ($\pm 3,6$)	6,6 ($\pm 3,7$)	4,7 ($\pm 3,0$)	p = 0,005 **
Tage seit COVID-19 [d]	137,3 ($\pm 140,8$)	150,0 ($\pm 160,4$)	118,7 ($\pm 102,8$)	p = 0,638

Gezeigte Werte: n = Stichprobengröße, Mittelwert ($\pm$ Standardabweichung), BMI = Body-Mass-Index, COVID-19 = Coronavirus-Krankheit-19, Mann-Witney-U-Test, Unterschied zwischen Männern und Frauen, **: p-Wert < 0,01

Tab. 6: Geschlechtsverteilung, Risikofaktoren und Vorerkrankungen

Variable [Einheit]	Anzahl (%)		
	Gesamt (n = 113)	Männer (n = 67)	Frauen (n = 46)
Geschlecht [n]	113 (100,0)	67 (59,3)	46 (40,7)
Alkoholkonsum [n]	88 (77,9)	52 (77,6)	36 (78,3)
Nikotinkonsum [n]	10 (8,8)	4 (6,0)	6 (13,0)
Ehemaliger Nikotinkonsum [n]	28 (24,8)	18 (26,9)	10 (21,7)
Erhöhtes Cholesterin [n]	22 (19,5)	14 (20,9)	8 (17,4)
Erhöhter Blutdruck [n]	14 (12,4)	11 (16,4)	3 (6,5)
Sonstige Vorerkrankungen [n]	36 (31,9)	21 (31,3)	15 (32,6)
Vorerkrankung [n]	51 (45,1)	31 (46,3)	20 (43,5)

Gezeigte Werte: n = Stichprobengröße, Anzahl (%)

Die Informationen zur COVID-19-Impfung und der Zeitpunkt der Infektion werden in Tabelle 7 angeführt, zusätzlich wurde eine Unterteilung in Männer und Frauen vorgenommen. Gesamt waren 91,2 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer geimpft, dies war bei den Männern und Frauen nahezu gleich verteilt. 83,2 % waren gegen SARS-CoV-2 geimpft als sie sich mit dem Virus infizierten und bei 32,7 % der Personen fand die Infektion vor dem 1. Jänner 2022 statt. Die Trennung des Zeitpunkts der Erkrankung wurde so gewählt, da ab dem Jänner 2022 die Omikron-Variante des Virus dominant war und es ab diesem Zeitpunkt eine hohe Wahrscheinlichkeit gibt, dass eine Infizierung mit der Omikron-Variante erfolgte (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, 2022). Personen, die sich vor und nach dem 1. Jänner 2022 infiziert hatten, sind unter dem Punkt „beides“ aufgelistet. Unter diese Kategorie fielen 8,0 % der Personen. Dieselbe Kategorie gibt es für Personen, die sowohl mit als auch ohne eine COVID-19-Impfung erkrankt waren. Dies war nur bei 2,7 % der Probandinnen und Probanden der Fall. Die Informationen werden für die Gesamtzahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer absolut und prozentuell dargestellt. Außerdem wurde die Tabelle geschlechtsspezifisch unterteilt.

Tab. 7: Daten zur COVID-19-Impfung und -Infektion

Variable [Einheit]	Anzahl (%)		
	Gesamt (n = 113)	Männer (n = 67)	Frauen (n = 46)
COVID-19 geimpft [n]	103 (91,2)	61 (91,0)	42 (91,3)
COVID-19 ungeimpft [n]	10 (8,8)	6 (9,0)	4 (8,7)
<i>Infektion nach dem 1.1.2022</i>			
Ja [n]	67 (59,3)	39 (58,2)	28 (60,9)
Nein [n]	37 (32,7)	23 (34,3)	14 (30,4)
Beides [n]	9 (8,0)	5 (7,5)	4 (8,7)
<i>Geimpft bei Infektion</i>			
Ja [n]	94 (83,2)	54 (80,6)	40 (87,0)
Nein [n]	16 (14,2)	11 (16,4)	5 (10,9)
Beides [n]	3 (2,7)	2 (3,0)	1 (2,2)
Gezeigte Werte: n = Stichprobengröße, Anzahl (%), COVID-19 = Coronavirus-Krankheit-19			

Der Krankheitsverlauf der akuten Erkrankung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer war bei 73,5 % mild und bei 23,0 % moderat. Eine Person (0,9 %) hatte einen asymptomatischen Verlauf und drei Personen (2,7 %) erkrankten schwer am Virus SARS-CoV-2 und mussten im Zuge der Erkrankung im Krankenhaus behandelt werden. Bei den Kategorien der VO₂ am Belastungsmaximum hatten 5,3 % Personen eine unzureichende VO₂peak, die im Vergleich mit der Referenzgruppe kleiner als 85 % ausfiel. 15,0 % lagen mit ihrer VO₂peak zwischen 85 und 99,9 % der Norm. Bei 21,2 % wurden maximale VO₂-Werte zwischen 100 und 114,9 % gemessen, 58,4 % erzielten Werte über 115 % im Vergleich zum Referenzwert. Bei den VO₂-Werten an der VT1 hatten 22,1 % leichte Beeinträchtigungen, die restlichen 77,9 % wiesen einen normale VO₂ an diesem Zeitpunkt auf. Im PCFS gaben 40,7 % der Befragten an, keine Funktionseinschränkungen im täglichen Leben zu haben. Unter Grad 1 fielen 41,6 % der Personen, die den Fragebogen ausfüllten. Grad 2 wurde von 14,2 % und Grad 3 von 3,5 % angekreuzt. Schwere Beeinträchtigungen im Alltag gab es bei keiner einzigen untersuchten Person. Zusätzlich zu den bereits genannten Kategorien, wird die Alterskategorie und Kategorie zu den Sportstunden pro Woche der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gezeigt. Die Kategorien des Studienkollektivs werden in Tabelle 8 gesamt und auch geschlechterspezifisch dargestellt.

Tab. 8: Einteilung des Studienkollektivs in verschiedene Kategorien

Variable [Einheit]	Anzahl (%)		
	Gesamt (n = 113)	Männer (n = 67)	Frauen (n = 46)
<i>Schweregrad des Krankheitsverlaufes</i>			
Asymptomatisch [n]	1 (0,9)	0 (0,0)	1 (2,2)
Milder Verlauf [n]	83 (73,5)	52 (77,6)	31 (67,4)
Moderater Verlauf [n]	26 (23,0)	12 (17,9)	14 (30,4)
Schwerer Verlauf [n]	3 (2,7)	3 (4,5)	0 (0,0)
Kritischer Verlauf [n]	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
<i>VO₂peak-Kategorie</i>			
< 85 %Norm [n]	6 (5,3)	5 (7,5)	1 (2,2)
85 – 99,9 %Norm [n]	17 (15,0)	8 (11,9)	9 (19,6)
100 – 114,9 %Norm [n]	24 (21,2)	18 (26,9)	6 (13,0)
≥ 115 %Norm [n]	66 (58,4)	36 (53,7)	30 (65,2)
<i>VT1-Kategorie</i>			
< 40 %Norm an der VT1 [n]	25 (22,1)	19 (28,4)	6 (13,0)
≥ 40 %Norm an der VT1 [n]	88 (77,9)	48 (71,6)	40 (87,0)
<i>PCFS-Grad</i>			
Grad 0 [n]	46 (40,7)	28 (41,8)	18 (39,1)
Grad 1 [n]	47 (41,6)	26 (38,8)	21 (45,7)
Grad 2 [n]	16 (14,2)	11 (16,4)	5 (10,9)
Grad 3 [n]	4 (3,5)	2 (3,0)	2 (4,3)
Grad 4 [n]	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Gezeigte Werte: n = Stichprobengröße, Anzahl (%), VO ₂ peak = höchste gemessene VO ₂ , %Norm = Prozent der Sauerstoffaufnahme des erwarteten Normwerts, VT1 = erste ventilatorische Schwelle, PCFS = Post-Covid-Skala des funktionellen Status			

Tab. 8: Einteilung des Studienkollektivs in verschiedene Kategorien (Fortsetzung)

Variable [Einheit]	Anzahl (%)		
	Gesamt (n = 113)	Männer (n = 67)	Frauen (n = 46)
<i>BMI-Kategorie</i>			
Normalgewicht [n]	73 (64,4)	39 (58,2)	34 (73,9)
Übergewicht [n]	30 (26,5)	24 (35,8)	6 (13,0)
Fettleibig [n]	10 (8,8)	4 (6,0)	6 (13,0)
<i>Alterskategorie</i>			
< 30 Jahre [n]	42 (37,2)	26 (38,8)	16 (34,8)
30 – 39,9 Jahre [n]	30 (26,5)	15 (22,4)	15 (32,6)
40 – 49,9 Jahre [n]	21 (18,6)	13 (19,4)	8 (17,4)
≥ 50 Jahre [n]	20 (17,7)	13 (19,4)	7 (15,2)
<i>Sport pro Woche</i>			
< 2,5 Stunden [n]	27 (23,9)	10 (14,9)	17 (37,0)
2,5 – 4,9 Stunden [n]	35 (31,0)	21 (31,3)	14 (30,4)
5 - 7,49 Stunden [n]	19 (16,8)	10 (14,9)	9 (19,6)
7,5 – 9,9 Stunden [n]	21 (18,6)	18 (26,9)	3 (6,5)
≥ 10 Stunden [n]	11 (9,7)	8 (11,9)	3 (6,5)
Gezeigte Werte: n = Stichprobengröße, Anzahl (%), BMI = Body-Mass-Index			

Die Daten aus der erstellten Kategorie zur VO₂peak und dem PCFS wurden mit Hilfe eines gruppierten Säulendiagramms veranschaulicht. Diese Grafik zeigt die Anzahl an Personen, die in die einzelnen PCFS-Grade fallen, aufgeteilt in die VO₂peak-Kategorie. Die VO₂peak der Probandinnen und Probanden wurde in < 85 %, 85 bis 99,9 %, 100 bis 114,9 % und ≥ 115 % der erwarteten VO₂peak unterteilt. Die Darstellung erfolgt in Abbildung 5.

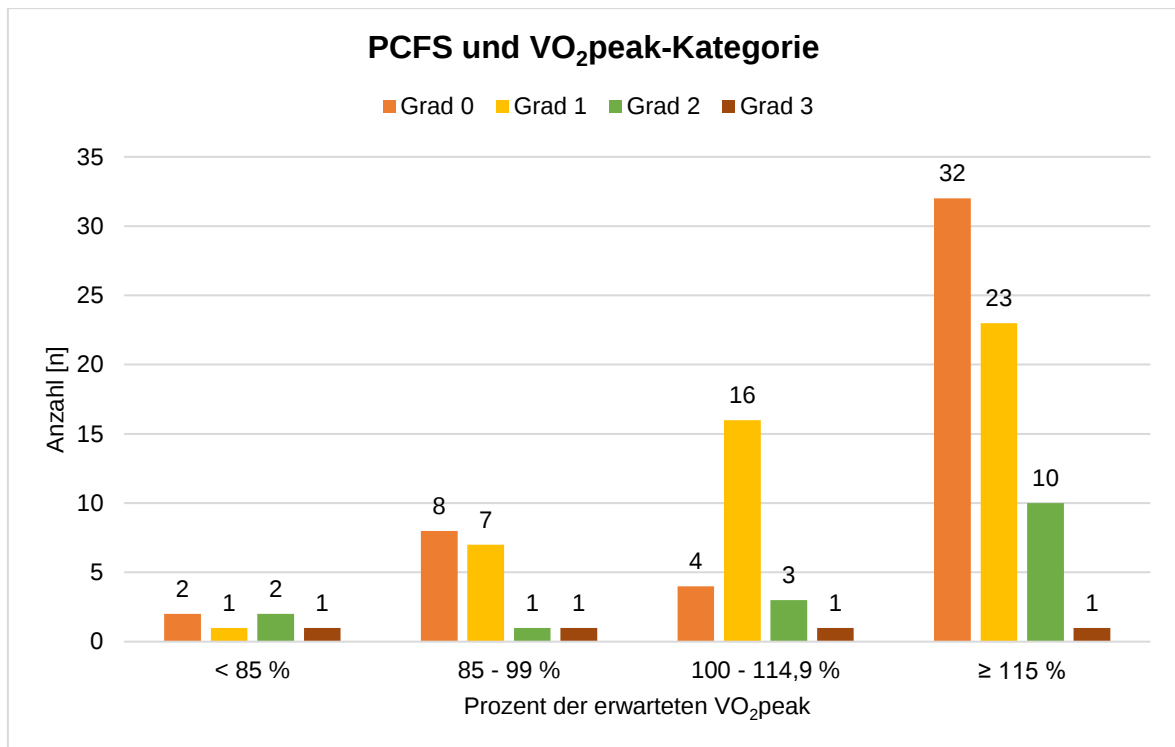


Abb. 5: PCFS-Grade eingeteilt in die VO₂peak-Kategorien

In Tabelle 9 sind die Parameter der Spiroergometrie, sowie das Alter und der BMI des gesamten Studienkollektivs in Grad null bis drei der PCFS-Skala unterteilt. Die Werte der Belastungsuntersuchung sind dabei in die Zeitpunkte VT1, VT2 und VO₂peak eingeteilt. Beschrieben sind dabei vor allem die Parameter der VO₂. Diese ist außerdem in Normierung zum Körpergewicht angegeben, in Prozent der erwarteten VO₂peak der Referenzgruppe und in Prozent der erreichten VO₂peak der Teilnehmerin oder des Teilnehmers angegeben. Des Weiteren ist die getretene Wattzahl der Personen zu den verschiedenen Zeitpunkten angegeben. Die Wattanzahl ist zusätzlich zum absoluten Wert noch im Verhältnis zum Körpergewicht dargestellt. Die Angaben innerhalb der Tabelle sind mit dem Mittelwert und dazugehöriger Standardabweichung veranschaulicht. Die einzelnen Parameter wurden auf Unterschiede zwischen den verschiedenen PCFS-Graden getestet, zusätzlich wurden paarweise Vergleiche gemacht. Diese sind innerhalb der Tabelle im Falle eines statistisch signifikanten Unterschiedes zwischen den PCFS-Graden mittels entsprechender Zahl dargestellt. Die unterschiedlichen Zahlen von null bis drei beschreiben dabei einen signifikanten Unterschied mit genau diesem Grad.

Tab. 9: Alter, BMI und ausgewählte Parameter der Spiroergometrie, eingeteilt in die PCFS-Grade

Variable [Einheit]	Mittelwert (± Standardabweichung)			
PCFS-Grade (n = 113)	Grad 0 (n = 46)	Grad 1 (n = 47)	Grad 2 (n = 16)	Grad 3 (n = 4)
Alter [Jahre]	34,7 (± 10,7)	37,3 (± 12,2)	40,4 (± 11,0)	42,2 (± 7,2)
BMI [kg/m ²]	23,9 (± 4,4)	24,3 (± 3,2)	24,9 (± 4,1)	29,3 (± 13,5)
Sport pro Woche [h]	6,0 (± 3,4)	5,6 (± 3,8)	6,3 (± 3,6)	4,0 (± 2,9)
Werte an der VT1				
VO ₂ [ml/min]	1362,1 (± 402,3)	1289,7 (± 380,7)	1264,1 (± 252,7)	1058,3 (± 245,3)
VO ₂ /kg [ml/min/kg]	18,6 (± 4,2)	17,3 (± 4,2)	16,6 (± 4,2)	13,3 (± 2,5) ⁰
%Norm [%]	53,2 (± 12,5)	53,8 (± 14,2)	50,1 (± 13,4)	48,8 (± 21,5)
%Peak [%]	43,4 (± 6,2)	45,3 (± 7,5)	42,2 (± 9,0)	44,5 (± 10,0)
Watt [W]	96,8 (± 35,2)	92,3 (± 34,5)	83,6 (± 22,3)	53,3 (± 21,3) ^{0,1}
Watt/kg [W/kg]	1,3 (± 0,4)	1,3 (± 0,4)	1,1 (± 0,4) ⁰	0,7 (± 0,4) ^{0,1}
Werte an der VT2				
VO ₂ [ml/min]	2651,8 (± 751,4)	2489,9 (± 720,3)	2649,8 (± 578,3)	2155,0 (± 538,7)
VO ₂ /kg [ml/min/kg]	36,2 (± 7,7)	33,5 (± 8,3)	34,4 (± 8,0)	27,5 (± 7,9)
%Norm [%]	106,2 (± 20,5)	103,2 (± 19,0)	105,4 (± 20,0)	99,8 (± 23,6)
%Peak [%]	86,9 (± 5,9) ³	87,4 (± 5,3) ³	88,2 (± 6,3)	93,0 (± 2,8)
Watt [W]	226,0 (± 64,9)	212,8 (± 61,8)	218,4 (± 48,6)	162,0 (± 58,1) ⁰
Watt/kg [W/kg]	3,1 (± 0,7)	2,9 (± 0,7)	2,9 (± 0,7)	2,1 (± 0,9) ⁰
Werte an der VO ₂ peak				
VO ₂ [ml/min]	3043,9 (± 797,7)	2841,7 (± 788,5)	3022,0 (± 730,9)	2336,0 (± 631,8)
VO ₂ /kg [ml/min/kg]	41,5 (± 8,2)	38,3 (± 9,0) ⁰	39,2 (± 9,4)	29,5 (± 9,1) ⁰
%Norm [%]	121,8 (± 19,2)	117,7 (± 18,7)	119,3 (± 20,9)	107,8 (± 25,9)
Watt [W]	271,6 (± 68,2)	258,8 (± 74,6)	261,1 (± 65,3)	183,0 (± 66,8) ⁰
Watt/kg [W/kg]	3,7 (± 0,7)	3,5 (± 0,9)	3,4 (± 0,9)	2,4 (± 1,0) ⁰
Gezeigte Werte: n = Stichprobengröße, Mittelwert (± Standardabweichung), BMI = Body-Mass-Index, PCFS = Post-Covid-Skala des funktionellen Status, VO ₂ = Sauerstoffaufnahme, VO ₂ /kg = relative VO ₂ , VO ₂ peak = höchste gemessene VO ₂ , VT1 = erste ventilatorische Schwelle, VT2 = zweite ventilatorische Schwelle, %Norm = Prozent der erwarteten VO ₂ peak, %Peak = Prozent der erreichten VO ₂ peak, Watt/kg = relative Watt, einfaktorielle Varianzanalyse nach Kruskal-Wallis, ⁰ : p < 0,05 verglichen mit Grad 0, ¹ : p < 0,05 verglichen mit Grad 1, ² : p < 0,05 verglichen mit Grad 2, ³ : p < 0,05 verglichen mit Grad 3				

4.2 Zusammenhänge mit dem PCFS

Das Alter, der BMI und die durch die Spiroergometrie erhobenen Parameter der VO₂, sowie die dabei getretene Wattanzahl zu den unterschiedlichen Zeitpunkten wurden mit dem PCFS mittels Spearman-Rho Test auf Zusammenhänge untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 veranschaulicht, statistisch signifikante Unterschiede sind dabei mit „*“ oder „**“ gekennzeichnet. Die Kennzeichnung mit einem Stern stellt einen statistisch signifikanten Unterschied mit $p < 0,05$ dar, $p < 0,01$ wurde mit zwei Sternen gekennzeichnet.

Tab. 10: Zusammenhänge zwischen dem Alter, BMI, Sport pro Woche beziehungsweise ausgewählten Parametern der Spiroergometrie mit dem PCFS

Variable [Einheit]		PCFS	
<i>n</i> = 113	Zeitpunkt	<i>r</i> [95 % KI]	<i>p</i> -Wert
Alter [Jahre]		0,190 [0,000; 0,367]	0,044 *
BMI [kg/m ²]		0,115 [-0,077; 0,298]	0,225
Sport pro Woche [h]		-0,056 [-0,244; 0,135]	0,553
VO ₂ [ml/min]	VT1	-0,116 [-0,300; 0,076]	0,221
VO ₂ [ml/min]	VT2	-0,048 [-0,236; 0,143]	0,611
VO ₂ [ml/min]	VO ₂ peak	-0,096 [-0,281; 0,095]	0,309
VO ₂ /kg [ml/min/kg]	VT1	-0,244 [-0,415; -0,057]	0,009 **
VO ₂ /kg [ml/min/kg]	VT2	-0,178 [-0,356; 0,012]	0,059
VO ₂ /kg [ml/min/kg]	VO ₂ peak	-0,221 [-0,395; -0,033]	0,018 *
%Norm [%]	VT1	-0,099 [-0,283; 0,093]	0,298
%Norm [%]	VT2	-0,060 [-0,247; 0,132]	0,530
%Norm [%]	VO ₂ peak	-0,115 [-0,299; 0,077]	0,225
%Peak [%]	VT1	0,023 [-0,168; 0,212]	0,811
%Peak [%]	VT2	0,124 [-0,068; 0,307]	0,190

Gezeigte Werte: *n* = Stichprobengröße, BMI = Body-Mass-Index, PCFS = Post-Covid-Skala des funktionellen Status, VO₂ = Sauerstoffaufnahme, VT1 = erste ventilatorische Schwelle, VT2 = zweite ventilatorische Schwelle, VO₂peak = höchste gemessene VO₂, VO₂/kg = relative VO₂, %Norm = Prozent der erwarteten VO₂peak, %Peak = Prozent der erreichten VO₂peak, Spearman-Rho Korrelation, *r* = Korrelationskoeffizient, KI = Konfidenzintervall, *: p -Wert $< 0,05$, **: p -Wert $< 0,01$

Tab. 10: Zusammenhänge zwischen dem Alter, BMI, Sport pro Woche beziehungsweise ausgewählten Parametern der Spiroergometrie mit dem PCFS (Fortsetzung)

Variable [Einheit]		PCFS	
<i>n</i> = 113	Zeitpunkt	<i>r</i> [95 % KI]	<i>p</i> -Wert
Watt [W]	VT1	-0,171 [-0,350; 0,020]	0,070
Watt [W]	VT2	-0,097 [-0,282; 0,094]	0,304
Watt [W]	VO ₂ peak	-0,131 [-0,313; 0,061]	0,168
Watt/kg [W/kg]	VT1	-0,273 [-0,440; -0,088]	0,003 **
Watt/kg [W/kg]	VT2	-0,202 [-0,377; -0,012]	0,032 *
Watt/kg [W/kg]	VO ₂ peak	-0,239 [-0,410; -0,051]	0,011 *

Gezeigte Werte: *n* = Stichprobengröße, VT1 = erste ventilatorische Schwelle, VT2 = zweite ventilatorische Schwelle, VO₂peak = höchste gemessene Sauerstoffaufnahme, Watt/kg = relative Watt, Spearman-Rho Korrelation, *r* = Korrelationskoeffizient, KI = Konfidenzintervall, *: *p*-Wert < 0,05, **: *p*-Wert < 0,01

Es gibt einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Alter der Probandinnen und Probanden und dem PCFS (*p* = 0,044). Der Korrelationskoeffizient (*r* = 0,190) beschreibt einen sehr geringen positiven Zusammenhang. Dennoch lässt sich sagen, dass mit zunehmendem Alter der Personen auch der Grad auf der PCFS-Skala zunimmt. Zwischen dem BMI und dem PCFS gibt es keine signifikante Korrelation (*p* = 0,225), genauso wenig wie zwischen dem Ausmaß des Sports pro Woche und der PCFS-Skala (*p* = 0,553). In Abbildung 6 sind das Alter, der BMI und der absolvierte Sport pro Woche der Probandinnen und Probanden mit einem Liniendiagramm grafisch veranschaulicht. Die Punkte auf den Linien stellen dabei die verschiedenen PCFS-Grade dar.

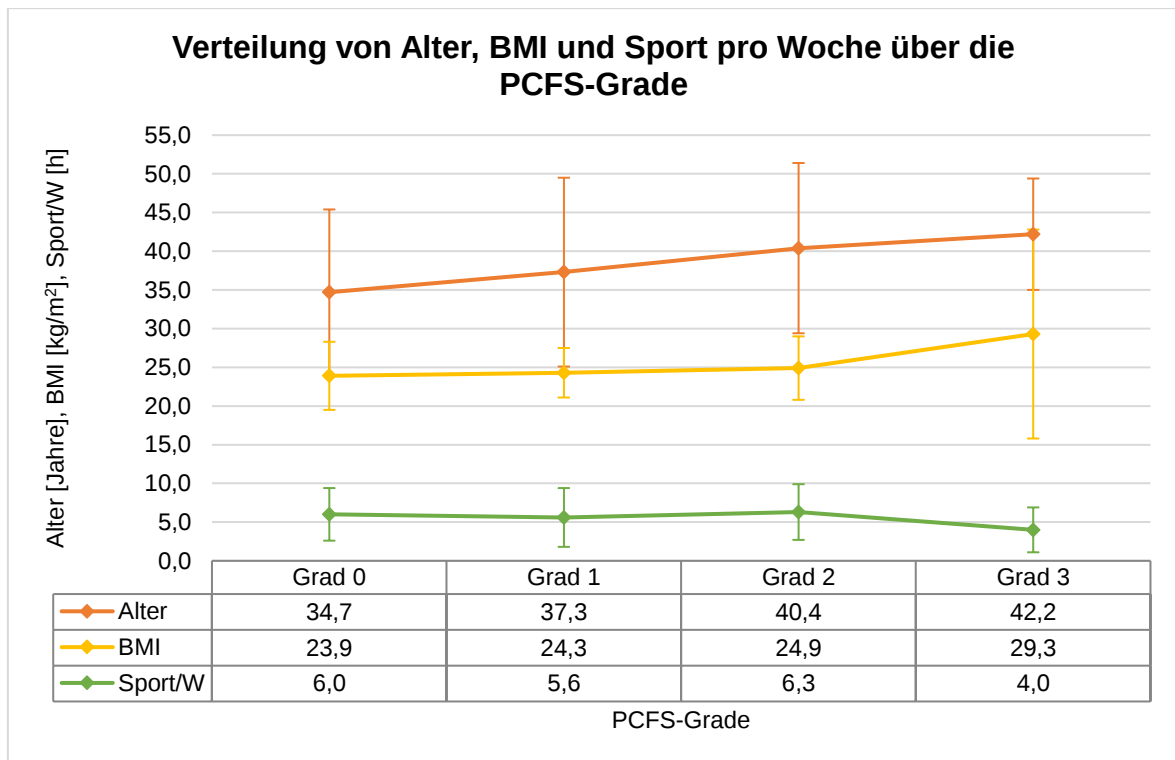


Abb. 6: Alter, BMI und Sport pro Woche eingeteilt in die PCFS-Grade

4.3 Zusammenhänge zwischen dem PCFS und den VO_2 -Werten

Bei der VO_2 der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gibt es weder zum Zeitpunkt der VT1 ($p = 0,221$), VT2 ($p = 0,611$), noch zum Zeitpunkt der VO_{2peak} ($p = 0,309$) einen signifikanten Zusammenhang. Die VO_2/kg korreliert dagegen signifikant mit dem PCFS zum Zeitpunkt der VT1 ($p = 0,009$) und der VO_{2peak} ($p = 0,018$). Hier gibt es im Moment der VT1 ($r = -0,244$), sowie bei der VO_{2peak} ($r = -0,221$) einen geringen negativen Zusammenhang. Dies bedeutet, dass mit steigendem Grad die VO_2/kg der untersuchten Personen niedriger ausfällt. Zum Zeitpunkt der VT2 ($p = 0,059$) gibt es hingegen keine statistisch signifikante Korrelation des PCFS mit der VO_2/kg . Bei den %Norm gibt es zu keinem der drei Zeitpunkte (VT1: $p = 0,298$; VT2: $p = 0,530$; VO_{2peak} : $p = 0,225$) einen Zusammenhang mit dem PCFS. Dasselbe gilt für die %Peak an der VT1 ($p = 0,811$) und VT2 ($p = 0,190$). Die Ergebnisse der VO_2/kg wurden mit einem Liniendiagramm in Abbildung 7 dargestellt, die Punkte entlang der Linie entsprechen den einzelnen PCFS-Graden.

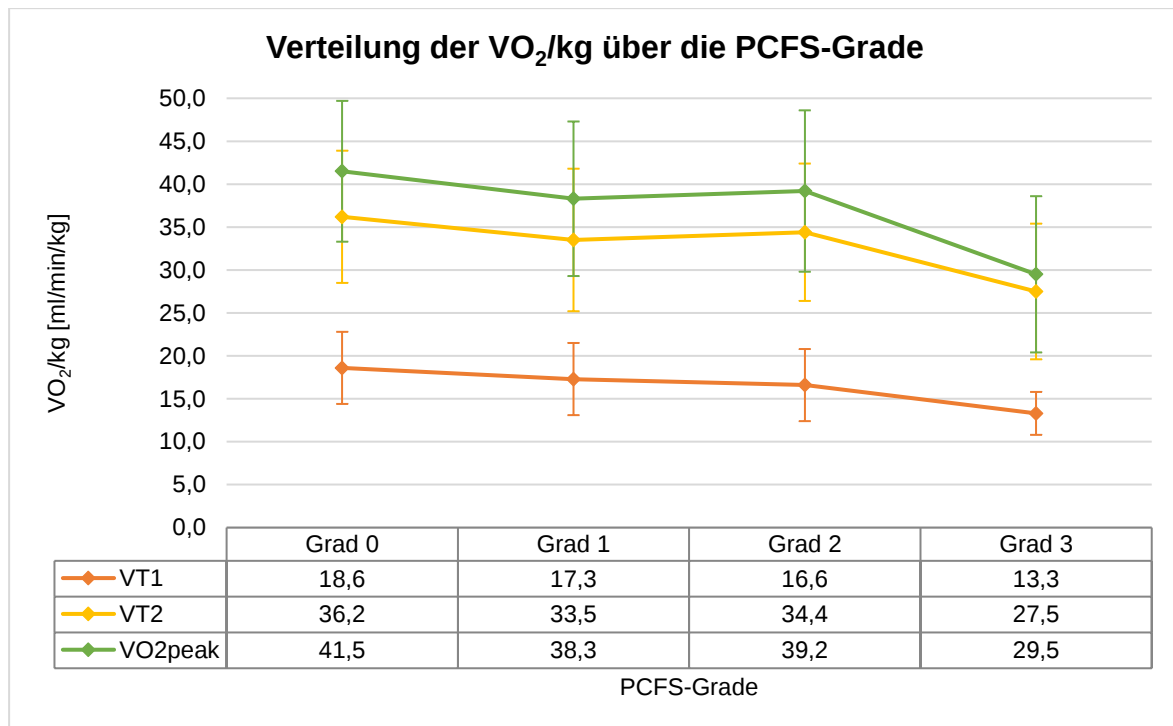


Abb. 7: Relative Sauerstoffaufnahme eingeteilt in die PCFS-Grade

4.4 Zusammenhänge zwischen dem PCFS und den Watt-Werten

Zu den unterschiedlichen Zeitpunkten, VT1 ($p = 0,070$), VT2 ($p = 0,304$) und VO_2peak ($p = 0,168$), konnte keine statistisch signifikante Korrelation zwischen den getretenen Watt und der PCFS-Skala festgestellt werden. Bei den gefahrenen Watt/kg gibt es zu allen drei Zeitpunkten signifikante Zusammenhänge mit dem PCFS (VT1: $p = 0,003$; VT2: $p = 0,032$; VO_2peak : $p = 0,011$). Sowohl an der VT1 ($r = -0,273$), VT2 ($r = -0,202$), als auch an der VO_2peak ($r = -0,239$) können geringe negative Zusammenhänge beschrieben werden. Dies bedeutet, dass zu den drei Zeitpunkten ein höherer PCFS-Grad mit einem geringeren Wert der Watt/kg einhergeht. Die signifikanten Ergebnisse der Watt/kg wurden mit einem Liniendiagramm grafisch veranschaulicht und in Abbildung 8 dargestellt. Der Verlauf der Linie zeigt die Veränderung des Parameters mit steigendem Grad auf der PCFS-Skala.

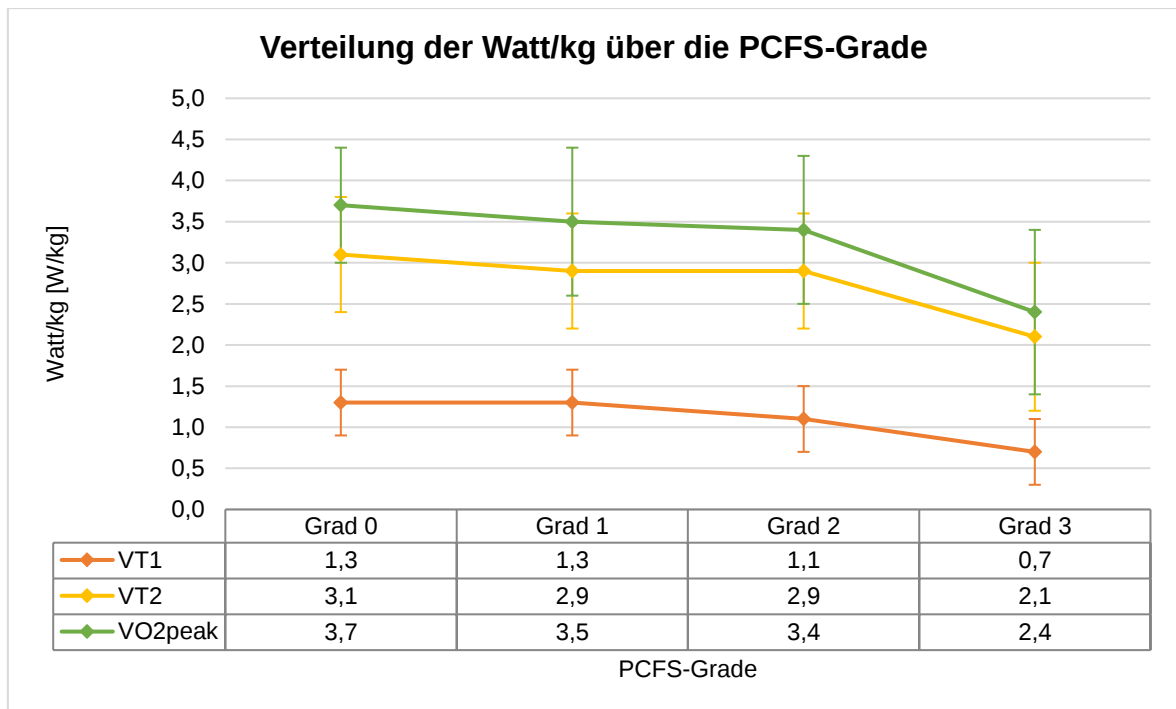


Abb. 8: Relative Watt eingeteilt in die PCFS-Grade

5 Diskussion

Das Ziel dieser Studie ist die Feststellung von Zusammenhängen zwischen der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Beeinträchtigung von Personen im täglichen Leben nach einer überstandenen Infizierung mit SARS-CoV-2. Mit Einschluss einer größeren Personenanzahl wurde angestrebt, Aussagen über die Allgemeinbevölkerung treffen zu können und das aktuelle Geschehen rund um das Virus besser zu verstehen. Weiters gibt es bislang wenig Daten zur Omikron-Variante von SARS-CoV-2 und zu den Auswirkungen von der COVID-19-Impfung auf das Pandemiegeschehen. In den folgenden Unterpunkten wird das Studienkollektiv genau beschrieben und versucht, Ableitungen zur österreichischen Bevölkerung herzustellen. Es wird die körperliche Leistungsfähigkeit der Probandinnen und Probanden und des PCFS mit den vorhandenen Daten aus der Literatur diskutiert. Anschließend werden die Korrelationen mit der PCFS-Skala beschrieben und daraus resultierende Schlussfolgerungen gezogen. Abschließend werden etwaige Verbesserungsmöglichkeiten für künftige Studien aufgezeigt und die Stärken dieser Arbeit betont.

5.1 Studienkollektiv

Das Durchschnittsalter der Teilnehmerinnen und Teilnehmer betrug 36,8 Jahre und es nahmen 40,7 % Frauen an der Studie teil. Beim Alter war die Gruppe der unter 30-jährigen, sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen am größten. In Österreich sieht der Schnitt des Alters und die Verteilung zwischen den Geschlechtern allerdings etwas anders aus. Hier gab es Anfang des Jahres 2022 50,7 % Frauen und der Altersschnitt der in Österreich lebenden Personen lag bei 43,2 Jahren (Statistik Austria, 2020). Laut Statistik Austria und dem Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (2019) sind in Österreich 46,6 % Personen normalgewichtig, 34,3 % übergewichtig und 16,5 % adipös. Innerhalb der Studie gab es 64,4 % Normalgewichtige, 26,5 % Übergewichtige und 8,8 % fettleibige Personen, damit unterschied sich die Verteilung im Vergleich zu Österreich. Der durchschnittliche BMI betrug im Studienkollektiv 24,4 kg/m² und war zwischen den Männern (25,0 kg/m²) und Frauen (23,6 kg/m²) signifikant unterschiedlich.

Bei der Sportausübung in Österreich kommen 46,6 % auf die von der WHO empfohlene Anzahl von 2,5 Stunden Bewegung pro Woche (Statistik Austria & Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz, 2019), während die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie im Schnitt 5,8 Stunden pro Woche mit Sport verbrachten. Die teilnehmenden Männer verbrachten mit 6,6 Stunden in der Woche signifikant mehr Zeit mit Sport im Vergleich zu den Frauen, die nur 4,7 Stunden pro Woche

in körperliche Aktivität investieren. Die Angabe erfolgte allerdings in Stunden, die sie wirklich mit Sport verbrachten. Da die Daten der Österreicherinnen und Österreicher auch allgemeine Tätigkeiten beinhalten, ist die aufgebrachte Zeit für Sport in der Studie nicht mit den Daten vergleichbar und muss nochmals höher eingeschätzt werden. Gesamt fielen nur 23,9 % der Probandinnen und Probanden unter die Kategorie von 2,5 Stunden sportlicher Aktivität pro Woche, wobei hier der Anteil an Frauen höher war. 9,7 % der teilnehmenden Personen kamen sogar auf einen Wochenumfang von über 10 Stunden Sport.

Innerhalb der Studie gab es außerdem weniger aktive Raucherinnen und Raucher als in der Allgemeinbevölkerung Österreichs. Im Studienkollektiv rauchten nur 8,8 %, 24,8 % zählten zu ehemaligen Raucherinnen und Rauchern. In Österreich sind es dagegen 20,6 %, die regelmäßig Tabak konsumieren und 24,7 % ehemalige Raucherinnen und Raucher. Chronisch erkrankte Personen gibt es in Österreich insgesamt 38,3 % (Statistik Austria & Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz, 2019). Bei den Untersuchungen litten 45,1 % an Vorerkrankungen, wie zum Beispiel erhöhtem Blutdruck oder erhöhten Cholesterinwerten.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Studie unterschieden sich auch bezüglich der COVID-19-Impfung von der österreichischen Bevölkerung. In Österreich gab es mit Stand 30. Juni 2022 nur 63,4 % mit einem gültigen Impfzertifikat und 16,3 % mit einem aufrechten genesenen Status. 20,3 % waren dagegen zu diesem Zeitpunkt weder geimpft und noch von der Infektion genesen (Statistik Austria, 2022). In der Studie waren von 113 Personen 103 geimpft, was eine hohe Quote von 91,2 % bedeutet. Fast 60 % der Probandinnen und Probanden steckten sich nach dem 1. Jänner 2022 mit dem Virus an. Eine hohe Impfquote und die Tatsache, dass im Jahr 2022 das Pandemiegeschehen hauptsächlich von der Omikron-Variante bestimmt wurde, können Gründe dafür sein, dass es nun mehr milde Infektionen gibt (Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, 2022; Yu et al., 2022). Diese schwächeren Verläufe können wiederum zu weniger Beschwerden nach der akuten Erkrankung im Alltag führen (Yu et al., 2022). Die Metaanalyse von Yu et al. (2022) beschreibt die Anzahl an nicht schweren Erkrankungen mit der Omikron-Variante. Diese liegt bei 97,9 %, wobei 25,5 % davon sogar einen asymptomatischen Verlauf hatten (Yu et al., 2022). Mit 2,7 % an schweren Krankheitsverläufen liegen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer dieser Studie in einem ähnlichen Bereich, allerdings gab es mit einer Person nur 0,9 %, die keine Symptome aufwies.

Zusammenfassend gibt es einige Unterschiede des untersuchten Studienkollektivs verglichen mit der Allgemeinbevölkerung in Österreich, besonders wenn es um das Sportverhalten und einen gesundheitsbewussten Lebensstil geht. Aufgrund dieser teils

großen Abweichungen stellt sich die Frage, ob sich die Ergebnisse bei dieser Erhebung auf die österreichische Allgemeinbevölkerung umlegen lassen.

5.2 Körperliche Leistungsfähigkeit nach COVID-19

Ausgehend von den VO₂peak-Kategorien ist anzunehmen, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer geringe Einschränkungen in der körperlichen Leistungsfähigkeit haben. Nur fünf Männer und eine Frau der 113 teilnehmenden Personen wiesen bei der Untersuchung eine unzureichende VO₂peak von unter 85 % der erwarteten VO₂peak im Vergleich zur Referenzgruppe auf. 15 % der Probandinnen und Probanden fielen in die Kategorie unter 100 % der erwarteten VO₂peak. Bei über der Hälfte lag die VO₂peak sogar bei ≥ 115 %, verglichen mit Personen gleichen Alters und Geschlechts. Diese große Anzahl mit einer hohen körperlichen Leistungsfähigkeit ist angesichts des betriebenen Sportumfangs des Kollektivs nicht verwunderlich. Im Gegensatz dazu zeigen zahlreiche Arbeiten in der Literatur zwischen drei und zwölf Monate nach der akuten Erkrankung noch VO₂peak-Werte unter 85 % im Vergleich zu Referenzgruppen. Bei bis zu 49 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer kam es zu diesen verminderten VO₂-Werten unter maximaler Belastung (Clavario et al., 2021; Durstenfeld et al., 2022; Joris et al., 2021; Pleguezuelos et al., 2021; Raman et al., 2021; Ribeiro Baptista et al., 2022; Skjærten et al., 2021; Steinbeis et al., 2022; Vannini et al., 2021). Dazu ist anzumerken, dass bei den erwähnten Studien fast ausschließlich Personen mit schweren Krankheitsverläufen oder hospitalisierte Patientinnen und Patienten untersucht wurden. In dem untersuchten Kollektiv dieser aktuellen Studie lag die COVID-19-Erkrankung im Durchschnitt viereinhalb Monate zurück und es gab nur drei Personen, die aufgrund eines schweren Krankheitsverlauf im Krankenhaus behandelt werden mussten. Über 95 % der teilnehmenden Personen hatten entweder milde oder moderate Symptome durch SARS-CoV-2.

Die Kolleginnen und Kollegen rund um Vonbank et al. (2021) untersuchten 100 Patientinnen und Patienten zwischen April 2020 und Februar 2021 und verglichen diese auf Unterschiede zwischen den verschiedenen Krankheitsverläufen und mit einer Kontrollgruppe von 50 Personen. Untersucht wurden Personen drei bis sechs Monate nach der COVID-19-Infektion mit einem Frauenanteil von 47,3 % und einem durchschnittlichen Alter von $46,8 \pm 13,2$ Jahren. Die Testungen ergaben neben erniedrigten erwarteten VO₂peak-Werten auch verringerte erwartete Watt bei maximaler Belastung bei den mild symptomatischen Personen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Auch die schwer Erkrankten hatten signifikant geringere Werte im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen. Durch den kleinen Anteil an schwer Erkrankten in dieser Studie, verglichen mit der von Vonbank et al. (2021), ist es nachvollziehbar, dass die Anzahl an Personen mit erniedrigten Werten in dieser Untersuchung geringer ausfallen. Vonbank et al. (2021) zeigten außerdem, dass ein

jüngeres Alter, das männliche Geschlecht und ein geringerer BMI mit einer höheren relativen VO_2 verbunden ist. Eben diese Faktoren sind im Verhältnis zur österreichischen Allgemeinbevölkerung in der aktuellen Studie überrepräsentiert. Zudem waren die Probandinnen und Probanden dieser Studie sehr sportlich, weshalb es nachvollziehbar ist, dass wenig bis keine Einschränkungen nach der Infektion vorlagen. Passend dazu zeigten mehreren Studien mit jungen Leistungssportlerinnen und Leistungssportlern keinen Unterschied bei der VO_2 unter maximaler Belastung direkt nach der Infektion bis drei Monate danach, im Vergleich zu davor beziehungsweise verglichen mit Referenzwerten (Anastasio et al., 2022; Cavigli et al., 2021; Csulak et al., 2021; Komici et al., 2021; Milovancev et al., 2021; Moulson et al., 2022).

Moulson et al. (2022) untersuchten junge Athletinnen und Athleten, die zwischen 18 und 35 Jahre alt waren und noch anhaltende Symptome nach der akuten Infektion schilderten. Die Untersuchung fand Anfang 2021 drei bis sechs Monate nach der Erkrankung statt, dabei gab es eine Kontrollgruppe von 42 Personen, die sich nicht mit dem Virus infizierte. Keiner der Untersuchten war zu dem Zeitpunkt gegen COVID-19 geimpft. Es wurden 21 Personen untersucht, wobei neun (43 %) von ihnen Frauen waren. Unter den Sportlerinnen und Sportlern hatten drei (14 %) Personen eine erwartete $\text{VO}_{2\text{peak}}$ unter 80 %, ebenso viele befanden sich zwischen 80 und 90 %. Die Untersuchten hatten im Vergleich zur Referenzgruppe eine ähnliche $\text{VO}_{2\text{peak}}$ und VO_2 bei der VT1 (Moulson et al., 2022). Abgesehen davon, dass Moulson et al. (2022) ausschließlich junge Personen untersuchte, zeigte die Studie bei dem sehr sportlichen Kollektiv auch sehr geringe Auswirkungen der Infektion auf die körperliche Leistungsfähigkeit. Diese Ergebnisse decken sich mit der aktuellen Untersuchung, wenngleich die prozentuelle Anzahl an Personen, die unter 80 % der erwarteten $\text{VO}_{2\text{peak}}$ lagen, in der erwähnten Studie dennoch höher ist. Allerdings muss man bedenken, dass Moulson et al. (2022) ausschließlich Personen mit anhaltenden Symptomen einschlossen.

Der Vergleich der Watt sowie der relativen Watt dieser Studie mit der Literatur stellte sich als sehr schwierig heraus. Die Sinnhaftigkeit die Zahlen eines so sportlichen Kollektivs mit Patientinnen und Patienten zu vergleichen, ist fraglich. Wurden Wattwerte beschrieben, waren diese meistens in Prozent zur Norm angegeben, die Watt/kg fanden in der Literatur überhaupt keine Berücksichtigung. Cavigli et al. (2021) beschreiben 90 junge Sportlerinnen und Sportler aus dem Breiten- und Spitzensport mit ausschließlich asymptomatischen oder milden Krankheitsverläufen durch SARS-CoV-2. Diese erreichten bei den Untersuchungen direkt nach der akuten Erkrankung einen Durchschnitt von 227 Watt, während bei den aktuellen Testungen von den Probandinnen und Probanden im Schnitt 261,7 Watt getreten wurden. Im Vergleich zu der aktuellen Studie waren die Teilnehmerinnen und Teilnehmer

außerdem jünger (24 ± 10 Jahre) und mit 71,1 % war der Anteil an männlichen Teilnehmern höher. Die Autorinnen und Autoren rund um Cavigli et al. (2021) machten weiters Angaben zur VO_2 an der VT1 und VT2. An der VT1 lag die VO_2 der Untersuchten im Schnitt bei 1455 ml/min und die durchschnittlich VO_2/kg bei 20,8 ml/min/kg. Die VT1 wurde bei 53 % des Maximums und die VT2 bei 84 % des Maximums erreicht. An der VT2 wurde eine durchschnittliche VO_2 von 2289 ml/min gemessen, was im Schnitt einer VO_2/kg von 32,2 ml/min/kg entspricht. Beim Maximum wurde von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern 95 % der erwarteten VO_2 erreicht und eine VO_2 von 2781 ml/min gemessen, welche normiert auf das Körpergewicht 39,0 ml/min/kg betrug. Gesamt gab es keine negativen Auffälligkeiten bei der Studie von Cavigli et al. (2021) und so beschreiben die Autorinnen und Autoren die Spiroergometrie bei Athletinnen und Athleten mit leichten oder keinen Symptomen als überflüssig. Im Vergleich dazu wurde das aktuelle Kollektiv nicht direkt nach der Infektion untersucht und es gab auch Personen mit einer moderaten Erkrankung, sowie drei Personen mit einem schweren Krankheitsverlauf. VO_2 und VO_2/kg an der VT1 waren niedriger als bei Cavigli et al. (2021). Die VT1 der aktuellen Studie war allerdings mit 44 % des erreichten Maximums auch früher als im Vergleich zu 53 % der VO_{2peak} . Die VO_2 und VO_2/kg an der VT2 war höher als in der oben beschriebenen Studie, allerdings war die VT2 in der aktuellen Studie mit 87,5 % der erreichten VO_{2peak} später verglichen mit Cavigli et al. (2021) mit 84 %. Die VO_{2peak} war bei den aktuellen Teilnehmerinnen und Teilnehmern höher, die VO_2 normiert auf das Körpergewicht fiel allerdings gleich aus. Zudem erreichten die Probandinnen und Probanden eine durchschnittliche erwartete VO_{2peak} von 119 %, während bei der Studie von Cavigli et al. (2021) nur 95 % erreicht wurden.

22,1 % der Personen litten in der aktuellen Studie unter leichten Einschränkungen und wiesen an der VT1 eine zu erwartende VO_2 von unter 40 % auf. Erniedrigte VO_2 -Werte an der VT1 nach einer COVID-19 Infektion konnten noch weitere Forschungsteams zeigen. Diese wurden allerdings unterschiedlich dargestellt (Aparisi et al., 2021; Anastasio et al., 2022; Ladlow et al., 2022; Pleguezuelos et al., 2021; Vonbank et al., 2021). Bei Kollektiven mit deutlich mehr schweren Krankheitsverläufen zeigte sich, dass 15 bis 42 % unter leichten Beeinträchtigungen an der VT1 litten (Raman et al., 2021; Skjærten et al., 2021). Parpa & Michaelides (2022) stellten vor der COVID-19-Erkrankung eine höhere VO_2 am RCP im Vergleich zu danach fest. Ebenso wie Pleguezuelos et al. (2021) und Vonbank et al. (2021), die niedrigere VO_2 -Werte an der VT2 nach der Erkrankung im Vergleich zu Kontrollgruppen zeigen konnten. Diese Ergebnisse an der VT2 lassen sich allerdings nicht mit der aktuellen Studie vergleichen, da es keine Werte vor der Erkrankung oder eine Kontrollgruppe gab.

Abschließend ist zu sagen, dass die VO_{2peak} der Probandinnen und Probanden nach überstandener COVID-19-Infektion überdurchschnittlich gut, verglichen mit Referenzwerten

ist. Dies könnte am jungen Alter, dem niedrigeren durchschnittlichen BMI, dem höheren Anteil an Männern, den vielen milden Krankheitsverläufen, sowie dem hohen betriebenen Sportumfang in der aktuellen Studie liegen. Trotz dieser Faktoren gab es jedoch bei rund einem Fünftel der Personen leichte Einschränkungen der erwarteten VO_2 an der VT1. Die VO_2 -Werte an der VT2, sowie Watt und Watt/kg zu den unterschiedlichen Zeitpunkten waren schwierig bis gar nicht mit der Literatur zu vergleichen.

5.3 Post-COVID-19-Skala des funktionellen Status

Auf der PCFS-Skala der untersuchten Teilnehmerinnen und Teilnehmern gaben 40,7 % Grad 0 und 41,6 % Grad 1 an. Das bedeutet, dass knapp über 80 % keine oder vernachlässigbare Einschränkungen im Alltag angaben. Nur etwa 17 % hatten leichte bis mäßige Beschwerden im täglichen Leben, 14,2 % kreuzten Grad 2 und 3,5 % Grad 3 an. Keine einzige Person hatte starke Beeinträchtigung als sie die Testung absolvierte. Bestimmte Faktoren begünstigen höhere PCFS-Grade. Dazu zählen das weibliche Geschlecht, ein höheres Alter, Rauchen, Komorbiditäten und die Dauer des Aufenthalts im Krankenhaus (Banić et al., 2022; Bayat et al., 2022; Benkalfate et al., 2022; Leite et al., 2022). Die geringen funktionellen Einschränkungen des untersuchten Kollektivs könnten darauf zurückzuführen sein, dass der Anteil an Männern mit knapp 60 % relativ groß und das Durchschnittsalter eher gering war, es wenig aktive Raucherinnen und Raucher gab und nur drei Personen im Krankenhaus behandelt werden mussten.

Die Kolleginnen und Kollegen rund um Pant et al. (2021) hatten mit 106 Personen ein ähnlich großes Kollektiv, das untersucht wurde. Das Durchschnittsalter war mit $38,48 \pm 16,20$ Jahren ebenfalls jung und der Anteil an Männern mit 68 % höher als der weibliche. Genauso wie in der aktuellen Studie war die Anzahl an aktiven Raucherinnen und Rauchern mit 11,3 % niedrig. Einzig die Anzahl der Personen, die aufgrund der COVID-19-Erkrankung im Krankenhaus behandelt werden mussten, unterschied sich stark von den Testungen dieser Studie, in der nur drei Personen im Krankenhaus behandelt werden mussten. In den Untersuchungen von Pant et al. (2021) wurden insgesamt 18 Personen hospitalisiert. Bei den Angaben des PCFS zeigten sich ebenfalls rund 80 % mit keinen oder vernachlässigbaren Einschränkungen im Alltag. Dabei gaben 60 Personen Grad 0 und 29 Personen Grad 1 an, was eine andere Verteilung, verglichen mit der aktuellen Studie, zur Folge hat. Pant et al. (2021) kamen hinsichtlich ihrer Ergebnisse zu ähnlichen Schlussfolgerungen und beschreiben, dass die hohe Anzahl an Teilnehmerinnen und Teilnehmern mit keinen Beeinträchtigungen im Alltag mit dem jungen Kollektiv zusammenhängen könnte.

Zusätzlich zu einem jungen Durchschnittsalter in der aktuellen Studie, waren die teilnehmenden Personen sehr sportlich, was die Wahrscheinlichkeit eines milden Krankheitsverlaufes erhöht (Sallis et al., 2021). Wenn man sich den Schweregrad der akuten SARS-CoV-2-Erkrankung der Personen dieser Untersuchung ansieht, gab es eine Person, die während der Infektion keine Symptome aufwies, 73,5 % hatten einen milden und 23 % einen moderaten Krankheitsverlauf. Lediglich 2,7 % waren schwer erkrankt und mussten im Zuge der Infektion im Krankenhaus behandelt werden. Dies könnte des Weiteren die geringe Anzahl an funktionellen Beschwerden im Alltag erklären. Laut Studien kamen Personen mit leichteren Krankheitsverläufen auch nach der akuten Erkrankung besser zurecht und hatten weniger Einschränkungen im Alltag im Vergleich zu Personen, die aufgrund der Infektion hospitalisiert wurden oder auf der Intensivstation behandelt werden mussten (Giurgi-Oncu et al., 2021, Taboada et al., 2021).

Nochmals zu erwähnen ist, dass im Schnitt auch viereinhalb Monate nach der Infektion mit SARS-CoV-2 noch fast 60 % der Probandinnen und Probanden von Einschränkungen im täglichen Leben betroffen sind. Fast 40 % der eingeschränkten Personen beschrieben dabei vernachlässigbare Beeinträchtigungen im Alltag. Die Dauer dieser Probleme werden auch in der Literatur beschrieben, wo Angaben höherer PCFS-Grade auch drei Monate nach der Infektion beschrieben werden. Diese Auswirkungen können sechs Monate und teilweise sogar bis zu einem Jahr anhalten (Bayat et al., 2022; Betschart et al., 2021; Du et al., 2021; Rubeshkumar et al., 2022; Taboada et al., 2021). Hossain et al. (2021) führten eine größere Studie mit 2198 Probandinnen und Probanden durch. Sie inkludierten dabei nur Personen über 18 Jahre, die angaben auch nach der COVID-19-Erkrankung noch anhaltende Probleme zu haben. Erhoben wurden die Daten zwölf Wochen nach der akuten Infektion. In dieser Studie lag das Durchschnittsalter bei $38,07 \pm 11,4$ Jahre und der Frauenanteil war mit 72,4 % sehr hoch. Der Anteil der Personen mit mildem Krankheitsverlauf betrug 75,9 %, jener mit moderatem Verlauf 23,6 % und schwer betroffen waren nur 0,4 %. Auf der PCFS-Skala gaben 88,2 % Grad 0, 10,1 % Grad 1 und 1,7 % Grad 2 an. Obwohl nur Personen mit anhaltenden Problemen nach der Infektion eingeschlossen wurden, gab trotzdem der Großteil des Kollektivs Grad 0 auf der PCFS-Skala an (Hossain et al., 2021). Im Gegensatz zu Studie von Hossain et al. (2021) haben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der aktuellen Studie, trotz der hohen körperlichen Fitness, mehr Einschränkungen im Alltag.

Zusammenfassend gab es bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern zum Zeitpunkt der Untersuchung vergleichsweise geringe Einschränkungen im Alltag. Dieses Ergebnis liegt voraussichtlich am etwas höheren Anteil an Männern, das niedrigere Durchschnittsalter und der großen Anzahl an milden Krankheitsverläufen. Dennoch gab es Studien, die noch

weniger Beeinträchtigungen im täglichen Leben nach einer COVID-19-Erkrankung feststellten (Hossain et al., 2021).

5.4 Zusammenhänge mit dem PCFS

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit ist das Erkennen eines Zusammenhangs zwischen dem PCFS und der körperlichen Leistungsfähigkeit von Personen nach einer COVID-19-Erkrankung. Bezüglich der körperlichen Leistungsfähigkeit bezieht sich die angegebene Literatur vor allem auf die VO_2 -Werte nach der akuten Erkrankung. Hier zeigte sich bei einer Übersichtsarbeit, dass in mehr als 80 % der Studien die Probandinnen und Probanden zumindest leicht eingeschränkte VO_{2peak} -Werte im Vergleich zu Referenzgruppen aufweisen (Schwendinger et al., 2022). Die vorhandenen Studien zum PCFS zeigen, dass viele Personen auch nach der akuten Infektion weiterhin Probleme im Alltag haben (Mohamed Hussein et al., 2021; Pant et al., 2021). Zusätzlich kann sowohl die körperliche Leistungsfähigkeit als auch der PCFS noch bis zu einem Jahr nach der Infektion geringere Werte aufweisen (Betschart et al., 2021; Steinbeis et al., 2022).

In der aktuellen Literatur fanden sich nur zwei Studien, die sowohl den PCFS als auch einen Parameter für die körperliche Leistungsfähigkeit untersuchte. Beide Studien beschäftigten sich mit dem 6MGT, aus welchem akkurate Werte für die VO_2 am Belastungsmaximum bestimmt werden können (Ross, Murthy, Wollak & Jackson, 2010). Die erste Studie umfasste 121 Patientinnen und Patienten, in der eine signifikante positive Korrelation zwischen dem 6MGT und dem PCFS gezeigt wurde. Allerdings wurde hier nur der Zusammenhang zwischen dem subjektiven Anstrengungsempfinden am Ende des 6MGT und dem PCFS untersucht, nicht aber der Zusammenhang zwischen der Distanz im 6MGT und dem PCFS (Benkalfate et al., 2022). In der zweiten Studie wurden sowohl 206 an COVID-19 erkrankte Personen als auch eine ebenso große Kontrollgruppe untersucht. Hier zeigte sich kein Unterschied bei den Distanzen des 6MGT, allerdings gab es signifikante Unterschiede beim PCFS. Doppelt so viele Personen, die sich mit dem Virus infizierten hatten, litten an funktionellen Einschränkungen im täglichen Leben, verglichen mit der Kontrollgruppe. Eine Korrelation zwischen dem 6MGT und PCFS-Graden wurde auch hier nicht getestet (Haberland et al., 2022).

Die aktuelle Studie ist die erste, die sich dem Thema des Zusammenhanges zwischen der körperlichen Leistungsfähigkeit und dem PCFS nach COVID-19 annahm. Die Zusammenhänge zwischen der PCFS-Skala und den Parametern der körperlichen Leistungsfähigkeit wurden in Tabelle 10 dargestellt. Die PCFS-Grade wurden, anders als in der Literatur, trotz der kleinen Anzahl an Probandinnen und Probanden beibehalten. In den Artikeln aus der Recherche wurde, wenn es in einer Gruppe eines PCFS-Grades sehr

wenige Personen gab, ein Grad oft mit der Gruppe des nächsten Grades zusammengefasst (Benkalfate et al., 2022; Du et al., 2021; Haberland et al., 2022; Leite et al., 2022). Neben den Parametern der körperlichen Leistungsfähigkeit, wurde auch eine Korrelation von Alter, BMI und Sportumfang mit dem PCFS untersucht. Beim Alter zeigte sich ein positiver Zusammenhang, der zwar sehr gering, aber durchaus nachvollziehbar ist. Ältere Personen durchlaufen häufiger schwerere Krankheitsverläufe und schwer Erkrankte sind oft auch nach der Erkrankung noch eingeschränkter (Sallis et al., 2021; Giurgi-Onucu et al., 2021; Taboada et al., 2021). Keine Korrelation gab es zwischen dem PCFS und dem BMI, obwohl Übergewicht einen Risikofaktor für einen schweren Krankheitsverlauf darstellt (Yates et al., 2021). Es besteht jedoch die Möglichkeit, dass die Unterrepräsentation von Personen mit einem erhöhten BMI in der aktuellen Studie einen Zusammenhang nicht erkennen lassen. Es ließ sich auch kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Werten der erwarteten VO_2 peak, erreichten VO_2 peak, sowie der absoluten VO_2 und den Watt der Personen zu den unterschiedlichen Erhebungszeitpunkten VT1, VT2 und VO_2 peak mit dem PCFS feststellen. Dies könnte allgemein am überdurchschnittlichen Sportumfang pro Woche des Studienkollektivs liegen, da ein hoher Umfang an körperlicher Aktivität mit einer höheren VO_2 peak einhergeht (Rapp et al., 2018). Allerdings gab es an der VT1 und an der VO_2 peak einen geringen negativen Zusammenhang zwischen der VO_2 /kg und der PCFS-Skala. Bei dem Parameter Watt/kg kam es sogar zu allen drei Zeitpunkten zu einer statistisch signifikanten geringen Korrelation, der sich indirekt zum PCFS verhält. Sowohl die VO_2 als auch die Watt werden in der Literatur häufig im Vergleich zum erwarteten Maximum einer Referenzgruppe angegeben. Die Werte normiert auf das Körpergewicht werden jedoch kaum bis gar nicht beschrieben.

Die gefundenen Zusammenhänge von Alter, VO_2 /kg und Watt/kg mit dem PCFS sind zwar von geringem Ausmaß, dies könnte allerdings am besonderen Kollektiv liegen. Außerdem gab es eine geringe Anzahl an Probandinnen und Probanden in den höheren PCFS-Graden, unter welcher die Aussagekraft der gefundenen Ergebnisse leidet.

5.5 Stärken und Limitationen

Die aktuelle Studie zeigte neue Erkenntnisse bezüglich der körperlichen Leistungsfähigkeit und dem PCFS, trotzdem gab es Limitationen, von denen künftige Studien profitieren können. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer dieser Untersuchung wurden unabhängig vom Zeitpunkt der Infektion mit SARS-CoV-2 eingeladen. Damit sind Personen getestet worden, die mit der Omikron-Variante oder mit vorherigen Varianten des Virus, die oftmals zu kritischeren Krankheitsverläufen als die Omikron-Variante führten, infiziert waren (Yu et al., 2022). Außerdem liegt die Zeit, die seit der COVID-19-Erkrankung vergangen ist, bei den Probandinnen und Probanden unterschiedlich lange zurück. Diese lag im Schnitt bei

137 Tagen und hatte eine große Standardabweichung von 140 Tagen. Diese beiden Faktoren machen die Vergleichbarkeit mit anderen Studien schwierig, unter anderem, da die Zeit zwischen der Infektion und der Untersuchung Auswirkungen auf die Einschränkungen im Alltag hat. Dazu kommt, dass die meisten Teilnehmerinnen und Teilnehmer dieser Studie bereits geimpft waren als sie sich infizierten, anders als in den bisher beschriebenen Arbeiten. Die Tatsache, dass Probandinnen und Probanden mit der Omikron-Variante infiziert waren und auch Geimpfte untersucht wurden, ist aber auch gleichzeitig eine Stärke dieser Studie, da es bislang wenig Studien gibt, die geimpfte und an Omikron erkrankte Personen testeten. Allerdings war die Anzahl an Personen, welche geimpft waren im Vergleich zur Impfquote in Österreich überrepräsentiert.

Eine weitere Stärke dieser Untersuchung war, dass versucht wurde ein Kollektiv zu finden, welches mit der österreichischen Allgemeinbevölkerung vergleichbar ist. In der Literatur wurden häufig ausschließlich Leistungssportlerinnen und Leistungssportler oder Patientinnen und Patienten nach einem Krankenhausaufenthalt durch eine COVID-19-Infektion untersucht, was es schwierig macht die Ergebnisse auf die Allgemeinbevölkerung in Österreich umzulegen. Das untersuchte Kollektiv war schlussendlich, verglichen mit der österreichischen Bevölkerung, jünger, sportlicher und wies einen höheren Anteil an Personen mit Normalgewicht auf. Dies könnten Gründe dafür sein, dass der Anteil an Personen mit einem höheren PCFS-Grad eher gering und die Werte an der VO_2 peak überdurchschnittlich hoch waren. Würde die Anzahl an Untersuchten eventuell in größeren Dimensionen gestaltet werden, wären vermutlich auch in den höheren PCFS-Graden mehr Personen vertreten.

Ein nicht zu vernachlässigender Punkt ist der Aufwand der Testung der körperlichen Leistungsfähigkeit mittels Spiroergometrie. Dies ist ein weiterer Pluspunkt der aktuellen Studie, die mit 113 getesteten Personen im oberen Durchschnitt liegt. Für die Untersuchung größerer Kollektive stellt der 6MGT ebenfalls eine Methode zur Erhebung der körperlichen Leistungsfähigkeit dar. Dieser ist besonders für größere Personengruppen gut durchführbar und auch für Patientinnen und Patienten mit Einschränkungen geeignet (ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories, 2002). Abgesehen von den vielen Studien, die die VO_2 -Werte untersuchten, war der Vergleich der Watt-Werte mit der Literatur schwierig. Diese wurden häufig in Prozent der erwarteten Watt, jedoch nicht in absoluten oder relativen Werten, angegeben. Die Prozent der erwarteten Watt wurden in der aktuellen Studie nicht berücksichtigt. Weiters konnten die VO_2 -Werte an der VT2 nicht verglichen werden, da es in dieser Studie keine Kontrollgruppe oder Erhebung vor der Infektion gab.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Wie schon beschrieben, zeigt sich nach einer Infektion mit SARS-CoV-2 ein anschließender negativer Einfluss auf die körperliche Leistungsfähigkeit. Auch funktionelle Beeinträchtigungen im Alltag können nach der Erkrankung erhöht sein. In den bisherigen Studien wurden oftmals nur die Einschränkungen im täglichen Leben oder Parameter für die körperliche Leistungsfähigkeit untersucht. Diese Arbeit untersucht beides und beschreibt den Zusammenhang der Beeinträchtigungen im Alltag nach einer Covid-19-Infektion mit der körperlichen Leistungsfähigkeit bei 113 körperlich trainierten und untrainierten Erwachsenen.

Das eingeschlossene Kollektiv war etwas jünger als die Durchschnittsbevölkerung in Österreich, außerdem sind genau 10 % weniger Frauen vertreten. Es gibt bei den untersuchten COVID-19-Erkrankten knapp 20 % mehr Personen, die laut BMI ein normales Körpergewicht aufweisen. Die Probandinnen und Probanden sind zudem, verglichen mit der österreichischen Allgemeinbevölkerung, sehr viel sportlicher und betreiben im Schnitt 5,8 Stunden Sport pro Woche, ohne dass dabei die alltägliche Bewegung berücksichtigt wird. Außerdem gab es um knapp 16 % weniger aktive Raucherinnen und Raucher, was für ein Kollektiv mit einem gesünderen Lebensstil spricht. Abgesehen vom Sportumfang unterscheiden sich die Daten bei den gültigen Impfzertifikaten am stärksten. In der österreichischen Bevölkerung waren Ende Juni fast 30 % weniger Personen geimpft als im untersuchten Kollektiv. Die Anzahl an nicht schweren Krankheitsverläufen ist mit 97 % mit der Literatur vergleichbar.

Bezüglich der guten körperlichen Leistungsfähigkeit und der großen Anzahl an niedrigen Angaben im PCFS können die recherchierten Arbeiten die Ergebnisse bei den mit COVID-19 infizierten Probandinnen und Probanden in dieser Studie gut erklären, obwohl es keine vergleichbaren Artikel gibt. Der hohe Sportumfang, das junge Durchschnittsalter, der niedrige durchschnittliche BMI und die Vielzahl an mild bis moderaten Krankheitsverläufen können Gründe für die im Verhältnis gute körperliche Leistungsfähigkeit und die geringen funktionellen Beeinträchtigungen sein. Ebenfalls dazu kommt, dass viele der untersuchten Personen gegen das Virus geimpft waren, der Großteil mit der Omikron-Variante infiziert war und die Untersuchung nicht direkt nach der Infektion, sondern im Schnitt viereinhalb Monate nach der akuten Erkrankung stattfand.

Zusammenfassend gab es einen sehr geringen positiven Zusammenhang zwischen der PCFS-Skala und dem Alter der Personen. Zum Zeitpunkt der VT1 und der VO₂peak gab es eine geringe Korrelation der PCFS mit der VO₂/kg mit einer negativen Beziehung. Sonst ließ sich bei keinen weiteren Werten der VO₂ ein Zusammenhang mit dem PCFS erkennen.

Als weiterer Parameter für die körperliche Leistungsfähigkeit zeigten die Watt/kg zu den drei unterschiedlichen Erhebungszeitpunkten eine Korrelation mit der PCFS-Skala. Dieser Zusammenhang war ebenfalls gering und verhielt sich indirekt zwischen den Parametern.

Aufbauend auf den Erkenntnissen dieser Studie wäre es wichtig, weitere Daten zum aktuellen Pandemiegeschehen zu erheben. Eine größer angelegte Studie mit mehr Teilnehmerinnen und Teilnehmern ist nötig, um die gewonnen Ergebnisse zu untermauern. Um für kommende Untersuchungen bessere Voraussetzungen zu schaffen, wäre es sinnvoll, die eingeladenen Personen noch mehr mit der Allgemeinbevölkerung vergleichbar zu machen. Dabei sollten vor allem das Alter, die Geschlechtsverteilung, der Sport pro Woche und der BMI bei der Auswahl berücksichtigt werden. Außerdem könnten einheitlichere Einschlusskriterien, bezüglich des Zeitpunktes der Infektion mit COVID-19 der Personen, zu konkreteren Aussagen führen. Zusätzlich sollten zu den erhobenen VO_2 -Werten mittels Spiroergometrie auch die Watt der Teilnehmerinnen und Teilnehmer untersucht werden. Ein weiterer interessanter Punkt wäre eine retrospektive Analyse des PCFS, um einen Vergleich von eventuellen funktionellen Einschränkungen zum Zeitpunkt vor der Erkrankung festzustellen.

Literaturverzeichnis

- Af Geijerstam, A., Mehlig, K., Börjesson, M., Robertson, J., Nyberg, J., Adiels, M., ... Lissner, L. (2021). Fitness, strength and severity of COVID-19: a prospective register study of 1 559 187 Swedish conscripts. *BMJ Open*. 11(7), e051316. doi:10.1136/bmjopen-2021-051316
- American Thoracic Society & American College of Chest Physicians. (2003). ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 167(2), 211-277. doi:10.1164/rccm.167.2.211
- Anastasio, F., LA Macchia, T., Rossi, G., D'Abbondanza, M., Curcio, R., Vaudo, G. & Pucci, G. (2022). Mid-term impact of mild-moderate COVID-19 on cardiorespiratory fitness in elite athletes. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 62(10), 1383-1390. doi:10.23736/S0022-4707.21.13226-8
- Aparisi, Á., Ybarra-Falcón, C., García-Gómez, M., Tobar, J., Iglesias-Echeverría, C., Jaurrieta-Largo, S. & San Román, J. A. (2021). Exercise Ventilatory Inefficiency in Post-COVID-19 Syndrome: Insights from a Prospective Evaluation. *Journal of Clinical Medicine*. 10(12), 2591. doi:10.3390/jcm10122591
- Arena, R. & Faghy, M. A. (2021). Cardiopulmonary exercise testing as a vital sign in patients recovering from COVID-19. *Expert Review Cardiovascular Therapy*, 19(10), 877-880. doi:10.1080/14779072.2021.1985466
- ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. (2002). ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 166(1), 111-7. doi:10.1164/ajrccm.166.1.at1102
- Banić, M., Makek, M. J., Samaržija, M., Muršić, D., Boras, Z., Trkeš, V., ... Dugac, A. V. (2022). Risk factors and severity of functional impairment in long COVID: a single-center experience in Croatia. *Croatian Medical Journal*, 63(1), 27-35. doi:10.3325/cmj.2022.27
- Baratto, C., Caravita, S., Faini, A., Perego, G. B., Senni, M., Badano, L. P. & Parati, G. (2021). Impact of COVID-19 on exercise pathophysiology: a combined cardiopulmonary and echocardiographic exercise study. *Journal of Applied Physiology*, 130(5), 1470-1478. doi:10.1152/jappphysiol.00710.2020

- Barbagelata, L., Masson, W., Iglesias, D., Lillo, E., Migone, J. F., Orazi, M. L. & Furcada, J. M. (2021). Cardiopulmonary Exercise Testing in Patients with Post-COVID-19 Syndrome. *Medicina Clinica*, 159(1), 6-11. doi:10.1016/j.medcli.2021.07.007
- Bayat, M., Raeissadat, S. A., Lashgari, S., Bolandnazar, N. S., Taheri, S. N. & Soleimani, M. (2022). Post-COVID-19 functional limitations in hospitalized patients and associated risk factors: A 3-month follow-up study. *Physiotherapy Research International*, 29, e1965. doi:10.1002/pri.1965
- Benkalfate, N., Eschapasse, E., Georges, T., Leblanc, C., Dirou, S., Melscoet, L., ... Lemarchand, P. (2022). Evaluation of the Post-COVID-19 Functional Status (PCFS) Scale in a cohort of patients recovering from hypoxemic SARS-CoV-2 pneumonia. *BMJ Open Respiratory Research*, 9(1), e001136. doi:10.1136/bmjresp-2021-001136
- Betschart, M., Rezek, S., Unger, I., Ott, N., Beyer, S., Böni, A., ... Sieber, C. (2021). One year follow-up of physical performance and quality of life in patients surviving COVID-19: a prospective cohort study. *Swiss Medical Weekly*, 151, w30072. doi:10.4414/smw.2021.w30072
- Blokland, I. J., Ilbrink, S., Houdijk, H., Dijkstra, J. W., van Bennekom, C. A. M., Fickert, R., ... Groot, F. P. (2020). Exercise capacity after mechanical ventilation because of COVID-19: Cardiopulmonary exercise tests in clinical rehabilitation. *Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde*. 164, D5253. Zugriff am 17. November 2022 unter <https://www.researchgate.net/publication/348807643>
- Brandenburg, J. P., Lesser, I. A., Thomson, C. J. & Giles, L. V. (2021). Does Higher Self-Reported Cardiorespiratory Fitness Reduce the Odds of Hospitalization From COVID-19? *Journal of Physical Activity and Health*. 18(7), 782-788. doi:10.1123/jpah.2020-0817
- Brawner, C. A., Ehrman, J. K., Bole, S., Kerrigan, D. J., Parikh, S. S., Lewis, B. K., ... Keteyian, S. J. (2021). Inverse Relationship of Maximal Exercise Capacity to Hospitalization Secondary to Coronavirus Disease 2019. *Mayo Clinic Proceedings*. 96(1), 32-39. doi:10.1016/j.mayocp.2020.10.003
- Cavigli, L., Frascaro, F., Turchini, F., Mochi, N., Sarto, P., Bianchi, S., ... 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. doi:10.1016/j.ijcard.2021.05.042

- COVID-19 Treatment Guidelines Panel. (2022). Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Treatment Guidelines. National Institutes of Health. Zugriff am 26. November 2022 unter <https://www.covid19treatmentguidelines.nih.gov/>
- Clavario, P., De Marzo, V., Lotti, R., Barbara, C., Porcile, A., Russo, C., ... Porto, I. (2021). Cardiopulmonary exercise testing in COVID-19 patients at 3 months follow-up. *International Journal of Cardiology*, 340, 113-118. doi:10.1016/j.ijcard.2021.07.033
- Cramer, G. A. G., Bielecki, M., Züst, R., Buehrer, T. W., Stanga, Z. & Deuel, J. W. (2020). Reduced maximal aerobic capacity after COVID-19 in young adult recruits, Switzerland, May 2020. *Eurosurveillance*, 25(36), 2001542. doi:10.2807/1560-7917.ES.2020.25.36.2001542
- Csulak, E., Petrov, Á., Kováts, T., Tokodi, M., Lakatos, B., Kovács, A., ... Merkely, B. (2021). The Impact of COVID-19 on the Preparation for the Tokyo Olympics: A Comprehensive Performance Assessment of Top Swimmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(18), 9770. doi:10.3390/ijerph18189770
- De Oliveira, T. C. P., Gardel, D. G., Ghetti, A. T. A. & Lopes, A. J. (2022). The Glittre-ADL test in non-hospitalized patients with post-COVID-19 syndrome and its relationship with muscle strength and lung function. *Clinical Biomechanics*. 100, 105797. doi:10.1016/j.clinbiomech.2022.105797
- Dessie, Z. G. & Zewotir, T. (2021). Mortality-related risk factors of COVID-19: a systematic review and meta-analysis of 42 studies and 423,117 patients. *BMC Infectious Diseases*. 21(1), 855. doi:10.1186/s12879-021-06536-3
- Du, H. W., Fang, S. F., Wu, S. R., Chen, X. L., Chen, J. N., Zhang, Y. X., ... Liu, N. (2021). Six-month follow-up of functional status in discharged patients with coronavirus disease 2019. *BMC Infectious Diseases*, 21(1), 1271. doi:10.1186/s12879-021-06970-3
- Durstenfeld, M. S., Peluso, M. J., Kaveti, P., Hill, C., Li, D., Sander, E., ... Hsue, P. Y. (2022). Inflammation during early post-acute COVID-19 is associated with reduced exercise capacity and Long COVID symptoms after 1 year. *MedRxiv [Preprint]*. doi:10.1101/2022.05.17.22275235
- Everaerts, S., Heyns, A., Langer, D., Beyens, H., Hermans, G., Troosters, T., ... Janssens, W. (2021). COVID-19 recovery: benefits of multidisciplinary respiratory rehabilitation. *BMJ Open Respiratory Research*. 8(1), e000837. doi:10.1136/bmjresp-2020-000837

- Fikenzer, S., Kogel, A., Pietsch, C., Lavall, D., Stöbe, S., Rudolph, U., ... Hagendorff, A. (2021). SARS-CoV2 infection: functional and morphological cardiopulmonary changes in elite handball players. *Scientific Reports*, 11(1), 17798. doi:10.1038/s41598-021-97120-x
- Fletcher, G. F., Ades, P. A., Kligfield, P., Arena, R., Balady, G. J., Bittner, V. A. ... Williams, M. A. (2013). Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 128(8), 873-934. doi:10.1161/CIR.0b013e31829b5b44
- Gao, Y., Chen, R., Geng, Q., Mo, X., Zhan, C., Jian, W., ... Zheng, J. (2021). Cardiopulmonary exercise testing might be helpful for interpretation of impaired pulmonary function in recovered COVID-19 patients. *European Respiratory Journal*. 57(1), 2004265. doi:10.1183/13993003.04265-2020
- Giurgi-Oncu, C., Tudoran, C., Pop, G. N., Bredicean, C., Pescariu, S. A., Giurgiuca, A. & Tudoran, M. (2021). Cardiovascular Abnormalities and Mental Health Difficulties Result in a Reduced Quality of Life in the Post-Acute COVID-19 Syndrome. *Brain Sciences*, 11(11), 1456. doi:10.3390/brainsci11111456
- Glaab, T. & Taube, C. (2022). Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. *Respiratory Research*. 23(1), 9. doi:10.1186/s12931-021-01895-6
- Goudman, L., De Smedt, A., Noppen, M. & Moens, M. (2021). Is Central Sensitisation the Missing Link of Persisting Symptoms after COVID-19 Infection? *Journal of Clinical Medicine*. 10(23), 5594. doi:10.3390/jcm10235594
- Groff, D., Sun, A., Ssentongo, A. E., Ba, D. M., Parsons, N., Poudel, G. R., ... Chinchilli, V. M. (2021). Short-term and Long-term Rates of Postacute Sequelae of SARS-CoV-2 Infection: A Systematic Review. *JAMA Network Open*. 4(10), e2128568. doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.28568
- Guazzi, M., Arena, R., Halle, M., Piepoli, M. F., Myers, J. & Lavie, C. J. (2018). 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *European Heart Journal*. 39(14), 1144-1161. doi:10.1093/eurheartj/ehw180
- Haberland, E., Haberland, J., Richter, S., Schmid, M., Hromek, J., Zimmermann, H., ... Kollum, M. (2022). Seven Months after Mild COVID-19: A Single-Centre Controlled Follow-Up Study in the District of Constance (FSC19-KN). *International Journal of Clinical Practice*. 2022, 8373697. doi:10.1155/2022/8373697
- Hopkins. (2022). Zugriff am 14. November 2022 unter: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>

- Hossain, M. A., Hossain, K. M. A., Saunders, K., Uddin, Z., Walton, L. M., Raigangar, V., ... Jahid, I. K. (2021). Prevalence of Long COVID symptoms in Bangladesh: a prospective Inception Cohort Study of COVID-19 survivors. *BMJ Global Health*, 6(12), e006838. doi:10.1136/bmjgh-2021-006838
- Jimeno-Almazán, A., Pallarés, J. G., Buendía-Romero, Á., Martínez-Cava, A., Franco-López, F., Sánchez-Alcaraz Martínez, B. J., ... Courel-Ibáñez, J. (2021). Post-COVID-19 Syndrome and the Potential Benefits of Exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5329. doi:10.3390/ijerph18105329
- Joris, M., Minguet, P., Colson, C., Joris, J., Fadeur, M., Minguet, G., ... Rousseau, A. F. (2021). Cardiopulmonary Exercise Testing in Critically Ill Coronavirus Disease 2019 Survivors: Evidence of a Sustained Exercise Intolerance and Hypermetabolism. *Critical Care Explorations*, 3(7), e0491. doi:10.1097/CCE.0000000000000491
- Klok, F. A., Boon, G. J. A. M., Barco, S., Endres, M., Geelhoed, J. J. M., Knauss, S., ... Siegerink, B. (2020). The Post-COVID-19 Functional Status scale: a tool to measure functional status over time after COVID-19. *European Respiratory Journal*, 56(1), 2001494. doi:10.1183/13993003.01494-2020
- Komici, K., Bianco, A., Perrotta, F., Dello Iacono, A., Bencivenga, L., D'Agnano, V., ... Guerra, G. (2021). Clinical Characteristics, Exercise Capacity and Pulmonary Function in Post-COVID-19 Competitive Athletes. *Journal of Clinical Medicine*, 10(14), 3053. doi:10.3390/jcm10143053
- Ladlow, P., O'Sullivan, O., Houston, A., Barker-Davies, R., May, S., Mills, D. & Holdsworth, D. A. (2022). Dysautonomia following COVID-19 is not associated with subjective limitations or symptoms but is associated with objective functional limitations. *Heart Rhythm*, 19(4), 613-620. doi:10.1016/j.hrthm.2021.12.005
- Leite, L. C., Carvalho, L., Queiroz, D. M., Farias, M. S. Q., Cavalheri, V., Edgar, D. W., ... Mesquita, R. (2022). Can the post-COVID-19 functional status scale discriminate between patients with different levels of fatigue, quality of life and functional performance? *Pulmonology*, 28(3), 220-223. doi:10.1016/j.pulmoe.2022.01.001
- Lemos, M. M., Cavalini, G. R., Pugliese Henrique, C. R., Perli, V. A. S., de Moraes Marchiori, G., Marchiori, L. L. M., ... Magnani Branco, B. H. (2022). Body composition and cardiorespiratory fitness in overweight or obese people post COVID-19: A comparative study. *Frontiers in Physiology*, 13, 949351. doi:10.3389/fphys.2022.949351

- Liang, Z. D., Zhang, M., Wang, C. Z., Yuan, Y. & Liang, J. H. (2022). Association between sedentary behavior, physical activity, and cardiovascular disease-related outcomes in adults-A meta-analysis and systematic review. *Frontiers in Public Health*. 10, 1018460. doi:10.3389/fpubh.2022.1018460
- Machado, F. V. C., Meys, R., Delbressine, J. M., Vaes, A. W., Goërtz, Y. M. J., van Herck, M., ... Spruit, M. A. (2021). Construct validity of the Post-COVID-19 Functional Status Scale in adult subjects with COVID-19. *Health and Quality of Life Outcomes*, 19(1), 40. doi:10.1186/s12955-021-01691-2
- Margalit, I., Yelin, D., Sagi, M., Rahat, M. M., Sheena, L., Mizrahi, N., ... Yahav, D. (2022). Risk Factors and Multidimensional Assessment of Long Coronavirus Disease Fatigue: A Nested Case-Control Study. *Clinical Infectious Diseases*. 75(10), 1688-1697. doi:10.1093/cid/ciac283
- Meyer, T., Faude, O., Scharhag, J., Urhausen, A. & Kindermann, W. (2004). Is lactic acidosis a cause of exercise induced hyperventilation at the respiratory compensation point? *British Journal of Sports Medicine*. 38(5), 622-5. doi:10.1136/bjsm.2003.007815
- Meyer, T., Lucia, A., Earnest, C. P. & Kindermann, W. (2005). A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal gas exchange parameters - theory and application. *International Journal of Sports Medicine* 26(1), 38-48. doi:10.1055/s-2004-830514
- Midgley, A. W., Bentley, D. J., Luttikholt, H., McNaughton, L. R. & Millet, G. P. (2008). Challenging a dogma of exercise physiology: does an incremental exercise test for valid VO₂max determination really need to last between 8 and 12 minutes? *Sports Medicine*. 38(6), 441-7. doi:10.2165/00007256-200838060-00001
- Midgley, A. W., McNaughton, L. R., Polman, R. & Marchant, D. (2007). Criteria for determination of maximal oxygen uptake: a brief critique and recommendations for future research. *Sports Medicine*. 37(12), 1019-28. doi:10.2165/00007256-200737120-00002
- Milovancev, A., Avakumovic, J., Lakicevic, N., Stajer, V., Korovljev, D., Todorovic, N., ... Drid, P. (2021). Cardiorespiratory Fitness in Volleyball Athletes Following a COVID-19 Infection: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18(8), 4059. doi:10.3390/ijerph18084059
- Mohamed Hussein, A. A., Saad, M., Zayan, H. E., Abdelsayed, M., Moustafa, M., Ezzat, A. R., ... Sayed, I. (2021). Post-COVID-19 functional status: Relation to age, smoking,

- hospitalization, and previous comorbidities. *Annals of Thoracic Medicine*, 16(3), 260-265. doi:10.4103/atm.atm_606_20
- Moulson, N., Gustus, S. K., Scirica, C., Petek, B. J., Vanatta, C., Churchill, T. W., ... Wasfy, M. M. (2022). Diagnostic evaluation and cardiopulmonary exercise test findings in young athletes with persistent symptoms following COVID-19. *British Journal of Sports Medicine*. 0, 1-7. doi:10.1136/bjsports-2021-105157
- Myers, J., Buchanan, N., Walsh, D., Kraemer, M., McAuley, P., Hamilton-Wessler, M. & Froelicher, V. F. (1991). Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. *Journal of the American College of Cardiology*. 17(6), 1334-42. doi:10.1016/s0735-1097(10)80144-5
- Niemeyer, M., Knaier, R. & Beneke, R. (2021). The Oxygen Uptake Plateau-A Critical Review of the Frequently Misunderstood Phenomenon. *Sports Medicine*. 51(9), 1815-1834. doi:10.1007/s40279-021-01471-4
- Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH. (2022). Coronavirus – SARS-CoV-2. Österreichweite Überwachung der SARS-CoV-2 Varianten. Zugriff am 19. Jänner 2023 unter <https://www.ages.at/mensch/krankheit/krankheitserreger-von-a-bis-z/coronavirus#c23284>
- Pant, P., Joshi, A., Basnet, B., Shrestha, B. M., Bista, N. R., Bam, N. & Das, S. K. (2021). Prevalence of Functional Limitation in COVID-19 Recovered Patients Using the Post COVID-19 Functional Status Scale. *Journal of Nepal Medical Association*, 59(233), 7-11. doi:10.31729/jnma.5980
- Parpa, K. & Michaelides, M. (2022). Aerobic capacity of professional soccer players before and after COVID-19 infection. *Scientific Reports*, 12(1), 11850. doi:10.1038/s41598-022-16031-7
- Pleguezuelos, E., Del Carmen, A., Llorensi, G., Carcole, J., Casarramona, P., Moreno, E., ... Garnacho-Castaño, M. V. (2021). Severe loss of mechanical efficiency in COVID-19 patients. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 12(4), 1056-1063. doi:10.1002/jcsm.12739
- Raman, B., Cassar, M. P., Tunnicliffe, E. M., Filippini, N., Griffanti, L., Alfaro-Almagro, F., ... Neubauer, S. (2021). Medium-term effects of SARS-CoV-2 infection on multiple vital organs, exercise capacity, cognition, quality of life and mental health, post-hospital discharge. *EClinicalMedicine*, 31, 100683. doi:10.1016/j.eclinm.2020.100683

- Rapp, D., Scharhag, J., Wagenpfeil, S. & Scholl, J. (2018). Reference values for peak oxygen uptake: cross-sectional analysis of cycle ergometry-based cardiopulmonary exercise tests of 10 090 adult German volunteers from the Prevention First Registry. *BMJ Open*. 8(3), e018697. doi:10.1136/bmjopen-2017-018697
- Ribeiro Baptista, B., d'Humières, T., Schlemmer, F., Bendib, I., Justeau, G., Al-Assaad, L., ... Boyer, L. (2022). Identification of factors impairing exercise capacity after severe COVID-19 pulmonary infection: a 3-month follow-up of prospective COVulnerability cohort. *Respiratory Research*. 23(1), 68. doi:10.1186/s12931-022-01977-z
- Robergs, R. A., Dwyer, D. & Astorino, T. (2010). Recommendations for improved data processing from expired gas analysis indirect calorimetry. *Sports Medicine*. 40(2), 95-111. doi:10.2165/11319670-000000000-00000
- Ross, R. M., Murthy, J. N., Wollak, I. D. & Jackson, A. S. (2010). The six minute walk test accurately estimates mean peak oxygen uptake. *BMC Pulmonary Medicine*. 10, 31. doi:10.1186/1471-2466-10-31
- Rubeshkumar, P., John, A., Narnaware, M., M J., Vidya, F., Gurunathan, R., ... Kaur, P. (2022). Persistent Post COVID-19 Symptoms and Functional Status after 12-14 weeks of recovery, Tamil Nadu, India, 2021. *Journal of Infection*. 84(5), 722-746. doi:10.1016/j.jinf.2021.12.019
- Sallis, R., Young, D. R., Tartof, S. Y., Sallis, J. F., Sall, J., Li, Q., ... Cohen, D. A. (2021). Physical inactivity is associated with a higher risk for severe COVID-19 outcomes: a study in 48 440 adult patients. *British Journal of Sports Medicine*, 55(19), 1099-1105. doi:10.1136/bjsports-2021-104080
- Schaeffer, M. R., Cowan, J., Milne, K. M., Puyat, J. H., Voduc, N., Corrales-Medina, V., ... Guenette, J. A. (2022). Cardiorespiratory physiology, exertional symptoms, and psychological burden in post-COVID-19 fatigue. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 302, 103898. doi:10.1016/j.resp.2022.103898
- Scharhag-Rosenberger, F. (2010). Spiroergometrie zur Ausdauerleistungsdiagnostik. *German Journal of Sports Medicine*. 61(6), 146-147.
- Scharhag-Rosenberger F., Meyer T., Walitzek S. & Kindermann W. (2009). Time course of changes in endurance capacity: a 1-yr training study. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 41(5):1130-7. doi:10.1249/MSS.0b013e3181935a11
- Scharhag-Rosenberger, F. & Schommer, K. (2013). Die Spiroergometrie in der Sportmedizin. *German Journal of Sports Medicine*. 64(12), 362-366. doi:10.5960/dzsm.2013.105

- Schwendinger, F., Knaier, R., Radtke, T. & Schmidt-Trucksäss, A. (2022). Low Cardiorespiratory Fitness Post-COVID-19: A Narrative Review. *Sports Medicine*. 17, 1-24. doi:10.1007/s40279-022-01751-7
- Skjørten, I., Ankerstjerne, O. A. W., Trebinjac, D., Brønstad, E., Rasch-Halvorsen, Ø., Einvik, G., ... Ingul, C. B. (2021). Cardiopulmonary exercise capacity and limitations 3 months after COVID-19 hospitalisation. *European Respiratory Journal*, 58(2), 2100996. doi:10.1183/13993003.00996-2021
- Statistik Austria & Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (Hrsg.). (2019). Österreichische Gesundheitsbefragung 2019. Hauptergebnisse des Austrian Health Interview Survey (ATHIS) und methodische Dokumentation. Wien: Eigenverlag.
- Statistik Austria. (2020). *Demographisches Jahrbuch 2020*. Wien: Verlag Österreich GmbH.
- Statistik Austria. (2022). COVID-19: „Geimpft/Genesen“-Status. Zugriff am 15. Dezember 2022 unter <https://www.statistik.at/statistiken/bevoelkerung-und-soziales/gesundheits/COVID-19/COVID-19-geimpft/genesen-status>
- Steinbeis, F., Knappe, P., Mittermaier, M., Helbig, E. T., Tober-Lau, P., Thibeault, C., ... Zoller, T. (2022). Functional limitations 12 months after SARS-CoV-2 infection correlate with initial disease severity: An observational study of cardiopulmonary exercise capacity testing in COVID-19 convalescents. *Respiratory Medicine*. 202, 106968. doi:10.1016/j.rmed.2022.106968
- Strumiliene, E., Zeleckiene, I., Bliudzius, R., Samuilis, A., Zvirblis, T., Zablockiene, B., ... Jancoriene, L. (2021). Follow-Up Analysis of Pulmonary Function, Exercise Capacity, Radiological Changes, and Quality of Life Two Months after Recovery from SARS-CoV-2 Pneumonia. *Medicina*. 57(6), 568. doi:10.3390/medicina57060568
- Szekely, Y., Lichter, Y., Sadon, S., Lupu, L., Taieb, P., Banai, A., ... Topilsky, Y. (2021). Cardiorespiratory Abnormalities in Patients Recovering from Coronavirus Disease 2019. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 34(12), 1273-1284. doi:10.1016/j.echo.2021.08.022
- Taboada, M., Cariñena, A., Moreno, E., Rodríguez, N., Domínguez, M. J., Casal, A., ... Seoane-Pillado, T. (2021). Post-COVID-19 functional status six-months after hospitalization. *Journal of Infection*. 82(4), e31-e33. doi:10.1016/j.jinf.2020.12.022
- Untersteiner, H. (2007). *Statistik – Datenauswertung mit Excel und SPSS: für Naturwissenschaftler und Mediziner*. (2. Aufl.). Wien: Facultas.WUV.

- Vannini, L., Quijada-Fumero, A., Martín, M. P. R., Pina, N. C. & Afonso, J. S. H. (2021). Cardiopulmonary exercise test with stress echocardiography in COVID-19 survivors at 6 months follow-up. *European Journal of Internal Medicine*, 94, 101-104. doi:10.1016/j.ejim.2021.10.004
- Venturelli, M., Cè, E., Paneroni, M., Guazzi, M., Lippi, G., Paoli, A., ... Esposito, F. (2021). Maximal aerobic capacity exercise testing protocols for elderly individuals in the era of COVID-19. *Aging Clinical and Experimental Research*, 33(5), 1433-1437. doi:10.1007/s40520-021-01858-3
- Vonbank, K., Lehmann, A., Bernitzky, D., Gysan, M. R., Simon, S., Schrott, A., ... Gompelmann, D. (2021). Predictors of Prolonged Cardiopulmonary Exercise Impairment After COVID-19 Infection: A Prospective Observational Study. *Front Med (Lausanne)*, 8, 773788. doi:10.3389/fmed.2021.773788
- Wang, Z., Jin, X., Liu, Y., Wang, C., Li, J., Tian, L. & Teng, W. (2022). Sedentary behavior and the risk of stroke: A systematic review and dose-response meta-analysis. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*. 32(12), 2705-2713. doi:10.1016/j.numecd.2022.08.024
- Wasserman, K., Sietsema, K., Sue, D. Y., Stringer, W., Ward, S. A. & Whipp, B. J. (2020). *Principles of exercise testing and interpretation: Including pathophysiology and clinical applications: Sixth edition*. (6. Aufl.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilki.
- Wood, G., Kirkevang, T. S., Agergaard, J., Leth, S., Hansen, E. S. S., Laustsen, C., ... Kim, W. Y. (2022). Cardiac Performance and Cardiopulmonary Fitness After Infection With SARS-CoV-2. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*. 9, 871603. doi:10.3389/fcvm.2022.871603
- Yates, T., Razieh, C., Zaccardi, F., Rowlands, A. V., Seidu, S., Davies, M. J. & Khunti, K. (2021). Obesity, walking pace and risk of severe COVID-19 and mortality: analysis of UK Biobank. *International Journal of Obesity*. 45(5), 1155-1159. doi:10.1038/s41366-021-00771-z
- Yu, W., Guo, Y., Zhang, S., Kong, Y., Shen, Z. & Zhang, J. (2022). Proportion of asymptomatic infection and nonsevere disease caused by SARS-CoV-2 Omicron variant: A systematic review and analysis. *Journal of Medical Virology*. 94(12), 5790-5801. doi:10.1002/jmv.28066

Abkürzungsverzeichnis

6MGT: 6-Minuten-Geh-Test

BMI: Body-Mass-Index

COVID-19: Coronavirus-Krankheit-19

PCFS: Post-COVID-19-Skala des funktionellen Status

PCR: Polymerasekettenreaktion

RCP: respiratorische Kompensationspunkt

SARS-CoV-2: Schweres-akutes-Atemwegssyndrom-Coronavirus Typ 2

SF-36: Short Form Gesundheitsfragebogen 36

VCO₂: Kohlendioxidabgabe

VE: Ventilation

VO₂: Sauerstoffaufnahme

VO₂max: maximale Sauerstoffaufnahme

VO₂peak: höchste gemessene Sauerstoffaufnahme

VO₂/kg: relative Sauerstoffaufnahme

VT1: erste ventilatorische Schwelle

VT2: zweite ventilatorische Schwelle

Watt/kg: relative Watt

%Norm: Prozent der erwarteten höchst gemessenen Sauerstoffaufnahme

%Peak: Prozent der erreichten höchst gemessenen Sauerstoffaufnahme

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema des Sauerstofftransports (Wasserman, 2020, S. 22).	10
Abbildung 2: Perzentil-Referenzwerte der relativen VO_2peak der Frauen (Rapp, 2018, S.6).	12
Abbildung 3: Perzentil-Referenzwerte der relativen VO_2peak der Männer (Rapp, 2018, S.6).	12
Abbildung 4: Normalbefund einer 9-Felder-Grafik (Scharhag-Rosenberg & Schommer, 2013, S. 364).	15
Abbildung 5: PCFS-Grade eingeteilt in die VO_2peak -Kategorien.....	33
Abbildung 6: Alter, BMI und Sport pro Woche eingeteilt in die PCFS-Grade	37
Abbildung 7: Relative Sauerstoffaufnahme eingeteilt in die PCFS-Grade	38
Abbildung 8: Relative Watt eingeteilt in die PCFS-Grade	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausbelastungskriterien, ihre häufigsten Definitionen und zu beachtende Punkte (Scharhag-Rosenberger & Schommer, 2013, S. 363)	11
Tabelle 2: PCFS-Skalengrad Beschreibung (Klok et al., 2020, S. 2).....	18
Tabelle 3: Absolute Indikationen für einen Belastungsabbruch (Fletcher et al., 2013, S. 882)	24
Tabelle 4: Die deutsche Version des Patientenfragebogen für den Patienten-Selbstbericht des PCFS (Klok et al., 2020, S. 2).....	26
Tabelle 5: Anthropometrische Daten, Sport pro Woche und vergangene Tage seit COVID-19	28
Tabelle 6: Geschlechtsverteilung, Risikofaktoren und Vorerkrankungen	29
Tabelle 7: Daten zur COVID-19-Impfung und -Infektion.....	30
Tabelle 8: Einteilung des Studienkollektivs in verschiedene Kategorien	31
Tabelle 9: Alter, BMI und ausgewählte Parameter der Spiroergometrie, eingeteilt in die PCFS-Grade	34
Tabelle 10: Zusammenhänge zwischen dem Alter, BMI, Sport pro Woche beziehungsweise ausgewählten Parametern der Spiroergometrie mit dem PCFS.....	35

Anhang

Anhang A

„Untersuchung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Lebensqualität nach Covid-19“

Teilnehmer*Inneninformation und Einwilligungserklärung

Sehr geehrte*r Teilnehmer*in,

wir laden Sie ein, an dieser Studie teilzunehmen und möchten Sie in diesem Schreiben über den genauen Inhalt und die Vorgehensweise informieren.

Die Teilnahme an dieser Studie erfolgt freiwillig. Sie können jederzeit und ohne Angabe von Gründen Ihre Bereitschaft zur Teilnahme ablehnen oder auch im Verlauf der Studie zurückziehen. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie haben keine nachteiligen Folgen für Sie.

Diese Studie hat eine hohe gesellschaftliche Relevanz, um verlässliche neue wissenschaftliche Forschungsergebnisse zu gewinnen. Für die Teilnahme an dieser Studie ist es notwendig, dass Sie Ihr Einverständnis schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text sorgfältig durch und zögern Sie nicht, Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung:

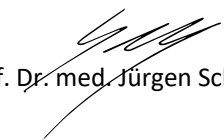
wenn Sie Art und Ablauf der Studie vollständig verstanden haben,

wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen und

wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmer/in an dieser Studie im Klaren sind.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme und Kooperation!

Ihre Studienleitung



Univ.- Prof. Dr. med. Jürgen Scharhag

Facharzt für Innere Medizin und Kardiologie,
Sportmedizin
Professur für Sport- und Leistungsphysiologie
Abteilung für Sportmedizin, Leistungsphysiologie
und Prävention, Institut für Sportwissenschaft,
Universität Wien



Univ.- Prof. Dr. phil. Rhoia Neidenbach

Sportwissenschaftlerin, Physiotherapeutin
Gastprofessur für Versorgungsforschung
Abteilung für Sportmedizin,
Leistungsphysiologie und Prävention, Institut
für Sportwissenschaft, Universität Wien

➤ Was ist der Zweck der Studie?

Ziel der vorliegenden Studie ist, bei Erwachsenen nach einer COVID-19-Erkrankung den Gesundheitszustand inklusive der körperlichen Leistungsfähigkeit sowohl auf Basis sportmedizinisch-internistischer und -kardiologischer als auch sportwissenschaftlich-leistungsphysiologischer Untersuchungen zu erfassen. Zudem werden Mittels Fragebögen die Lebensqualität, Angst und Depressivität erhoben, um den seelischen Zustand der Genesenen zu ermitteln.

Um möglichst repräsentative Aussagen zu gewinnen und für Betroffene nach einer Covid-19-Erkrankung das notwendige Versorgungsspektrum bei krankheitsbedingter reduzierter Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit mittels der o.g. Untersuchungsinhalte erheben zu können, werden an COVID-19 genesene körperlich inaktive bzw. untrainierte als auch zuvor körperlich bzw. sportlich aktive Personen in die Studie zu gleichen Teilen eingeschlossen werden. Hierdurch können sowohl zunächst initial im Querschnitt die zu untersuchende Parameter von Untrainierten und Sportler*innen verglichen werden.

Zusätzlich soll die Entwicklung im Längsschnitt durch ein Follow-up nach drei Monaten in den Kollektiven untersucht werden. Hierbei soll ein in etwa gleich gewichtetem Anteil von Untrainierten und Sportler*innen ohne und mit subjektiv empfundener Minderung der Leistungsfähigkeit nach COVID-19 untersucht werden.

➤ Wie läuft die Studie ab?

Alle Untersuchungen werden in der Abteilung für Sportmedizin, Leistungsphysiologie und Prävention des Instituts für Sportwissenschaften der Universität Wien durchgeführt. Vor den ersten Untersuchungen erfolgt ein Gespräch und eine Untersuchung durch eine*n Sportmediziner*in der Universität Wien zur Risikoabklärung und zur Freigabe zur Testung statt.

Die Untersuchungen finden an einem Termin statt und beinhalten sportmedizinisch-internistische und -kardiologische sowie sportwissenschaftlich-leistungsphysiologische Untersuchungen. Diese beinhalten:

- Ein Anamnesegespräch mit eine*r Sportmediziner*in
- körperliche Untersuchungen, Analyse der Körperzusammensetzung, eine Ruhe-EKG Messung
- Routine-Laborwerte des Blutes
- Transthorakales 2D und 3D Echokardiographie
- Bodyplethysmographie (zur Analyse der Lungenfunktion) inklusive Bestimmung der Diffusionskapazität
- Ein fahrradergometrisches Belastungs-EKG mittels Spiroergometrie inkl. Bestimmung leistungsphysiologischer Schwellen (VT, RCP, VO₂peak) sowie weiterer Kenngrößen (Sauerstoffpuls, Atemäquivalent, VE/VCO₂-Slope etc.)
- Laktat in Ruhe, bei Belastungsende und 5 Minuten danach
- Analyse der Lebensqualität und des psychologischen IST-Status (mit Fokus auf Angst und Depressivität)

Alle Testungen werden im Labor der Abteilung für Sportmedizin, Leistungsphysiologie und Prävention am Institut für Sportwissenschaft, Auf der Schmelz 6, 1150 Wien durchgeführt. Es werden ca. 200 Proband*innen an dieser Studie teilnehmen. Die Testdauer beträgt ca. 2,5 Stunden.

Ziel ist es, den allgemeinen Gesundheitszustand zu kontrollieren und ggf. auch vor Belastung Erkrankungen zu erkennen, die evtl. eine Kontraindikation für eine Ergometrie darstellen (insb. Infekte).

Die Blutproben werden bei Studieneinschluss und bei der Folgeuntersuchung (nach 3 Monaten) pseudonymisiert analysiert und in Folge anonymisiert eingefroren, damit ggf. später weitere Bestimmungen von (neuen) Biomarkern möglich sind

➤ Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an der Studie?

Es ist nicht zu erwarten, dass Sie aufgrund Ihrer Teilnahme einen gesundheitlichen Nutzen ziehen. Die Ergebnisse dieser Studie sollen wichtige Daten zur Anpassung der Nachsorge von Covid-19 Genesenen beitragen. Die Teilnahme ist selbstverständlich mit keinerlei Kosten verbunden. Sie erhalten anschließend sowohl die persönlichen Ergebnisse als auch die Resultate und Erläuterungen nach Abschluss des Projekts durch erfahrene Sportmediziner*innen und Sportwissenschaftler*innen.

Der Ergebnisse spiegeln Ihren derzeitigen Gesundheitszustand sowie Ihr aktuelles Leistungsvermögen wider. Diese können als Grundlage für Ihre zukünftigen Trainingsinterventionen genutzt werden.

➤ Gibt es Risiken bei der Durchführung der Studie und ist mit Beschwerden oder anderen Begleiterscheinungen zu rechnen?

Durch die Teilnahme an der Studie sind keine zusätzlichen Risiken zu erwarten, die nicht auch während der üblichen Sportausübung auftreten können. Es besteht die Möglichkeit, dass die Erschöpfung nach der Testung einige Stunden andauert und dass sich ein Muskelkater bildet, der jedoch nach einigen Tagen nicht mehr spürbar ist. Daher können die Belastungstests als intensive sportliche Tätigkeiten angesehen werden. Die Blutabnahmen in der Ellenbeuge und am Ohrläppchen können zu vorübergehenden kleinen Hämatomen („blaue Flecken“) führen, die sich jedoch nach kurzer Zeit wieder zurückbilden. Die im Rahmen der Studie angewandten Untersuchungsmethoden werden in Österreich regelmäßig eingesetzt. Gesundheitliche Vorbelastungen müssen dem Studienleiter, der Versuchsleiterin und/oder dem Arzt, der die Voruntersuchung durchführt mitgeteilt werden und dies kann zu einem Ausschluss aus der Studie führen.

Ausschlusskriterien:

- Verletzung vor oder während der Studie, die eine Teilnahme aus gesundheitlicher Sicht nicht erlauben
- Kardiovaskuläre, pulmonale oder metabolische Erkrankung(en), die die Teilnahme nicht erlauben
- Akute Infektionen ab 1 Woche vor dem Messzeitpunkt
- Alter <18 Jahren

Einschlusskriterien:

- Proband*innen ≥18
- Detaillierte Angabe der durchlaufenen Covid-19-Erkrankung

➤ Hat die Teilnahme an der Studie sonstige Auswirkungen auf die Lebensführung und welche Verpflichtungen ergeben sich daraus?

Am Tag vor den Untersuchungen dürfen nur leichte körperliche Aktivitäten durchgeführt werden, sodass Sie die Testungen in ermüdungsfreiem Zustand absolvieren. Drei Stunden vor den Testungen dürfen keine schweren Mahlzeiten, koffeinhaltige Getränke, Alkohol oder Sportgetränke zu sich genommen werden.

➤ Was ist zu tun beim Auftreten von Beschwerdesymptomen, unerwünschten Begleiterscheinungen und/oder Verletzungen?

Sollten im Verlauf der Studie Symptome, Begleiterscheinungen oder Verletzungen auftreten, müssen Sie diese der Versuchsleiterin oder dem Studienleiter mitteilen. Bei schwerwiegenden Begleiterscheinungen ist die Versuchsleiter*in oder der Studienleiter*in umgehend zu kontaktieren (Kontaktdaten siehe Punkt 10).

➤ Wann wird die Studie vorzeitig beendet?

Sie haben das Recht, Ihre Teilnahmebereitschaft jederzeit zu widerrufen. Dies ist auch ohne Angabe von Gründen möglich. Durch ein Ausscheiden aus der Studie entstehen keine Nachteile für Sie. Um die Bereitschaft zur Teilnahme zu widerrufen, können Sie jederzeit den*die Studienleiter*in oder den*die Versuchsleiter*in kontaktieren (persönlich, per Mail oder telefonisch, siehe Punkt 10).

Es ist auch möglich, dass der*die Studienleiter*in oder der*die Versuchsleiter*in entscheidet, Ihre Teilnahme an der Studie vorzeitig zu beenden. Hierbei muss vorher kein Einverständnis von Ihnen eingeholt werden. Die Gründe hierfür können sein:

- Innerhalb des Gesprächs und der Untersuchung durch eine*n Sportmediziner*in wird ein Risikofaktor erkannt und keine Testfreigabe erteilt
- Der*die Studienleiter*in oder der*die Versuchsleiter*in haben den Eindruck, dass eine weitere Teilnahme an der Studie nicht in Ihrem Interesse ist

➤ In welcher Weise werden die im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten verwendet?

Es werden keine Namen verwendet, sondern Kennziffern (z.B.: Covid_Einschluss_01). Diese Ziffern werden den Teilnehmenden zugeordnet und in einer Zuordnungsdatei notiert, um die Leistungsdaten korrekt zuzuordnen (= pseudonymisiert). Diese Zuordnung wird acht Wochen nach Beendigung der jeweiligen Studienteilnahme gelöscht, danach sind die Daten anonymisiert. Und die Zuordnung wird auf dem passwortgeschützten Rechner des Studienleiters gespeichert. Zugang zu diesem Computer hat ausschließlich die Studienleitung. Die Studienleitung ist verpflichtet, keinerlei Auskunft über persönliche Daten und Ergebnisse zu geben. Die aufgenommenen Daten werden ausschließlich zu statistischen Zwecken gesammelt und verwendet. Auch in etwaigen Veröffentlichungen der Daten dieser Studie werden Sie nicht namentlich genannt.

Die Löschung der Daten kann bis spätestens acht Wochen nach Beendigung des letzten Tests, ohne Angabe von Gründen, verlangt werden. Dies kann schriftlich oder mündlich durch die Studienleitung erfolgen (Kontaktdaten siehe 10.).

➤ Entstehen für die Teilnehmer*Innen Kosten? Gibt es einen Kostenersatz oder eine Vergütung?

Für die Teilnahme an dieser Studie kann keinerlei Vergütung und kein Kostenersatz gewährt werden. Die Teilnahme, sowie die zur Verfügung gestellten Ergebnisse, sind für Sie selbstverständlich kostenlos.

➤ Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser Studie steht Ihnen die Studienleitung gerne zur Verfügung. Dies betrifft auch Fragen, welche Ihre Rechte, als Teilnehmer*in an dieser Studie, betreffen. Ein individueller Termin wird via Email (postcovid19@univie.ac.at) koordiniert und in persönlicher Besprechung mit Projektmitarbeiter*innen wird die Einsicht in Daten angeboten.

➤ **Einwilligungserklärung (Exemplar zum Verbleib bei dem*r Studienteilnehmer*in)**

Ich erkläre mich bereit, an der Studie zur „Untersuchung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Lebensqualität nach Covid-19: eine Quer- und Längsschnitt Pilotstudie an Untrainierten und Sporttreibenden“ teilzunehmen.

Ich wurde ausführlich und verständlich über Zielsetzung, Bedeutung und Tragweite der Studie und die sich für mich resultierenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser Teilnehmer*Inneninformation und der Einwilligungserklärung gelesen, insbesondere den 4. Abschnitt (Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?).

Aufgetretene Fragen wurden mir verständlich und ausreichend beantwortet. Ich hatte genügend Zeit, mich zu entscheiden, ob ich an der Studie teilnehmen möchte. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde die Hinweise, die für die Durchführung der Studie erforderlich sind, befolgen, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen. Sollte ich aus der Studie ausscheiden wollen, so kann ich dies jeder Zeit schriftlich oder mündlich durch Kontaktaufnahme an das Studiensekretariat veranlassen.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten ausgewertet werden.

Ich stimme zu, dass meine Daten dauerhaft in anonymisierter Form und bis acht Wochen nach meiner Studienteilnahme pseudonymisiert elektronisch gespeichert werden. Die Daten werden in einer nur der Studienleitung zugänglichen Form gespeichert, die gemäß aktueller Standards gesichert ist.

Sollte ich zu einem späteren Zeitpunkt (bis zu 8 Wochen nach meiner letzten Testung) die Löschung meiner Daten wünschen, so kann ich dies schriftlich oder telefonisch ohne Angabe von Gründen bei der Versuchsleiterin oder dem Studienleiter veranlassen.

Den Aufklärungsteil habe ich gelesen und verstanden. Ich konnte im Aufklärungsgespräch alle mich interessierenden Fragen stellen. Sie wurden vollständig und verständlich beantwortet.

Eine Kopie dieser Teilnehmer*Inneninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt bei der Studienleitung.

→ Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung auf der folgenden Seite und geben Sie diese an ein*e Studienuntersucher*in ab!

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Einwilligungserklärung (bitte um Abgabe an eine*n Studienuntersucher*in)

Name der teilnehmenden Person in Druckbuchstaben: _____

Geburtsdatum: _____

Ich erkläre mich bereit, an der Studie zur „Untersuchung der körperlichen Leistungsfähigkeit und Lebensqualität nach Covid-19: eine Quer- und Längsschnitt Pilotstudie an Untrainierten und Sporttreibenden“ teilzunehmen.

Ich wurde ausführlich und verständlich über Zielsetzung, Bedeutung und Tragweite der Studie und die sich für mich resultierenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser Teilnehmer*Inneninformation und der Einwilligungserklärung gelesen, insbesondere den 4. Abschnitt (Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?).

Aufgetretene Fragen wurden mir verständlich und ausreichend beantwortet. Ich hatte genügend Zeit, mich zu entscheiden, ob ich an der Studie teilnehmen möchte. Ich habe zurzeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde die Hinweise, die für die Durchführung der Studie erforderlich sind, befolgen, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen. Sollte ich aus der Studie ausscheiden wollen, so kann ich dies jeder Zeit schriftlich oder mündlich durch Kontaktaufnahme an das Studiensekretariat veranlassen.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten ausgewertet werden.

Ich stimme zu, dass meine Daten dauerhaft in anonymisierter Form und bis acht Wochen nach meiner Studienteilnahme pseudonymisiert elektronisch gespeichert werden. Die Daten werden in einer nur der Studienleitung zugänglichen Form gespeichert, die gemäß aktueller Standards gesichert ist.

Sollte ich zu einem späteren Zeitpunkt (bis zu 8 Wochen nach meiner letzten Testung) die Löschung meiner Daten wünschen, so kann ich dies schriftlich oder telefonisch ohne Angabe von Gründen bei der Versuchsleiterin oder dem Studienleiter veranlassen.

Den Aufklärungsteil habe ich gelesen und verstanden. Ich konnte im Aufklärungsgespräch alle mich interessierenden Fragen stellen. Sie wurden vollständig und verständlich beantwortet.

Eine Kopie dieser Teilnehmer*Inneninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt bei der Studienleitung.

Datum und Unterschrift des*der Teilnehmers*in: → _____ ←

Datum, Name und Unterschrift durch die Studienleitung: _____

Anhang B

SPORTMEDIZINISCHER ANAMNESEBOGEN TERMIN 1

PERSÖNLICHE DATEN:

Vorname:	Größe:
Nachname:	Gewicht:
Geburtsdatum:	Geschlecht:
Ruhe RR:	Puls:
Waist to hip ratio:	Handkraft:
	O2 Sättigung:

FREIZEITSPORT:

Würden sie sich als einen sportlichen Menschen beschreiben?

☐ ja ☐ eher ja ☐ eher nein ☐ nein

Wie viele Stunden Sport machen Sie durchschnittlich in einer Woche?

.....

Sportarten:

.....

LEISTUNGSSPORT:

Aktuelle Sportart:	Früherer Leistungssport:
Wie viele Jahre trainieren Sie in dieser Sportart?	
Trainingseinheiten in einer Woche:	
Trainingsstunden in einer Woche:	
Für Ausdauer: km/Woche:	
Für Kraft: Tonnen/Woche:	
Bisherige Bestleistung:	
Bisherige Bestplatzierung:	

ANAMNESE:

Vorerkrankungen:

Operationen:

Allergien:

CCS:

NYHA:

Medikamente:

Sozialanamnese:

Familienanamnese:

STATUS:

Cor:

Pulm:

Abd:

Bewegungsapparat:

Neuro:

COVID-19:

Wann wurden Sie für SARS-CoV-2 positiv getestet (PCR)?

.....

Welche Symptome haben Sie bei sich beobachtet:

- ☐ Keine Symptome
- ☐ Fieber >38°
- ☐ Husten
- ☐ Atemnot
- ☐ Geruch-/Geschmacksverlust
- ☐ Kopfschmerzen
- ☐ Muskelschmerzen, Gelenkschmerzen
- ☐ Müdigkeit
- ☐ Durchfall
- ☐ Übelkeit / Erbrechen
- ☐ Halsschmerzen
- ☐ Rhinitis

Andere:

Haben Sie nach der COVID-19 Erkrankung bei si einige von folgenden Symptomen beobachtet?

- ☐ Müdigkeit
- ☐ Atemnot
- ☐ Erniedrigte Belastungsfähigkeit
- ☐ Husten
- ☐ Muskelschmerzen
- ☐ Brustschmerzen
- ☐ Konzentrationsschwäche
- ☐ Kopfschmerzen
- ☐ Schneller bzw. erhöhter Puls / Herzklopf / Herzrasen

Andere:

Als wie schwer würden Sie den Krankheitsverlauf beurteilen? Bitte ankreuzen (0-symptomfrei, normales Selbstbefinden, 10 – sehr schwerer Verlauf)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

Sind sie gegen COVID-19 geimpft worden?

- ☐ nein ☐ ja, Impfstoff Datum: 1. Impfung 2. Impfung 3. Impfung ..

Falls sie in der vorherigen Frage „ja“ angekreuzt haben, haben Sie nach der Impfung Nebenwirkungen beobachtet?

- ☐ nein ☐ ja, welche?..... Dauer der Symptome:

KARDIOVASKULÄRE RISIKOFAKTOREN:

(soweit bekannt)

Erhöhter Cholesterinspiegel:

- ☐ nein ☐ ja, Gesamtcholesterin:

Erhöhter Blutdruck:

- ☐ nein ☐ ja, Blutdruckwert:.....

Diabetes mellitus:

- ☐ nein ☐ Typ 1 ☐ Typ 2

Übergewicht:

- ☐ nein ☐ ja, BMI:

Nikotinkonsum:

- ☐ nein ☐ ja

Alkoholkonsum:

- ☐ nein ☐ ja, Häufigkeit:

Zigaretten/Tag seit wann?

.....

VEGETATIVE ANAMNESE: (allfällige Beschwerden)

Schlaf:

- ☐ gut ☐ mittel ☐ schlecht
☐ Einschlafprobleme
☐ Durchschlafprobleme

Harn:

Stuhlgang Häufigkeit:

Appetit:

- ☐ normal
☐ vermindert
☐ gesteigert

Stuhl:

- ☐ flüssig ☐ mittel/norm.
☐ hart/Verstopfung

Ernährung:

Für Frauen:

Monatsblutung:

- ☐ regelmäßig
☐ unregelmäßig
☐ sehr starke Blutung
☐ sehr starke Schmerzen
☐ sonstiges:

Alter bei der ersten Monatsblutung:

Anzahl der Kinder:

Anzahl der Schwangerschaften:

Anhang C

Studien-ID: _____

Liebe*r Studienteilnehmer*in!

In diesem Fragebogen geht es um Ihren Lebensstil und Ihr Gesundheitsverhalten. Ziel ist es, herauszufinden, welche Maßnahmen etabliert werden müssen, um ggf. Gesundheitsrisiken zu erkennen und Sie dabei zu unterstützen, diese langfristig zu reduzieren. Die Teilnahme ist freiwillig und dauert wenige Minuten. Bitte geben Sie den ausgefüllten Fragebogen im Anschluss an einen der Untersucher*innen ab!

Vielen Dank für die Beantwortung der Fragen!

Beginn des COVID-19 Fragebogens

Angaben zu Ihrer Person

- Nachname: _____ Vorname: _____
- Geburtsdatum: _____
- Körpergröße: _____
- Körpergewicht: _____

- Welches Geschlecht haben Sie? ☐ Männlich ☐ Weiblich ☐ Anderes ☐ keine Angabe

- Wie ist Ihr Familienstand?
☐ Verheiratet und zusammenlebend ☐ Verheiratet und getrennt lebend ☐ geschieden
☐ In fester Partnerschaft ☐ keine feste Partnerschaft ☐ verwitwet

- Haben Sie Kinder?
☐ Nein ☐ Ja Wenn ja, wie viele? _____ Kinder

- Wie schätzen Sie persönlich Ihre momentane finanzielle Lage im Vergleich zu anderen Personen Ihrer Altersgruppe ein?
☐ sehr gut ☐ gut ☐ weder gut noch schlecht ☐ schlecht ☐ sehr schlecht

- Welchen höchsten allgemeinbildenden Schulabschluss haben Sie?
☐ Schule beendet ohne Abschluss ☐ Hauptschulabschluss/Volksschulabschluss
☐ Fachhochschulreife ☐ Allg. Hochschulreife/Matura

- Welchen beruflichen Ausbildungsabschluss haben Sie?
☐ keinen beruflichen Abschluss und nicht in beruflicher Ausbildung
☐ noch in Ausbildung (Student/in, Auszubildende/r)
☐ Beruflich-betriebliche Ausbildung (Lehre)
☐ Beruflich-schulische Ausbildung (Berufsfachschule, Handelsschule)
☐ Abschluss von einer Fach-, Meister-, Technikerschule, Berufs- oder Fachakademie
☐ Fachhochschulabschluss
☐ Hochschulabschluss (Bachelor-, Masterabschluss, Doktorat, Magister, Diplom, Staatsexamen...)
☐ anderer beruflicher Abschluss, und zwar: _____

- Welche berufliche Tätigkeit üben Sie zurzeit aus? Bitte geben Sie die Berufsbezeichnung so genau wie möglich an.

Angaben zu Ihrer Gesundheit und zu Ihren Lebensgewohnheiten

- Wie oft waren Sie in den letzten 12 Monaten beim Arzt (nicht Zahnarzt)? _____ mal
- Wie oft waren Sie in den letzten 12 Monaten beim Zahnarzt? _____ mal

- Wie oft waren Sie in den letzten 12 Monaten in stationärer Behandlung? _____ mal
- Wurden Sie schon einmal sportmedizinisch untersucht? (inkl. Belastungs-EKG)
☐ Nein ☐ Ja, wann? _____
- An wie vielen Tagen waren Sie in den letzten 12 Monaten so krank, dass Sie Ihren üblichen Tätigkeiten (z.B. Beruf, Sport, Soziale- und Alltagsaktivitäten) nicht nachgehen konnten? _____ mal
- Wie oft wurden Sie in den letzten 12 Monaten durch einen Arzt arbeitsunfähig geschrieben? _____ mal
- Rauchen Sie zurzeit täglich Zigaretten oder haben Sie früher täglich Zigaretten geraucht?
☐ nein, ich habe noch nie geraucht ☐ Ja, ich rauche seit _____ Jahren täglich etwa _____ Zigaretten
☐ Ja, ich habe früher geraucht, insgesamt _____ Jahre und ca. _____ Zigaretten/Tag
- Wie oft trinken Sie alkoholische Getränke (Wein, Bier, Likör, Spirituosen, etc.)?
☐ nie
☐ sehr selten (1-2 mal pro Monat)
☐ selten (1-2 mal pro Woche)
☐ gelegentlich (3-4 mal pro Woche)
☐ täglich oder fast täglich (5-7 mal pro Woche)
- Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein?
☐ Nein ☐ Ja Wenn ja, welche? _____
- Wie viele Stunden/Woche treiben Sie Sport: ☐ <1h ☐ 1-3h ☐ 3-5 h ☐ 5-10h ☐ >10h
Wenn ja, welchen?
☐ Jogging ☐ Tischtennis
☐ Radfahren ☐ Badminton/ Squash
☐ Schwimmen ☐ Reiten
☐ Kampfsport ☐ Klettern
☐ Fußball ☐ Wandern
☐ Volleyball ☐ Gymnastik
☐ Tennis ☐ Turnen
☐ Tanz ☐ Skifahren, Langlauf, Skitouren
☐ andere, und zwar: _____
- Wann sind Sie während der letzten 4 Wochen gewöhnlich abends zu Bett gegangen?
übliche Uhrzeit: _____ Uhr
- Wie lange hat es während der letzten 4 Wochen gewöhnlich gedauert, bis Sie nachts eingeschlafen sind?
In Minuten: _____
- Wann sind Sie während der letzten 4 Wochen gewöhnlich morgens aufgestanden?
übliche Uhrzeit: _____ Uhr
- Wie viele Stunden haben Sie während der letzten 4 Wochen pro Nacht tatsächlich geschlafen? (Das muss nicht mit der Anzahl der Stunden, die Sie im Bett verbracht haben, übereinstimmen)
Effektive Schlafzeit (Stunden) pro Nacht: _____ "h:min" (Bitte geben Sie die Stunden und Minuten, getrennt durch einem Doppelpunkt und zweistellig ein. z.B.: 08:30)
- Wie würden Sie insgesamt die Qualität Ihres Schlafes während der letzten 4 Wochen beurteilen?
☐ Sehr gut ☐ Ziemlich gut ☐ Ziemlich schlecht ☐ Sehr schlecht
- Wie oft am Tag essen Sie normalerweise etwas (einschließlich aller Mahlzeiten und Snacks)
☐ 1mal ☐ 2mal ☐ 3mal ☐ 4mal ☐ 5mal ☐ 6mal ☐ 7mal ☐ 8mal ☐ 9mal

- Haben Sie in den letzten 12 Monaten eine Diät gemacht, Ihre Essgewohnheiten geändert oder etwas anderes getan, um Ihr Gewicht zu kontrollieren?
☐ nein ☐ ja, ein paar Tage ☐ ja, eine Woche ☐ ja, mehr als 1 Woche aber weniger als 1 Monat
☐ ja, mehr als 1 Monat, aber weniger als 6 Monate ☐ ja, mehr als 6 Monate
- Wie oft haben Sie in den letzten 12 Monaten eine Diät gemacht, um Gewicht zu verlieren? (Mit „Diät“ meinen wir, die Essensgewohnheiten zu verändern, so dass man Gewicht verlieren kann.)
☐ kein mal ☐ 1-2 mal ☐ 3-4 mal ☐ 5-6 mal ☐ 7 mal oder öfter
- Wie beurteilen Sie Ihre körperliche Konstitution heute?
☐ untergewichtig ☐ leicht untergewichtig ☐ normalgewichtig ☐ leicht übergewichtig
☐ übergewichtig ☐ stark übergewichtig
- Wie hoch würden Sie Ihre derzeitige Stressbelastung einschätzen?
☐ keine ☐ gering ☐ mäßig ☐ hoch ☐ sehr hoch
- Versuchen Sie den ursächlichen Anteil bei der Entstehung Ihres Stressproblems in Prozent zu schätzen.
(z.B. Arbeit 45%, Freizeit 20%, Familie 25%, Krankheit 10%)
Arbeit _____% Freizeit _____% Familie _____% Krankheit _____%
- Erleben Sie bei Stressbelastungen zeitweilig negative körperliche Reaktionen? (z.B. Kopfschmerzen, Angst, Magenbeschwerden, Muskelverspannungen, etc..)
☐ Nein ☐ Ja wenn ja welche? _____
- Wie regelmäßig nehmen Sie an Vorsorgeuntersuchungen teil? (einschließlich allgemeiner gesundheitsfördernder Maßnahmen und Selbstkontrollen)
☐ regelmäßig ☐ häufig ☐ bei Beschwerden ☐ selten ☐ nie

COVID-19 spezifische Fragen:

- Wurden Sie bereits gegen COVID-19 geimpft? ☐ Nein ☐ Ja
- Wenn ja, welche COVID Impfungen haben Sie erhalten:
 - a. Impfstoff Impfung 1: _____ Datum der Impfung: _____
 - b. Impfstoff Impfung 2: _____ Datum der Impfung: _____
 - c. Impfstoff Impfung 3: _____ Datum der Impfung: _____
 - d. Impfstoff Impfung 4: _____ Datum der Impfung: _____
- Wurden Sie bereits gegen Grippe geimpft? ☐ Nein ☐ Ja, wann? _____ (Monat/Jahr)
- Hatten Sie seit Beginn der Pandemie einen Infekt der oberen Atemwege?
☐ Nein ☐ Weiß nicht ☐ Ja, wann? _____
- Hatten Sie jemals eine COVID-19 Infektion? ☐ Nein ☐ Weiß nicht
☐ Ja, wann? _____ Virus-Variante (z.B. Delta, Omikron): _____
- Wie wurde diese nachgewiesen?
☐ PCR positiv ☐ Antigen Schnelltest positiv ☐ kein Test erfolgt, ärztliche Verdachtsdiagnose
- Wenn ja, welche Symptome hatten Sie?

☐ Keine	☐ Müdigkeit
☐ Fieber	☐ Kopf- und Gliederschmerzen
☐ Husten	☐ Schnupfen
☐ Atemnot	☐ Durchfall
☐ Geschmacks- oder Geruchsstörungen	☐ Halsschmerzen
☐ Andere, und zwar: _____	