

Valkostir fyrir sótthreinsun og endurnýtingu öndunargríma í tengslum við COVID-19 heimsfaraldurinn

8. júní 2020

Yfirlit

Vegna COVID-19 faraldursins er skortur á öndunargrímum og andlitsgrímum (e. filtering face pieces - FFP) á heimsvísu. Vegna skortsins ætti heilbrigðisstarfsfólk að vera í forgangi þegar aðgerðir með loftúða (e. aerosol-generating procedures - AGP) eru gerðar. Margar ólíkar aðferðir hafa verið prófaðar til að sótthreinsa öndunargrímur ef þær skildi skorta. Í samantekt niðurstaðna má sjá notadrygstu aðferðirnar.

Helstu þættir leiðbeininga vegna endurnýtingar eru:

- Öndunargrímur sem hafa sjáanlega verið smitaðar (t.d. í aðgerðum með barkþræðingu á borð við hreinsun öndunarvegs, þegar kanni er notaður eða þegar öndunarpípa er fjarlægð o.s.frv.) eða skemmdar eða passa ekki ætti að fjarlægja og ekki ætti að endurnýta þær eða setja þær í sótthreinsiferli.
- Verja má öndunargrímur með skurðlæknagrímu til að koma í veg fyrir mengun þeirra.
- Notkun nýrra útrunninna öndunargríma (þegar notkunardagsetning frá framleiðanda er útrunnin) er möguleg ef geymslukilyrði hafa verið rétt fram að notkun.

Nokkuð fýsileg nálgun endurnýtingar virðist vera að útvega hverjum heilbrigðisstarfsmanni sett með að lágmarki fimm öndunargrímum (möguleg SARS-CoV-2 smit hinna fjögurra öndunargríma sem ekki eru í notkun verða óvirk eftir fimm daga). Án tillits til hvaða sótthreinsiaðferðir eru notaðar er nauðsynlegt að kanna hvort grímurnar séu tilbúnar til notkunar. Ef grímurnar standast ekki mátunarpróf ætti að farga þeim.

Efni skjalsins

Þetta skjal gefur yfirlit yfir mögulegar sótthreinsiaðferðir fyrir öndunargrímur eða andlitsgrímur ef skortur skyldi verða og notkun á heilbrigðisstofnunum við umönnun mögulegra, líklegra eða staðfestra COVID-19 smitaðra sjúklinga.

Markhópur

Heilbrigðisyfirvöld og forstöðufólk í heilbrigðiskerfinu í ESB/EES löndum og í Bretlandi.

Bakgrunnur

Fjöldi staðfestra COVID-19 smita hefur aukist hratt í mörgum ESB/EES löndum og í Bretlandi. Afleiðingar þess hafa verið skortur á hlífðarbúnaði (personal protective equipment - PPE), sérstaklega öndunargrínum eða andlitsgrímum (filtering face pieces - FFP), flokki 2 og 3 (FFP2/FFP3).

Andlitsgrímur eru hannaðar til að vernda notandann fyrir mengunarþáttum sem berast í lofti (t.d. með því að anda að sér smituðum ögnum sem berast með smáum og stórum dropum) og eru flokkaðar sem hlífðarbúnaður [1]. Heilbrigðisstarfsfólk eru helstu notendur andlitsgríma í þeim tilgangi að verja sig, sérstaklega á meðan á loftúðaaðgerðum stendur. Andlitsgrímur með túðu eru ekki viðeigandi til notkunar sem aðferð við smitvarnir þar sem þær koma ekki í veg fyrir losun agna við útöndun frá smituðum einstaklingi út í andrúmsloftið [2].

Andlitsgrímur með síu standast kröfur sem eru skilgreindar með Evrópustöðlum EN 149:2001+ A1:2009. FFP2 samsvarar N95 eins og skilgreint er í bandarískum stöðlum NIOSH 42 CFR hluta 84.

Andlitsgrímur eru leyfðar einnota og nauðsynlegt er að farga þeim þegar þær blotna eða mengast af völdum líkamsvessa, þegar þær passa ekki lengur eða ef öndun í gegnum þær verður erfið (t.d. vegna aukinnar rakaþéttingar inni í andlitsgrímunnni. Farga þarf andlitsgrímu eftir notkun í loftúðaaðgerðum þar sem slíkar aðgerðir eru taldar mikið mengaðar.

Þrátt fyrir að andlitsgrímur séu aðeins leyfðar einnota er hægt að hámarka notkun þeirra með fjölda aðferða. Þar á meðal skömmtunar og/eða sóttþreinsiaðferðum og hægt er að endurnýta þær til að undirbúa inlfúensufaraldrar og vegna nýlegs skorts í tengslum við COVID-19 faraldurinn [3,4].

Þegar þörf á umönnun eykst inniheldur hámerkun andlitsgrímnotkunar eftirfarandi aðferðir:

- Passið upp á birgðastöðu andlitsgríma til notkunar í loftúðaaðgerðum;
- Notkun andlitsgríma sem ætlaðar eru heilbrigðisstarfsfólki (skurðlæknagrímur)¹ ef framboð af andlitsgrímum er takmarkað fyrir flest sjúklingasamskipti sem ekki hafa aðgerðir í för með sér sem geta leitt til myndunar loftúða;
- Berið kennsl á starfsfólk sem ætlað er í tiltekin störf sem mun nota sömu andlitsgrímur á vaktinni og vinnur sömu störf [5]. Í því tilfalli ætti ekki að fjarlægja andlitsgrímu allan tíma notkunarinnar.

Hingað til hafa framleiðendur ekki haft ástæðu eða frumkvæði til að þróa aðferðir til að sóttþreinsa andlitsgrímur. Hins vegar er mikil þörf á því nú um stundir að þróa endurnýtanlegar andlitsgrímur sem hægt er að sóttþreinsa [4].

Hreinsun og sóttþreinsun á einnota andlitsgrímum með síu

SARS-CoV-2, veiran sem veldur COVID-19, lifir af í umhverfinu, þar á meðal á yfirborði úr ýmsum efnum á borð við járn, pappa og á handþurrkum. Umhverfisstöðugleiki SARS-CoV-2 er allt að þremur klukkustundum í lofti eftir að veiran hefur komist út í andrúmsloftið, allt að fjórum klukkustundum á kopar, allt að 24 klukkustundum á pappa og allt að tveimur til þremur dögum á plasti og ryðfríu stáli, að vísu með verulega minna títri [6]. Þrátt fyrir þessar niðurstöður tilrauna sem gerðar voru í stýrðu umhverfi og ber að túlka með varúð gefa þær einnig óbeinar sannanir um áhættuna sem stafar af mengun ytra yfirborðs öndunar- og skurðlæknagríma sem notaðar eru við umönnun sjúklinga.

Fyrir COVID-19 faraldurinn var ekki mælt með sóttþreinsun andlitsgríma og aðallega var stefnt að aukinni notkun þeirra, annað hvort með endurnýtingu sama starfsmanns í takmarkaðan fjölda skipta eða með því að hámarka notkun tiltekins starfsfólks á þeim við tiltekin verk (t.d. með því að lengja tíma eins skiptis notkunar). Endurnýting andlitsgríma hefur verið talin ásættanleg í takmarkaðan tíma af sama heilbrigðisstarfsmanni t.d. þegar hann kemur inn á stofu berklasjúklings. Einnig ætti að nota þetta verklag í tengslum við COVID-19 faraldurinn ef skortur er á andlitsgrímum.

Möguleiki á smiti á ytra yfirborði andlitsgríma skapar smithættu fyrir sérfræðing á heilbrigðisviði þegar hann endurnýtir hana. Það er líklegt að hægt sé að minnka smithættu með því að setja læknagrímu yfir andlitsgrímuna eða með notkun andlitshlífar sem hægt er að hreinsa.

Sóttþreinsiaðferðin þarf að fjarlægja veiruagnir, vera skaðlaus notandanum og ætti ekki að skemma fjölbreytta virkni andlitsgríma ef nota á hana í heilbrigðisstofnunum [4].

¹ Skurðlæknagrímur eru flokkaðar sem lækningatæki samkvæmt Evrópustaðli EN 14683:2014. Þær eru einnota og mælt er gegn sóttþreinsun þeirra og endurnýtingu á heilbrigðisstofnunum.

Valkostir fyrir sótthreinsun og endurnýtingu á andlitsgrímum með síu

Þegar áhrifaríkar sótthreinsi- og endurnýtingaraðferðir andlitsgríma eru skoðaðar ætti að hafa eftirfarandi þætti í huga:

- Aðferðin ætti að gera smitberandi lífverur óvirkar;
- Ekki ætti að stofna virkni andlitsgríma í hættu hvað varðar:
 - Gæði síunnar
 - Mátunarhæfi.
- Aðferðin ætti ekki að skilja efnaleifar eftir sem geta verið notandanum skaðleg.

Notandinn ætti að nota almennar aðferðir við notkun sótthreinsaðrar andlitsgrímu:

- Skoða ætti andlitsgrímuna fyrir notkun og ef einhverjir hlutar hennar virðast laskaðir eða þeim hefur verið breytt ætti að farga henni;
- Ítarlegur handþvottur er nauðsynlegur fyrir og eftir að andlitsgríman er sett upp eða snert (t.d. eftir að hún er aðlöguð);
- Mælt er með notkun hanska við uppsetningu og aðlögun andlitsgríma og til að annast mátunarprufur. Aðeins ætti að snerta ytra byrði andlitsgrímunnar;
- Farga ætti andlitsgrímunni ef hún passar ekki notandanum.

Eftirfarandi aðferðir hafa verið rannsakaðar við sótthreinsun á andlitsgrímum.

Gufudauðhreinsun

Gufudauðhreinsun er aðferð sem er mikið notuð á sjúkrahúsum. Við rannsókn í Hollandi kom fram aflögun öndunargrímu eða að hún stóðst ekki mátunarpróf eftir gufudauðhreinsun við 134°C, en það fór eftir tegund öndunargrímu [7]. Rannsókn sem var birt árið 2012 af Lore o.fl. [8] sýndi virkni örbylgjugufu (e. microwave generated steam - MGS) við að gera veiruagnir influensuveiru óvirkar á tveimur gerðum N95 öndunargríma. Í rannsókn Heimbuch o.fl. frá 2010 [9] var sýnt fram á virkni örbylgjugufu við að minnka lífvænlega influensuveiru í > 4 skráðum skiptum á N95 öndunargrímum, þar sem aðeins ein af sex prufugerðum sýndi lítills háttar aðgreiningu svamps við nefpúða. Bergman o.fl. [10] birtu einnig sjáanlega aflögun á tilteknum N95 gerðum, sérstaklega aðgreiningu innri froðu við nefpúða. Eftir þrjá hringi var þó næg vörn gegn loftúða og í loftsíu. Þegar gufupokar til sótthreinsunar N95 öndunargríma sem nærast á bakteríum voru notaðir komust Fischer o.fl. að [11] 99,99% skilvirkni við að gera smitvaldinn óvirkan og vatnsupptaka var háð tegund öndunargrímunnar. Gufan hafði lítill áhrif á síuvirknina sem hélst yfir 95%. Í nýlegu forprenti eftir Liao o.fl. [12], var sýnt fram á að gufumeðferð á sambærilegu N95 bráðblásnu efni hafði ekki veruleg áhrif á virkni og þrýstingsfall í fyrstu þremur gufumeðferðar hringjunum. Í rannsókn sem birt var af Bergman o.fl. árið 2011 [13], greindu höfundar frá því hvernig þrjár beitingar örbylgjugufu (MGS) ollu ekki verulegum breytingum (þar sem $\geq 90\%$ eru lágmarkskröfur) á mátun öndunargríma hjá þremur gerðum N95 öndunargríma sem voru prófaðar.

Vetnisperoxíðgufa

Ein rannsókn sem unnin var á vegum bandarísku matvæla- og lyfjastofnunarinnar (FDA) sýndi fram á að vetnisperoxíðgufa (HPV) var áhrifarík við sótthreinsun N95 öndunargríma (sambærilegt við FFP2 öndunargrímur í Bandaríkjunum) allt frá einstaka lífverum að fjölda sótthreinsihringja. Öndunargríman viðhélt virkni sinni jafnvel eftir 10-20 hringi í vetnisperoxíðgufu (HPV) en sýndi skemmdir eftir það [14]. Þann 29. mars, 2020, samþykkti bandaríska matvæla- og lyfjastofnunin notkun vetnisperoxíðgufuaðferðarinnar (HPV) í neyðartilvikum til sótthreinsunar í atvinnuskyni fyrir N95 öndunargrímur sem ekki innihalda sellulósa [15]. Aðrar rannsóknir fundu ekki stórsæjar skemmdir eða aflaganir á N95 öndunargrímum við þrjá [10] til fimm [16] sótthreinsihringi. Öndunargrímurnar viðhéldu nægjanlegri dropaagnasíuvirkni og loftsíuvörnum eftir einn [17] til þrjá vetnisperoxíðgufuhringi [10]. Frumrannsókn í Hollandi gaf til kynna að vetnisperoxíðgufa sé beri árangur í tveimur sótthreinsunarhringjum án aflögunar með áframhaldandi síugetu eins og metið er með hröðu mátunarprófi², sem gefur til kynna að prófaðar FFP2 öndunargrímur (gerðir án sellulósa) megi endurnota allt að tvisvar. Mögulegir gallar við þessa aðferð er að skaðlegt magn af vetnisperoxíði getur setið á öndunargrímunni í nokkra daga eftir sótthreinsun. Aðrar áhyggjur eru að aflögun getur átt sér stað eftir endurtekna sótthreinsihringi [7].

Sótthreinsirannsóknir sem gerðar voru með vetnisperoxíðgufu (HPV) fyrir SARS-CoV-2 sýndu fram á að eftir meðferð (10 mínútna þurrkun, þriggja mínútna aðlögun (5 grömm á mínútu), 30 mínútna sótthreinsun (2,2 grömm á mínútu) og 20 mínútna loftun), fundust engar SARS-CoV-2 veiruagnir á N95 öndunargrímunni og mót og virkni grímunnar var viðhaldið í allt að 10 dauðhreinsihringi [18]. Á svipaðan hátt sýndu Fisher o.fl. [19], fram á að virkni

² Mátunarpróf: Hlutfall agna að utanverðu gagnvart ögnum inni í grímunni með TSI PortACountPro+ 8038. Ónotuð gríma (samanburðar): hlutfall=162; RIVM álitur mátunarpróf standast ef hlutfallið er >100 eftir sótthreinsiferlið.

SARS-CoV-2 er hratt hrundið með vetnisperoxíðgufu á N95 öndunargrímum á meðan ásættanlegri virkni er haldið eftir þrjá sóttthreinsihringi.

Önnur notkun vetnisperoxíðs

Cramer o.fl. [20] prufuðu jónað vetnisperoxíð (IHP) til að sótthreinsa N95 öndunargrímur. Þeir komust að því að jónað vetnisperoxíð (IHP) gerir ráð fyrir a.m.k. 9 skráðum drápum á bakteríugróum eftir einn sóttthreinsihring og að N95 grímur gætu viðhaldið gæðum síunnar og viðeigandi mátun eftir allt að fimm sóttthreinsihringi.

Fljótandi vetnisperoxíð (LHP) sóttthreinsun hefur verið prófuð af Bergman og samstarfsfólki hans með því að nota 30 mínútna köfun í 6% vetnisperoxíðlausn. Súuvirkni sex N95 öndunargríma var viðhaldið eftir þrjá sóttthreinsihringi. Sótthreinsun og mátunarhæfi var ekki prófuð [10].

Bergman o.fl. prufuðu einnig vetnisperoxíð rafgas (HPGP) aðferðina á sex gerðir N95 öndunargríma. Þeir komust að því að eftir þrjá sóttthreinsihringi minnkaði súuvirkni fjögurra af sex gerðum [10].

Gamma ágeislun

Þessi aðferð er algeng við dauðhreinsun lækningatækja og matvöru í miklum mæli. Nauðsynlegur búnaður er víðast hvar tiltækur á sjúkrahúsum. Rannsókn gaf til kynna að 20kGy (2MRad) skammtur er nægjanlegur til að gera kórónaveirur óvirkar [21]. Rannsóknir sem nú standa yfir á gamma ágeislun með 24 kGy skammti til að dauðhreinsa öndunargrímur báru kennsl á mögulega aflögun öndunargrímunnar þar sem gæði innra síulags og mátunar á andlit versnaði. Rannsókn í Hollandi sýndi enga aflögun á einni FFP2 grímu eftir gamma ágeislun með 25kGy en mátunarpróf eftir sóttthreinsunarferlið mistókst [7]. Rannsókn eftir Lin o.fl. [22] sem rannsakaði eiginleika síu eftir ágeislun komst að því að meðferð með 10-30 kGy hafði áhrif á síuhæfi í N95 gerðum þannig að dropaögnum fjölgaði þrátt fyrir að ásættanlegri öndunarhindrun væri viðhaldið.

Útfjólublá sýklaeyðandi ágeislun

Útfjólublá sýklaeyðandi ágeislun (UVGI) er lofandi aðferð sem notar sýklaeyðandi virkni útfjólublárrar (UV-C) ágeislunar. Tvö helstu aðferðafræðilegu varnaðarorðin eru skammtastærð geislunar og skuggaáhrif öndunargrímunnar sem gætu komið í veg fyrir að útfjólubláir (UV) geislar nái til örvera og takmarki þannig virkni sóttthreinsunarinnar.

Margir sjálfstæðir rannsakendur hafa sýnt fram á að engin veruleg áhrif á loftsíufælendi og loftsíuvarnir verða við fjölmarga hringi af útfjólublárra ágeislun (UV-C) [10,17]; Liao o.fl. [12] greindu frá því að N95 öndunargrímur sem voru meðhöndlaðar með útfjólublárra ágeislun (UV-C) (254 nm, 17 mW/cm²) gátu staðist 10 prófunarhringi og sýndu lítil merki aflögunar eftir 20 hringi. Í rannsókn sem birt var af Bergman o.fl. árið 2011 [13], greindu höfundar frá því hvernig þrjár beitingar útfjólublárrar ágeislunar (UVGI) olli ekki verulegum breytingum (þar sem yfir 90% eru lágmarkskröfur) á mátun öndunargríma hjá þremur gerðum N95 öndunargríma sem voru prófaðar.

Fisher og Shaffer [23] hafa sýnt fram á að beiting útfjólublárrar afgeislunar (á hringtúðu sem var tekin af N95 öndunargrímu) gefi niðurstöður í a.m.k. 3 skráðum fækkunum í lífvænlegum MS2 smitvöldum. Samkvæmt niðurstöðum þeirra nær útfjólubláa afgeislunin (UV-C) inn í og í gegnum efni öndunargrímunnar. Gleypni innri og ytri laga leyfa útfjólubláa afgeisluninni að ná til innra síuætis (IFM). Fyrir tilætlaðan árangur er geislunartíminn hins vegar mjög mismunandi milli N95 gerða (allt frá 2-66 mínútur).

Heimbuch o.fl. sýndu fram á verulega fækkun (>4 skráðra) lífvænlegrar H1N1 inflúensuveiru eftir meðferð með útfjólublárra sýklaeyðandi afgeislun (UVGI) (254 nm, 1,6-2,0 mS/cm², 15 mín). [9] á sex gerðum N95 öndunargríma, án greinilegra merkja um skemmdir eða aflögun eftir meðferð. Fækkun (≥ 3 skráðra) lífvænlegra inflúensuveira mátti einnig sjá í rannsókn sem Mills o.fl. birtu. [24], þar sem 15 mismunandi N95 gerðir voru greindar. Niðurstöðurnar voru þær að sóttthreinsun öndunargríma og endurnýting eftir útfjólubláa sýklaeyðandi ágeislun (UVGI) getur verið áhrifarík en beiting útfjólublárrar sýklaeyðandi ágeislunaraðferðar þarfnast hins vegar vandlegrar athugunar á tegund grímu, efnisgerð og hönnunar. Lore o.fl. [8] greindu frá veirueyðandi virkni eftir 15 mínútna útsetningu fyrir útfjólublárra sýklaeyðandi ágeislun (UVGI) af miklum styrkleika á tveimur gerðum N95 öndunargrímum þar sem inflúensa (A/H5N1) veiru var beitt sem loftdreifðum dropaögnum.

Örbylgjuafgeislun

Fáar rannsóknir hafa skoðað möguleikann á þurrum örbylgjum til sóttthreinsunar öndunargríma. Viscusi o.fl. [17] notuðu geislun úr örbylgjuofni á níu gerðir öndunargríma (N95 og P100). Geislun úr örbylgjuofni bræddi sýni úr tveimur gerðum öndunargríma. Virkni dropaagnasíu og loftflæðissíuvarnir breyttust ekki í sjö af níu gerðum sem prófaðar voru. Áhrif á sýklaeyðingu og mátunarhæfi voru ekki prófuð. Almenn er skortur á gögnum um áhrif örbylgjuofnageislunar í sóttthreinsitilgangi á öndunargrímur. Mikilvægt atriði til íhugunar er að nefteygja með járn getur orsakað blossa í ferlinu sem getur skemmt ofninn.

Etýlenoxíð

Dauðhreinsun með etýlenoxíði er lághitaaðferð sem notuð er til að dauðhreinsa viðkvæman búnað á borð við holsjár, sem ekki er hægt að sótthreinsa með höndunum eða í gufusæfi. Þessi aðferð hefur í för með sér hættu á að etýlenoxíðleifar verði í öndunargrímunni sem er skaðlegt notandanum. Viscusi o.fl. og Bergman o.fl. [10,17] greindu

frá því að þessi aðferð hefur hvorki áhrif á síuvörn gegn dropaögnum, loftsíuvarnir né lögun öndunargríma. Kumar o.fl. [18] greindu frá því að virkni og mót viðhélst eftir þrjá hringi og engin örlífverumengun með munnblöðrubólgu (VSV) fannst á öndunargrímunum eftir einnar klukkustundar útsetningu og 12 klukkustunda loftunartíma.

Raka-hita aðferð

Notkun raka-hita aðferðar (e. moist heat incubation - MHI) lofar góðu fyrir sótthreinsun og endurnýtingu öndunargríma. Heimbuch o.fl. [9] komust að því að notkun hita/raka hita í 30 mínútur (WMH 65°C/85% ± 5% RH) gaf meðaltal upp á > 4 skráðar lækkanir lífvænlegra H1N1 inflúensuveiru sem dreift var um mismunandi gerðir N95 smáagna. Eftir 30 mínútna hring voru engin merki um hnignun eða aflögun skráð. Svipaðar niðurstöður hafa verið birtar af Lore o.fl. [8] sem greindu frá því að MHI er að fullu árangursríkt til að stöðva virkni inflúensu A/H5N1 agna á N95 öndunargrímunum eftir 20 mínútna meðferð. Viðhald eiginleika öndunargrímunnar hefur verið prófuð af Bergman o.fl. [10] sem komust að því að loftsíufælði og loftsíuvarnir N95 öndunargríma varðveittust eftir þrjá sótthreinsihringi. Í einni gerð öndunargríma hafði innri svampur á nefpúða losnað að hluta. Bergman o.fl. [13], greindu frá því hvernig þrjár beitingar raka-hita ollu ekki verulegum breytingum (þar sem ≥ 90% eru lágmarkskröfur) á mátun öndunargríma hjá þremur gerðum N95 öndunargríma sem voru prófaðar.

Purrk-hitameðferð

Liao o.fl. [12] greindu frá því að engin veruleg hrörnun á eiginleikum síu eða bráðblásnu efni (efninu sem öndunargrímur eru gerðar úr) með upphafsvirkni ≥95%, allt að 20 hringi þegar kyrralofstofn var notaður við 75°C í 30 mínútna hringjum. Við allt að 100°C voru litlar sem engar breytingar í síuvirkni og þrýstingstapi. Í þessari birtingu lögðu höfundar áherslu á að gufa geti minnkað virkni og að halda ætti rakastigi lágu þegar hitastig nálgast 100°C. Fisher o.fl. fengu svipaðar niðurstöður. [19] með notkun þurralofts við 70°C í allt að 60 mínútur á efni úr N95 öndunargrímunum. Þeir komust að því að síuvirkni minnkaði ekki eftir einn sótthreinsihring. Hins vegar lækkaði síuvirkni eftir frekari sótthreinsihringi. Purrhitasótthreinsun kom einnig hraðar í veg fyrir virkni SARS-CoV-2 á N95 efni heldur en á stáli. Höfundar lögðu áherslu á að nota ætti þurrhita í nægan tíma til að tryggja lækun á veirupéttum. Viscusi o.fl. [17] greindu frá því að hitastig hafi að vissu leyti áhrif á loftsíufælði og að bráðnun íhluta sé háð gerð. Þeir greindu frá bráðnun í sumum gerðum þegar hitastigi yfir 100°C var beitt.

Gufusæfismeðferð

Gufusæfi er algeng aðferð á heilbrigðisviði. Eftir sótthreinsun með gufusæfi við 121°C í 15 mínútur var engin SARS-CoV-2 veira eftir í mismunandi gerðum N95 öndunargríma [18]. Gerð og virkni var viðhaldið eftir einn hring í sex gerðum N95 öndunargríma en eftir fyrsta hring viðhéldu aðeins fjórar af sex gerðum virkni sinni (allt að 10 hringjum) [18]. Lin o.fl. [22] greindu frá því að ein af fimm N95 gerðunum sem prófaðar voru reyndist með aukið loftflæði sem var yfir 5% tilskildu marki en allar gerðir fullnægðu kröfum um öndunarhindrun.

Alkóhóllausn

Etanól er þekkt sem mjög áhrifaríkt efni til að eyða virkni SARS-CoV-2 og það hefur einnig verið notað af Fischer o.fl. [19] á N95 öndunargrímunum. Þrátt fyrir að síuvirkni hafi ekki minnkað eftir eina sótthreinsun með etanóli höfðu frekari sótthreinsihringir hins vegar snörp neikvæð áhrif á síuvirkni [19]. Þetta er einnig staðfest af Liao o.fl. [12], sem greindu frá alvarlegri hrörnun í síuvirkni á meðan þrýstingsfall hélst sambærilegt eftir notkun etanóls með köfun bráðblásinna efna og loftþurrkun.

Klórbasalausnir

Þekkt er að klórbasalausnir (klór) séu áhrifaríkar til að eyða virkni SARS-CoV-2 [25]. Samt sem áður er sterklega mælt gegn notkun þeirra við sótthreinsun öndunargríma vegna áhrifa þeirra á fjölda íhluta (t.d. nefbönd úr málm, hefti, nefpúða o.s.frv.) [10,17]. Liao o.fl. [12] greindu frá alvarlegri hrörnun síuvirkni á meðan aðrir höfundar [10,17] greindu frá því að loftsíufælði og loftsíuvarnir urðu ekki fyrir áhrifum af meðferð með klór í allt að þrjá hringi. Viscusi o.fl. greindu frá því að eftir 16 klukkustunda loftþurrkun voru öndunargrímunar þurrar við sneringu en lyktuðu af klór [17].

Aðrar aðferðir við endurnýtingu andlitsgríma með síu

Sóttvarnarstofnun Bandaríkjanna (CDC) leggur til einfalda aðferð til endurnýtingar andlitsgríma án þess að þörf sé á sérstakri sótthreinsiaðferð. Hún samanstendur af því að hver heilbrigðisstarfsmaður fái sett af að lágmarki fimm andlitsgrímum. Hver andlitsgríma skal notuð á einni vakt og síðan geymd í bréfpoka með öndun í a.m.k. fimm daga áður en hún er notuð aftur. Þessi aðferð miðar að því að minnka eða koma í veg fyrir að SARS-CoV-2 mengi mögulega andlitsgrímurnar og er byggð á gögnum sem snúa að lífvænleika veirunnar í umhverfinu [26]. Sóttvarnarstofnun Bandaríkjanna leggur áherslu á að andlitsgrímur ættu að vera álitnar sýktar og þar af leiðandi ætti að sýna fyllstu aðgát þegar þær eru endurnýttar og að sótthreinsiaðgerðir ætti aðeins að nota ef fimm andlitsgrímur

fyrir hvern heilbrigðisstarfsmann eru ekki tiltækar [26]. Þegar þessi aðferð er notuð ætti að hafa endingartíma andlitsgríma í huga ásamt aðferðum til að meta mögulega hrörnun eiginleika andlitsgrímanna (t.d. viðhald sía og mátunareiginleika).

Aðferðir til forvarna þegar sýktar andlitsgrímur eru endurnýttar

Sem forvarnaraðgerð ætti sótthreinsuð andlitsgríma að vera meðhöndluð sem mögulega sýkt og mælt er með eftirfarandi aðgerðum:

- Skoða ætti eiginleika andlitsgrímunnar og henni skal fargað ef stórsæ hrörnun er sjáanleg;
- Nota skal hanska þegar sótthreinsuð andlitsgríma er snert;
- Fylgja skal stífum handhreinisáðferðum með notkun handþvottaefnis með alkóhólgrunni þegar andlitsgríman er snert (þegar hún er sett upp, fjarlægð, aðlöguð o.s.frv.);
- Ekki ætti að snerta innra byrði andlitsgrímunnar;
- Snerta ætti ytra byrði andlitsgrímunnar eins lítið og kostur er (t.d. aðeins fyrir aðlögun);
- Mátunarpróf ætti alltaf að framkvæma við endurnýtingu andlitsgrímunnar. Ef grímurnar standast ekki þá skoðun ætti að farga þeim.

Notkun útrunninna einnota andlitsgríma

Birgðir í sumum löndum innihalda FFP2 eða FFP3 sem eru útrunnar samkvæmt endingartíma frá framleiðanda. Framleiðendur gefa til kynna endingartíma til að tryggja gæði vörunnar. Snemmfengnar niðurstöður úr yfirstandandi rannsókn Sóttvarnarstofnunar Bandaríkjanna og Þjóðarstofnunar fyrir starfsöryggi og heilsu (NIOSH) hafa sýnt að fjölmargar gerðir N95 andlitsgríma sem framleiddar voru á milli 2003 og 2013, sem margar voru útrunnar, héldu virkni sinni samkvæmt stöðlum NIOSH [27].

Þegar þessar niðurstöður eru hafðar í huga og í samhengi aukinnar þarfar fyrir andlitsgrímur fyrir heilbrigðisstarfsfólk má nota útrunnar einnota FFP2 og FFP3 andlitsgrímur til að verja heilbrigðisstarfsfólk ef þær eru fánlegar ef þær standast eftirfarandi skilyrði:

- Að andlitsgrímurnar hafi verið geymdar á öruggan hátt í rými sem ekki var útsett fyrir sólargeislum, of miklum raka eða meindýrum (t.d. skordýrum, nagdýrum);
- Að sýni úr birgðakössum sýni að þær séu í góðu ásigkomulagi, passi vel (eftir mátunarpróf) og án nokkurrar hrörnunar t.d. hvað varðar teygjubönd eða við nefbrú.

Tafla 1. Samantekt á aðferðum við sótthreinsun og endurnýtingu andlitsgríma: líkleg áhrif og takmarkanir.

Geislameðferð	Sóttthreinsun/ Dauðhreinsun†	Síugeta	Mátun/ Form	Helstu athugunarefni við aðferðina	Nothæfni í heilbrigðiskerfitt	Heimildir	
Geislameðferð	Gamma ágeislun	+	+/-	-	Afliögun öndunargrímunnar eða að mátunarpróf er ekki staðist og aukið loftúðaflæði eru álitnir helstu ókostirnir	✘	[7,21,22]
	Útfjólublá sýklaeyðandi ágeislun (e. Ultraviolet germicidal irradiation - UVGI)	+	+	+	Engin aflögun eða að mátunarpróf er ekki staðist eftir fjölmarga hringi með þessari aðferð. Sóttthreinsivirkni sýnd í nýlegum tilraunum. Tvö helstu varnaðarorðin eru skammtastærð geislunar og skuggaáhrif öndunargrímunnar sem gætu haft áhrif á sótthreinsunina.	✓/✘	[8-10,12,13,17,23,24]
Gas	Etýlenoxíð	+	+	+	Stöðug hættu á að etýlenoxíðleifar verði í öndunargrímuni sem er skaðlegt notandanum	✓/✘	[10,17,18]
Gufa	Gufudauðhreinsun	+	+	+/-	Öndunargrímur aflagast eða standast ekki mátunarpróf	✘	[7-13]
	Gufusæfi	+	+/-	+	Eftir einn sótthreinsihring viðhalda sumar öndunargrímur ekki virkni sinni. Í einni rannsókn urðu niðurstöður þessarar aðferðar þær að aukið flæði loftúðaagna varð í tiltekinni tegund öndunargríma	✘	[18,22]
Hiti	Raka-hita aðferð (MHI)	+	+	+/-	Afliögun (innri nefpúði losnaði að hluta til frá öndunargrímuni) getur átt sér stað við notkun þessarar aðferðar	✓/✘	[8-10,13]

	Sótthreinsun/ Dauðhreinsun†	Síugeta	Mátun/ Form	Helstu athugunarefni við aðferðina	Nothæfni í heilbrigðiskerfi††	Heimildir	
	Þurrk-hitameðferð (e. Dry heat treatment - DHT)	+	+	+/-	Aflögun getur átt sér stað við notkun þessarar aðferðar við háan hita, síuvirkni minnkaði eftir fleiri sótthreinsihringi	✓/✗	[12,17,19]
	Örbylgjuofn	Óljóst	+/-	Óljóst	Öndunargrímur geta bráðnað	✗	[17]
Efnavörur	Vetnisperoxíðgufa (e. Hydrogen peroxide vapour - HPV)	+	+	+	Skaðlegt magn vetnisperoxíðs getur haldist á öndunargrímum og möguleg aflögun sem getur átt sér stað eftir endurtekna hringi eru taldir helstu ókostir við þessa aðferð	✓/✗	[7,10,14-19]
	Alkóhóllaun	+	+/-	Óljóst	Neikvæð áhrif á síuvirkni var ljós eftir kófun á bráðblásnum efnum og loftþurrkun eftir frekari sótthreinsihringi	✗	[12,19]
	Klórlausn	+	+/-	-	Áhrif á fjölmarga íhluti (t.d. nefbönd úr málm, hefti, nefpúða o.s.frv.) og viðloðandi klórlykt. Umdeildar niðurstöður um áhrif á síur	✗	[10,12,17,25]
Fimm öndunargrímur fyrir hvern heilbrigðisstarfsmann fyrir stöðuga endurnýtingu	Óljóst	Óljóst	Óljóst	Sóttvarnarstofnun Bandaríkjanna (CDC) hefur stungið upp á þessari aðferð sem byggir á því að gera SARS-CoV-2 veirur óvirkar með þeim tíma sem tekur fyrir veiruna að verða óvirk, mögulega með smiti á andlitsgrímum.	✓	[26]	

Til að sótthreinsa/dauðhreinsa: +, árangursrík; Óljóst, hefur ekki verið metið. Vegna síugetu og mátunar/forms: +, viðhaldið; -, ekki viðhaldið; +/-, takmarkað viðhald eða ekki traust gögn frá mismunandi rannsóknum; Óljóst, hefur ekki verið metið. Nothæfni í heilbrigðiskerfi: ✓nothæft; ✗, ónothæft; ✓/✗, nothæft með takmörkunum.

† Sótthreinsun/dauðhreinsunarkerfi hefur verið rannsökuð með notkun ýmissa örvera; vinsamlegast vísið til tiltekinn hluta hér að ofan og í heimildir vegna ítarlegrar upplýsinga.

†† Nothæfi í heilbrigðiskerfi tekur tillit til aðgengis að aðferðinni í heilbrigðiskerfinu og heildaráhrifa aðferðarinnar á sótthreinsun/dauðhreinsun, síu og mátunar/forms.

Niðurstöður

Aðferðirnar sem kynntar eru hér að ofan vegna sótthreinsunar og endurnýtingar andlitsgríma eru aðeins hugsaðar sem sértækar síðustu aðferðir ef skortur á andlitsgrímum kemur upp. Þeim skal beitt eftir vandlegt mat á aðstæðum og eftir könnun á möguleikum á nýtingu, rökréttri notkun andlitsgríma, t.d. með betri endingu á andlitsgrímum. Hafa skal notkunarleiðbeiningar andlitsgríma frá framleiðendum í huga. Heilbrigðisyfirvöld í hverju landi, ásamt hópum sem rannsaka slíkar aðferðir eru hvattar til að deila niðurstöðum sínum um leið og þær liggja fyrir.

Á meðal fjölda sótthreinsiaðferða fyrir andlitsgrímur sýna margir kostir frambærilegar niðurstöður varðandi virkni þegar haft er í huga að þær hafa ekki verulegar skaðlegar afleiðingar á síu og andardrátt í för með sér, í það minnsta ekki nokkra sótthreinsihringi. Slíkir kostir eru á borð við útfjólubláa sýklaeyðandi afgeislun (UVGI), etýlenoxíð, vetnisperoxíðgufu og að nokkru leyti þurra og raka hitun. Þegar frambærilegir möguleikar eru skoðaðir hvað varðar virkni án verulegs skaða og nothæfis í heilbrigðiskerfinu getur verið að afhending fimm andlitsgríma setts til hvers heilbrigðisstarfsmanns til stöðugar endurnýtingar sé sá kostur sem virkar hvað best. Aðeins ætti að íhuga sótthreinsun með vetnisperoxíðgufu eða etýlenoxíði ef öruggur uppgufunartími og aðferðalýsing liggur fyrir.

Hver aðferð fyrir sig í þessari skýrslu eru með varnaðarorð sem þarf að taka með í reikninginn áður en ákveðið er hver þeirra passar best við hverjar aðstæður fyrir sig. Áhrif hvernar aðferðar fyrir sig er einnig háð sértækum aðstæðum sem beitt er og gerð andlitsgrímu.

Mælt er með hreinsun endurnýtanlegs búnaðar fyrir dauðhreinsun en ekki liggja fyrir gögn varðandi áhrif og hreinsiaðferðir sem skemma ekki einnota búnað á borð við andlitsgrímur. Gæðakannanir á þeim dauðhreinsiaðferðum sem beitt er (þar á meðal uppsetning gæðastaðla) eru nauðsynlegar til að tryggja öryggi þess búnaðar sem endurnýta á.

Sérfræðingar ECDC sem lögðu fram efni

Í stafrófsröð: Agoritsa Baka, Orlando Cenciarelli, Scott Chiossi, Bruno Ciancio, Diamantis Plachouras, Carl Suetens, Klaus Weist

Heimildir

1. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Use of respirators and surgical masks for protection against healthcare hazards 2020 [updated 19 November 201823 April 2020]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/healthcarehsps/respiratory.html>.
2. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Safe use of personal protective equipment in the treatment of infectious diseases of high consequence 2014 [cited 23 April 2020]. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/media/en/publications/Publications/safe-use-of-ppe.pdf>.
3. World Health Organization (WHO). Rational use of personal protective equipment for coronavirus disease (COVID-19) and considerations during severe shortages: interim guidance, 6 April 2020. 2020 [14 April 2020]. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331215/WHO-2019-nCov-IPCPE_use-2020.1-eng.pdf.
4. Bailar JC, Burke DS, Brosseau LM, Cohen HJ, Gallagher EJ, Gensheimer KF. Reusability of facemasks during an influenza pandemic. Institute of Medicine, National Academies Press, Washington [DC]. 2006.
5. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Guidance for health system contingency planning during widespread transmission of SARS-CoV-2 with high impact on healthcare services 2020 [23 April 2020]. Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/guidance-health-system-contingency-planning-during-widespread-transmission-sars>.
6. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *New England Journal of Medicine*. 2020.
7. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Hergebruik mondmaskers en isolatiekleding 2020 [updated 30 March 202014 April 2020]. Available from: <https://www.rivm.nl/documenten/hergebruik-ffp2-mondmaskers>.
8. Lore MB, Heimbuch BK, Brown TL, Wander JD, Hinrichs SH. Effectiveness of three decontamination treatments against influenza virus applied to filtering facepiece respirators. *Annals of occupational hygiene*. 2012;56(1):92-101.
9. Heimbuch BK, Wallace WH, Kinney K, Lumley AE, Wu C-Y, Woo M-H, et al. A pandemic influenza preparedness study: use of energetic methods to decontaminate filtering facepiece respirators contaminated with H1N1 aerosols and droplets. *American journal of infection control*. 2011;39(1):e1-e9.
10. Bergman MS, Viscusi DJ, Heimbuch BK, Wander JD, Sambol AR, Shaffer RE. Evaluation of multiple (3-cycle) decontamination processing for filtering facepiece respirators. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2010;5(4):155892501000500405.
11. Fisher EM, Williams JL, Shaffer RE. Evaluation of microwave steam bags for the decontamination of filtering facepiece respirators. *PLoS One*. 2011;6(4).
12. Liao L, Xiao W, Zhao M, Yu X, Wang H, Wang Q, et al. Can N95 respirators be reused after disinfection? And for how many times? *medRxiv*. 2020.
13. Bergman MS, Viscusi DJ, Palmiero AJ, Powell JB, Shaffer RE. Impact of three cycles of decontamination treatments on filtering facepiece respirator fit. *Journal of the International Society of Respiratory Protection*. 2011;28(1):48.
14. Battelle. Final Report for the Bioquell Hydrogen Peroxide Vapor (HPV) Decontamination for Reuse of N95 Respirators 2016 [24 April 2020]. Available from: <https://www.fda.gov/media/136386/download>.
15. U.S. Food and Drug Administration (FDA). Emergency Use Authorisations. Personal Protective Equipment. 2020 [updated 15 April 202015 April 2020]. Available from: <https://www.fda.gov/medical-devices/emergency-situations-medical-devices/emergency-use-authorizations#covid19ppe>.
16. Kenney P, Chan BK, Kortright K, Cintron M, Havill N, Russi M, et al. Hydrogen Peroxide Vapor sterilization of N95 respirators for reuse. *medRxiv*. 2020.
17. Viscusi DJ, Bergman MS, Eimer BC, Shaffer RE. Evaluation of five decontamination methods for filtering facepiece respirators. *Annals of occupational hygiene*. 2009;53(8):815-27.
18. Kumar A, Kasloff SB, Leung A, Cutts T, Strong JE, Hills K, et al. N95 Mask Decontamination using Standard Hospital Sterilization Technologies. *medRxiv*. 2020.
19. Fischer R, Morris DH, van Doremalen N, Sarchette S, Matson J, Bushmaker T, et al. Assessment of N95 respirator decontamination and re-use for SARS-CoV-2. *medRxiv*. 2020.

20. Cramer A, Plana D, Yang HL, Carmack M, Tian E, Sinha MS, et al. Analysis of SteraMist ionized hydrogen peroxide technology as a method for sterilizing N95 respirators and other personal protective equipment. medRxiv. 2020.
21. Feldmann F, Shupert WL, Haddock E, Twardoski B, Feldmann H. Gamma Irradiation as an Effective Method for Inactivation of Emerging Viral Pathogens. Am J Trop Med Hyg. 2019 May;100(5):1275-7.
22. Lin T-H, Tseng C-C, Huang Y-L, Lin H-C, Lai C-Y, Lee S-A. Effectiveness of N95 Facepiece Respirators in Filtering Aerosol Following Storage and Sterilization. Aerosol and Air Quality Research. 2020;20:833-43.
23. Fisher EM, Shaffer RE. A method to determine the available UV-C dose for the decontamination of filtering facepiece respirators. Journal of applied microbiology. 2011;110(1):287-95.
24. Mills D, Harnish DA, Lawrence C, Sandoval-Powers M, Heimbuch BK. Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. American journal of infection control. 2018;46(7):e49-e55.
25. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Disinfection of environments in healthcare and nonhealthcare settings potentially contaminated with SARS-CoV-2 [02 May 2020]. Available from: https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Environmental-persistence-of-SARS_CoV_2-virus-Options-for-cleaning2020-03-26_0.pdf.
26. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Decontamination and Reuse of Filtering Facepiece Respirators 2020 [updated 9 April 2020]. Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/ppe-strategy/decontamination-reuse-respirators.html>.
27. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Release of Stockpiled N95 Filtering Facepiece Respirators Beyond the Manufacturer-Designated Shelf Life: Considerations for the COVID-19 Response 2020 [updated 6 March 2020]. Available from: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/release-stockpiled-N95.html>.