

Għażliet għad-dekontaminazzjoni u l-użu mill-ġdid ta' respiraturi fil-kuntest tal-pandemija tal-COVID-19

8 ta' Ġunju 2020

Sommarju

Fil-kuntest tal-pandemija tal-COVID-19, hemm nuqqas mad-dinja kollha ta' respiraturi jew partijiet ta' mal-wiċċ filtranti (FFP). Minhabba n-nuqqas ta' dan l-apparat, huma għandhom jingħataw prijorità għall-użu fl-ambjenti tal-kura tas-saħħa meta jitwettqu proċeduri li jġġeneraw l-aerosol (AGPs). Diversi proċeduri differenti ġew ittestjati għad-dekontaminazzjoni tar-respiraturi f'każ ta' nuqqas. Il-metodi l-aktar utli huma enfasizzati fit-tabella li tagħti harsa ġenerali lejn il-konklużjonijiet.

Il-prinċipji ta' gwida għall-użu mill-ġdid huma:

- Ir-respiraturi li ġew viżibbilment ikkontaminati (eż. matul proċedura fuq pazjenti intubati, bħat-tindif bil-ġbid tal-arja tal-pajpijiet tan-nifs, it-teħid ta' sondi, attentati ta' estubazzjoni, eċċ) jew li għandhom il-ħsara jew li ma joqogħdux sew, għandhom jitwarrbu u ma għandhomx jintużaw għall-proċeduri ta' użu mill-ġdid jew ta' dekontaminazzjoni.
- Ir-respiraturi jistgħu jiġu protetti permezz ta' maskra medika tal-wiċċ sabiex ma jithammgux.
- L-użu ta' "respiraturi skaduti" (data ta' skadenza tal-manifatturi) huwa possibbli, jekk kienu nħażnu kif suppost sakemm jintużaw.

Approċċ pjuttost fattibbli għall-użu mill-ġdid ta' respiraturi jidher li qed jipprovdi lil kull haddiem fil-qasam tal-kura tas-saħħa b'sett ta' mill-inqas hames respiraturi (kontaminazzjoni potenzjali bis-SARS-CoV-2 tal-erba' respiraturi li ma jintużawx tiġi inattivata wara hamest ijiem). Irrispettivament minn liema metodu ta' dekontaminazzjoni jiġi applikat, hija meħtieġa spezzjoni ta' kif it-tagħmir joqgħod fuq wiċċ min jilbsu (fit check) qabel ma jerġa' jintuża. Jekk ir-respiratur ma jgħaddix mill-ispezzjoni ta' kif joqgħod fuq wiċċ min jilbsu, dan għandu jintrema.

Kamp ta' applikazzjoni ta' dan id-dokument

Dan id-dokument jipprovdi harsa ġenerali lejn l-evidenza dwar il-metodi disponibbli għad-dekontaminazzjoni ta' respiraturi jew għall-partijiet ta' mal-wiċċ filtranti (FFP), f'każ ta' nuqqas, li jintużaw f'ambjenti tal-kura tal-saħħa li jipprovdu kura lil pazjenti li possibbilment, probabbilment jew b'mod ikkonfermat għandhom il-COVID-19.

Udjenza fil-mira

L-awtoritajiet tas-saħħa pubblika u l-amministraturi tal-isptarijiet fil-pajjiżi tal-UE/taż-ŻEE u fir-Renju Unit.

Sfond

L-għadd ta' kazijiet irrapportati ta' COVID-19 żdied b'mod rapidu f'diversi pajjiżi tal-UE/taż-ŻEE u fir-Renju Unit. B'konsegwenza ta' dan, kien hemm nuqqas ta' tagħmir protettiv personali (PPE), b'mod partikolari respiraturi jew partijiet ta' mal-wiċċ filtranti (FFP) tal-kategoriji 2 u 3 (FFP2/FFP3).

FFP hija mfasla biex tiproteġi lil min jilbisha mill-esponiment għall-kontaminanti fl-arja (eż. minn agenti infettivi li jittiehdu man-nifs assoċjati mal-inalazzjoni ta' taqiriet żgħar u kbar ta' partikoli) u hija kklassifikata bħala tagħmir protettiv personali (PPE) [1]. FFPs jintużaw primarjament minn haddiema fil-qasam tal-kura tas-saħħa biex jiproteġu lilhom infushom, speċjalment waqt proċeduri li jiġġeneraw l-aerosol. FFPs bil-valv mhumiex adegwati għall-użu bħala mezz ta' kontroll tas-sors peress li ma jipprevjenux ir-rilaxx ta' partikoli respiratorji li jkun għew esalati fl-ambjent minn min jilbisha [2].

Partijiet ta' mal-wiċċ filtranti jikkonformaw mar-rekwiżiti definiti fl-Istandard Ewropew EN 149:2001+A1:2009. FFP2 tikkorrispondi għal N95, kif definit mill-istandard tal-Istati Uniti NIOSH 42 CFR Parti 84.

L-FFPs huma liċenzjati għal użu waħdieni u għandhom jintremew meta jixxarrbu jew jithammgu bil-fluwidi tal-ġisem tal-pazjent, meta ma jibqgħux il-qies it-tajjeb, jew meta t-teħid tan-nifs mill-FFPs isir diffiċli (minħabba, pereżempju, iż-żieda fil-koncentrazzjoni tal-umdiġa għew l-FFP). Jeħtieġ ukoll li FFP tintrema wara li tkun intużat matul proċedura li tiġġenera l-aerosol (AGP), peress li tkun ikkunsidrata bħala kontaminata ħafna.

Għalkemm l-FFPs huma liċenzjati għal użu ta' darba, għadd ta' approċċi għew proposti biex jottimizzaw l-użu tagħhom, inkluż il-metodi biex jingħataw u/jew biex jiġu dekontaminati u biex jintużaw mill-ġdid fil-kuntest tal-ippjanar ta' tħejjija għall-pandemija tal-influenza, u minħabba n-nuqqasijiet severi riċenti fil-qafas tal-pandemija tal-COVID-19 [3,4].

Matul perjodi ta' hteġa akbar ta' kura, approċċi għall-ottimizzazzjoni tal-użu ta' FFPs jinkludu:

- Ir-riżerva ta' FFPs għall-użu fi proċeduri li jiġġeneraw l-aerosol (AGPs);
- L-użu ta' maskri mediċi tal-wiċċ (maskri kirurġiċi)¹ jekk il-provvista ta' FFPs tkun limitata għall-biċċa l-kbira tal-kuntatti tal-pazjent li ma jinvolvox proċeduri li jistgħu jwasslu għall-produzzjoni ta' aerosols;
- Il-ħatra ta' persunal assenjat għal attivitajiet partikolari, li se juża l-istess FFP matul ix-xift hu u jwettaq l-istess attività [5]. F'dan il-każ, l-FFP ma għandhiex titneħħa matul il-ħin kollu ta' użu.

S'issa, il-manifatturi ma kellhom l-ebda raġuni jew inċentiv biex jiżviluppaw metodi għad-dekontaminazzjoni tal-FFPs, madankollu, attwalment hemm hteġa urgenti li jiġu żviluppati FFPs li jistgħu jintużaw mill-ġdid u li jistgħu jiġu dekontaminati [4].

It-tindif u d-dekontaminazzjoni ta' partijiet ta' mal-wiċċ filtranti li jintużaw darba biss

SARS-CoV-2, il-virus li jikkawża l-COVID-19, jibqa' ħaj fl-ambjent, inkluż fuq uċuħ ta' diversi materjali bħal ħadid, kartun u tessut. L-istabbiltà ambjentali ta' SARS-COV-2 iddum sa tliet sigħat fl-arja wara l-aerosolizzazzjoni, sa erba' sigħat fuq ir-ram, sa 24 siegħa fuq il-kartun u sa bejn jumejn u tlieta fuq il-plastik u l-azzar inossidabbli, għalkemm b'titri mnaqqsa b'mod sinifikanti [6]. Għalkemm dawn is-sejbiet irriżultaw minn esperimenti f'ambjent ikkontrollat u għandhom jiġu interpretati b'kawtela, huma jipprovdu wkoll xi evidenza indiretta tar-riskju kkawżat mill-kontaminazzjoni tal-uċuħ ta' barra tar-respiraturi u tal-maskri kirurġiċi li jintużaw fil-kura tal-pazjenti.

Qabel il-pandemija tal-COVID-19 attwali, id-dekontaminazzjoni tal-FFPs kienet skoraġġuta u l-approċċ kien l-aktar immirat lejn l-estensjoni tal-użu tagħhom, jew permezz tal-użu mill-ġdid għal għadd limitat ta' drabi mill-istess professjonist fil-qasam tal-kura tas-saħħa jew billi l-użu tagħhom jiġi massimizzat (eż. billi jiġi estiz it-tul ta' kemm jintlibsu f'darba) minn persunal magħżul għal attività partikolari. L-użu mill-ġdid ta' FFP gie kkunsidrat aċċettabbli għal ħin limitat u mill-istess haddiem fil-qasam tal-kura tas-saħħa, eż. meta jidhol fil-kamra tal-pazjent għall-kura ta' pazjenti bit-tuberkulożi. Dan l-approċċ jista' jiġi estiz fil-kuntest tal-pandemija tal-COVID-19 jekk ikun hemm nuqqas ta' FFPs.

Il-kontaminazzjoni potenzjali tal-uċuħ ta' barra tal-FFPs hija ta' riskju għall-infezzjoni tal-professjonist fil-qasam tal-kura tas-saħħa meta jużaha mill-ġdid; huwa plawsibbli li r-riskju ta' kontaminazzjoni jista' jitnaqqas billi titpoġġa maskra mediċa tal-wiċċ fuq l-FFP, jew billi tintlibes tarka tal-wiċċ li tista' titnaddaf.

¹ Il-maskri kirurġiċi huma kklassifikati bħala apparat mediku skont l-Istandard Ewropew EN 14683:2014. Huma jintużaw darba u d-dekontaminazzjoni u l-użu mill-ġdid tagħhom fl-ambjenti tal-kura tas-saħħa huwa skoraġġut.

Sabiex ikun applikabbli fl-ambjenti tal-kura tas-saħħa il-metodu ta' dekontaminazzjoni għandu jneħhi b'mod effettiv il-partikoli virali, ma għandux ikun ta' ħsara għall-utent, u ma għandux jikkawża ħsara lill-funzjonalità tad-diversi elementi tal-FFP [4].

Għażliet għad-dekontaminazzjoni tal-partijiet ta' mal-wiċċ filtranti u għall-użu mill-ġdid

Meta jiġi kkunsidrat metodu effettiv għad-dekontaminazzjoni tal-FFP u tal-użu mill-ġdid, għandhom jitqiesu l-punti li ġejjin:

- Il-metodu għandu jinattiva l-organizmi kontaminanti;
- Il-funzjoni tal-FFP ma għandhiex tiġi kompromessa f'termini ta':
 - Effiċjenza tal-filtrazzjoni
 - Il-prestazzjoni ta' kif l-FFP toqgħod fuq il-wiċċ ta' min jilbisha.
- Il-metodu ma għandu jhalli l-ebda residwu kimiku li jista' jkun ta' ħsara għal min jilbes l-FFP.

Meta tintuża FFP dekontaminata min jilbisha għandu jwettaq miżuri ġenerali:

- L-FFP għandha tiġi viżwalment spezzjonata qabel ma tintlibes u tintrema jekk kwalunkwe komponent ikun jidher iddeterjorat jew immodifikat strutturalment;
- Tiġi prattikata iġjene tal-idejn stretta qabel u wara li tintlibes FFP jew meta tintmess (eż. wara li tiġi aġġustata);
- L-użu ta' ingwanti huwa rakkomandat biex tintlibes u tiġi aġġustata l-FFP, u biex issir l-ispezzjoni ta' kif toqgħod fuq wiċċ min jilbisha. Il-parti esterna biss tal-FFP għandha tintmess;
- L-FFP għandha tintrema, jekk l-ispezzjoni ta' kif toqgħod fuq wiċċ min jilbisha ma tgħaddix mit-test.

Il-metodi li ġejjin ġew investigati għad-dekontaminazzjoni tal-FFP.

Sterilizzazzjoni bl-istim

L-isterilizzazzjoni bl-istim hija proċedura li tintuża b'mod regolari fl-isptarijiet. Fi studju li twettaq fin-Netherlands, ġew irrapportati deformazzjonijiet tar-respiraturi jew spezzjonijiet ta' kif ir-respiratur joqgħod fuq wiċċ min jilbsu li ma għaddewx mit-test wara sterilizzazzjoni bl-istim f'temperatura ta' 134°C, skont it-tip ta' respiratur li ntuża [7]. Ir-riċerka ppubblikata fl-2012 minn Lore et al. [8] uriet l-effettività ta' stim li jiġi ġġenerat mill-mikromewġa (MGS) fl-inattivazzjoni tal-partikoli virali tal-virus tal-influenza fuq żewġ mudelli ta' respiraturi N95. Heimbuch et al., fl-2010 [9] urew ukoll l-effettività ta' MGS fit-tnaqqis tal-virus tal-influenza vijabbli ta' > 4 logs fuq ir-respiraturi N95, b'wieħed biss mis-sitt mudelli ttestjati li wera separazzjoni żgħira tal-fowm fil-kuxxin ta' fuq l-imnieher. Bergman et al. [10] irrapportaw ukoll deformazzjoni fizika għal ċerti mudelli N95, b'mod speċifiku separazzjoni tal-fowm fuq in-naħa ta' ġewwa tal-kuxxin ta' fuq l-imnieher, iżda żammew penetrazzjoni adegwata tal-aerosol u rezistenza tal-fluss tal-arja tal-filtru wara tliet ċikli. Meta jintużaw boroż tal-istim għad-dizinfekzjoni tar-respiraturi N95 ikkontaminati bil-batterjofagi, Fischer et al irrapportaw [11] effikaċja ta' 99.99 % fl-inattivazzjoni tal-kontaminant u li l-assorbiment tal-ilma kien jiddependi mill-mudell ta' respiratur. L-istim f'tit li xejn kellu effett fuq l-effiċjenza tal-filtrazzjoni, li baqgħet aktar minn 95 %. Fi prestampar riċenti minn Liao et al. [12], intwera li t-trattament bl-istim fuq id-drapp imdewweb bl-infiħ (melt-blown) kompatibbli mal-N95 ma kellux impatt konsiderevoli fuq l-effiċjenza u t-tnaqqis fil-pessjoni fl-ewwel tliet ċikli tat-trattament bl-istim. Fi studju ppubblikat minn Bergman et al. fl-2011 [13], l-awturi rrapportaw kif tliet applikazzjonijiet ta' MGS ma kkawżawx bidliet sinifikanti (rata ta' suċċess ≥ 90 %) fil-mod ta' kif ir-respiratur joqgħod fuq wiċċ min jilbsu fit-tliet tipi ta' respiraturi N95 ittestjati.

Fwar tal-perossidu tal-idroġenu

Studju wieħed ikkummissjonat mill-Amministrazzjoni għall-Ikel u għall-Medicini (FDA) tal-Istati Uniti wera li l-fwar tal-perossidu tal-idroġenu (HPV) kien effettiv fid-dekontaminazzjoni tar-respiraturi N95 (l-ekwivalenti ta' respiraturi FFP2 fl-Istati Uniti) minn organizmu wieħed għal diversi ċikli ta' dekontaminazzjoni. Ir-respiratur żamm il-funzjoni tiegħu anke wara 10-20 ċikli ta' HPV, iżda wera sinjali ta' degradazzjoni minn hemm 'il quddiem [14]. Fid-29 ta' Marzu 2020, l-FDA approvat metodu ta' dekontaminazzjoni kummerċjali bbażat fuq l-HPV għar-respiraturi N95 li ma fihomx ċelluloża għall-użu f'emergenza [15]. Studji oħra ma identifikaw l-ebda ħsara makroskopika u deformità fuq ir-respiraturi N95 meta twettqu bejn tliet ċikli [10] u ħames [16] ċikli ta' dekontaminazzjoni. Ir-respiraturi żammew effikaċja adegwata ta' filtrazzjoni tal-aerosol u rezistenza tal-fluss tal-arja tal-filtru wara li kienu twettqu bejn ċiklu wieħed [17] u tliet ċikli ta' HPV [10]. Studju pilota fin-Netherlands indika li l-HPV huwa effettiv għal żewġ ċikli ta' dekontaminazzjoni mingħajr deformazzjoni filwaqt li tinżamm il-kapaċità ta' filtrazzjoni kif ġie vvalutat minn test rapidu ta' kif it-tagħmir joqgħod fuq wiċċ min jilbsu², li jissuġġerixxi li r-respiraturi FFP2 ittestjati (mudelli mingħajr ċelluloża) jistgħu jintużaw mill-ġdid sa darbtejn. Żvantaġġ possibbli ta' dan il-metodu huwa li koncentrazzjonijiet

² Test ta' kif it-tagħmir joqgħod fuq wiċċ min jilbsu: Il-proporzjon ta' partikoli fuq in-naħa ta' barra u partikoli fuq in-naħa ta' ġewwa tal-maskra bl-użu ta' TSI PortACount Pro+ 8038. (Kontroll ta') Maskra mhux użata: proporzjon=162; RIVM jikkunsidra t-test ta' kif it-tagħmir joqgħod fuq wiċċ min jilbsu biżżejjed jekk il-proporzjon ikun >100 wara l-proċess ta' dekontaminazzjoni.

tal-perossidu tal-idroġenu li jagħmlu l-ħsara jistgħu jibqgħu fir-respiratur għal granet sħaħ wara d-dekontaminazzjoni. Thassib ieħor huwa li tista' ssejtn deformazzjoni wara cikli ta' dekontaminazzjoni ripetuti [7].

Studji ta' dekontaminazzjoni li twettqu bl-użu ta' HPV għal SARS-CoV-2 wrew li wara t-trattament (10 minuti deumidifikazzjoni, tliet minuti kundizzjonament (5 grammi/minuta), 30 minuta dekontaminazzjoni (2.2 grammi/minuta) u 20 minuta arjazzjoni), l-ebda virus SARS-CoV-2 ma ġie rkuprat minn fuq ir-respiratur N95 u dik l-integrità strutturali u funzjonali nżammet sa 10 cikli ta' sterilizzazzjoni [18]. B'mod simili, Fisher et al. [19], sabu li wara tliet cikli ta' dekontaminazzjoni SARS-CoV-2 jiġi inattivat b'mod rapidu mill-HPV minn fuq ir-respiraturi N95, filwaqt li jinżammu integrità u prestazzjoni aċċettabbli.

Applikazzjoni oħra ta' perossidu tal-idroġenu

Cramer et al. [20] ittestjaw il-perossidu tal-idroġenu jonizzat (IHP) għad-dekontaminazzjoni ta' respiraturi N95; sabu li l-IHP ippermetta tal-inqas 9-log kill ta' spori batteriċi wara ciklu wieħed ta' dekontaminazzjoni, u li l-maskri N95 setgħu iżommu l-effiċjenza tal-filtrazzjoni u baqgħu joqogħdu tajjeb fuq wiċċ min jilbishom sa 5 cikli ta' dekontaminazzjoni.

Id-dekontaminazzjoni tal-likwidu tal-perossidu tal-idroġenu (LHP) ġiet ittestjata minn Bergman u kollegi, bl-użu ta' għaddis għal 30 minuta f'soluzzjoni ta' 6 % tal-perossidu tal-idroġenu. Wara tliet cikli ta' dekontaminazzjoni, il-prestazzjoni tal-filtrazzjoni ta' sitt respiraturi N95 inżammet. Id-dekontaminazzjoni u l-prestazzjoni ta' kif it-tagħmir joqogħod fuq wiċċ min jilbsu ma ġewx ittestjati [10].

Bergman et al. ittestjaw ukoll il-metodu tal-plażma tal-gass tal-perossidu tal-idroġenu (HPGP) fuq sitt tipi ta' respiraturi N95. Sabu li wara 3 cikli ta' dekontaminazzjoni, il-prestazzjoni tal-filtrazzjoni ta' erba' mis-sitt tipi dderjorati [10].

Irradjazzjoni gamma

Dan il-metodu jintuża b'mod komuni għall-sterilizzazzjoni fuq skala kbira ta' apparat mediku u oġġetti tal-ikel. It-tagħmir meħtieġ mhuwiex normalment disponibbli fl-isptarijiet. Studju indika li doża ta' 20 kGy (2Mrad) hija biżżejjed għall-inattivazzjoni tal-coronaviruses [21]. Studji li għadhom għaddejjin dwar l-irradjazzjoni gamma b'doża ta' 24 kGy għall-sterilizzazzjoni tar-respiraturi identifikaw deformazzjoni possibbli tar-respiratur, b'saff ta' filtrazzjoni fuq in-naħa ta' ġewwa li ġie kompromess u t-tagħmir ma qagħadx sew fuq il-wiċċ. Studju fin-Netherlands ma wera l-ebda deformazzjoni ta' maskra FFP2 waħda wara irradjazzjoni gamma b'25kGy, iżda l-mod ta' kif il-maskra toqogħod fuq wiċċ min jilbisha ma għaddiex mit-test [7]. Studju minn Lin et al. [22] li eżamina l-karatteristiċi tal-filtrazzjoni wara l-irradjazzjoni, sab li t-trattament b'10-30kGy affettwa l-kapaċità tal-filtru tal-mudelli N95 billi žied il-penetrazzjoni tal-aerosol, minkejja li nżammet reżistenza aċċettabbli tat-teħid tan-nifs ispiratorju.

Irradjazzjoni ġermiċidjali ultravjola

Irradjazzjoni ġermiċidjali ultravjola (UVGI) hija metodu promettenti, li juża l-attività ġermiċidjali tar-radjazzjoni UV-C. Iż-żewġ twissijiet metodoloġiċi ewlenin huma d-doża ta' radjazzjoni meħtieġa u l-effetti paralleli prodotti mill-istruttura tar-respiratur, li jistgħu jipprevjenu r-raġġi UV milli jilħqu l-mikroorganizmi u għalhekk jillimitaw l-effiċjenza tad-dekontaminazzjoni.

Riċerkaturi indipendenti differenti ma wrew l-ebda effett sinifikanti fuq il-penetrazzjoni tal-fluss tal-arja tal-filtru u r-reżistenza tal-fluss tal-arja tal-filtru sa diversi cikli ta' applikazzjoni ta' UV-C [10,17]; Liao et al. [12] irrapportaw li respiraturi N95 ittrattati b'UV-C (254 nm, 17mW/cm²) setgħu jifilħu għal 10 cikli ta' trattament u wrew ftit degradazzjoni fl-20 ciklu. Fi studju ppubblikat minn Bergman et al. fl-2011 [13], l-awturi rrapportaw kif tliet applikazzjonijiet ta' UVGI ma kkawżawx bidliet sinifikanti (rata ta' suċċess \geq 90%) fil-mod ta' kif ir-respiratur joqogħod fuq wiċċ min jilbsu fit-tliet respiraturi N95 ittestjati.

Fisher u Shaffer [23] wrew li l-applikazzjoni ta' UV-C (fuq kupuni ċirkolari li tneħħew minn respiraturi N95) irriżultat f'minn tal-inqas tnaqqis ta' 3 log f'batterjofagi MS2 vijabbli. Skont is-sejbiet tagħhom, l-UV-C jittrażmetti ġewwa l-materjali tar-respiraturi u minn ġo fihom. Il-porożità tas-saffi fuq in-naħa ta' ġewwa u fuq in-naħa ta' barra tippermetti li l-UV-C jilħaq il-medju ta' filterazzjoni interna (IFM), madankollu l-ħin tal-esponiment meħtieġ biex jinkiseb dan ivarja ħafna fost il-mudelli ta' respiraturi N95 differenti (firxa ta' bejn 2 minuti u 266 minuta).

Tnaqqis sinifikanti (>4 log) tal-virus tal-influenza HiN1 vijabbli wara t-trattament b'UVGI (254 nm, 1.6-2.0 mW/cm², 15-il minuta) ġie rrapportat minn Heimbuch et al. [9] fuq sitt mudelli ta' respiraturi N95, mingħajr sinjali ovvj ta' deterjorazzjoni jew deformazzjoni wara t-trattament. Tnaqqis (≥ 3 log) fil-vijabbiltà tal-virus tal-influenza ġie osservat ukoll fl-istudju ppubblikat minn Mills et al. [24], li fih huma analizzaw 15-il mudell ta' respiraturi N95 differenti. Huma kkonkludew li d-dekontaminazzjoni u l-użu mill-ġdid tar-respiratur bl-użu tal-UVGI jistgħu jkunu effettivi, madankollu l-implimentazzjoni ta' metodu UVGI se teħtieġ konsiderazzjoni bir-reqqa tal-mudell, it-tip tal-materjal, u d-disinn tar-respiratur. Lore et al. [8] irrapportaw l-attività viriċidali ta' UVGI b'intensità għolja wara esponiment ta' 15-il minuta għal żewġ mudelli ta' respiraturi N95 li fuqhom ġie applikat il-virus tal-influenza (A/H5N1) bħala taqtiriet aerosolizzati.

Irradjazzjoni bil-mikromewġa

Ftit studji investigaw l-użu possibbli ta' mikromewġa niexfa għad-dekontaminazzjoni tar-respiratur. Viscusi et al. [17] użaw irradjazzjoni bil-forn tal-mikromewġa fuq disa' mudelli ta' respiraturi (N95 u P100). L-irradjazzjoni bil-forn tal-mikromewġa dewweb il-kampjuni minn żewġ mudelli ta' respiraturi. Il-filtrazzjoni tal-aerosol tal-filtru u r-reżistenza tal-fluss tal-arja tal-filtru ma kinux affettwati f'seba' mid-disa' mudelli ttestjati. L-effett ġermicidjali u l-prestazzjoni ta' kif it-tagħmir joqgħod fuq wiċċ min jilbsu ma ġewx ivvalutati. B'mod ġenerali, l-użu tar-radjazzjoni bil-forn tal-mikromewġa għad-dekontaminazzjoni tar-respiraturi ma weriex evidenza ta' effettività. Punt importanti li għandu jiġi kkunsidrat huwa li l-istrixxa tal-metall ta' fuq l-imnieher tista' tipproduċi xi sparks waqt il-proċess u dan jista' potenzjalment jagħmel ħsara lill-forn.

Ossidu tal-etilen

L-isterilizzazzjoni bl-ossidu tal-etilen hija metodu b'temperatura baxxa preferut għall-isterilizzazzjoni ta' tagħmir sensitiv bħall-endoskopji, li ma jistgħux jiġu dekontaminati biżżejjed bl-idejn jew awtoklavati. Dan il-metodu għandu r-riskju inerenti ta' persistenza tal-ossidu tal-etilen fir-respiratur, li hu ta' ħsara għall-utent. Viscusi et al. and Bergman et al. [10,17] irrappurtaw li dan il-metodu ma jaffettwax il-penetrazzjoni tal-aerosol tal-filtru, ir-reżistenza tal-fluss tal-arja tal-filtru, jew l-apparenza fiżika tar-respiraturi. Kumar et al. [18] irrappurtaw integrità strutturali u funzjonali li nżammet wara tliet ċikli u l-ebda kontaminazzjoni mikrobijoloġika bil-virus tal-istomatite vexxikulari (VSV) ma nstabet fuq ir-respiraturi wara esponiment għal siegħa u 12-il siegħa ta' arjazzjoni.

Inkubazzjoni bis-sħana niedja

L-użu tal-inkubazzjoni bis-sħana niedja (MHI) huwa approċċ promettenti għad-dekontaminazzjoni u l-użu mill-ġdid ta' respiraturi. Heimbuch et al. [9] sabu li l-użu ta' sħana sħana/niedja għal 30 minuta (WMH 65°C ± 5°C/85% ± 5% RH) ipprova medja ta' tnaqqis ta' > 4 log tal-virus tal-influenza H1N1 vijabbli mifruq fuq mudelli N95 partikolati differenti. Wara ċiklu ta' 30 minuta, ma ġie rreġistrat l-ebda sinjal ovvju ta' deterjorazzjoni jew deformazzjoni. Riżultati simili ġew ipprezentati minn Lore et al. [8], li jirrappurtaw li MHI huwa effettiv kompletament biex jinattiva l-partikoli tal-virus tal-influenza A/H5N1 fuq respiraturi N95 wara trattament ta' 20 minuta. Il-manutenzjoni tal-karatteristiċi tar-respiratur ġiet ittestjata minn Bergman et al. [10], li sabu li l-penetrazzjoni tal-fluss tal-arja tal-filtru u r-reżistenza tal-fluss tal-arja tal-filtru tar-respiraturi N95 ġew ippreservati wara tliet ċikli ta' dekontaminazzjoni. Separazzjoni parzjali tal-fowm fuq in-naħa ta' ġewwa tal-kuxxin ta' fuq l-imnieher mir-respiraturi ġiet irreġistrata f'mudell respiratorju wieħed. Bergman et al. [13] irrappurtaw kif tliet applikazzjonijiet tas-sħana niedja ma kkawżawx bidliet sinifikanti (rata ta' suċċess ≥ 90 %) fil-mod ta' kif ir-respiratur joqgħod fuq wiċċ min jilbsu fit-tliet respiraturi N95 ittestjati.

Trattament bis-sħana xotta

Liao et al. [12] ma rrappurtaw l-ebda degradazzjoni konsiderevoli tal-karatteristiċi tal-filtrazzjoni fuq drappijiet imdewba bl-infiħ (il-materjal li minnu huma magħmula r-respiraturi), b'effiċjenza inizjali ta' ≥95 %, sa 20 ċiklu meta jintuża forn bl-arja statika f'temperatura ta' 75°C għal 30 minuta kull ċiklu. Sa temperatura ta' 100°C kien hemm bidla żgħira jew ma kien hemm l-ebda bidla fl-effiċjenza tal-filtrazzjoni u fit-tnaqqis fil-prestazzjoni. F'din il-pubblikazzjoni l-awturi jenfasizzaw li l-istim jista' jnaqqas l-effiċjenza u li l-umidità għandha tinzamm baxxa meta t-temperatura toqrob lejn 100°C. Riżultati simili nkisbu minn Fischer et al. [19] bl-użu tas-sħana niexfa f'temperatura ta' 70°C għal mhux aktar minn 60 minuta fuq id-drapp minn respiraturi N95. Huma sabu li l-prestazzjoni tal-filtrazzjoni ma tnaqqsitx wara ċiklu ta' dekontaminazzjoni wieħed, madankollu kien hemm tnaqqis fil-prestazzjoni tal-filtrazzjoni wara ċikli sussegwenti ta' dekontaminazzjoni. Id-dekontaminazzjoni bis-sħana niexfa inattivat ukoll is-SARS-CoV-2 b'mod aktar mgħaġġel fuq drapp N95 milli fuq l-azzar. L-awturi enfasiszaw li s-sħana niexfa għandha tiġi applikata għal żmien biżżejjed biex jiġi żgurat it-tnaqqas fil-konċentrazzjoni tal-virus. Viscusi et al. [17] irrappurtaw li l-grad sa fejn it-temperatura taffettwa l-penetrazzjoni tal-aerosol tal-filtru u t-tidwib tal-komponent huwa speċifiku għall-mudell. Huma rrappurtaw it-tidwib f'xi mudelli meta ġiet applikata temperatura ta' aktar minn 100°C.

Trattament b'awtoklava

L-awtoklavjar huwa proċedura komuni fl-ambjent tal-kura tas-saħħa. Wara dekontaminazzjoni bl-użu ta' awtoklava f'temperatura ta' 121 °C għal 15-il minuta, l-ebda virus SARS-CoV-2 ma ġie rkuprat minn mudelli differenti ta' respiraturi N95 [18]. L-integrità strutturali u funzjonali nżammet wara ċiklu wieħed għal sitt mudelli ta' respiratur N95, iżda wara l-ewwel ċiklu erba' biss mis-sitt mudelli ttestjati żammew il-prestazzjoni tagħhom (sa 10 ċikli) [18]. Lin et al. [22] irrappurtaw li wieħed mill-ħames mudelli N95 ittestjati soffrew zieda fil-penetrazzjoni tal-aerosol li kienet aktar mil-limitu tal-penetrazzjoni taċ-certifikazzjoni ta' 5 %, iżda l-mudelli kollha ssodisfaw ir-rekwizit tar-reżistenza tat-teħid tan-nifs.

Soluzzjoni tal-alkoħol

L-etanol huwa magħruf li huwa effettiv ħafna fl-inattivazzjoni ta' SARS-CoV-2 u ntuża wkoll minn Fischer et al. [19] fuq respiraturi N95. Madankollu, għalkemm il-prestazzjoni tal-filtrazzjoni ma tnaqqsitx wara dekontaminazzjoni waħda bl-użu tal-etanol, ċikli sussegwenti ta' dekontaminazzjoni kkawżaw tnaqqis kbir fil-prestazzjoni tal-filtrazzjoni [19]. Dan ġie kkonfermat ukoll minn Liao et al. [12], li rrappurtaw degradazzjoni drastika tal-effiċjenza tal-

filtrazzjoni filwaqt li t-tnaqqis fil-pressure baqa' komparabbli wara l-applikazzjoni tal-etanol permezz tal-immersjoni tad-drajjiet mdewba bl-infiħ u mnixxa bl-arja.

Soluzzjonijiet ibbażati fuq il-kloru

Soluzzjonijiet ibbażati fuq il-kloru (bliċ) huma magħrufa li huma effettivi fl-inattivazzjoni ta' SARS-CoV-2 [25], madankollu l-użu tagħhom fid-dekontaminazzjoni tar-respiraturi huwa skoraġġut ħafna minħabba l-effett tagħhom fuq diversi komponenti (eż. strixxi tal-metall ta' fuq l-imnieher, stejpls, kuxxinetti għal fuq l-imnieher, eċċ.) [10,17]. Liao et al. [12] irrapportaw degradazzjoni drastika tal-effiċjenza tal-filtrazzjoni filwaqt li awturi oħra [10,17] rrapportaw li l-penetrazzjoni tal-aerosol tal-filtru u r-reżistenza tal-fluss tal-arja tal-filtru ma ġewx affettwati wara trattament bil-bliċ sa tliet ċikli. Viscusi et al. irrapportaw li wara 16-il siegħa ta' tnixxif bl-arja, ir-respiraturi kienu xotti meta jintmessu u fuq kollha baqa' jinxtamm il-bliċ [17].

Approċċi oħra għall-użu mill-ġdid ta' partijiet ta' mal-wiċċ filtranti

Iċ-Ċentri għall-Kontroll u l-Prevenzjoni tal-Mard (CDC) tal-Istati Uniti jipproponu approċċ sempliċi għall-użu mill-ġdid ta' FFPs mingħajr il-ħtieġa li jiġi applikat metodu ta' dekontaminazzjoni partikolari. Dan jikkonsisti fl-għoti ta' sett ta' mill-inqas ħames FFPs lil kull ħaddiem fil-qasam tal-kura tas-saħħa. Kull FFP għandha tintuża għal xift ta' xogħol wiehed imbagħad għandha tinħażen f'basket tal-karti li tgħaddi l-arja minnu għal minn tal-inqas ħamest ijiem qabel ma terġa' tintuża. Dan l-approċċ għandu l-għan li jnaqqas jew jelimina r-riskju li SARS-CoV-2 jikkontamina potenzjalment l-FFP, abbażi tal-evidenza dwar is-sopravivenza tal-virus fl-ambjent [26]. US CDC jenfasizzaw li l-FFPs għandhom xorta jiġu kkunsidrati bħala kontaminati u għaldaqstant għandhom jiġu segwiti l-prekawzjonijiet meta jintużaw mill-ġdid u li l-proċeduri ta' dekontaminazzjoni għandhom jiġu applikati biss jekk ħames FFPs għal kull ħaddiem fil-qasam tal-kura tas-saħħa ma jkunux disponibbli [26]. Meta jiġi applikat dan l-approċċ, it-tul ta' żmien kemm FFP tibqa' tajba u l-metodi għall-valutazzjoni tal-kompromess potenzjali tal-karatteristiċi tal-FFP (eż. il-manutenzjoni tal-prestazzjoni tal-filtrazzjoni u ta' kif toqgħod fuq wiċċ min jilbisha) għandhom jiġu kkunsidrati.

Miżuri ta' prekawzjoni meta jintużaw mill-ġdid partijiet ta' mal-wiċċ filtranti dekontaminati

Bħala miżura ta' prekawzjoni, FFP dekontaminata għandha tiġi kkunsidrata li potenzjalment għadha kontaminata u huma ssuġġeriti l-miżuri li ġejjin:

- L-FFP għandha tiġi ċċekkjata għall-integrità tagħha u tintrema jekk tiġi identifikata kwalunkwe degradazzjoni makroskopika;
- Għandhom jintlibsu l-ingwanti meta tintmiss l-FFP dekontaminata;
- Iġjene stretta tal-idejn bl-użu ta' soluzzjoni bbażata fuq l-alkoħol għat-togħrik tal-idejn għandha tiġi prattikata meta tintmiss l-FFP (biex tintlibes, titneħħa, tiġi aġġustata, eċċ.);
- Il-parti interna tal-FFP ma għandhiex tintmiss;
- Il-parti esterna tal-FFP għandha tintmiss l-inqas possibbli (eż. għall-aġġustament biss);
- Għandha ssir spezzjoni ta' kif l-FFP toqgħod fuq wiċċ min jilbisha kull darba li tintuża mill-ġdid. Jekk l-ispezzjoni ta' kif l-FFP toqgħod fuq wiċċ min jilbisha ma tgħaddix mit-test, din għandha tintrema.

L-użu ta' partijiet ta' mal-wiċċ filtranti li jintużaw darba biss u li jkunu skaduti

Ir-riżervi f'xi pajjiżi jinkludu FFP2 jew FFP3 li qabżu ż-żmien tal-ħżin magħżul mill-manifattur tagħhom. Il-manifatturi jipprovdu data ta' skadenza biex jiggarantixxu l-kwalità tal-prodott. Riżultati bikrin minn studju li għad għaddej tal-Istitut Nazzjonali għas-Sigurtà u s-Saħħa Okkupazzjonali (NIOSH) tal-U.S. CDC juru li diversi mudelli N95 manifatturati bejn l-2003 u l-2013, li l-biċċa l-kbira minnhom kienu skaduti, baqgħu jaħdmu f'konformità mal-istandards NIOSH [27].

Meta jiġu kkunsidrati dawn is-sejbiet u fil-kuntest ta' zieda fil-ħtiġijiet attwali għal PPE għal ħaddiema fil-qasam tal-kura tas-saħħa, ħażniet ta' FFP2 u FFP3 li jintużaw darba biss u li jkunu skaduti, jekk disponibbli, jistgħu jintużaw biex jipproteġu l-persunal fil-qasam tal-kura tas-saħħa sakemm:

- L-FFPs ġew maħżuna b'mod sigur f'post mingħajr esponiment għax-xemx, eċċess ta' umdità jew pesti (eż. insetti, roditori);

- Kampjuni mill-kaxxa ta' tagħmir juru li huma f'kundizzjoni tajba ta' xogħol, joqgħdu sew fuq wiċċ min jilbishom (wara li ssir spezzjoni ta' kif it-tagħmir joqgħod fuq wiċċ min jilbsu) u mingħajr l-ebda deterjorazzjoni pereżempju fuq il-bands tal-lastku u t-tagħmir ta' fuq l-imnieher.

Tabella 1. Sommarju tal-approċċi għad-dekontaminazzjoni u l-użu mill-ġdid ta' FFP: effetti u limitazzjonijiet mistennija.

	Dekontaminazzjoni/ Sterilizzazzjoni†	Kapaċità tal- filtrazzjoni	Kif it-tagħmir joqgħod fuq wiċċ min jilbsu/ Forma	Kunsiderazzjonijiet ewlenin dwar il- metodu	Prattikabilità fl- ambjenti tal-kura tas- sahħa††	Referenzi	
Radjazzjoni							
	Irradjazzjoni gamma	+	+/-	-	Id-deformazzjoni fiżika tar-respiraturi jew tagħmir li ma jgħaddix mit-test ta' kif joqgħod fuq wiċċ min jilbsu, u zieda fil-penetrazzjoni tal-aerosol huma kkunsidrati bħala l-iżvantaġġi ewlenin	✘	[7,21,22]
	Irradjazzjoni ġermicidjali ultravjola (UVGI)	+	+	+	L-ebda deformazzjoni fiżika jew tagħmir li ma jgħaddix mit-test ta' kif joqgħod fuq wiċċ min jilbsu wara diversi cikli ta' applikazzjoni, effikazzjoni fid-dekontaminazzjoni murija f'esperimenti riċenti. Iż-żewġ twissijiet ewlenin huma d-doża ta' radjazzjoni meħtieġa u l-effetti paralleli prodotti mill-istruttura tar-respiratur li jistgħu jinterferixxu mad-dekontaminazzjoni	✓/✘	[8-10,12,13,17,23,24]
Gass	Ossidu tal-etilen	+	+	+	Riskju konsistenti tal-persistenza tal-ossidu tal-etilen fir-respiratur, li huwa ta' ħsara għall-utent	✓/✘	[10,17,18]
Stim	Sterilizzazzjoni bl-istim	+	+	+/-	Deformazzjoni fiżika tar-respiraturi jew tagħmir li ma jgħaddix mit-test ta' kif joqgħod fuq wiċċ min jilbsu	✘	[7-13]
	Awtoklava	+	+/-	+	Wara ciklu wiehed ta' dekontaminazzjoni, xi respiraturi ma żammewx il-prestazzjoni tagħhom. Fi studju wiehed, il-metodu rriżulta f'zieda fil-penetrazzjoni tal-aerosol f'mudell ta' respiratur	✘	[18,22]
Shana	Inkubazzjoni bi shana niedja (MHI)	+	+	+/-	Deformazzjoni fiżika (separazzjoni parzjali tal-fowm fuq in-naħa ta' ġewwa tal-kuxxin ta' fuq l-imnieher mir-respiraturi) tista' tirriżulta minn dan il-metodu	✓/✘	[8-10,13]
	Trattament bis-shana niexfa (DHT)	+	+	+/-	Deformazzjoni fiżika tista' tirriżulta minn dan il-metodu f'temperaturi għoljin, il-prestazzjoni tal-filtrazzjoni tnaqqset wara diversi cikli ta' dekontaminazzjoni	✓/✘	[12,17,19]
	Mikromewġa	M/A	+/-	M/A	Ir-respiraturi jistgħu jdubu	✘	[17]
Kimika	Fwar tal-perossidu tal-idroġenu (HPV)	+	+	+	Konċentrazzjonijiet li jagħmlu l-ħsara tal-perossidu tal-idroġenu li jistgħu jippersistu fuq ir-respiratur u deformazzjoni possibbli li tista' sseħħ wara cikli ripetuti huma kkunsidrati bħala l-iżvantaġġi ewlenin possibbli	✓/✘	[7,10,14-19]
	Soluzzjoni tal-alkohol	+	+/-	M/A	Tnaqqis fil-prestazzjoni tal-filtrazzjoni nnutat wara immersjoni tad-drappijiet imdewba bl-infih u tnaqqis bl-arja jew wara cikli sussegwenti ta' dekontaminazzjoni	✘	[12,19]
	Soluzzjoni ta' klorin	+	+/-	-	Effett fuq diversi komponenti (eż. strixxi tal-metall ta' fuq tal-imnieher, stejpls, kuxxinetti għal fuq l-imnieher eċċ.) u persistenza tar-riħa ta' bliċ. Riżultati kontroversjali dwar l-impatt fuq il-filtrazzjoni	✘	[10,12,17,25]
Fames respiraturi għal kull haddiem fil-gasam tal-kura tas-sahħa għall-użu mill-ġdid konsekuttiv	M/A	M/A	M/A	M/A	Propost mill-US CDC, huwa bbażat fuq l-inattivazzjoni dipendenti fuq il-ħin tas-SARS-CoV-2 li potenzjalment tikkontamina l-FFP.	✓	[26]

Għad-dekontaminazzjoni/Għall-isterilizzazzjoni: +, effettiv; M/A, mhux ivvalutat. Għall-kapaċità tal-filtrazzjoni u kif joqgħod/il-forma: +, mantenu; -, mhux mantenu; +/-, manutenzjoni limitata jew data mhux konsistenti minn studji differenti fil-litteratura; M/A, mhux ivvalutat. Għall-prattikabilità fl-ambjenti tal-kura tas-sahħa: ✓, prattikabbli; ✘, mhux prattikabbli; ✓/✘, prattikabbli bil-limitazzjonijiet.

† L-effikaċġatad-dekontaminazzjoni/tal-isterilizzazzjoni gjet studjata bl-użu ta' diversi mikroorganismi; jekk jogħġbok irreferi għat-taqsimiet individwali t'hawn fuq u għar-referenzi għal informazzjoni aktar kompluta.

†† Il-prattikabilità fl-ambjenti tal-kura tas-saħħa tikkunsidra d-disponibbiltà tal-metodu fl-ambjenti tal-kura tas-saħħa u l-effetti generali tal-metodu fuq id-dekontaminazzjoni/l-isterilizzazzjoni, il-filtrazzjoni u l-mod ta' kif it-tagħmir joqgħod fuq wiċċ min jilbsu/forma.

Konklużjonijiet

Il-metodi pprezentati hawn fuq għad-dekontaminazzjoni u l-użu mill-ġdid tal-FFP huma kkunsidrati biss bħala metodi straordinari u tal-aħħar istanza minhabba n-nuqqas tal-provvisti tal-FFP. Dawn għandhom jiġu applikati wara evalwazzjoni bir-reqqa tas-sitwazzjoni u wara li tiġi esplorata l-possibbiltà tal-użu razzjonali u konxju tar-riżorsi tal-FFPs, pereżempju billi jiġi estiż it-tul ta' żmien kemm FFP tibqa' tajba, u jiġu kkunsidrati l-istruzzjonijiet dwar l-użu tal-prodott ipprovduti mill-manifatturi tal-FFP. L-awtoritajiet nazzjonali tas-saħħa pubblika, u l-gruppi li qed jistudjaw tali metodi huma mhegġa jikkondividu r-riżultati tagħhom hekk kif dawn isiru disponibbli.

Fost id-diversi metodi għad-dekontaminazzjoni tal-FFPs, diversi għażliet juru profil favorevoli meta tiġi kkunsidrata l-effettività filwaqt li ma tiġix ikkawżata deterjorazzjoni sinifikanti fil-filtrazzjoni u fit-teħid tan-nifs għal tal-inqas ċerti ċikli ta' dekontaminazzjoni. Tali għażliet jinkludu irradjazzjoni ġermicidjali ultravjola (UVGI), ossidu tal-etilen, il-fwar tal-perossidu tal-idroġenu u sa ċertu punt is-sħana xotta u niedja. F'dak li għandu x'jaqşam mal-għażliet favorevoli f'termini ta' effettività li ma jikkawżawx deterjorazzjoni sinifikanti, u Prattikalità fl-ambjenti tal-kura tas-saħħa, l-għoti ta' sett ta' ħames FFPs lill-ħaddiema individwali fil-qasam tal-kura tas-saħħa għall-użu mill-ġdid konsekuttiv jista' jkun l-għażla l-aktar Prattika. Id-dekontaminazzjoni bil-fwar tal-perossidu tal-idroġenu jew l-ossidu tal-etilen tista' tiġi kkunsidrata biss jekk ikunu jstgħu jiġu ddeterminati ħin u protokoll ta' evaporazzjoni sigura.

Kull wieħed mill-metodi deskritti f'dan ir-rapport għandu twissijiet li jridu jiġu kkunsidrati qabel ma jiġi deċiż liem wieħed minnhom huwa l-aktar adattat f'kull kuntest partikolari. L-effetti ta' kull wieħed minn dawn il-metodi jiddependu wkoll mill-kundizzjonijiet speċifiċi applikati u mill-mudell ta' FFP.

It-tindif tat-tagħmir li jista' jintuza mill-ġdid qabel l-isterilizzazzjoni huwa rakkomandat, iżda m'hemm l-ebda *data* disponibbli dwar il-metodi ta' tindif effettivi u li ma jagħmlux ħsara għal tagħmir li jintuza darba biss bħall-FFPs. Spezzjonijiet tal-kwalità tal-metodi ta' sterilizzazzjoni applikati (inkluż l-istabbiliment ta' indikaturi tal-kwalità) huma meħtieġa biex tiġi żgurata s-sigurtà tat-tagħmir li se jintuza mill-ġdid.

Esperti tal-ECDC li kkontribixxew

F'ordni alfabetika: Agoritsa Baka, Orlando Cenciarelli, Scott Chiossi, Bruno Ciancio, Diamantis Plachouras, Carl Suetens, Klaus Weist

Referenzi

1. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Use of respirators and surgical masks for protection against healthcare hazards 2020 [updated 19 November 2018 23 April 2020]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/healthcarehps/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 2020 14 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 2020 15 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>.