



抗伝染性気管支炎ウイルス (IBV) に対する オーラエア™浄化システムの性能

Olga Klebanov^{1*}, Vera Pavlov¹, Eldar Shnaiderman², Roei Friedberg², Pitcovski J³, Vladimir Glukhman⁴ 及び Aviram Nissan¹

¹一般及び腫瘍手術部-手術C、外科的腫瘍学研究室、Chaim Sheba医療センター、Tel Hashomer, Ramat Gan, イスラエル

²Aura Smart Air社、テルアビブ、イスラエル

³The MIGAL Galilee Research Institute社、Southern Industrial Zone, Tarshish St, Kiryat Shmona 11016, イスラエル

⁴Industrial Biology Expertise and Solutions, Com., エルサレム、イスラエル

要約

SARS-Co-V-2新型コロナウイルスによって引き起こされたCOVID-19の世界的流行は、世界中に厳しい経済的かつ公衆衛生上の影響を及ぼしました。公衆衛生官庁は、ウイルスの蔓延を制御するために屋内活動の制限、公共の場でのマスクの着用及び手洗いを主唱しました。2020年5月に、学校及び企業の閉鎖、テレワーク、並びに屋内空間における感染に対する国民の不安を受けて、オーラエアは、ウイルスその他の病原体粒子を含む屋内の空気を潜在的に浄化するスマートエア装置を開発し、試験しました。同社は、我々の戦略的長期共同研究の一環としてスマートエアのコロナウイルスに対する殺菌能力の効果を試験するためにChaim Sheba医療センターとともに研究を開始しました。この研究の狙いは、抗IBV (伝染性気管支炎ウイルス) によって汚染された空気を浄化し、抗IBVを不活性化装置の能力を測定することでした。この抗IBVは、鳥類のコロナウイルスであって、ヒトへは感染せず、サイズはSARS-CoV-2と同じくらいです。このシステムは、マルチカスケード空気殺菌の原理を使い、この研究は2段階で行われました。第一段階では、各殺菌エレメントの抗ウイルス性能を試験し、第二段階では、ウイルスエアロゾルによってウイルスに汚染された空気環境を殺菌する能力を試験しました。結果は、ろ過装置内の各分離モジュールが、強い抗ウイルス性質をもっていることを示しました。さらに、ろ過装置は、エアロゾルの高濃度及び低濃度の両方においてエアロゾルで汚染された環境内のウイルス量を効果的に減少させました。ウイルスの蔓延を制限するためのワクチン接種プログラム及びその他の対策とともに、この装置は、屋内空気空間が通常の活動を行うのに安全であるといういくつかの確信のある対策を提供することによって世界経済の再開を可能にするかもしれません。

キーワード: オーラエア、空気浄化、マルチカスケード空気殺菌、コロナウイルス

まえがき

2000年の初め、新型ウイルスが、中国の武漢で広範囲に広がる病気及び死亡を引き起こし始めました。DNAを配列することによって、コロナウイルスとしての病原体が特定され、このウイルスはその後世界保健機構 (WHO) によって重症急性呼吸器症候群コロナウイルス2 (SARS-CoV-2) と命名されました[1]。このウイルスによって引き起こされる病気は、COVID-19 (以前「2019新型コロナウイルス」として知られていました) と呼ばれました[2]。ジョンズホプキンス大学によれば、今日、SARS-CoV-2の世界的流行は、世界で1億600万人に近い確認済みの感染事例及び240万人を超える死亡を引き起こしました[3]。膨大な数の感染が、世界の健康管理システムを圧倒し、COVID-19の患者の手当のための組織を早急に再編する必要が生じました。そのような再編成の不慮の災難の一つは、院内感染 (HAI) についてあまり注目されていないことです。

HAIは、健康管理の地域社会において関心が高まっています。米国疾病対策予防センター (CDC) は、HAIが、年間約10万人の死亡及び170万人の感染の主な原因となると推定しています[4]。世界的に、病院での流行率は、国によって5%から10%の範囲にあります[5]。この現象を抑制するための一つの取り組みは、ろ過装置を使って空中の病原体の数を減少させることです[6, 7]。2019年8月、オーラスマートエア社は、HAIを減らす効能をイスラエルのChaim Sheba医療センターにおける一般及び腫瘍手術部との共同研究として試験するために空気浄化装置を設置しました。当初の結果は、浄化装置が各種細菌のレベルを低くできることを示しています。

オープンアクセス

*連絡:

Olga Klebanov, 一般及び腫瘍手術部-手術C、外科的腫瘍学研究室、Chaim Sheba医療センター、Tel Hashomer, Ramat Gan, イスラエル, Tel: 97235302714; E-mail: Olag.KlebanovAkopyn@sheba.health.gov.il

受領日: 2021年3月8日

受納日: 2021年4月5日

刊行日: 2021年4月8日

引用:

Klebanov O, Pavlov V, Shnaiderman E, Friedberg R, Pitcovski J, Glukhman V ほか抗気管支炎ウイルス (IBV) に対するオーラエア™浄化システムの性能 World J Surg Surgical Res. 2021, 4: 1300.

著作権所有 © 2021 Olga Klebanov. これは、クリエイティブ・コモンズ・ライセンスの下に配布されたオープンアクセス記事であり、元の研究が適切に引用されることを条件として、各種媒体による使用、配布及び複製が許されます。

COVID-19の世界的流行に続いて、世界の医療共同体の焦点は院内感染の防止から病院の現場内でのSARS-CoV-2の蔓延の防止に切り替わりました[8]。イスラエルにおける最初のCOVID-19の事例は、2020年2月27日に文書化され、3月までにすべての学校及び必要不可欠ではない作業施設は、発生を抑制するための努力の一環として閉鎖されました[9、10]。感染が拡大する中、Sheba医療センターが、COVID-19の治療及び予防ガイドラインの策定のための国立センターとして選ばれました。Sheba医療センターは、大学病院の現場における第三の委託センターです。Sheba医療センターは、イスラエルで最大で、150万人以上の人口の地域を支えています[11]。いくつかの部門は、コロナ病院に転用され、400台の病床及び214台の人工呼吸器を備え、産婦人科、小児科、外科及び精神科が含まれていました。完全な換気能力、生命維持装置及び体外膜型酸素供給 (ECMO) 装置を擁する70床のコロナ集中治療室が設けられました。健康管理システムへの負担を緩和するための取組みが行われることになりました。取組みの一つは、オーラエア™による空気浄化装置及び殺菌装置を展開することでした。オーラエア™社は、リアルタイムで屋内の空気の状態をモニタリングしながら屋内の空気を浄化し殺菌するスマートエア管理プラットフォームを持つ会社です。

オーラエア™社の浄化殺菌システムであるスマートエア™は、病原体をろ過し無効化するためにマルチカスケード空気殺菌を使用します。この装置は、プレフィルタ、HEPAフィルタ、カーボンフィルタ及び銅を染み込ませたスマート織布を含むレイフィルタ™、UVC (紫外線C) LED並びにステリオナイザ™から構成されます。ポリマーの網のプレフィルタは、空気から粉塵の大きな粒子、花粉、昆虫及び動物の毛のような大きな汚染物質を除去します[12]。高効率微粒子空気 (HEPA) フィルタは、不作為に配列した繊維からなり、 $>0.3 \mu\text{m}$ の粒子を捕捉します[13]。カーボンフィルタは、汚染物分子をカーボンの多孔構造に捕捉させる吸着法により汚染物を除去するため、活性炭の層を使います[14]。スマート銅織布は、特許を取得しており、米国環境保護局 (EPA) が、酸化銅を埋め込んだ木綿から作られた技術を承認しました[12]。スマート銅織布は、フィルタの細菌、ウイルス、菌類及びかびを有益に無効化するための能力を強化するためにレイフィルタ™と一体化されています[15]。UVC LEDは、核酸による損傷を誘発させて微生物を無効化するために短波長のUV-C光を使い、細菌、ウイルス及び寄生虫に対して有効です[16、17]。最終的に、ステリオナイザ™は、二極イオン化技術に基づいており、外膜を損傷させ、その清浄な機能を崩壊させる正及び負に帯電したイオンを作り出します[18、19]。

以前の結果は、この装置が、インフルエンザH1N1及びH5N1のようなウイルスを初めとする一連の高リスク病原体をろ過することを示しています[20]。この研究の狙いは、病院の現場の中でCOVID-19の蔓延を減速させるためにこの装置の効能を試験することです。我々の結果から、空気浄化殺菌装置及びその元素が、SARS-CoV-2と同じサイズのコロナウイルスを不活性化できることが分かります。汚染された屋内空気環境を浄化するためのマルチカスケード空気殺菌装置の能力は、ワクチン接種プログラム及びその他の公衆衛生安全対策と併せて世界経済を安全に再開するという大衆の確信をますます高めることを潜在的に可能にするでしょう。

材料及び方法

ウイルスの繁殖

鳥類コロナウイルス伝染性気管支炎ウイルス (IBV) は、Galilee Research Institute社 (J. Pitcovski教授の研究室) のMIGALから得ら

れました。ウイルスの繁殖は、鶏卵 (胚) で行われました[21]。尿膜の流体は、48時間接種後 (PI) に回収され、RNAを抽出するまで -80°C で保存されました。

ウイルスの検出:リアルタイムRT-PCR分析

RNAは、QIAampを使って尿膜流体から抽出しました。ウイルスRNAミニキット (QIAGEN) は、SuperScript™ III逆転写酵素 (インビトロゲン) を使って逆転写しました。H120菌株N遺伝子配列 (ジェンバンクアクセス番号AM260960) のヌクレオチド位置741から1077に存在する336 bpの保存領域を使って、リアルタイム (RT) -PCRアッセイ用の手引きを作成しました。RT-PCRは、StepOnePlus™システム (Applied Biosystems社) によってTaqMan™ Fast Advanced Master Mix (Applied Biosystems社) を使って行いました。結果は、StepOneソフトウェアで記録し、分析しました。増幅プロットを、記録、分析し、StepOne plus RT-PCR System, A and B applied Bio-Systemsで閾値サイクル (Ct) を決定しました。

未処理サンプルを管理するために、実験後のウイルス含有量を、増幅されていない (サイクル“0”) サンプルと比較しました (オーラエア装置を動作させずに)。指数関数的複製段階で、ウイルスについてRT-PCRを行いました。最後の時点でサイクル32を決定しました。そこでは対照標準サンプルの測定で検出器の飽和が示されず、残りの実験に使用しました。ウイルス (サイクル“0”) の当初の濃度を決定するために、簡易型指数方程式を使ってサイクル数に従ってデータを処理しました:

$$N_0 = N_k / 2^{k-1}$$

ここに N_0 : 当初の濃度、 N_k : サイクル数32の時の測定値、 K : サイクル数 (32)

オーラエア™試験の説明

オーラエア装置は、CBRN空気ろ過及び空気処理製品の有数の設計製造企業であるBeth-El Zikhron Yaaqov Industries社によって製造されています。

システムエレメントの試験

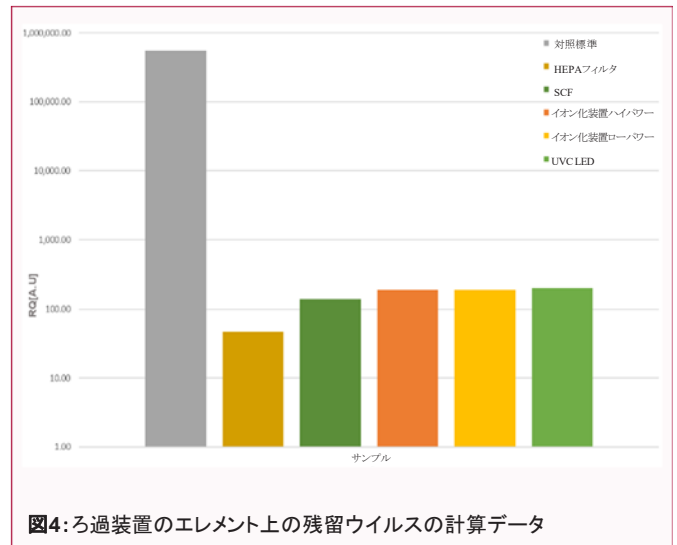
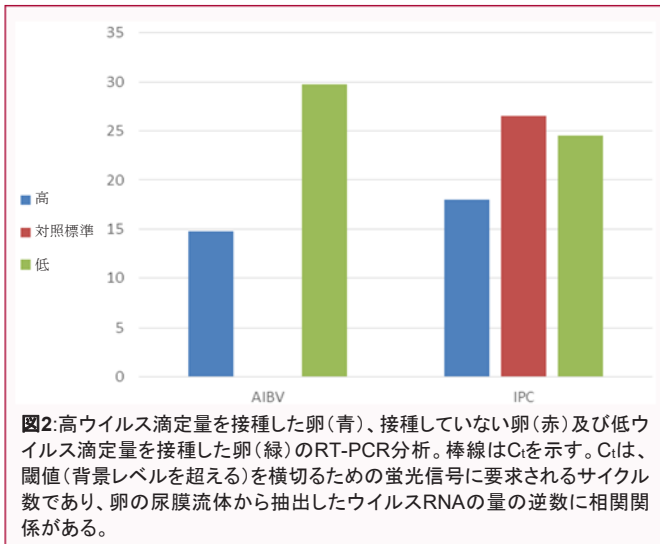
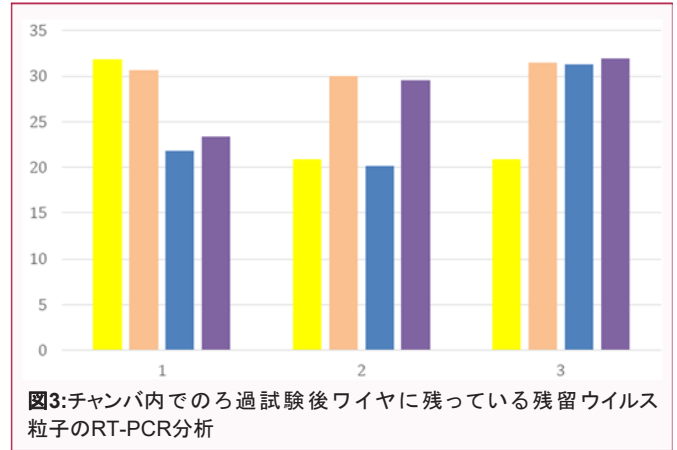
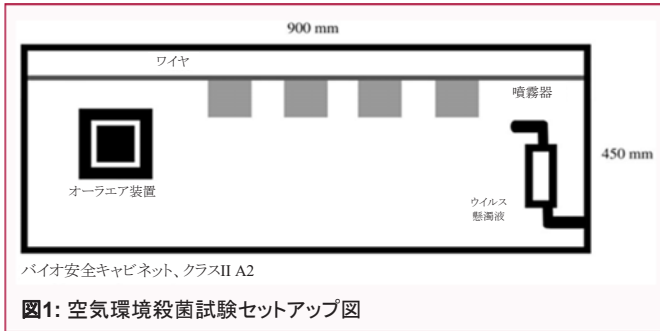
鶏の卵の中で良好に複製できることが知られている[22] IBVを鶏卵中で培養し、抽出し、PBS (リン酸塩で緩めた食塩水) 内で懸濁させました。すべての試験で1:00の希釈液を用いました。オーラエアHEPAフィルタ及びスマート銅織布は、0.5 cm四方の正方形に切断し、10 μl のウイルス懸濁液で汚染しました。10分後、サンプルを0.1 ml dPBSですすぎ洗いし、残留したウイルスを抽出しました。

ステリオナイザ™及びUVC LEDを試験するために、10 μl のウイルス懸濁液を中性ポリカーボネート表面に加え (図1)、ステリオナイザ™ (High-Sterionizer D6™及びLow power-Sterionizer D5™) をウイルス懸濁液から30 cmの所に置き、追加のファンを使ってイオンの流れを懸濁液の方へ向けました。懸濁液から1 cmの所にUVC LEDを置き、10分間暴露させた後、ウイルス懸濁液を90 μl のdPBSに移し、残留ウイルスRNAを抽出しました。

空気環境殺菌試験

バイオ安全キャビネットクラスII A2のアクリル試験チャンバ (450 mm × 500 mm × 900 mm、約0.2 m³) 内にオーラエア™装置を置きました (図1)。

ウイルス懸濁液 (1:10及び1:100に希釈) をコンプレッサ型噴霧器InnoSpire Essenceを使って空気流速約0.2 mL/minでチャンバ内に噴霧することによって、試験中にウイルス空気汚染が得られまし



た。ろ過装置は、エアロゾルによる汚染に続いて30分間作動させました。対照標準の操作は、同じ方法で装置を作動させずに行いました。この手順は、ウイルスの高濃度と低濃度で繰り返しました。空気中のウイルス濃度を試験するために、塩に漬けたパッドをチャンバ内の高さ約40cmのところのところに置きました。ろ過装置の作動あり又はなし(参照標準)で、時間範囲1~10分間、11~20分間及び21~30分間、サンプル採取を行いました。完了後、これらのパッドを低温dPBS内に置き、残留ウイルスRNAを抽出しました。

結果

生体システム制御

鶏の卵内でのウイルスの繁殖: 48時間接種後の感染した鶏の卵の尿膜流体からRNAを抽出しました。RT-PCRアッセイ解析から、感染した卵の中にIBV RNAが存在することが分かりました(図2)。

直接PCR測定

ろ過装置の分離した元素の試験: ろ過装置の分離した元素をウイルスで汚染し、10分間暴露しました。処理後、残留ウイルス粒子のRT-PCR分析を行い、参照標準(ろ過能力のない普通の織布)に比較してウイルス検出が著しく減少していることが分かりました。

ウイルスエアロゾルを扱うろ過装置の能力の試験: 試験チャンバの中にワイヤを置き、チャンバ内にウイルスエアロゾルを噴霧しました。処理後のワイヤのRT-PCR分析から、ろ過装置を作動させていない場合の参照標準と比べて、ろ過装置を10分間、20分間又は30分間作動させたときに、ワイヤ上の残留ウイルスが著しく減少していることが分かりました。

表1: IBV減少率

サンプル	コロナウイルス減少率 [%]
参考1	
HEPA rep1	99.7243
SCF rep.1	99.9744
ステリオナイザ™D5 rep.1	99.9651
ステリオナイザ™D6 rep.1	99.9429
UVC LED rep.1	99.9631

チャンバ内でのろ過装置の試験後ワイヤ上に残っている残留ウイルス粒子のRT-PCR分析: 黄色の棒線は、ろ過装置を作動させずに低濃度のウイルス粒子を含有するエアロゾルを噴霧したワイヤを表し、橙色の棒線は、ろ過装置を作動させながら低濃度のウイルス粒子からなるエアロゾルを噴霧したワイヤを表し、青い棒線は、ろ過装置を作動させずに高濃度のウイルス粒子を含有するエアロゾルを噴霧したワイヤを表し、そして紫色の棒線は、ろ過装置を作動させながら高濃度のウイルス粒子からなるエアロゾルを噴霧したワイヤを表します。図3に示すように10分間(1)、20分間(2)又は30分間(3)ろ過装置を作動させるか、又は作動させませんでした。

試験材料中のウイルス含有量(タイム、サイクル“0”)

装置の元素の試験: ろ過装置の分離した元素を10分間ウイルスに暴露しました。RT-PCRデータは、以前述べたように処理しました。種々のフィルタ上に噴霧した後残っている残留ウイルス粒子のRT-PCR分析から、抗ウイルス性質のない参照標準織布と比

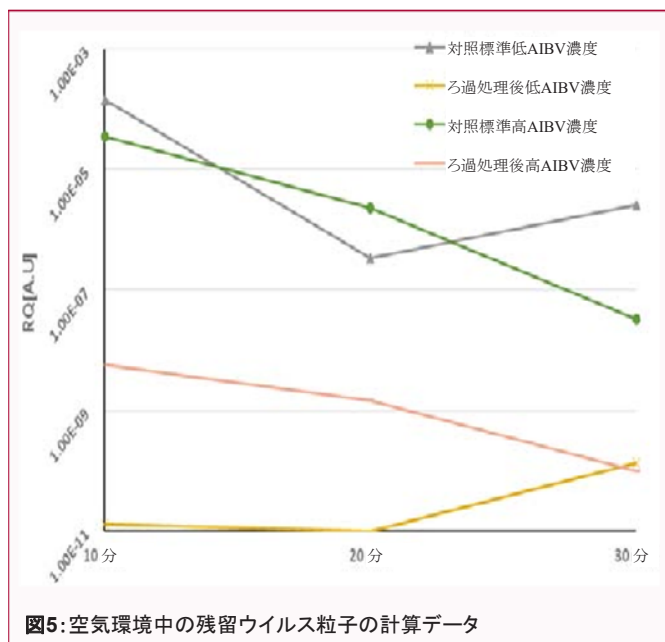


図5: 空気環境中の残留ウイルス粒子の計算データ

べてウイルスレベルが著しく下がっていることが分かりました(図4及び表1)。計算データを平準化すると、装置の元素の大部分は、ウイルス含有量を99.9%以上減らせることが分かります。

灰色の棒線(参照標準)は、殺菌能力のない織布を表します。殺菌能力のある元素(凡例参照)は、RT-PCRサイクル“0”に従って含有量を計算した場合、残留ウイルスレベルの著しい低下を示しています。

空気環境殺菌試験

ろ過装置作動中にウイルス懸濁液を噴霧することにより空気のウイルス汚染を達成しました。空気のウイルス濃度は、チャンバ内に置いたパッドを使って測定しました。パッドは、イソ-ノルマルdPBSの入ったチューブ(10 ml/チューブ)内に回収し、そこから残留ウイルスRNAを抽出し、RT-PCRを行いました。RT-PCR測定は、サイクル32(実験方法参照)で行い、それを使ってサンプルのウイルス含有量を決定しました。処理結果から、未処理空気から採取したサンプルと比較して、ろ過装置を作動させているときに採取したパッド上の残留ウイルス粒子が著しく減少していることが分かりました(図5)。平準化した比較では、オーラエアシステムにより、元のウイルスレベルが99.9%以上減少したことが分かります(表2)。

考察

ウイルス、細菌又は寄生虫が引き起こす感染症は、主要な世界的経済及び健康の問題です。これらの病原体の多くは、空中に存在するので、閉鎖された空間内の空気を効率的に殺菌する能力は、実質的に感染率を下げる可能性があります。このようなろ過装置は、アレルゲン及びその他の化学物質の数も減らし、したがって汚染に関係する呼吸障害を減らすことができます。

COVID-19の世界的流行の発生に伴って、保険局は、ウイルスの蔓延を食い止めるという重要な難題に直面しています。これは特に病院やホスピスのような医療現場における現実です。効果的な空気ろ過方法は、COVID-19及び他のウイルスの蔓延の軽減において極めて重大であることを証明できます。以前、試験結果から、オーラスマートエア装置が、インフルエンザH1N1及びH5N1のような各種ウイルスを含む一連の高リスク病原体を有効的にろ過できるこ

表2: コロनावirusの減少率(平準化した結果)

サンプル	処理時間		
	10分	20分	30分
オーラエア処理後低AIBV濃度	99.99999	99.99975	100
オーラエア処理後高AIBV濃度	99.98325	99.93515	99.6845

とが分かりました[20]。現実の変化及びニーズの高まりの一環として、我々は、この装置がコロナウイルスをろ過する能力を試験したいと考えました。したがって、我々は、サイズがSARS-CoV-2に類似したコロナウイルスによって汚染された空気を浄化するための、分離した部品としてかつ全体としての、オーラスマートエア装置の能力を定量化できる実験装置を製作しました。

SARS-CoV-2ウイルス粒子のサイズは60~140 nmなので、より大きな呼吸小滴及び汚染空気(>1 m)によって容易に伝染させることができます。ウイルスの粒子は、ろ過によって空気から除去でき、それは空気の流れに依存します[6、23、24]。高効率粒子空気(HEPA)フィルタは、空気からのウイルスの除去に適しているとして推奨されてきました[13]。HEPAフィルタは、効率的粒子除去と空気がそこを通過する容易さとの間のバランスが優れているので、理想的です[24]。米国疾病対策予防センター(CDC)は、以前携帯式HEPA浄化器を2003年のSARS流行の背後の感染病原体であるSARS-CoV-1用の感染抑制対策の補助機器として使うことを推奨しました[25]。

強化された換気装置は、ワクチンがすぐに利用できるようになるまでは、屋内でのSARS-CoV-2の蔓延の制限に必要な不可欠かもしれませぬ。換気装置が、正確に設計され、清浄に保たれる場合、それは空中の病原体を除去するのに効率的なはずで、換気装置を別の部屋と共用し、部分的な空気の再循環がある場合、再循環の経路は、相互汚染を防止するために閉鎖しなければなりません[26]。

オーラエア装置は、空気の除染のためにスマートで革新的な浄化殺菌技術を利用しています。この装置は、5.8 m³/minでろ過することにより、換気を強化するために閉鎖された部屋で空気を循環させます。この技術は4段階、すなわちプレフィルタ、レイフィルタ、UV-C LED及びステリオナイザ、に基づきます。レイフィルタは、3層、すなわち0.3 μmの粒子を>95%効率的にろ過するHEPA(MERV-16相当)、揮発性有機化合物(VOC)及び悪臭を吸収するカーボンフィルタ、及び空気をさらにろ過する亜鉛引きスマート銅織布、から構成されています。また、銅は、HIV-1のようなウイルスを不活性化するのに有効です[27]。

短波長紫外線照射(UV-C)は、RNA核酸及びDNA核酸に結合させることができ、その結果、DNAの突然変異をしばしば誘発する隣接するピリミジンの共有結合した二量体が生じます[28、29]。また、UV-Cを照射すると、空中又は周囲の表面のコロナウイルス[30]、並びに特にCOVID-19[31]が無効になることが分かりました。UV-C LEDは、膜状蛋白を直接損傷させることによって病原体を不活性化することもできます[32]。オーラエア装置は、275 nmの波長で4個のUV-C LEDを使い、これは、細胞表面の蛋白を破壊することによって種々の病原体を無効にするのに効果的です。

二極イオン化技術に基づくステリオナイザは、空気からの酸素分子を微粒子の周りに密集させ、空中の病原体を囲み不活性化する帯電原子に転換する専用のチューブを利用します[18、19、33]。実際に、研究から、イオン化が養鶏場においてインフルエンザAの空中での拡散を減らすことが分かりました[18]。以前の臨床試験では、日本の北里環境科学センターにおいてステリオナイザ

を試験しました[34]。ステリオナイザは、空中のインフルエンザウイルスH1N1のレベルを暴露の30分後に92%、そして暴露の60分後に98.9%下げました。オーラエア装置は、CBRN空気ろ過及び空気処理製品の一流の設計製造企業であるBeth-El Zikhron Yaaqov Industries社が製造しています。

我々は、IBVコロナウイルスを卵の中で繁殖させることができました。RT-PCRアッセイは、陰性対照と比較して接種した卵の中でのIBVウイルスの存在を実証しました。ろ過装置の種々のエレメントから、殺菌能力のない参照標準織布と比較して残留ウイルスが著しく減少していることが分かりました。空気環境殺菌試験の結果、未処理空気から採取したサンプルと比較して、ろ過装置を作動させていたときに採取したパッド上の残留ウイルス粒子が著しく減少していました。平準化した比較から、試験時間中にウイルスが99.9%超減少したことが分かります。

したがって、オーラエアは、一般的には病原体の、そして特にコロナウイルスの空中蔓延を減らすことがはっきりと期待できます。最適な使用について、オーラエアユニットは、臨床検査室、ウイルス患者を治療するスタッフの居室、患者又はウイルスの保持者を手術する予定の手術室、免疫系が弱っている患者の病室のような空中ウイルスへの暴露の可能性がもっとも高い所に設置しなければなりません。設置に続いて、臨床試験でオーラエア装置の空中感染を減らす効率を評価することになります。

参考文献

- Gorbalenya AE, Baker SC, Baric RS, de Groot RJ, Drosten C, Gulyaeva AAほか。重症急性呼吸器症候群関連コロナウイルスの種:2019-nCoVに分類し、SARS-CoV-2と命名する。Nat Microbiol. 2020; 5:536~44。
- コロナウイルス病 (COVID-19) と命名され、それを引き起こすウイルス。
- COVID-19の移動中のデータ - ジョンズホプキンスコロナウイルス資源センター。
- Klevens RM, Edwards JR, Richards CL, Horan TC, Gaynes RP, Pollock DAほか。米国の病院における健康管理に伴う推定感染及び死亡、2002。Public Health Rep. 2007; 122(2):160~6。
- Haque M, Sartelli M, McKimm J, Bakar MA。健康管理に伴う感染 - 概要。Infect Drug Resist. 2018; 11:2321~33。
- Stockwell RE, Ballard EL, O'Rourke P, Knibbs LD, Morawska L, Bell SC。病院屋内の空気及びバイオエアロゾルについての換気の影響: 系統的レビュー。J Hospital Infect. 2019; 103(2):175~84。
- Möritz M, Peters H, Nipko B, Rüden H。暖房、換気及び空調 (HVAC) 装置における空中の細菌及びかびを捕捉する空気フィルタの能力。Int J Hyg Environ Health. 2001; 203(5~6):401~9。
- Choi H, Chatterjee P, Coppin JD, Martel JA, Hwang M, Jinadatha C。健康管理現場におけるSARS-CoV-2の表面汚染及び接触伝染の現在の理解。Environ Chem Lett. 2021; 1~10。
- Last M。イスラエルにおけるCOVID-19の第一波—一般に利用可能なデータの当初の分析。PLOS ONE. 2020; 15(10):e0240393。
- 報告:イスラエル完全ロックダウン、移動及び輸送の制限に入る - I24news。
- Sheba - 英語。
- 技術 | オーラエア。
- 高効率微粒子空気hepaろ過の事実、ろ過の背後にある原理とは何か? 2014。
- Balieu E, Bjamov E。空気清浄化プロセス-IIにおける活性炭カーボンフィルタ。突破時期の予想及びモデルフィルタの研究からの能力。Ann Occup Hyg. 1990; 34(1):1~11。
- Cortes AA, Zuñiga JM。SARSコロナウイルス及びインフルエンザウイルスの伝染防止を助ける銅の使用。一般的レビュー。Diagn Microbiol Infect Dis. 2020; 98(4):115176。
- Yang JH, Wu UI, Tai HM, Sheng WH。健康管理に伴う病原体を減少させるための紫外線-C殺菌システムの有効性。J Microbiol, Immunol Infect. 2019; 52(3):487~93。
- Walker CM, Ko G。ウイルスエロゾルへの紫外線殺菌照射。Environ Sci Technol. 2007; 41:5460~5。
- Hagbom M, Nordgren J, Nybom R, Hedlund KO, Wigzell H, Svensson L。イオン化空気がインフルエンザウイルスの感染力に影響し、空中伝染を防止する。Sci Rep. 2015; 5:11431。
- Meschke S, Smith BD, Yost M, Geftter P, Gehlke S, Halpin HA。表面帯電、負及び二極イオン化の空中細菌の沈着物に対する効果。J Appl Microbiol. 2009; 106(4):1133~9。
- オーラエア。
- Woolcock PR。鳥類インフルエンザウイルスの分離及び鶏卵内での繁殖。Methods Mol Biol. 2008; 436:35~46。
- Guy JS。胚含有卵内のコロナウイルスの分離及び繁殖。Methods Mol Biol. 2015; 1282:63~71。
- 医療諮問事務局。空気浄化技術: 証拠に基づく分析。Ont Health Technol Assess Ser. 2005; 5(17):1~52。
- Nazarenko Y。空気ろ過及びSARS-CoV-2。Epidemiol Health. 2020; 42:e2020049。
- CDC, Neird。注意 重症急性呼吸器症候群 (SARS) バージョン2補足Iに対する地域社会レベルの準備完了及び応答のための公衆衛生ガイダンス: 重症急性呼吸器症候群 (SARS) に対する地域社会レベルの準備完了及び応答のための健康管理、家庭及び地域社会現場の公衆衛生ガイダンスにおける感染抑制。2004。
- Gola M, Caggiano G, de Giglio O, Napoli C, Diella G, Carlucci Mほか。SARS-CoV-2の屋内汚染: 換気装置の抗COVID-19管理の検討、及び健康管理施設内の仕上げ材料。Ann Ig. 2020。
- Sagripani JL, Lightfoote MM。銅イオン及び鉄イオンがHIVを不活性化化する。AIDS Res Hum Retroviruses. 1996; 12(4):333~6。
- Cadet J, Sage E, Douki T。紫外線照射媒介による細胞DNAに対する損傷。Mutat Res. 2005; 571(1-2):3~17。
- Mullenders LHF。太陽UVによる細胞DNAの損傷: メカニズムから生物学的影響まで。Photochem Photobiol Sci. 2018; 17(12):1842~52。
- Prevenslik T。ナノ粒子からのUVCによるコロナウイルスの殺菌。2020。
- Buonanno M, Welch D, Shuryak I, Brenner DJ。遠UVC光 (222 nm) が効率的かつ安全に空中の人間コロナウイルスを不活性化する。Sci Rep. 2020; 10(1):10285。
- Schwarz T。紫外光が、細胞膜及び細胞質ターゲットに影響する。J Photochem Photobiol B. 1998; 44(2):91~6。
- Hyun J, Lee SG, Hwang J。エロゾル化したウイルスのろ過及びろ過したウイルスの不活性化のためのコロナ排出によって生成した空気イオンの用途。J Aerosol Sci. 2017; 107:31~40。
- ステリオナイザ™効能試験/二極イオン化装置|健康屋内空気、天然のままの方法。