

Übersichtsarbeit

Schutz vor COVID-19: Wirksamkeit des Mund-Nasen-Schutzes

Christoph Josef Hemmer, Frank Hufert, Stefan Siewert, Emil Reisinger

Zusammenfassung

Hintergrund: Seit Anfang 2020 hat sich SARS-CoV-2 nahezu weltweit ausgebreitet. Der hauptsächlich respiratorisch übertragene Erreger führt vor allem bei älteren und vulnerablen Bevölkerungsgruppen zu zahlreichen Todesfällen. Schutzimpfungen sind seit Kurzem verfügbar, ob und wann eine Immunität auf Bevölkerungsebene erreicht werden wird, ist jedoch unklar. In der Öffentlichkeit kursiert die Frage nach Evidenzen zur Schutzwirkung des Mund-Nasen-Schutzes.

Methode: Es erfolgte eine selektive Literaturrecherche in PubMed. Zudem wurden Informationen des Robert Koch-Instituts und der Centers for Disease Control berücksichtigt.

Ergebnisse: Beim Sprechen werden pro Sekunde bis zu 20 000 Tropfen einer Größe von 20 bis 500 µm abgegeben. Die ausgeschiedenen Virusmengen sind laut PCR-Testungen (PCR, Polymerasekettenreaktion) unmittelbar vor Symptombeginn am größten. Randomisierte kontrollierte Studien zur Wirkung einer Mund-Nasen-Bedeckung fehlen. Eine metaanalytische Zusammenfassung von 29 Studien zu Infektionen mit SARS-CoV-2, SARS-CoV oder MERS-CoV ergab, dass das Tragen von Masken vom Typ N95 (entspricht etwa FFP2) und chirurgischer Masken beziehungsweise ähnlicher mehrschichtiger Baumwollmasken das Infektionsrisiko des Trägers bedeutend verringern kann (relatives Risiko: 0,34; 95%-Konfidenzintervall: [0,26; 0,45], bei moderater Heterogenität [$I^2 = 48\%$]). Modellversuche und Fallberichte legen nahe, dass eine deutliche Schutzwirkung der Mund-Nasen-Bedeckung gegenüber einer SARS-CoV-2-Übertragung und anderen respiratorisch übertragenen Erkrankungen durch Reduzierung potenziell infektiöser Tröpfchen besteht und zudem auftretende Erkrankungen milder verlaufen. Diese Schutzwirkung kann meist nicht isoliert von zusätzlichen Schutzmaßnahmen (Abstandsregeln, Hygienekonzepten) betrachtet werden, was eine Limitation der eingeschlossenen Arbeiten darstellt.

Schlussfolgerung: Es ist plausibel davon auszugehen, dass eine konsequente Anwendung der Mund-Nasen-Bedeckung wesentlich zur Eindämmung der Verbreitung von SARS-CoV-2 beitragen kann.

Zitierweise

Hemmer CJ, Hufert F, Siewert S, Reisinger E:
Protection from COVID-19—the efficacy of face masks.
Dtsch Arztebl Int 2021; 118: 59–65. DOI: 10.3238/arztebl.m2021.0119

Seit dem Ausbruch in Wuhan Anfang 2020 hat sich SARS-CoV-2 pandemisch ausgebreitet. Der Erreger wird hauptsächlich respiratorisch übertragen und führt vor allem bei älteren und vulnerablen Bevölkerungsgruppen zu zahlreichen Todesfällen. Seit kurzem stehen Impfstoffe zur Verfügung. Wie schnell mit Hilfe dieser Impfungen eine Immunität auf Bevölkerungsebene erreicht werden wird, ist noch unklar (1). Zu den wichtigsten Schutzmaßnahmen gegen die Ansteckung mit SARS-CoV-2 gehören

- die Einhaltung von Mindestabständen
- die Durchführung von Hygienemaßnahmen und
- das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes (Maske).

Letzteres wird im Folgenden anhand von Daten aus der wissenschaftlichen Literatur und Fallbeispielen (Kasten 1) erläutert.

Methode

In einer selektiven Literaturrecherche in PubMed wurden anhand von Kombinationen der Suchbegriffe „COVID-19“, „SARS-CoV-2“, „virus“, „viral“, „masks“, „droplets“, „aerosol“, „transmission“ und „prevention“ ohne Begrenzung des Suchzeitraums englisch- und deutschsprachige Artikel zur Schutzwirkung von Masken gegenüber COVID-19 gesucht. Informationen des Robert Koch-Instituts sowie der Centers for Disease Control (Atlanta, USA) wurden zusätzlich berücksichtigt.

Infektionswege, Virusdosis und Infektiosität

SARS-CoV-2 wird durch Tröpfchen und Aerosole übertragen (4). Infektionstüchtiges SARS-CoV-2 ist experimentell in Aerosolen über drei Stunden lang nachweisbar (5). Infektionen sind auch durch direkten Personenkontakt möglich. Die Übertragung über Oberflächen wird derzeit als weniger wahrscheinlich angesehen, wenngleich infektionstüchtiges SARS-CoV-2 auf Stahloberflächen bis zu 48 Stunden und auf Plastikoberflächen bis zu 72 Stunden lang nachweisbar sein kann (5, 6). Möglicherweise kann eine SARS-CoV-2-Infektion auch dann weitergegeben werden, wenn sich die Indexperson und die Person, die durch die Indexperson infiziert wird, nicht gleichzeitig in geschlossenen Räumen aufhalten. Ein Fallbericht legt dies für den Umkleebereich eines Squash-Zentrums nahe. Allerdings war nicht auszuschließen, dass gleichzeitig anwesende Mitarbeiter des Squash-Zentrums symptomlos infiziert waren (7).

Abteilung für Tropenmedizin und Infektionskrankheiten, Universitätsmedizin Rostock:
PD Dr. med. Christoph J. Hemmer, Prof. Dr. Emil Reisinger

Institut für Mikrobiologie & Virologie, Medizinische Hochschule Brandenburg:
Prof. Dr. med. Frank Hufert

Institut für Implantattechnologie (IIB); Universitätsmedizin Rostock:
Dr.-Ing. Stefan Siewert

KASTEN 1

Fallbeispiele zur Schutzwirkung von Masken

Bereits im März 2020 berichteten chinesische Wissenschaftler über ein Ausbruchsgeschehen von SARS-CoV-2-Infektionen während einer Busreise (2). Ein Busreisender, der, ohne es zu wissen, mit SARS-CoV-2 infiziert war, hatte während des ersten Abschnitts seiner Busreise, die zwei Stunden und zehn Minuten dauerte, keine Maske getragen. Von 39 Mitreisenden wurden fünf mit SARS-CoV-2 infiziert. Während des Umsteigens besorgte der Mann sich eine Maske. Der zweite Teil der Reise, jetzt in einem Minibus, dauerte 50 Minuten. Auf diesem Reiseabschnitt wurde von 14 Mitreisenden kein einziger mit SARS-CoV-2 infiziert.

Ein weiteres Beispiel betrifft den Ausbruch von COVID-19 in der Mutter- und Kind-Klinik der Universität Regensburg (3). Am 09.02.2020, einen Tag nach der Rückkehr von einem Ski-Urlaub in Ischgl/Österreich, entwickelte eine Hebamme nach einer Dienstbesprechung und einer Nachtschicht Fieber und Atemwegssymptome und ließ sich krankschreiben. Als bei ihr am 15.02.2020 SARS-CoV-2 nachgewiesen wurde, führte zunächst die geburtshilfliche Abteilung, und einen Tag später die gesamte Mutter- und Kind-Klinik die Pflicht ein, während der Arbeit chirurgische Masken zu tragen. Ferner wurden alle Kontaktpersonen von infizierten Mitarbeitern auf SARS-CoV-2 getestet und bei positivem Ausfall des Testes isoliert. Zusätzlich wurden Abstandsregeln eingeführt. Bis zu diesem Tag waren 18 weitere Fälle einer SARS-CoV-2-Infektion unter den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern entdeckt worden. Bis zum 23.02.2020 kamen 16 weitere Fälle einer Infektion mit SARS-CoV-2 hinzu, und ab dem 24.02.2020 nur noch zwei Fälle. Somit war der Ausbruch der SARS-CoV-2-Infektion in der geburtshilflichen Klinik acht Tage nach Beginn der Einführung der Maskenpflicht und der weiteren Maßnahmen eingedämmt.

Die Grenze zur Unterscheidung zwischen Tröpfchen und Aerosolen wird in der Regel bei einer Größe der Flüssigkeitspartikel von 5–10 µm gezogen. Video-Untersuchungen zeigen, dass menschliche Sprecher innerhalb von 16,7 ms (= Belichtungsdauer eines einzelnen Bildes) je nach Sprechlautstärke zwischen 227 und 347 Tropfen einer Größe von 20 bis 500 µm abgeben (8). Dies entspricht bis zu etwa 20 000 Tropfen pro Sekunde.

Während größere Tröpfchen meist innerhalb von 1,5–2 m Abstand vom Sprecher auf den Boden fallen, verdunsten kleinere Tröpfchen, und die nichtlöslichen Bestandteile verbleiben als Schwebeteilchen in der Luft. Somit ist die Exposition gegenüber Tröpfchen in der exhalierten Luft bei einem Abstand von weniger als 1,5–2 m zum Sprecher weitaus stärker als bei größeren Abständen (9). Durch einen Mund-Nasen-Schutz wird die Anzahl der Tröpfchen auch im Nahbereich (15 cm Entfernung von der Maske) reduziert, und zwar um 60–95 % (Baumwollmaske) beziehungsweise um 99 % oder mehr (chirurgische Maske und N-95-Maske ohne Ventil) reduziert (*Abbildung*) (10).

Daten zur Höhe der Viruslast, die bei 50 % der exponierten Menschen eine Infektion oder Erkrankung auslöst (ID-50), fehlen bisher weitestgehend für SARS-CoV-2. Infektionsversuche beim Menschen scheiden aus ethischen Gründen aus, da es keine wirksame The-

rapie gibt. Makaken, die mit $0,5 \times 10^6$ Plaque Forming Units (PFU) SARS-CoV-2 intratracheal inokuliert werden, scheiden das Virus zwar aus, erkranken jedoch in der Regel nicht (11). Bei einer Inokulationsdosis von $4,75 \times 10^6$ PFU entwickeln sie wiederum eine leichte bis mittelschwere Erkrankung (12). Somit scheint die Krankheitsschwere wie zum Beispiel bei Influenza von der Infektionsdosis abzuhängen (13).

Die Bedeutung der Polymerasekettenreaktion (PCR) für die Diagnostik und der Zusammenhang zwischen Virusausscheidung und Infektiosität werden in den *Kästen 2* und *3* erläutert.

In geschlossenen Räumen nimmt die Exposition gegenüber der Ausatemluft bei einem Abstand von mehr als 1,2 m deutlich ab (20). Eine Studie bei Mitarbeitern des Gesundheitswesens ergab eine Erhöhung der Ansteckungsgefahr bei Unterschreiten eines Abstandes von 1,8 m zu Grippepatienten (21). Daher empfehlen die amerikanischen Gesundheitsbehörden (CDC, Centers for Disease Control and Prevention), wann immer möglich, einen Mindestabstand von 1,8 m (6 Fuß) zu Patienten mit Atemwegsinfekten. Da sich jedoch virus-haltige Aerosole in der Ausatemluft, zum Beispiel beim Niesen, bis zu 8 m weit ausbreiten können, reicht der Mindestabstand von 1,8 m möglicherweise nicht immer aus (22). In experimentell erzeugten Aerosolen zeigte infektiöses SARS-CoV-2 eine Halbwertszeit von 1,1 h (4), und selbst 90 Minuten nach Aerosolfreisetzung war vermehrungsfähiges SARS-CoV-2 nachweisbar (23).

Experimentelle Daten

In einem Modellversuch mit 99-Technetium-markiertem Aerosol an Plastik-Nachbildungen von menschlichen Köpfen (sogenannten Dummies) reduzierte das Tragen chirurgischer Masken bei den Indexdummies die Menge der „ausgeatmeten“ Radioaktivität um den Faktor 250, allerdings war für die optimale Maskenwirkung eine gute Raumlüftung erforderlich (24). Vom Empfängerdummy getragene Masken hatten in diesem Modellversuch keine signifikante Schutzwirkung gegenüber dem radioaktiven Aerosol. Die Aerosolzusammensetzung war auf die Größe der Partikel betrachtet (circa 95 % Partikel kleiner als 2 µm) der Situation in vivo nachempfunden. Dennoch ist die Übertragbarkeit von Ergebnissen aus Modellversuchen auf die Situation beim Menschen vermutlich eingeschränkt, da unter anderem die biophysikalischen Eigenschaften der Aerosole voneinander abweichen können.

Eine andere Arbeit findet für chirurgische Masken in Bezug auf Aerosole eine durchschnittliche Filtrationswirkung von 96 % gegenüber Testbakterien und 90 % gegenüber Testviren (25). Auch selbstgefertigte Masken wiesen eine Filtrationswirkung auf, diese lag jedoch – je nach Material – zwischen 60 und 94 % gegenüber Bakterien und zwischen 49 und 86 % gegenüber Viren (25).

Die Filtrationswirkung von Masken zeigt auch eine Arbeit aus Taiwan (26). Durch das Tragen von Masken in Schlafzimmern (3,30 m × 3,60 m) und in Autos konnte die Menge von 0,02–1 µm großen Partikeln, die



Abbildung: Visualisierung des Einflusses von Masken in unterschiedlichen Atemsituationen

Die Untersuchungen erfolgten mit einer digitalen Spiegelreflexkamera (Canon EOS 70D, Canon, Japan), die mit einem Makroobjektiv (SP 90 mm F/2.8, Tamron, Japan) ausgestattet war, und einer Hochleistungs-LED-Beleuchtung (Constellation 120E15 6200K, Veritas, USA).

Untersuchte Masken: Typ 1: Disposable Medical Mask, Zibo Qichuang Medical Products Co., LTD, China, und Typ 2: Kaisidun KN95 (entspricht FFP2)

Aufnahmen: Dr. S. Siewert, Institut für ImplantatTechnologie und Biomaterialien e. V., Warnemünde

KASTEN 2

Rolle der Polymerasekettenreaktion in der Diagnose der SARS-CoV-2-Infektion

Die Polymerasekettenreaktion (PCR) weist Kopien des Virus-Erbgutes (RNA) nach und sagt zunächst nichts über die Infektionstüchtigkeit aus. Allerdings besteht eine Korrelation zwischen der in der PCR gemessenen RNA-Menge und der erfolgreichen Virusanzucht in der Zellkultur. Während bei Proben mit einem mittels PCR gemessenen „Cycle Threshold“(ct)-Wert von 23 und darunter (hohe Virusmenge) die Virusanzucht in 41 von 48 Fällen gelang (85 %), war sie bei Proben mit einem ct-Wert von 37 und darüber (niedrige Virusmenge) nur in 5 von 60 Fällen erfolgreich (8 %) (14). Laut Robert Koch-Institut ist die Virusanzucht auch bei präsymptomatischen/asymptomatischen Patienten möglich (15–17). Das legt eine Infektiosität dieser Patienten nahe, denn in der Zellkultur vermehrungsfähige Viruspartikel sind vermutlich auch in vivo infektiös. Ein eindeutiger ct-Wert als Cut-Off für Infektiosität fehlt bisher aufgrund unterschiedlicher PCR-Testsysteme, Abstrichtechniken und anderer Faktoren, die die Infektiosität beeinflussen (zum Beispiel Hustensymptomatik) (17, 18).

normalerweise in einem Meter Entfernung von der Versuchsperson gefunden wird, in der Studie nahezu auf den Hintergrundwert (das heißt Abwesenheit von Personen) reduziert werden. Dies gilt sowohl für das Tragen von chirurgischen Masken, als auch von selbstgefertigten Baumwollmasken. Chirurgische Masken verringern bei Patienten mit einer Atemwegserkrankung durch saisonale Corona-Viren die mittels PCR gemessene Virusmenge in der Ausatemluft unter die Nachweisgrenze, und zwar sowohl in Tropfen mit einer Partikelgröße $> 5 \mu\text{m}$, als auch in Aerosolen mit einer Partikelgröße $< 5 \mu\text{m}$. Allerdings waren bei den geringen untersuchten Fallzahlen (10 Patienten ohne und 11 mit Maske) nur die Ergebnisse für die Aerosolpartikel signifikant (27). In einem Tiermodell verhinderten chirurgische Masken, die zwischen den Käfigen infizierter und nichtinfizierter Hamster angebracht waren, in einem Teil der Fälle die Weitergabe der Infektion auf nichtinfizierte Tiere (66,7 % Transmission ohne Luftschranke durch chirurgische Maske versus 25 % mit Maske) (28).

Modellrechnungen und Infektionsmodelle

Inzwischen gibt es mehrere epidemiologische und praktische Hinweise auf die Schutzwirkung der Mund-Nasen-Bedeckung während der COVID-19-Pandemie. In Jena sank wenige Tage nach Einführung einer städtischen Maskenpflicht am 06. 04. 2020 die Zahl der COVID-19-Neuinfektionen auf nahezu Null. Die Anzahl neu registrierter COVID-19-Fälle war 20 Tage nach Einführung der Maskenpflicht im Vergleich zu gewichteten Durchschnittsfallzahlen aus strukturähnlichen Regionen (sogenannten synthetischen Kontrollen) um 75 % niedriger. Auch in anderen Regionen Deutschlands war nach Einführung der Maskenpflicht eine Reduktion der Zahl der Neuinfektionen je nach Region um 15–75 % zu beobachten (29).

Modellrechnungen bestätigen, dass durch die Verwendung von Masken, vor allem in Verbindung mit anderen nichtmedizinischen Maßnahmen (zum Beispiel Einhaltung eines Mindestabstands), die Ausbreitung von SARS-CoV-2 stark verlangsamt und die Infektionsgefahr vermindert wird. Für den US-amerikanischen Bundesstaat New York wurde berechnet, dass eine etwa 80-prozentige Einhaltung der Regeln zum Tragen von Masken etwa 17–45 % der Todesfälle durch COVID-19 verhindern könnte, sogar dann, wenn die Masken nur eine Filterwirkung von 50 % haben (30). Bei niedrigeren Infektionsraten, wie sie zum Beispiel anfangs im Bundesstaat Washington beobachtet wurden, würde selbst das Tragen von Masken mit einer Filtereffektivität von nur 20 % die Sterblichkeit um 24–65 % vermindern, wenn 80 % der Bürger in der Öffentlichkeit diese Masken nutzen würden (30). Eine Reduktion der Infektionszahlen durch das Tragen von Masken ist in diesen Modellrechnungen mit einer Verringerung der Todeszahlen assoziiert. Dies zeigt sich am deutlichsten, wenn mit dem Tragen von Masken bereits bei niedrigen Übertragungsraten begonnen wird (30).

Auch lassen die bisherigen Erfahrungen vermuten, dass in Ländern, in denen von Anfang an ein hoher Bevölkerungsanteil Masken getragen hat, die COVID-19-Pandemie deutlich weniger Menschenleben fordert, als in Ländern, in denen das nicht der Fall ist (31). Allerdings leisten auch andere Interventionen hierzu ihren Beitrag. Ein wesentlicher epidemiologischer Grund dafür, dass sowohl Masken, als auch Kontaktbeschränkungen selbst bei einer Wirksamkeit von deutlich unter 100 % die Ausbreitung von Epidemien verhindern können, ist, dass die Ausbreitung von COVID-19 mit einem auf „Percolation“ (Durchdringen) basierenden Modell zu beschreiben ist.

Die klassischen S-I-R-Infektionsmodelle (S-I-R, „susceptible, infected, recovered“) basieren auf Arbeiten von Kermack und McKendrick. Sie modellierten die Daten einer Pestepidemie in Bombay 1905/06 und gingen davon aus, dass eine Infektion auf eine homogene Gruppe trifft, deren Mitglieder nach und nach infiziert werden. Im Gegensatz dazu berücksichtigen Percolationsmodelle (32, 33), dass empfängliche Personen nicht mit allen anderen Gruppenmitgliedern Kontakt haben, sondern in Untergruppen organisiert sind, die über einzelne Kontaktpersonen (sogenannte Knoten, also Mitglieder mehrerer Untergruppen) miteinander verbunden sind. Selbst wenn eine Infektion zeitweilig nicht von einer Untergruppe (zum Beispiel Familie, Schulklasse, Hochzeitsgesellschaft, Reisegemeinschaft, Altersheim) auf die nächste Untergruppe überspringt, so kann sie trotzdem innerhalb einer isolierten Untergruppe über verhältnismäßig lange Zeit unerkannt persistieren. Sobald die Isolation der Untergruppe durchbrochen wird, gelangt sie in andere Untergruppen und breitet sich weiter aus. Dies wurde auch an Tierpopulationen eindrucksvoll gezeigt (34, 35). Bei respiratorischen Infektionen können Masken diese „Percolation“ bremsen (1, 31).

Tragen von Masken schützt auch den Träger

Masken dienen in erster Linie dem Virusrückhalt bei Indexpersonen, sie schützen aber auch den Träger. Eine ausführliche Metaanalyse hat 172 Beobachtungsstudien zu COVID-19 (64 Studien), SARS (55 Studien), MERS (25 Studien) sowie Atemwegsviren und Arbeitsschutz (28 Studien) berücksichtigt (36). Unter diesen Arbeiten wurden 44 nichtrandomisierte Vergleichsstudien mit insgesamt 25 697 Patienten zwischen 30 und 60 Jahren ausgewertet (36). Von den 44 Vergleichsstudien untersuchten 30 die Wirkung von Masken auf die Virusübertragung (davon 7 bei COVID-19). Die Autoren der hier zitierten Metaanalyse und wir haben keine randomisierten kontrollierten oder clusterrandomisierten Studien zum Einfluss von Masken auf die Übertragung von Coronaviren gefunden.

Statistische Assoziationen wurden durch Poolen von relativen Risiken (RR) und adjustierten Odds Ratios (aOR) analysiert. Das Poolen von 29 nichtadjustierten und 10 adjustierten Studien ergab, dass das Tragen einer Maske vom Typ N95 assoziiert war mit einer Reduktion der Gefahr (absolutes Risiko, AR) für eine Erkrankung des Maskenträgers an COVID-19, SARS oder MERS von 17,4 % (ohne Maske) auf 3,1 % (mit Maske) (RR 0,34; 95%-Konfidenzintervall: [0,26; 0,45] für nichtadjustierte Studien, aOR 0,15 [0,07; 0,34] für adjustierte Studien), wenn auch der Evidenzgrad als gering eingestuft wird. Eine Sensitivitätsanalyse im Hinblick auf COVID-19 ergab eine aOR von 0,40 [0,16; 0,97]. Der Schutz ist wahrscheinlich am stärksten bei Masken vom Typ N95 (aOR = 0,04; [0,004; 0,3]), allerdings reduzieren auch andere Maskentypen (aOR 0,33; [0,17; 0,61]) das Ansteckungs- und Erkrankungsrisiko für den Träger (mittelgradig sichere Aussage) (36). Dies gilt laut dieser Metaanalyse speziell auch für Untersuchungen über aerosolerzeugende medizinische Prozeduren. Dabei bieten Masken vom Typ N95 einen besseren Schutz als chirurgische Masken, und N95-Masken und chirurgische Masken schützen besser als einlagige Masken.

Weitere Beobachtungen sprechen ebenfalls dafür, dass das Risiko, nach einer Infektion mit SARS-CoV-2 Krankheitssymptome zu entwickeln, stark von der Infektionsdosis abhängt (37). Somit schützen Masken vermutlich nicht nur das Umfeld des Trägers, sondern auch den Träger selbst vor COVID-19.

Ein Beispiel sind Soldaten einer Einheit der schweizerischen Streitkräfte (38). Bei zwei gemeinsam untergebrachten Kompanien wurden erst neun Tage nach dem ersten Infektionsfall Masken und Mindestabstände angeordnet. Von 345 Soldaten erkrankten 102 (30 %) an COVID-19. Von 181 getesteten Soldaten ohne Symptome wurden bei 113 (62 %) SARS-CoV-2-RNA oder SARS-CoV-2-Antikörper nachgewiesen.

In einer anderen, räumlich getrennten Kompanie wurden bereits vor dem ersten Infektionsfall Masken und Mindestabstände angeordnet. Hier erkrankte von 154 Soldaten keiner, und nur bei 13 von 88 getesteten Soldaten (15 %) wurden SARS-CoV-2-RNA oder SARS-CoV-2-Antikörper nachgewiesen.

KASTEN 3

Virusausscheidung und Infektiosität

Bei SARS-CoV-2 sind Virusausscheidung und Infektiosität wahrscheinlich unmittelbar vor Symptombeginn am höchsten (15). Eine chinesische Arbeit fand bei 14 Patienten mit COVID-19 zwischen $1,03 \times 10^5$ und $2,25 \times 10^7$ RNA-Kopien pro Stunde in der Ausatemluft (19). Nach Symptombeginn nahm die ausgeschiedene RNA-Menge bis zum 38. Tag kontinuierlich ab (19).

Bei Bewohnern eines Altenpflegeheimes im US-Bundesstaat Washington wurde vermehrungsfähiges Virus bei Infizierten ab sechs Tage vor bis neun Tage nach Symptombeginn im Rachenabstrich nachgewiesen (16). Die „Cycle Threshold“(ct)-Werte lagen zwischen 13,7 und 37,9, ohne wesentliche Unterschiede zwischen symptomatischen und präsymptomatischen Infizierten. Die Verdopplungszeit war mit 3,4 Tagen kürzer als im Landkreis außerhalb des Pflegeheims, sodass nach Einschätzung der Autoren (16) wahrscheinlich Pflegepersonal und unerkannt infizierte Heimbewohner zum Infektionsgeschehen im Pflegeheim beigetragen haben.

Auch bei Ausbrüchen in lebensmittelverarbeitenden Betrieben in Oregon und Arkansas, in denen die Angestellten Masken trugen, verliefen circa 95 % der Infektionen asymptomatisch (39, 40).

Schließlich legen Statistiken nahe, dass selbst bei einem größeren Anstieg der Infektionszahlen die Komplikations- und Todesraten in Ländern niedrig bleiben, in denen die Mund-Nasen-Bedeckung weit verbreitet ist (37, e1). Dies galt beispielsweise für Japan, Hong Kong und Süd-Korea, wo bereits vor der COVID-19-Pandemie das Tragen von Masken während der Erkältungssaison üblich war. Ferner tragen hohe Testraten, konsequentes Tracking und Quarantäne zur Eindämmung der Pandemie bei (www.worldometers.info/coronavirus für einen Ländervergleich). Dagegen haben in anderen Ländern widersprüchliche Botschaften die Bevölkerung verwirrt und die Compliance vermindert. Neben klarer Kommunikation hat die Vorbildwirkung der Verantwortungsträger eine entscheidende Bedeutung (e2).

Gegen die Annahme einer starken Beeinträchtigung des Gasaustauschs durch Masken spricht eine kürzlich veröffentlichte Studie (e3). Diese Studie zeigt zwar, dass Masken unterschiedlichen Typs den Anstieg des CO₂-Partialdrucks unter starker Belastung (100 W) messbar verstärken ($40,5 \pm 4,9$ mm Hg mit FFP2-Maske versus $38,4 \pm 4,3$ mm Hg ohne Maske; $p < 0,001$) und FFP2-Masken darüber hinaus die periphere O₂-Sättigung geringfügig senken ($97,4 \pm 1,4$ % mit Maske versus $98,0 \pm 0,8$ % ohne Maske; $p = 0,005$). Diese Veränderungen sind jedoch so gering, dass sie bei Gesunden höchstwahrscheinlich keine klinische Bedeutung haben.

Um die Übertragung von SARS-CoV-2 in Alltagssituationen deutlich zu reduzieren, reichen in aller Regel Stoffmasken aus, allerdings sollten sie aus wenigstens drei Lagen dichtem Stoff bestehen (e4, e5) und mit anderen Maßnahmen (Einhaltung der Mindestabstände)

kombiniert werden. Im medizinischen Bereich werden in der Regel chirurgische Masken verwendet. Für risikoreiche Tätigkeiten, insbesondere bei Patienten mit SARS-CoV-2-Infektion, die ihrerseits keine Maske tragen, empfiehlt das Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin eine FFP2-Maske für das Gesundheitspersonal (e5). Ausdrücklich sei darauf hingewiesen, dass Masken mit Ausatemventil den angestrebten Hauptzweck (Schutz der Umgebung) nicht erfüllen, da infizierte Träger beim Ausatmen durch das Ventil infektiöse Viruspartikel ungefiltert in der Umgebung verbreiten. Die Verwendung von Masken mit Ausatemventil sollte im Zusammenhang mit COVID-19 daher untersagt werden.

Die dargestellte Evidenz beruht auf Beobachtungsstudien, denen allgemein ein niedrigeres Evidenzniveau zugeordnet wird als randomisierten kontrollierten Studien. Es handelt sich jedoch um die beste gegenwärtig verfügbare Evidenz, und da die Ergebnisse zur Wirksamkeit der Masken auch wissenschaftlich plausibel sind, raten wir eindeutig zum Tragen von Masken zur Infektionsprävention.

Fazit

Die zitierten Daten legen in ihrer Gesamtheit nahe, dass das Tragen von Gesichtsmasken in öffentlichen Räumen zur Verminderung der Ausbreitung von SARS-CoV-2 entscheidend beitragen kann. Auch dort, wo die Infektion nicht vermieden wird, werden durch Reduktion der Infektionsdosis wahrscheinlich symptomatische Erkrankungen verhindert oder die Schwere der Erkrankungen reduziert – gemäß den geschilderten Beobachtungen der Schweizerischen Streitkräfte sowie den Inokulationsversuchen in Makaken. Aktuell ist unklar, inwieweit die vorliegenden Daten auf das Infektionsgeschehen mit mutierten SARS-CoV-2 übertragbar sind.

Alle Ärztinnen und Ärzte sollten ihren Patientinnen und Patienten die große Bedeutung des Tragens von Masken erläutern und Zweifel im Hinblick auf den Nutzen von Masken ausräumen. Eine Bescheinigung zur Befreiung von der Maskenpflicht sollte nur dann ausgestellt werden, wenn durch objektive Befunde feststeht, dass das Tragen einer Maske eine konkrete Gesundheitsgefahr bedeutet.

Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Manuskriptdaten

eingereicht: 26. 10. 2020, revidierte Fassung angenommen: 7. 1. 2021

Literatur

1. Anderson RM, Vegvari C, Truscott J, Collyer BS: Challenges in creating herd immunity to SARS-CoV-2 infection by mass vaccination. *Lancet* 2020; 396: 1614–6.
2. Liu X, Zhang S: COVID-19: face masks and human-to-human transmission. *Influenza other Respir Viruses* 2020; 14: 472–3.
3. Kabesch M, Roth S, Brandsteter S, et al.: Successful containment of Covid-19 outbreak in a large maternity and perinatal center while continuing clinical service. *Pediatr Allergy Immunol* 2020; 31: 560–4.
4. Sommerstein R, Fux CA, Vuichard-Gysin D, et al.: Risk of SARS-CoV-2 transmission by aerosols, the rational use of masks, and protection of healthcare workers from COVID-19. *Antimicrob Resist Infect Control* 2020; 9: 100.

5. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, et al.: Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med* 2020; 382: 1564–7.
6. CDC: Scientific brief: SARS-CoV-2 and potential airborne transmission. Updated 05 October 2020. www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/more/scientific-brief-sars-cov-2.html (last accessed on 13 December 2020).
7. Briek A, Vidovic S, Vuzem S, Turk K, Simonovic Z: Possible indirect transmission of COVID-19 at a squash court, Slovenia, March 2020: case report. *Epidemiol Infect* 2020; 148: e120.
8. Anfinrud P, Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A: Visualizing speech-generated oral fluid droplets with laser light scattering. *N Engl J Med* 2020; 382: 2061–3.
9. Liu F, Qian H, Luo Z, Zheng X: The impact of indoor thermal stratification on the dispersion of human speech droplets. *Indoor Air* 2020; doi: 10.1111/ina.12737. Epub ahead of print.
10. Fischer EP, Fischer MC, Grass D, et al.: Low-cost measurement of face mask efficacy for filtering expelled droplets during speech. *Sci Adv* 2020; 6: eabd3083.
11. Rockx B, Kuiken T, Herfst S, et al.: Comparative pathogenesis of COVID-19, MERS, and SARS in a nonhuman primate model. *Science* 2020; 368: 1012–5.
12. Lu S, Yuan Zhao Y, Wenhai Yu W, et al.: Comparison of nonhuman primates identified the suitable model for COVID-19. *Signal Transduct Target Ther* 2020; 5: 157.
13. Memoli MJ, Czajkowski L, Reed S, et al.: Validation of the wild-type influenza A human challenge model H1N1pdMIST: an A(H1N1)pdm09 dose-finding investigational new drug study. *Clin Infect Dis* 2015; 60: 693–702.
14. He X, Lau EHY, Wu P, et al.: Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nat Med* 2020; 26: 672–5.
15. Singanayagam A, Patel M, Charlett A, et al.: Duration of infectiousness and correlation with RT-PCR cycle threshold values in cases of COVID-19, England, January to May 2020. *Euro Surveill* 2020; 25: 2001483.
16. Arons MM, Hatfield KM, Reddy SC, et al.: Presymptomatic SARS-CoV-2 infections and transmission in a skilled nursing facility. *N Engl J Med* 2020; 382: 2081–90.
17. Robert Koch-Institut: Hinweise zur Testung von Patienten auf Infektion mit dem neuartigen Coronavirus SARS-CoV-2. www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Vorl_Testung_nCoV.html (last accessed on 12 December 2020).
18. Rhoads DD, Cherian SS, Roman K, Stempak LM, Schmotzer CL, Sadri N: Comparison of Abbot ID Now, DiaSorin Simplexa, and CDC FDA emergency authorization methods for the detection of SARS-CoV-2 from nasopharyngeal and nasal swabs from individuals diagnosed with COVID-19. *J Clin Microbiol* 2020; 58: e00760–20.
19. Ma J, Qi X, Chen H: COVID-19 patients in earlier stages exhaled millions of SARS-CoV-2 per hour. *Clin Infect Dis* 2020; ciaa1283. Epub ahead of print.
20. Bjørn E, Nielsen PV: Dispersal of exhaled air and personal exposure in displacement ventilated rooms. *Indoor Air* 2002; 12: 147–64.
21. Bischoff WE, Swett K, Leng I, Peters TR: Exposure to influenza virus aerosols during routine patient care. *J Infect Dis* 2013; 207: 1037–46.
22. Bourouiba L: Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions: potential implications for reducing transmission of COVID-19. *JAMA* 2020; 323: 1837–8.
23. SmitherS, Eastaugh LS, Findlay JS, Lever MS: Experimental aerosol survival of SARS-CoV-2 in artificial saliva and tissue culture media at medium and high humidity. *Emerg Microbes Infect* 2020; 1: 1415–7.
24. Diaz KT, Smaldone GC: Quantifying exposure risk: surgical masks and respirators. *Am J Infect Control* 2010; 38: 501–8.
25. Davies A, Thompson KA, Giri K, et al.: Testing the efficacy of homemade masks: would they protect in an influenza pandemic? *Disaster Med Public Health Prep* 2013; 7: 413–8.
26. Ho KF, Lin LY, Weng SP, Chuang KJ: Medical mask versus cotton mask for preventing respiratory droplet transmission in micro environments. *Sci Total Environ* 2020; 735: 139510.
27. Leung NHL, Chu DKW, Shiu EYC, et al.: Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks. *Nat Med* 2020; 26: 676–80.
28. Chan JF, Yuan S, Zhang AJ, et al.: Surgical mask partition reduces the risk of non-contact transmission in a golden Syrian hamster model for Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Clin Infect Dis* 2020; 71: 2139–49.
29. Mitze T, Kosfeld R, Rode J, Wälde K: Face masks considerably reduce Covid-19 cases in Germany. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2020; 117: 32293–301.

30. Eikenberry SE, Mancuso M, Iboi E, et al.: To mask or not to mask: modeling the potential for face mask use by the general public to curtail the COVID-19 pandemic. *Infect Dis Model* 2020; 5: 293–308.

31. Küpper JH, Jung F, Krieger V, Hufert FT: A comparison of COVID-19 mortality rates between European and Asian states. *Clin Hemorheol Microcirc* 2020; 75: 3–5.

32. Oliveira G: Early epidemic spread, percolation and Covid-19. *J Math Biol* 2020; 8: 1143–68.

33. Crococo F, Roman HE: Spreading of infections on random graphs: a percolation-type model for COVID-19. *Chaos Solitons Fractals* 2020; 139: 110077.

34. Davis S, Trapman P, Leirs H, Begon M, Heesterbeek JAP: The abundance threshold for plague as a critical percolation phenomenon. *Nature* 2008; 454: 634–7.

35. Salkeld DJ, Salathé M, Stapp P, Jones JH: Plague outbreaks in prairie dog populations explained by percolation thresholds of alternate host abundance. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2010; 107: 14247–50.

36. Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, et al.: Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2020; 395: 1973–87.

37. Gandhi M, Beyrer C, Goosby E: Masks do more than protect others during COVID-19: reducing the inoculum of SARS-CoV-2 to protect the wearer. *J Gen Intern Med* 2020; 35: 3063–6.

38. Bielecki M, Züst R, Siegrist D, et al.: Social distancing alters the clinical course of COVID-19. *Clin Infect Dis* 2020; ciaa889. Epub ahead of print.

39. Cline S: Cases at seafood plant cause spike in Oregon COVID numbers. The Associated Press 2020. www.newsbreak.com/oregon/salem/news/0PI8ZP7b/cases-at-seafood-plant-cause-spike-in-oregon-covid-number (last accessed on 13 December 2020).

40. Los Angeles Times: Hundreds test positive at Tyson Foods plant in Arkansas as China suspends imports. *Los Angeles Times* 2020. www.latimes.com/world-nation/story/2020-06-22/hundreds-test-positive-coronavirus-tyson-foods-plant-arkansas. (last accessed on 13 December 2020).

Anschrift für die Verfasser

Prof. Dr. med. univ. Emil Reisinger, MBA
 Klinik für Innere Medizin
 Universitätsmedizin Rostock
 Ernst-Heydemann-Straße 6
 18057 Rostock
 Emil.Reisinger@uni-rostock.de

Zitierweise

Hemmer CJ, Hufert F, Siewert S, Reisinger E:
 Protection from COVID-19—the efficacy of face masks.
Dtsch Arztebl Int 2021; 118: 59–65.
 DOI: 10.3238/arztebl.m2021.0119

Dieser Beitrag erschien online am 20. 1. 2021 (online first)
 auf www.aerzteblatt.de

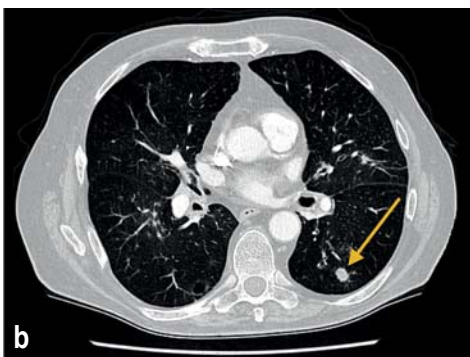
► Die englische Version des Artikels ist online abrufbar unter:
www.aerzteblatt-international.de

Zusatzmaterial
 Mit „e“ gekennzeichnete Literatur:
www.aerzteblatt.de/lit0521 oder über QR-Code



KLINISCHER SCHNAPPSCHUSS

Zungenulcus und paronychiales Einblutungen als Erstmanifestation einer Granulomatose mit Polyangiitis



Ein 77-jähriger Patient stellte sich in der HNO-Ambulanz aufgrund von seit Wochen bestehenden odynophagischen Beschwerden und Heiserkeit vor. Im Bereich des Larynx zeigten sich mehrere kleine Ulzerationen und ein schmerzhaftes Ulkus am linken Zungenrand (Abbildung a). An Fingern und Zehen waren

paronychiales Einblutungen sichtbar. Eine Biopsie des Zungenulcus erbrachte unspezifische granulozytäre Infiltrationen. Zum Ausschluss einer paraneoplastischen Genese erfolgte eine Bildgebung mittels der Computertomografie, wobei sich in der Lunge vereinzelt Rundherde fanden (Abbildung b). Bei gleichzeitig erhöhtem Wert des C-reaktiven Proteins (206 mg/L) wurde eine antibiotische Therapie ohne wesentliche Befundbesserung initiiert. Im Verlauf wiesen wir einen erhöhten Titer für c-ANCA/anti-PR3-Antikörper nach, und es entwickelte sich ein schweres akutes Nierenversagen Stadium 3 nach AKIN (Acute Kidney Injury Network, Stadieneinteilung des akuten Nierenversagens, Stadium 3 bezeichnet das schwerste Nierenversagen mit Verdreifachung des Kreatinin-Wertes und/oder Anurie) mit nephritischem Sediment. Histologisch fand sich eine segmental nekrotisierende und extrakapillär proliferierende pauci-immune Glomerulonephritis. Insgesamt waren die Befunde mit einer Granulomatose mit Polyangiitis (GPA) vereinbar. Unter einer immunsuppressiven Therapie mit Glukokortikoiden und Rituximab besserten sich die Haut- und Schleimhaueränderungen sowie die Nierenfunktion. Die pulmonalen Rundherde waren langfristig konstant.

Lotte Dahmen, Klinik für Innere Medizin, Nephrologie und Internistische Intensivmedizin, Philipps-Universität Marburg, dahmen@med.uni-marburg.de

Prof. Dr. med. Ronald Wolf, Klinik für Dermatologie und Allergologie, Philipps-Universität Marburg

PD Dr. med. Christian S. Haas, Klinik für Innere Medizin, Nephrologie und Internistische Intensivmedizin, Philipps-Universität Marburg

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Zitierweise: Dahmen L, Wolf R, Haas CS: Tongue ulcer and hemorrhagic paronychia as presenting manifestations of granulomatosis with polyangiitis. *Dtsch Arztebl Int* 2021; 118: 65. DOI: 10.3238/arztebl.m2021.0092

► Vergrößerte Abbildung und englische Übersetzung unter: www.aerzteblatt.de

Zusatzmaterial zu:

Schutz vor COVID-19: Wirksamkeit des Mund-Nasen-Schutzes

Christoph Josef Hemmer, Frank Hufert, Stefan Siewert, Emil Reisinger

Dtsch Arztebl Int 2021; 118: 59–65. DOI: 10.3238/arztebl.m2021.0119

eLiteratur

- e1. Prather KA, Wang CC, Schooley RT: Reducing transmission of SARS-CoV-2. *Science* 2020; 368: 1422–4.
- e2. Han E, Jin Tan MM, Turk E, et al.: Lessons learnt from easing COVID-19 restrictions: an analysis of countries and regions in Asia Pacific and Europe. *Lancet* 2020; 396: 1525–34.
- e3. Georgi C, Haase-Fielitz A, Meretz D, Gäsert L, Butter C: The impact of commonly-worn face masks on physiological parameters and on discomfort during standard work-related physical effort. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 117: 674–5.
- e4. World Health Organization (WHO): Mask use in the context of COVID-19. 2020. www.who.int/publications/i/item/advice-on-the-use-of-masks-in-the-community-during-home-care-and-in-healthcare-settings-in-the-context-of-the-novel-coronavirus-%282019-ncov%29-outbreak (last accessed on 13 December 2020).
- e5. Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Empfehlungen der BAuA und des ad-Hoc AK „Covid-19“ des ABAS zum Einsatz von Schutzmasken im Zusammenhang mit SARS-CoV-2. 2020. www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung-im-Betrieb/Coronavirus/pdf/Schutzmasken.html (last accessed 13 December 2020).