



Revisione

Persistenza di coronavirus su superfici inanimate e loro inattivazione con agenti biocidi

G. Kampf ^{a,*,_}, D. Todt ^b, S. Pfaender ^b, E. Steinmann ^b

^aUniversity Medicine Greifswald, Institute for Hygiene and Environmental Medicine, Ferdinand-Sauerbruch-Straße, 17475 Greifswald, Germany

^bDipartimento di virologia molecolare e medica, Ruhr University Bochum, Universitätsstrasse 50, 44801 Bochum, Germania

INFO ARTICOLO

Storia dell'articolo:

Ricevuto il 31 gennaio 2020 Accettato il 31 gennaio 2020 Disponibile online il 6 febbraio 2020

parole chiave:

Coronavirus Persistenza Superfici inanimate Inattivazione chimica Biocidi Disinfezione

SOMMARIO

Attualmente, l'emergere di un nuovo coronavirus umano, SARS-CoV-2, è diventato un problema di salute globale che causa gravi infezioni del tratto respiratorio nell'uomo. Le trasmissioni da uomo a uomo sono state descritte con tempi di incubazione tra 2-10 giorni, facilitando la sua diffusione attraverso goccioline, mani o superfici contaminate. Abbiamo quindi riesaminato la letteratura illuminata su tutte le informazioni disponibili sulla persistenza dei coronavirus umani e veterinari su superfici inanimate, nonché sulle strategie di inattivazione con agenti biocidi utilizzati per la disinfezione chimica, ad esempio nelle strutture sanitarie. L'analisi di 22 studi rivela che i coronavirus umani come il coronavirus della sindrome respiratoria acuta grave (SARS), il coronavirus della sindrome respiratoria del Medio Oriente (MERS) o i coronavirus umani endemici (HCoV) possono persistere su superfici inanimate come metallo, vetro o plastica fino a 9 giorni, ma possono essere inattivati in modo efficiente mediante procedure di disinfezione delle superfici con etanolo al 62 e 71%, perossido di idrogeno allo 0,5% o ipoclorito di sodio allo 0,1% entro 1 minuto. Altri agenti biocidi come 0,05 e 0,2% di benzalconio cloruro o 0,02% di clorexidina digluc-onato sono meno efficaci. Poiché non sono disponibili terapie

specifiche per SARS-CoV-2, il contenimento precoce e la prevenzione di un'ulteriore diffusione saranno cruciali per fermare l'epidemia in corso e controllare questo nuovo filo infettivo.

^a 2020 The Healthcare Infection Society. Pubblicato da Elsevier Ltd. Tutti i diritti riservati.

introduzione

Un nuovo coronavirus (SARS-CoV-2) è recentemente emerso dalla Cina con un totale di 45171 casi confermati di pneumonite (al 12 febbraio 2020) [1]. Insieme al coronavirus della sindrome respiratoria acuta grave (SARS) e al coronavirus della sindrome respiratoria del Medio Oriente (MERS) [2], si tratta del terzo coronavirus umano altamente patogeno emerso negli ultimi due decenni. La trasmissione da persona a persona è stata descritta sia in ambito ospedaliero che familiare [3]. È

quindi della massima importanza per prevenire ulteriori

* Autore corrispondente.

Indirizzo e-mail: quenter.kampf@uni-greifswald.de (G. Kampf).

diffuso in ambito pubblico e sanitario. È stata postulata la trasmissione di coronavirus da superfici asciutte contaminate, inclusa l'autoinoculazione delle mucose del naso, degli occhi o della bocca [4 , 5], sottolineando l'importanza di una comprensione dettagliata della persistenza del coronavirus su superfici inanimate [6]. Vari tipi di agenti biocidi come perossido di idrogeno, alcoli, ipoclorito di sodio o benzalconio cloruro sono usati in tutto il mondo per la disinfezione, principalmente in ambito sanitario [7]. Lo scopo della revisione era quindi di riassumere tutti i dati disponibili sulla persistenza di tutti i coronavirus, inclusi SARS-CoV e MERS-CoV emergenti, nonché i coronavirus veterinari come il virus della gastroenterite trasmissibile (TGEV), il virus dell'epatite del topo (MHV) e il coronavirus canino (CCV) su diversi tipi di

<https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.01.022>

0195-6701 / ^a 2020 The Healthcare Infection Society. Pubblicato da Elsevier Ltd. Tutti i diritti riservati.

superfici inanimate e sull'efficacia degli agenti biocidi comunemente usati nei disinfettanti di superficie contro i coronavirus.

Metodo

Una ricerca Medline è stata effettuata il 28 gennaio 2020. Sono stati usati i seguenti termini, sempre in combinazione con "coronavirus", "TGEV", "MHV" o "CCV": superficie di sopravvivenza (88/10/25/0 risultati), superficie di persistenza (47/1/32/0 colpi), mano di persistenza (8/0/3/0 colpi), mano di sopravvivenza (22/0/3/1 colpi), pelle di

sopravvivenza (8/0/0/1 hit), persistenza cutanea (1/0/0/1 hit), virucida (23/3/3/1 hit), inattivazione chimica (33/0/6/1), test di sospensione (18/0/0/0 hit) e test del corriere (17

/ 4/0/0 risultati). Sono state incluse le pubblicazioni e i risultati sono stati estratti poiché hanno fornito dati originali sui coronavirus sulla persistenza (superfici, materiali) e inattivazione da parte dei biocidi utilizzati per la disinfezione (test di sospensione, test sui portatori, studi sulla fumigazione). Sono stati esclusi i dati con prodotti commerciali basati su vari tipi diversi di biocidi. Le recensioni non sono state incluse, ma sono state selezionate per qualsiasi informazione nell'ambito di questa recensione.

risultati

Persistenza del coronavirus su superfici inanimate

La maggior parte dei dati sono stati descritti con il ceppo endemico di coronavirus umano (HCoV-) 229E. Su diversi tipi di materiali può rimanere contagioso da 2 ore a 9 giorni. Una temperatura più elevata, come 30 ° C o 40 ° C, ha ridotto la durata della persistenza di MERS-CoV, TGEV e MHV altamente patogeni. Tuttavia, a 4 ° C la persistenza di TGEV e MHV può essere aumentata a 28 giorni. Pochi dati comparativi ottenuti con SARS-CoV indicano che la persistenza era più lunga con inoculi più alti ([Tabella I](#)). Inoltre, a temperatura ambiente è stato dimostrato che HCoV-229E persiste meglio al 50% rispetto all'umidità relativa del 30% [[8](#)].

Inattivazione di coronavirus da parte di agenti biocidi nei test di sospensione

Etanolo (78 e 95%), 2-propanolo (70 e 100%), la combinazione del 45% di 2-propanolo con 30% di 1-propanolo, glutardialdeide (0,5 e 2,5%), formaldeide (0,7 e 1%) e povidone iodio

Tabella I.

Persistenza di coronavirus su diversi tipi di superfici inanimate

Tipo di superficie	Virus	Filtrare / isolare	Inoculo (titolo virale)	Temperatura	Persistenza	Riferimento	
Acciaio	MERS-CoV	Isolare HCoV-EMC / 2012	10 ⁵	20 C.	48 h	[21]	
				30 C.	8 e 24 h		
	TGEV	Sconosciuto	10 ⁶	4 C.	28 d	[22]	
				20 C.	3 e 28 d		
	MHV	Sconosciuto	10 ⁶	40 C.	4 e 96 h	[22]	
				4 C.	28 d		
Alluminio	HCoV	Varietà 229E	10 ³	20 C.	4 e 28 d	[23]	
				40 C.	4 e 96 h		
Metallo	HCoV	Varietà 229E e OC43	5 x 10 ³	21 C	5 D	[24]	
Legna	SARS-CoV	Varietà P9	10 ⁵	RT	2 e 8 h	[25]	
Carta	SARS-CoV	Varietà P9	10 ⁵	RT	4 d	[25]	
					4 e 5 d	[25]	
Bicchiere	SARS-CoV	Varietà GUV6109	10 ⁶	RT	24 h	[26]	
					10 ⁵	3 ore	
	HCoV	Varietà P9	10 ⁵	RT	< 5 min	[25]	
					4 d		
	Plastica	SARS-CoV	Varietà 229E	10 ³	21 C	5 D	[23]
						5 D	[27]
Plastica	SARS-CoV	Varietà HKU39849	10 ⁵	22-25 C	5 D	[27]	
					5 D	[27]	
	MERS-CoV	Isolare HCoV-EMC / 2012	10	20 C.	48 h	[21]	
					30 C.	8 e 24 h	
SARS-CoV	Varietà P9	10 ⁵	RT	4 d	[25]		
SARS-CoV	Varietà FFM1	10 ⁷	RT	6 e 9 d	[28]		
HCoV	Varietà 229E	10 ⁷	RT	2 e 6 d	[28]		

PVC	HCoV	Varietà 229E	10 ³	21 C	5 D	[23]
Gomma siliconica	HCoV	Varietà 229E	10 ³	21 C	5 D	[23]
Guanto chirurgico (lattice)	HCoV	Varietà 229E e OC43	5 x 10 ³	21 C	8 ore	[24]
Abito monouso	SARS-CoV	Varietà GUV6109	10	RT	2 d	[26]
			10 ⁵		24 h	
			10 ⁴		1 ora	
Ceramica	HCoV	Varietà 229E	10 ³	21 C	5 D	[23]
Teflon	HCoV	Varietà 229E	10 ³	21 C	5 D	[23]

Sindrome respiratoria MERS ¼ del Medio Oriente; HCoV ¼ di coronavirus umano; Virus della gastroenterite trasmissibile TGEV ¼ ; Virus dell'epatite da topo MHV ¼ ; SARS ¼ grave sindrome respiratoria acuta; RT ¼ di temperatura ambiente.

248

G. Kampf et al. / Journal of Hospital Infezione 104 (2020) 246 e 251

Tabella II
Inattivazione di coronavirus da parte di diversi tipi di agenti biocidi nei test di sospensione

Agente biocida	Concentrazione	Virus	Filtrare / isolare	Tempo di esposizione	Riduzione di infettività virale (registro ¹⁰)	Riferimento	
etanolo	95%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	30 s	5.5	[29]	
	85%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	30 s	5.5	[29]	
	80%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	30 s	4.3	[29]	
	80%	MERS-CoV	Sforzo EMC	30 s	> 4.0	[14]	
	78%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	30 s	5.0	[28]	
	70%	MHV	Varietà MHV-2 e MHV-N	10 minuti	> 3.9	[30]	
2-propanolo	70%	CCV	Varietà I-71	10 minuti	> 3.3	[30]	
	100%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	30 s	3.3	[28]	
	75%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	30 s	4.0	[14]	
	75%	MERS-CoV	Sforzo EMC	30 s	4.0	[14]	
	70%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	30 s	3.3	[28]	
	50%	MHV	Varietà MHV-2 e MHV-N	10 minuti	> 3.7	[30]	
2-propanolo e 1-propanolo	50%	CCV	Varietà I-71	10 minuti	> 3.7	[30]	
	45% e 30%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	30 s	4.3	[29]	
		SARS-CoV	Isolare FFM-1	30 s	2.8	[28]	
	Benzalconio cloruro	0,2%	HCoV	ATCC VR-759 (ceppo OC43)	10 minuti	0.0	[31]
		0,05%	MHV	Varietà MHV-2 e MHV-N	10 minuti	> 3.7	[30]
	Didecildimethyl cloruro d'ammonio	0,05%	CCV	Varietà I-71	10 minuti	> 3.7	[30]
0,00,175 mila%		CCV	Varietà S378	3 d	3.0	[32]	
0,0025%		CCV	Varietà S378	3 d	> 4.0	[32]	
clorexidina digluconato		0,02%	MHV	Varietà MHV-2 e MHV-N	10 minuti	0,7 e 0,8	[30]
	0,02%	CCV	Varietà I-71	10 minuti	0.3	[30]	
Ipoclorito di sodio	0,21%	MHV	Varietà MHV-1	30 s	4.0	[33]	
	0,01%	MHV	Varietà MHV-2 e MHV-N	10 minuti	2.3 e 2.8	[30]	
	0,01%	CCV	Varietà I-71	10 minuti	1.1	[30]	
	0,001%	MHV	Varietà MHV-2 e MHV-N	10 minuti	0,3 e 0,6	[30]	
Perossido di idrogeno	0,001%	CCV	Varietà I-71	10 minuti	0.9	[30]	
	0,5%	HCoV	Varietà 229E	1 minuto	> 4.0	[34]	
	Formaldeide	1%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	2 minuti	> 3.0	[28]
0,7%		SARS-CoV	Isolare FFM-1	2 minuti	> 3.0	[28]	

	0,7%	MHV		10 minuti	> 3.5	[30]
	0,7%	CCV	Varietà I-71	10 minuti	> 3.7	[30]
	0,009%	CCV		24 h	> 4.0	[35]
glutaraldeide	2,5%	SARS-CoV	Varietà di Hanoi	5 minuti	> 4.0	[36]
	0,5%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	2 minuti	> 4.0	[28]
Iodio povidone	7,5%	MERS-CoV	Isolare HCoV-EMC / 2012	15 s	4.6	[37]
	4%	MERS-CoV	Isolare HCoV-EMC / 2012	15 s	5.0	[37]
	1%	SARS-CoV	Varietà di Hanoi	1 minuto	> 4.0	[36]
	1%	MERS-CoV	Isolare HCoV-EMC / 2012	15 s	4.3	[37]
	0,47%	SARS-CoV	Varietà di Hanoi	1 minuto	3.8	[36]
	0,25%	SARS-CoV	Varietà di Hanoi	1 minuto	> 4.0	[36]
	0,23%	SARS-CoV	Varietà di Hanoi	1 minuto	> 4.0	[36]
	0,23%	SARS-CoV	Isolare FFM-1	15 s	4.4	[38]
	0,23%	MERS-CoV	Isolare HCoV-EMC / 2012	15 s	4.4	[38]

SARS ¼ grave sindrome respiratoria acuta; Sindrome respiratoria MERS ¼ del Medio Oriente; Virus dell'epatite da topo MHV ¼ ; CCV ¼ di coronavirus canino; HCoV ¼ di coronavirus umano.

Tabella III

Inattivazione di coronavirus da parte di diversi tipi di agenti biocidi nei test sui portatori

Agente biocida	Concentrazione	Virus	Filtrare / isolare	Volume / materiale	Biologico caricare	Esposizione tempo	Riduzione di virale infettività (registro 10)	Riferimento
etanolo	71%	TGEV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	3.5	[39]
	71%	MHV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	2.0	[39]
	70%	TGEV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	3.2	[39]
	70%	MHV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	3.9	[39]
	70%	HCoV	Varietà 229E	20 m l / acciaio inossidabile	5% siero	1 minuto	> 3.0	[40]
	62%	TGEV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	4.0	[39]
cloruro di benzalconio Ipoclorito di sodio	62%	MHV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	2.7	[39]
	0,04%	HCoV	Varietà 229E	20 m l / acciaio inossidabile	5% siero	1 minuto	< 3.0	[40]
	0,5%	HCoV	Varietà 229E	20 m l / acciaio inossidabile	5% siero	1 minuto	> 3.0	[40]
	0,1%	HCoV	Varietà 229E	20 m l / acciaio inossidabile	5% siero	1 minuto	> 3.0	[40]
	0,06%	TGEV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	0.4	[39]
	0,06%	MHV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	0.6	[39]
glutaraldeide	0,01%	HCoV	Varietà 229E	20 m l / acciaio inossidabile	5% siero	1 minuto	< 3.0	[40]
	2%	HCoV	Varietà 229E	20 m l / acciaio inossidabile	5% siero	1 minuto	> 3.0	[40]

Orto-ftalaldeide	0,55%	TGEV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	2.3	[39]
Perossido di idrogeno	0,55%	MHV	Sconosciuto	50 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	1 minuto	1.7	[39]
	Vapore di sconosciuto concentrazione	TGEV	Varietà purdue tipo 1	20 m l / acciaio inossidabile	Nessuna	2 e 3 h	4.9 e 5.3 *	[41]

Virus della gastroenterite trasmissibile TGEV ¼ ; Virus dell'epatite da topo MHV ¼ ; HCoV ¼ di coronavirus umano; * a seconda del volume di perossido di idrogeno iniettato.

(0,23 e 7,5%) ha facilmente inattivato l'infettività del coronavirus di circa $4 \log_{10}$ o più. ([Tabella II](#)). L'ipoclorito di sodio ha richiesto una concentrazione minima di almeno lo 0,21% per essere efficace. Il perossido di idrogeno si è dimostrato efficace con una concentrazione dello 0,5% e un tempo di incubazione di 1 minuto. I dati ottenuti con benzalconio cloruro a tempi di contatto ragionevoli erano contrastanti. Entro 10 minuti una concentrazione dello 0,2% non ha rivelato alcuna efficacia contro il coronavirus mentre una concentrazione dello 0,05% era abbastanza efficace. Lo 0,02% di clorexidina digluconato era sostanzialmente inefficace ([Tabella II](#)).

Inattivazione dei coronavirus da parte dei biocidi nei test sui portatori

L'etanolo a concentrazioni tra il 62% e il 71% ha ridotto l'infettività del coronavirus entro 1 minuto di esposizione di 2,0 e $4,0 \log_{10}$. Le concentrazioni di 0,1 e 0,5% di ipoclorito di sodio e 2% di glutardialdeide erano anche abbastanza efficaci con una riduzione $> 3,0 \log_{10}$ del titolo virale. Al contrario, lo 0,04% di benzalconio cloruro, lo 0,06% di ipoclorito di sodio e lo 0,55% di ortofalaldeide erano meno efficaci ([Tabella III](#)).

Discussione

I coronavirus umani possono rimanere infettivi su superfici inanimate a temperatura ambiente per un massimo di 9 giorni. A una temperatura di 30°C o più la durata della persistenza è più breve. I coronavirus veterinari hanno dimostrato di persistere ancora più a lungo per 28 giorni. La contaminazione di superfici tattili frequenti in ambito sanitario è quindi una potenziale fonte di trasmissione virale. Non sono stati trovati dati sulla trasmissibilità dei coronavirus dalle superfici contaminate alle mani. Tuttavia, si potrebbe dimostrare con il virus dell'influenza A che un contatto di 5 secondi può trasferire il 31,6% della carica virale alle mani [9]. L'efficienza di trasferimento era inferiore (1,5%) con il virus della parainfluenza 3 e un contatto di 5 s tra la superficie e le mani [10]. In uno studio sull'osservazione dell'occhio, è stato descritto che gli studenti si toccano il viso con le proprie mani in media 23 volte all'ora, con contatto principalmente con la pelle (56%), seguito da bocca (36%), naso (31%) e occhi (31%) [11]. Sebbene la carica virale di coronavirus su superfici inanimate non sia nota durante una situazione di epidemia, sembra plausibile ridurre la carica virale su superfici mediante disinfezione, in particolare di superfici frequentemente toccate nell'immediato paziente circostante dove ci si può aspettare la massima carica virale. L'OMS raccomanda "di garantire che le procedure di pulizia e disinfezione ambientale siano seguite in modo coerente e corretto. La pulizia accurata delle superfici ambientali con acqua e detergente e l'applicazione di disinfettanti comunemente usati a livello ospedaliero (come l'ipoclorito di sodio) sono procedure efficaci e sufficienti." [12] L'uso tipico di candeggina è ad una diluizione di 1: 100 di ipoclorito di sodio al 5% con conseguente concentrazione finale dello 0,05% [13]. I nostri dati riassunti con coronavirus suggeriscono che una concentrazione dello 0,1% è efficace in 1 minuto ([Tabella III](#)). Questo è il motivo per cui sembra opportuno raccomandare una diluizione 1:50 di candeggina standard in ambiente coronavirus. Per la disinfezione di piccole superfici l'etanolo (62 e 71%; test sui portatori) ha rivelato un'efficacia simile contro il coronavirus. L'OMS raccomanda anche una concentrazione di etanolo al 70% per la disinfezione di piccole superfici [13].

Non sono stati trovati dati per descrivere la frequenza di contaminazione delle mani con coronavirus o la carica virale

mani, dopo il contatto del paziente o dopo aver toccato superfici contaminate. L'OMS raccomanda di applicare preferibilmente strofinamenti a base di alcol per la decontaminazione delle mani, ad es. Dopo aver rimosso i guanti. Due formulazioni raccomandate dall'OMS (basate sull'80% di etanolo o sul 75% di 2-propanolo) sono state valutate nei test di sospensione contro SARS-CoV e MERS-CoV, ed entrambe sono state descritte per essere molto efficaci [14]. Non sono stati trovati dati in vitro sull'efficacia del lavaggio delle mani contro le contaminazioni da coronavirus sulle mani. A Taiwan, tuttavia, è stato descritto che l'installazione di stazioni di lavaggio delle mani nel dipartimento di emergenza era l'unica misura di controllo delle infezioni che era significativamente associata alla protezione degli operatori sanitari dall'acquisizione del SARS-CoV, indicando che l'igiene delle mani può avere un effetto [15]. La conformità con l'igiene delle mani può essere significativamente più elevata in una situazione di epidemia, ma è probabile che rimanga un ostacolo soprattutto tra i medici [16 e 18]. La trasmissione in contesti sanitari può essere prevenuta con successo quando vengono eseguite coerentemente misure appropriate [19 , 20].

conclusioni

I coronavirus umani possono rimanere infettivi su superfici inanimate per un massimo di 9 giorni. La disinfezione delle superfici con ipoclorito di sodio allo 0,1% o etanolo al 62 e 71% riduce significativamente l'infettività del virus corona sulle superfici entro 1 minuto di esposizione. Ci aspettiamo un effetto simile contro il SARS-CoV-2.

Dichiarazione di conflitto di interessi

Nessuno dichiarato.

Fonti di finanziamento

Nessuna.

Riferimenti

- [1] [OMS. Malattia di Coronavirus 2019 \(COVID-19\). CHI; 2020. Rapporto sulla situazione 23.](#)
- [2] [de Wit E, van Doremalen N, Falzarano D, Munster VJ. SARS e MERS: recenti approfondimenti sui coronavirus emergenti. Nat Rev Microbiol 2016; 14: 523 e 34 .](#)
- [3] Chan JF, Yuan S, Kok KH, To KK, Chu H, Yang J, et al. Un cluster familiare di polmonite associato al nuovo coronavirus del 2019 che indica la trasmissione da persona a persona: uno studio di un cluster familiare. Lancet 2020. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30154-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30154-9) .
- [4] [Otter JA, Donskey C, Yezli S, Douthwaite S, Goldenberg SD, Weber DJ. Trasmissione di coronavirus SARS e MERS e virus dell'influenza in ambito sanitario: il possibile ruolo della contaminazione della superficie secca . J Hosp Infect 2016; 92: 235 e 50 .](#)
- [5] [Dowell SF, Simmerman JM, Erdman DD, Wu JS, Chaovavanich A, Javadi M, et al. Grave sindrome respiratoria acuta coronavirus sulle superfici ospedaliere. Clin Infect Dis 2004; 39: 652 e 7 .](#)
- [6] [Geller C, Varbanov M, Duval RE. Coronavirus umani: approfondimenti sulla resistenza ambientale e la sua influenza sullo sviluppo di nuove strategie antisettiche. Viruses 2012; 4: 3044 e 68 .](#)
- [7] [Kampf G. Gestione antisettica: resistenza ai biocidi e clinica implicazioni. Cham: Springer International Publishing; 2018 .](#)
- [8] [Ijaz MK, Brunner AH, Sattar SA, Nair RC, Johnson-Lussenburg CM. Caratteristiche di sopravvivenza del coronavirus umano aereo 229E. J Gen Virol 1985; 66 \(Pt 12\): 2743 e 8 .](#)
- [9] [Bean B, Moore BM, Sterner B, Peterson LR, Gerding DN, Balfour HH. Sopravvivenza dei virus dell'influenza e condizioni ambientali . J Infect Dis 1982; 146: 47 e 51 .](#)
- G. Kampf et al. / Journal of Hospital Infezione 104 (2020) 246 e 251
- 251
- [10] [Ansari SA, Springthorpe VS, Sattar SA, Rivard S, Rahman M. Potenziale ruolo delle mani nella diffusione delle infezioni virali respiratorie : studi con virus della parainfluenza umana 3 e rinovirus 14. J Clin Microbiol 1991; 29: 2115 e 9 .](#)
- [11] [Kwok YL, Galton J, McLaws ML. Tocco del viso: un'abitudine frequente che ha implicazioni per l'igiene delle mani. Am J Infect Contr 2015; 43: 112 e 4 .](#)
- [12] [OMS. Prevenzione e controllo delle infezioni durante l'assistenza sanitaria quando si sospetta una nuova infezione da coronavirus \(nCoV\). CHI; 2020. Orientamento intermedio. 25 gennaio 2020 .](#)
- [13] [OMS. Allegato G. Uso di disinfettanti: alcool e candeggina. Prevenzione delle infezioni e controllo delle infezioni respiratorie acute a rischio di epidemia e pandemia . Ginevra: OMS; 2014. p. 65 e 6 .](#)
- [14] [Siddharta A, Pfaender S, Vielle NJ, Dijkman R, Friesland M, Becker B, et al. Attività virucida dell'Organizzazione mondiale della sanità - Formulazioni raccomandate contro i virus dell'involucro, inclusi Zika, Ebola e Coronavirus emergenti. J Infect Dis 2017; 215: 902 e 6 .](#)
- [15] [Yen MY, Lu YC, Huang PH, Chen CM, Chen YC, Lin YE. Valutazione quantitativa di modelli di controllo delle infezioni nella prevenzione della trasmissione nosocomiale del virus SARS agli operatori sanitari: implicazioni per il controllo delle infezioni virali nosocomiali per gli operatori sanitari . Scand J Infect Dis 2010; 42: 510 e 5 .](#)
- [16] [Alshammari M, Reynolds KA, Verhoughstraete M, O'Rourke MK. Confronto tra conformità dell'igiene delle mani percepita e osservata negli operatori sanitari nelle regioni endemiche MERS-CoV. Healthcare \(Basilea, Svizzera\) 2018; 6: 122 .](#)
- [17] [Al-Tawfiq JA, Abdrabalnabi R, Taher A, Mathew S, Rahman KA. Influenza del controllo delle infezioni della sindrome respiratoria del Medio Oriente coronavirus: un'analisi ospedaliera. Am J Infect Contr 2019; 47: 431 e 4 .](#)

- [18] [Wong TW, Tam WW. Pratica di lavaggio delle mani e uso di dispositivi di protezione individuale tra gli studenti di medicina dopo l' epidemia di SARS a Hong Kong. Am J Infect Contr 2005; 33: 580 e 6 .](#)
- [19] [Wiboonchutikul S, Manosuthi W, Likansakul S, Sangsajja C, Kongsanan P, Nitiyanontakij R, et al. Mancanza di trasmissione tra gli operatori sanitari in contatto con un caso di infezione da coronavirus della sindrome respiratoria in Medio Oriente in Thailandia. Antimicrob Resist Infect Control 2016; 5: 21 .](#)
- [20] [Ki HK, Han SK, Son JS, Park SO. Rischio di trasmissione da parte dei dipendenti medici e importanza della politica di prevenzione delle infezioni di routine in uno scoppio nosocomiale della sindrome respiratoria del Medio Oriente \(MERS\): un'analisi descrittiva da un ospedale di cura terziaria in Corea del Sud. BMC Pulm Med 2019; 19: 190 .](#)
- [21] [van Doremalen N, Bushmaker T, Munster VJ. Stabilità del coronavirus della sindrome respiratoria mediorientale \(MERS-CoV\) in condizioni ambientali diverse . Euro Surveill 2013; 18 .](#)
- [22] [Casanova LM, Jeon S, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Effetti della temperatura dell'aria e dell'umidità relativa sulla sopravvivenza del coronavirus sulle superfici. Appl Environ Microbiol 2010; 76: 2712 e 7 .](#)
- [23] [Warnes SL, Little ZR, Keevil CW. Il coronavirus umano 229E rimane infettivo sui materiali comuni della superficie tattile. mBio 2015; 6: e01697 e 15 .](#)
- [24] [Sizun J, Yu MW, Talbot PJ. Sopravvivenza dei coronavirus umani 229E e OC43 in sospensione e dopo essiccazione su superfici: una possibile fonte di infezioni acquisite in ospedale. J Hosp Infect 2000; 46: 55 e 60 .](#)
- [25] [Duan SM, Zhao XS, Wen RF, Huang JJ, Pi GH, Zhang SX, et al. Stabilità del coronavirus SARS nei campioni umani e nell'ambiente e sensibilità al riscaldamento e all'irradiazione UV. Biomed Environ Sci 2003; 16: 246 e 55 .](#)
- [26] [Lai MY, Cheng PK, Lim WW. Sopravvivenza della sindrome respiratoria acuta grave coronavirus. Clin Infect Dis 2005; 41: e67 e 71 .](#)
- [27] [Chan KH, Peiris JS, Lam SY, Poon LL, Yuen KY, Seto WH. Gli effetti della temperatura e dell'umidità relativa sulla vitalità del coronavirus SARS. Adv Virol 2011; 734690 .](#)
- [28] [Rabenau HF, Cinatl J, Morgenstern B, Bauer G, Preiser W, Doerr HW. Stabilità e inattivazione del coronavirus SARS. Med Microbiol Immunol 2005; 194: 1 e 6 .](#)
- [29] [Rabenau HF, Kampf G, Cinatl J, Doerr HW. Efficacia di vari disinfettanti contro il coronavirus SARS. J Hosp Infect 2005; 61: 107 e 11 .](#)
- [30] [Saknimit M, Inatsuki I, Sugiyama Y, Yagami K. Efficacia virucida dei trattamenti fisico-chimici contro i coronavirus e le specie animali da laboratorio. Jikken Dobutsu Exp Anim 1988; 37: 341 e 5 .](#)
- [31] [Wood A, Payne D. L'azione di tre antisettici / disinfettanti contro i virus avvolti e non avvolti. J Hosp Infect 1998; 38: 283 e 95 .](#)
- [32] [Pratelli A. Azione dei disinfettanti sulla replicazione del coronavirus canino in vitro. Zoonoses Publ Health 2007; 54: 383 e 6 .](#)
- [33] [Dellanno C, Vega Q, Boesenberg D. L'azione antivirale dei comuni disinfettanti domestici e antisettici contro il virus dell'epatite murina , un potenziale surrogato del coronavirus SARS. Am J Infect Control 2009; 37: 649 e 52 .](#)
- [34] [Omidbakhsh N, Sattar SA. Attività microbica ad ampio spettro, valutazione tossicologica e compatibilità dei materiali di una nuova generazione di disinfettante ambientale accelerato a base di perossido di idrogeno . Am J Infect Control 2006; 34: 251 e 7 .](#)
- [35] [Pratelli A. Inattivazione del coronavirus canino con agenti fisici e chimici. Veterinario J \(Londra, Inghilterra: 1997\) 2008; 177: 71 e 9 .](#)
- [36] [Kariwa H, Fujii N, Takashima I. Inattivazione del coronavirus SARS mediante iodio povidone, condizioni fisiche e reagenti chimici . Dermatol \(Basilea, Svizzera\) 2006; 212 \(Suppl 1\): 119 e 23 .](#)
- [37] [Eggers M, Eickmann M, Zorn J. Attività virucida rapida ed efficace dei prodotti di povidone-iodio contro la sindrome respiratoria del Medio Oriente Coronavirus \(MERS-CoV\) e il virus della vaccinazione vaccinale modificato Ankara \(MVA\). Infect Dis Ther 2015; 4: 491 e 501 .](#)
- [38] [Eggers M, Koberger-Janssen T, Eickmann M, Zorn J. Efficacia battericida e virucida in vitro di gargarismi povidone-iodio / collutorio contro agenti patogeni del tratto respiratorio e orale. Infect Dis Ther 2018; 7: 249 e 59 .](#)
- [39] [Hulkower RL, Casanova LM, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Inattivazione di coronavirus surrogati su superfici dure da parte di germicidi sanitari. Am J Infect Control 2011; 39: 401 e 7 .](#)
- [40] [Sattar SA, Springthorpe VS, Karim Y, Loro P. Disinfezione chimica di superfici inanimate non porose contaminate sperimentalmente con quattro virus patogeni umani. Epidemiol Infect 1989; 102: 493 e 505 .](#)
- [41] [Goyal SM, Chander Y, Yezli S, Otter JA. Valutazione dell'efficacia virucida del vapore di perossido di idrogeno. J Hosp Infect 2014; 86: 255 e 9 .](#)

Table III
Inactivation of coronaviruses by different types of biocidal agents in carrier tests

Biocidal agent	Concentration	Virus	Strain / isolate	Volume / material	Organic load	Exposure time	Reduction of viral infectivity (log10)	Reference
Ethanol	71%	TGEV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	3.5	[39]
	71%	MHV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	2.0	[39]
	70%	TGEV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	3.2	[39]
	70%	MHV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	3.9	[39]
	70%	HCoV	Strain 229E	20 ml / stainless steel	5% serum	1 min	> 3.0	[40]
	62%	TGEV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	4.0	[39]
	62%	MHV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	2.7	[39]
Benzalkoniumchloride	0.04%	HCoV	Strain 229E	20 ml / stainless steel	5% serum	1 min	< 3.0	[40]
Sodium hypochlorite	0.5%	HCoV	Strain 229E	20 ml / stainless steel	5% serum	1 min	> 3.0	[40]
	0.1%	HCoV	Strain 229E	20 ml / stainless steel	5% serum	1 min	> 3.0	[40]
	0.06%	TGEV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	0.4	[39]
	0.06%	MHV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	0.6	[39]
	0.01%	HCoV	Strain 229E	20 ml / stainless steel	5% serum	1 min	< 3.0	[40]
Glutardialdehyde	2%	HCoV	Strain 229E	20 ml / stainless steel	5% serum	1 min	> 3.0	[40]
Ortho-phtalaldehyde	0.55%	TGEV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	2.3	[39]
	0.55%	MHV	Unknown	50 ml / stainless steel	None	1 min	1.7	[39]
Hydrogen peroxide	Vapor of unknown concentration	TGEV	Purdue strain type 1	20 ml / stainless steel	None	2e3 h	4.9e5.3*	[41]

TGEV ¼ transmissible gastroenteritis virus; MHV ¼ mouse hepatitis virus; HCoV ¼ human coronavirus; *depending on the volume of injected hydrogen peroxide.

(0.23e7.5%) readily inactivated coronavirus infectivity by approximately 4 log₁₀ or more. (Table II). Sodium hypochlorite required a minimal concentration of at least 0.21% to be effective. Hydrogen peroxide was effective with a concentration of 0.5% and an incubation time of 1 min. Data obtained with benzalkonium chloride at reasonable contact times were conflicting. Within 10 min a concentration of 0.2% revealed no efficacy against coronavirus whereas a concentration of 0.05% was quite effective. 0.02% chlorhexidine digluconate was basically ineffective (Table II).

Inactivation of coronaviruses by biocidal agents in carrier tests

Ethanol at concentrations between 62% and 71% reduced coronavirus infectivity within 1 min exposure time by 2.0e4.0 log₁₀. Concentrations of 0.1e0.5% sodium hypochlorite and 2% glutardialdehyde were also quite effective with > 3.0 log₁₀ reduction in viral titre. In contrast, 0.04% benzalkonium chloride, 0.06% sodium hypochlorite and 0.55% ortho-phthalaldehyde were less effective (Table III).

Discussion

Human coronaviruses can remain infectious on inanimate surfaces at room temperature for up to 9 days. At a temperature of 30 C or more the duration of persistence is shorter. Veterinary coronaviruses have been shown to persist even longer for 28 d. Contamination of frequent touch surfaces in healthcare settings are therefore a potential source of viral transmission. Data on the transmissibility of coronaviruses from contaminated surfaces to hands were not found. However, it could be shown with influenza A virus that a contact of 5 s can transfer 31.6% of the viral load to the hands [9]. The transfer efficiency was lower (1.5%) with parainfluenza virus 3 and a 5 s contact between the surface and the hands [10]. In an observational study, it was described that students touch their face with their own hands on average 23 times per h, with contact mostly to the skin (56%), followed by mouth (36%), nose (31%) and eyes (31%) [11]. Although the viral load of coronaviruses on inanimate surfaces is not known during an outbreak situation it seems plausible to reduce the viral load on surfaces by disinfection, especially of frequently touched surfaces in the immediate patient surrounding where the highest viral load can be expected. The WHO recommends "to ensure that environmental cleaning and disinfection procedures are followed consistently and correctly. Thoroughly cleaning environmental surfaces with water and detergent and applying commonly used hospital-level disinfectants (such as sodium hypochlorite) are effective and sufficient procedures." [12] The typical use of bleach is at a dilution of 1:100 of 5% sodium hypochlorite resulting in a final concentration of 0.05% [13]. Our summarized data with coronaviruses suggest that a concentration of 0.1% is effective in 1 min (Table III). That is why it seems appropriate to recommend a dilution 1:50 of standard bleach in the coronavirus setting. For the disinfection of small surfaces ethanol (62e71%; carrier tests) revealed a similar efficacy against coronavirus. A concentration of 70% ethanol is also recommended by the WHO for disinfecting small surfaces [13].

No data were found to describe the frequency of hands becoming contaminated with coronavirus, or the viral load on

hands either, after patient contact or after touching contaminated surfaces. The WHO recommends to preferably apply alcohol-based hand rubs for the decontamination of hands, e.g. after removing gloves. Two WHO recommended formulations (based on 80% ethanol or 75% 2-propanol) have been evaluated in suspension tests against SARS-CoV and MERS-CoV, and both were described to be very effective [14]. No in vitro data were found on the efficacy of hand washing against coronavirus contaminations on hands. In Taiwan, however, it was described that installing hand wash stations in the emergency department was the only infection control measure which was significantly associated with the protection from healthcare workers from acquiring the SARS-CoV, indicating that hand hygiene can have a protective effect [15]. Compliance with hand hygiene can be significantly higher in an outbreak situation but is likely to remain an obstacle especially among physicians [16e18]. Transmission in healthcare settings can be successfully prevented when appropriate measures are consistently performed [19,20].

Conclusions

Human coronaviruses can remain infectious on inanimate surfaces for up to 9 days. Surface disinfection with 0.1% sodium hypochlorite or 62e71% ethanol significantly reduces coronavirus infectivity on surfaces within 1 min exposure time. We expect a similar effect against the SARS-CoV-2.

Conflict of interest statement

None declared.

Funding Sources

None.

References

- [1] WHO. Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). WHO; 2020. Situation Report 23.
- [2] de Wit E, van Doremalen N, Falzarano D, Munster VJ. SARS and MERS: recent insights into emerging coronaviruses. *Nat Rev Microbiol* 2016;14:523e34.
- [3] Chan JF, Yuan S, Kok KH, To KK, Chu H, Yang J, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *Lancet* 2020. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30154-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30154-9).
- [4] Otter JA, Donskey C, Yezli S, Douthwaite S, Goldenberg SD, Weber DJ. Transmission of SARS and MERS coronaviruses and influenza virus in healthcare settings: the possible role of dry surface contamination. *J Hosp Infect* 2016;92:235e50.
- [5] Dowell SF, Simmerman JM, Erdman DD, Wu JS, Chaovanich A, Javadi M, et al. Severe acute respiratory syndrome coronavirus on hospital surfaces. *Clin Infect Dis* 2004;39:652e7.
- [6] Geller C, Varbanov M, Duval RE. Human coronaviruses: insights into environmental resistance and its influence on the development of new antiseptic strategies. *Viruses* 2012;4:3044e68.
- [7] Kampf G. Antiseptic stewardship: biocide resistance and clinical implications. Cham: Springer International Publishing; 2018.
- [8] Ijaz MK, Brunner AH, Sattar SA, Nair RC, Johnson-Lussenburg CM. Survival characteristics of airborne human coronavirus 229E. *J Gen Virol* 1985;66(Pt 12):2743e8.
- [9] Bean B, Moore BM, Sterner B, Peterson LR, Gerding DN, Balfour HH. Survival of influenza viruses an environmental surface. *J Infect Dis* 1982;146:47e51.

- [10] Ansari SA, Springthorpe VS, Sattar SA, Rivard S, Rahman M. Potential role of hands in the spread of respiratory viral infections: studies with human parainfluenza virus 3 and rhinovirus 14. *J Clin Microbiol* 1991;29:2115e9.
- [11] Kwok YL, Gralton J, McLaws ML. Face touching: a frequent habit that has implications for hand hygiene. *Am J Infect Contr* 2015;43:112e4.
- [12] WHO. Infection prevention and control during health care when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected. WHO; 2020. Interim guidance. 25 January 2020.
- [13] WHO. Annex G. Use of disinfectants: alcohol and bleach. Infection prevention and control of epidemic-and pandemic-prone acute respiratory infections in health care. Geneva: WHO; 2014. p. 65e6.
- [14] Siddharta A, Pfaender S, Vielle NJ, Dijkman R, Friesland M, Becker B, et al. Virucidal Activity of World Health Organization-Recommended Formulations Against Enveloped Viruses, Including Zika, Ebola, and Emerging Coronaviruses. *J Infect Dis* 2017;215:902e6.
- [15] Yen MY, Lu YC, Huang PH, Chen CM, Chen YC, Lin YE. Quantitative evaluation of infection control models in the prevention of nosocomial transmission of SARS virus to healthcare workers: implication to nosocomial viral infection control for healthcare workers. *Scand J Infect Dis* 2010;42:510e5.
- [16] Alshammari M, Reynolds KA, Verhougstraete M, O'Rourke MK. Comparison of perceived and observed hand hygiene compliance in healthcare workers in MERS-CoV endemic regions. *Healthcare (Basel, Switzerland)* 2018;6:122.
- [17] Al-Tawfiq JA, Abdrababani R, Taher A, Mathew S, Rahman KA. Infection control influence of Middle East respiratory syndrome coronavirus: A hospital-based analysis. *Am J Infect Contr* 2019;47:431e4.
- [18] Wong TW, Tam WW. Handwashing practice and the use of personal protective equipment among medical students after the SARS epidemic in Hong Kong. *Am J Infect Contr* 2005;33:580e6.
- [19] Wiboonchutikul S, Manosuthi W, Likanonakul S, Sangsajja C, Kongsanan P, Nitiyanontakij R, et al. Lack of transmission among healthcare workers in contact with a case of Middle East respiratory syndrome coronavirus infection in Thailand. *Antimicrob Resist Infect Control* 2016;5:21.
- [20] Ki HK, Han SK, Son JS, Park SO. Risk of transmission via medical employees and importance of routine infection-prevention policy in a nosocomial outbreak of Middle East respiratory syndrome (MERS): a descriptive analysis from a tertiary care hospital in South Korea. *BMC Pulm Med* 2019;19:190.
- [21] van Doremalen N, Bushmaker T, Munster VJ. Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions. *Euro Surveill* 2013;18.
- [22] Casanova LM, Jeon S, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Effects of air temperature and relative humidity on coronavirus survival on surfaces. *Appl Environ Microbiol* 2010;76:2712e7.
- [23] Warnes SL, Little ZR, Keevil CW. Human Coronavirus 229E Remains Infectious on Common Touch Surface Materials. *mBio* 2015;6:e01697e15.
- [24] Sizun J, Yu MW, Talbot PJ. Survival of human coronaviruses 229E and OC43 in suspension and after drying on surfaces: a possible source of hospital-acquired infections. *J Hosp Infect* 2000;46:55e60.
- [25] Duan SM, Zhao XS, Wen RF, Huang JJ, Pi GH, Zhang SX, et al. Stability of SARS coronavirus in human specimens and environment and its sensitivity to heating and UV irradiation. *Biomed Environ Sci* 2003;16:246e55.
- [26] Lai MY, Cheng PK, Lim WW. Survival of severe acute respiratory syndrome coronavirus. *Clin Infect Dis* 2005;41:e67e71.
- [27] Chan KH, Peiris JS, Lam SY, Poon LL, Yuen KY, Seto WH. The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus. *Adv Virol* 2011;734690.
- [28] Rabenau HF, Cinatl J, Morgenstern B, Bauer G, Preiser W, Doerr HW. Stability and inactivation of SARS coronavirus. *Med Microbiol Immunol* 2005;194:1e6.
- [29] Rabenau HF, Kampf G, Cinatl J, Doerr HW. Efficacy of various disinfectants against SARS coronavirus. *J Hosp Infect* 2005;61:107e11.
- [30] Saknimit M, Inatsuki I, Sugiyama Y, Yagami K. Virucidal efficacy of physico-chemical treatments against coronaviruses and parvoviruses of laboratory animals. *Jikken Dobutsu Exp Anim* 1988;37:341e5.
- [31] Wood A, Payne D. The action of three antiseptics/disinfectants against enveloped and non-enveloped viruses. *J Hosp Infect* 1998;38:283e95.
- [32] Pratelli A. Action of disinfectants on canine coronavirus replication in vitro. *Zoonoses Publ Health* 2007;54:383e6.
- [33] Dellanno C, Vega Q, Boesenberg D. The antiviral action of common household disinfectants and antiseptics against murine hepatitis virus, a potential surrogate for SARS coronavirus. *Am J Infect Control* 2009;37:649e52.
- [34] Omidbakhsh N, Sattar SA. Broad-spectrum microbicidal activity, toxicologic assessment, and materials compatibility of a new generation of accelerated hydrogen peroxide-based environmental surface disinfectant. *Am J Infect Control* 2006;34:251e7.
- [35] Pratelli A. Canine coronavirus inactivation with physical and chemical agents. *Vet J (London, England : 1997)* 2008;177:71e9.
- [36] Kariwa H, Fujii N, Takashima I. Inactivation of SARS coronavirus by means of povidone-iodine, physical conditions and chemical reagents. *Dermatol (Basel, Switzerland)* 2006;212(Suppl 1):119e23.
- [37] Eggers M, Eickmann M, Zorn J. Rapid and Effective Virucidal Activity of Povidone-Iodine Products Against Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus (MERS-CoV) and Modified Vaccinia Virus Ankara (MVA). *Infect Dis Ther* 2015;4:491e501.
- [38] Eggers M, Koburger-Janssen T, Eickmann M, Zorn J. In Vitro Bactericidal and Virucidal Efficacy of Povidone-Iodine Gargle/Mouthwash Against Respiratory and Oral Tract Pathogens. *Infect Dis Ther* 2018;7:249e59.
- [39] Hulkower RL, Casanova LM, Rutala WA, Weber DJ, Sobsey MD. Inactivation of surrogate coronaviruses on hard surfaces by health care germicides. *Am J Infect Control* 2011;39:401e7.
- [40] Sattar SA, Springthorpe VS, Karim Y, Loro P. Chemical disinfection of non-porous inanimate surfaces experimentally contaminated with four human pathogenic viruses. *Epidemiol Infect* 1989;102:493e505.
- [41] Goyal SM, Chander Y, Yezli S, Otter JA. Evaluating the virucidal efficacy of hydrogen peroxide vapour. *J Hosp Infect* 2014;86:255e9.