

آیا فلز مس می تواند به مبارزه با کووید-۱۹ کمک کند؟

مریم کارگر راضی؛ مشاور مدیرعامل شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران در امور پژوهشی

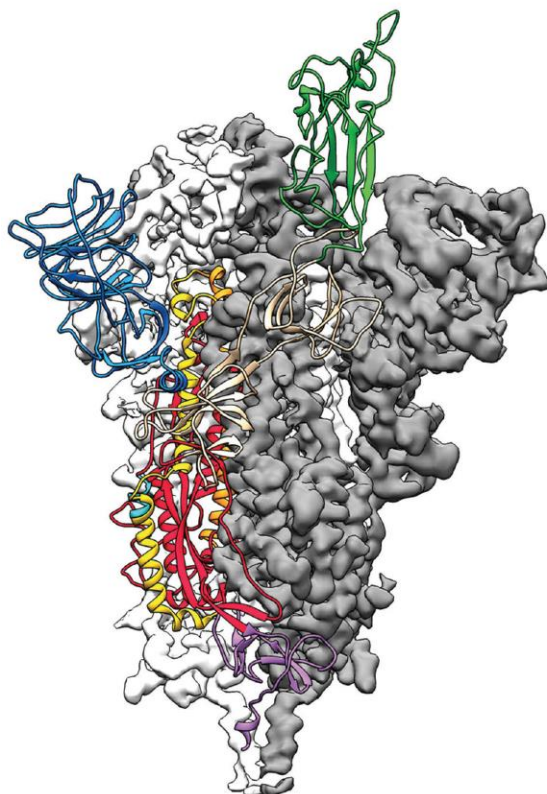
متخصصان کاربرد گسترده ی آلیاژهای مس در فضاهای عمومی را جهت کاهش شیوع کووید-۱۹ در به حداقل رساندن پاندمی های آتی پیشنهاد می کنند. مقاله پیش رو، مروری بر تحقیقات شیمیدانان و میکروبیولوژیست ها در خصوص عملکرد سطوح مسی در مقایسه با سایر سطوح در حذف فعالیت ویروس کووید-۱۹ دارد.

مس سلاح قدرتمندی در مبارزه علیه کووید-۱۹ و پاندمی های آتی است که باید از آن استفاده کنیم. در طول تاریخ، مس به خاطر فعالیت ضد میکروبی اش شناخته شده است. با ابداع آنتی بیوتیک ها، ارزش مس به عنوان یک درمان پزشکی کنار گذاشته شد و در پایگاه دانش جمعی مان گم شد. درحالی که دنیا بر درمان بیماران مبتلا به کووید-۱۹ و توسعه ی کیت های تست و واکسن ها تمرکز دارد، اما پیشگیری اهمیت بیشتری دارد. تحقیقات روزافزون حاکی از آن است که آلیاژهای مس پتانسیل کنترل گسترش بیماری های عفونی و کاهش اثرات پاندمی های آتی را دارند.

مطالعات غیرفعال سازی

یک مقاله نوشته ی ون دورمالن و همکارانش که اخیراً در مجله ی پزشکی نیوانگلند منتشر شده گزارش داد که سندرم تنفسی حاد کروناویروس ۲ (SARS-CoV-2)، گونه ی جدیدی از کروناویروس که منجر به عفونت های کووید-۱۹ می شود، عفونت را در ذرات ریز معلق در هوا و بر روی سطوح رایج برای دوره های زمانی طولانی نگه می دارد. مهمتر از همه، درحالی که این ویروس بر روی پلاستیک و فولاد ضدزنگ ۳۰۴ تا ۷۲-۴۸ ساعت امکان

ابتلا دارد، غیرفعال سازی طی ۴ ساعت در ۹۹,۹ درصد از آلیاژ مس مشاهده شد. این یافته در گزارشات پزشکی به شدت نادیده گرفته شده بود. یک کروناویروس دیگر به نام کروناویروس انسانی ۲۲۹E (Hu-CoV-229E) طیف گسترده ای از اختلالات ریوی را بوجود می آورد. مقاله ای که در سال ۲۰۱۵ توسط وارنز و همکارانش منتشر شد نشان داد که Hu-CoV-229E پس از قرارگیری در معرض پلی تترا فلورو اتیلن (PTFE یا تفلون)، پلی وینیل کلرید (PVC)، کاشی سرامیک، شیشه، لاستیک سیلیکونی و فولاد ضدزنگ همچنان عفونی باقی می ماند اما بر روی مس و دامنه ای از آلیاژهای مس-روی و مس-نیکل غیرفعال می شود. پس از ۵ دقیقه قرارگیری در معرض این آلیاژها، فعالیت عفونی کاملاً از بین رفت که به نوع آلیاژ آزمایش شده بستگی دارد. نه تنها غیرفعال سازی سریع رخ داد، بلکه با تخریب برگشت ناپذیر RNA ویروسی و آسیب های ساختاری بزرگی همراه بود. شکل ۱ که از کارهای وارنز و همکارانش اقتباس شده بسیار پرمحتوا است و به توضیحات دقیقی نیاز دارد. در پروتکل آزمایشگاهی، یک نمونه ی کوچک از سوسپانسیون ذرات ویروس در یک کوپن ۱ سانتی متر مربعی از یک فلز با ترکیب بندی مشخص پخش شد. پس از یک مدت زمان مشخص، ذرات ویروس از روی سطح کوپن شسته شده و تعداد ویروس های عفونی باقیمانده مشخص گردید. این تعداد به صورت تعداد واحدهای تشکیل دهنده ی پلاک (pfu) در هر واحد از کوپن بیان می شود. شکل ۱ تعداد pfu (در مقیاس لگاریتمی) را در مقابل زمان قرارگیری در معرض سطح آلیاژ را نشان می دهد.



شکل ۱- یک نقشه ی اتمی سه بعدی یا ساختار مولکولی پروتئین اسپایک (گل میخ) nCoV-2019. این پروتئین به دو شکل مختلف تبدیل می شود که ترکیب بندی نامیده می شوند - یک ترکیب بندی قبل از عفونی کردن سلول میزبان و یک ترکیب بندی در حین عفونت. این ساختار پروتئین را قبل از اینکه یک سلول را عفونی کند نشان می دهد که ترکیب بندی پروفیوژن نام دارد. برگرفته از جیسون مک للان/دانشگاه تگزاس در آستین.

عملکرد آلیاژ مس

شکل ۱ □ یک سری برنج را در دامنه ی ۶۰ تا ۹۵٪ Cu (balance Zn)، C110 (۱۰۰٪)، Z130 (Zn ۱۰۰٪) و فولاد ضدزنگ S304 (Ni ۸٪- Cr ۱۸۰٪) نشان می دهد که به عنوان کنترل آزمایشی استفاده شدند. S304

و Z130 هیچ کدام کاهش عفونت قابل توجهی را در ذرات ویروسی نشان ندادند، درحالیکه C110 (Cu ۱۰۰٪) و C210 (Cu ۹۵٪) سریعترین کاهش را نشان دادند که سپس با افزایش زمان، غیرفعالسازی کامل به ترتیب زیر رخ داد:

C210 (Cu ۹۵٪)، C220 (Cu ۹۰٪)، C230 (Cu ۸۵٪)، C260 (Cu ۷۰٪) و C280 (Cu ۶۰٪).

به همبستگی معکوس بین کاهش محتوای مس و افزایش زمان برای غیرفعالسازی در برنج توجه کنید. شکل ۱۰ یک طرح کلی از داده های ۳۰ دقیقه ای اول شکل ۱۰ نشان می دهد. این شکل یک کاهش تدریجی و سپس یک غیرفعالسازی سریع را نمایش می دهد. شکل ۱۰ یک سری از آلیاژهای مس-نیکل را در دامنه ی ۷۰٪ تا ۹۰٪ Ni) N022 (۱۰۰٪) و S304 نشان می دهد. S304 و N022 هیچ کاهش معناداری را در ذرات ویروس نشان ندادند. آلیاژهای مس-نیکل افزایش زمان غیرفعال کامل را با کاهش محتوای مس به ترتیب زیر نشان دادند:

C110 (Cu ۱۰۰٪)، C706 (۹۰٪)، C725 (Cu ۸۸٪)، C710 (Cu ۸۰٪) و C715 (Cu ۷۰٪).

مجدداً به همبستگی معکوس بین کاهش محتوای مس و افزایش زمان برای غیرفعالسازی در آلیاژهای مس-نیکل توجه کنید. در شکل ۱۱، یک مقدار بسیار کوچک از ماده ی تلقیحی که فوراً خشک شده بود در نمونه های فلز قرار داده شد تا یک لمس انگشت بر روی سطح را شبیه سازی کند. غیرفعالسازی Hu-CoV-229E ظرف ۲٫۵ دقیقه در C110 (Cu ۱۰۰٪) و طی ۵ دقیقه در برنج کارتریج C260 (Cu ۷۰٪) تکمیل شد، درحالی که فولاد ضدزنگ S304 فقط یک کاهش خفیف را نشان داد که به احتمال زیاد به دلیل تبخیر بوده است. این نتایج با قدرت این نتیجه گیری را تأیید می کنند که آلیاژهای مس به سرعت ویروس Hu-CoV-229E را غیرفعال می کنند و مس در آلیاژ مسئول این غیرفعالسازی است.

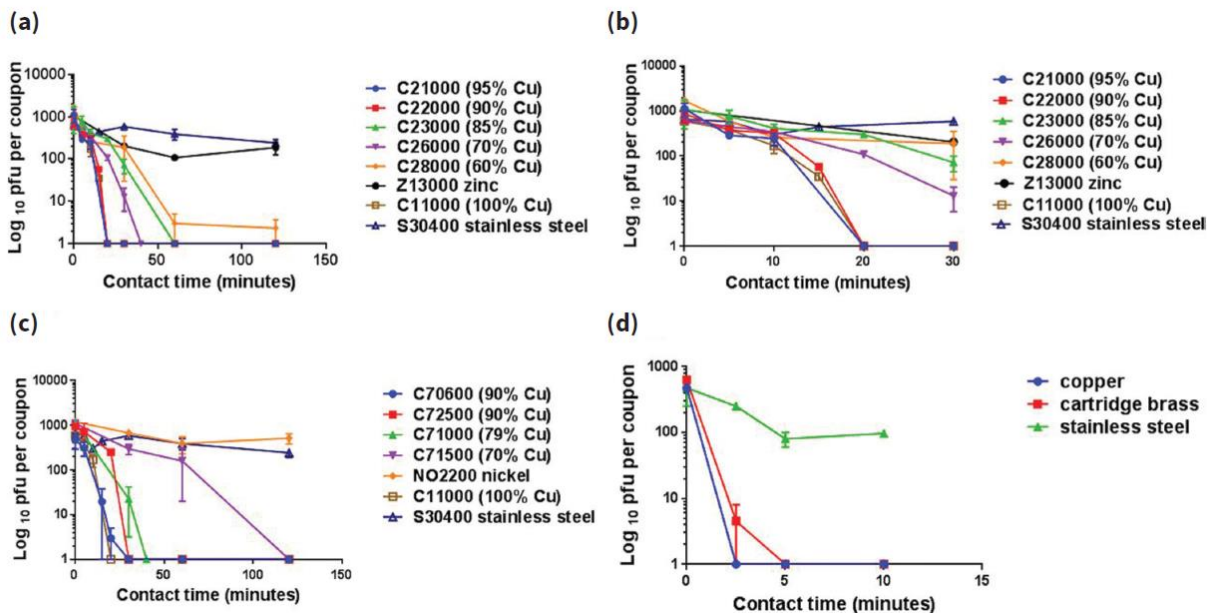
این دو مقاله از گونه های مختلف کروناویروس استفاده کردند اما احتمال نمی رود که این علت اختلاف مشاهده شده در زمان های غیرفعالسازی باشد. فعالیت ضدکروناویروس آلیاژهای مس احتمالاً برای تمام گونه های

کروناویروس قابل اجرا است زیرا این دسته از ویروس ها از لحاظ ساختاری یکسانند. ما همگی با شکل کروی کروناویروس با گل میخ های بیرون زده اش آشنا شده ایم. RNA این ویروس (اطلاعات وراثتی آن) درون یک «پاکت» کروی وجود دارد که از RNA محافظت می کند. این پاکت یک کره ی باریک از مولکول های لیپیدی (اسیدهای چرب) است که در یک لایه ی دوتایی یا یک دولایه ی لیپیدی سازماندهی شده اند. درون این دولایه ی لیپیدی دو پروتئین ویروسی E و M وجود دارد. سومین پروتئین (S) یا پروتئین گل میخ (اسپایک) در یک انتها به لایه ی لیپیدی متصل شده و از سطح به شکل گل میخ هایی بیرون زده است. این گروه از ویروس ها بر اساس این گل میخ ها نامگذاری شده اند چون در صورت بزرگنمایی شبیه «کرونا» هستند.

تغییرات خفیفی در اطلاعات وراثتی (RNA) باعث ایجاد تغییرپذیری های جزئی در پروتئین های سطح خارجی می شود. این پروتئین ها به ویژه S مسئول اتصال و ورود به سلول های تنفسی هستند که در آنجا RNA از دستگاه متابولیسمی سلول میزبان برای تولید ویروس های بیشتر استفاده می کند. تغییرپذیری در این پروتئین ها تغییرات زیادی در ساختار کلی و عملکرد ویروس ایجاد نمی کند. از این رو، می توان با درجه ی بالایی از اطمینان حدس زد که کارایی آلیاژهای مس در برابر Hu-CoV-229E باید برای SARS-CoV-2 و SARS-CoV-1 (عامل ایجاد کننده ی اپیدمی سارس در سال ۲۰۰۳) نیز مشاهده گردد.

دانشمندان بر این باورند که اختلافات در زمان های قرارگیری در معرض عفونت که در تحقیقات ون دورمالن و همکارانش و وارنز و همکارانش مشاهده شد ناشی از اختلافات تکنیکی در پروتکل های آزمایشگاهی بوده و جزو اختلافات ذاتی در میان گونه های ویروسی نبوده است. شکل ۱ ثابت می کند که اندازه های کوچک نمونه، در اینجا ۱ میکرولیتر یا یک پنجاهم یک قطره، ظرف ۵ دقیقه یا کمتر غیرفعال شدند. نتایج مشابه از آزمایشگاه های مختلف که بر روی کشتن باکتری ها توسط لیاژ مس کار می کنند نشان دادند که حجم ماده ی تلقیحی در کوپن فلزی سرعت غیرفعالسازی را به طور قابل توجهی بالا می برد. کشتن در زمان خشک شدن نمونه بر روی سطح

بسیار آهسته بود اما وقتی نمونه خشک شد، یک کاهش سریع در تعداد بازماندگان مشاهده شد. یک آزمایشگاه دیگر یک تکنیک «خشک» برای اعمال باکتری ها در کوپن همراه با گوش پاک کن توسعه دادند.



شکل ۱. غیرفعالسازی کروناویروس انسانی [۲۹] توسط آلیاژهای مس-روی و مس-نیکل. منتشر شده با کسب اجازه از وارنر و همکارانش،

۲۰۱۵.

آنها دریافتند که کشتن کامل باکتری ها یک دقیقه پس از استفاده از این روش یا حتی کمتر از یک دقیقه رخ داد. دورمالن و همکارانش از نمونه های ۵۰ میلی لیتری استفاده کردند اما هیچ اطلاعاتی در مورد زمان خشک شدگی، آماده سازی سطح یا توزیع نمونه ارائه نکردند. آماده سازی سطح فلزی می تواند عامل مهمی باشد. وقتی ورقه ی مس از کارخانه خارج می شود، یک روکش آلی نامحلول مثل بنزوتریازول معمولاً بر روی آن وجود دارد. این روکش کشش سطحی را افزایش می دهد و در نتیجه از توزیع ماده ی تلقیحی، تبخیر آهسته و به احتمال زیاد انتشار یون مس از روی سطح جلوگیری می کند. این دو عامل یعنی زمان خشک شدگی ماده ی تلقیحی و آماده سازی سطح به احتمال زیادی عواملی هستند که بر زمان غیرفعالسازی تأثیر می گذارند.

محافظت از فضاهای عمومی

مواد تلقیحی خشک کوچک عوامل عفونی دقیقاً همان کاری را شبیه سازی می کنند که یک دست آلوده یا یک قطره ی سرفه یا عطسه در هنگام برخورد با یک سطح انجام می دهد و

این نتایج ارتباط ویژه ای با شیوع بیماری در فضاهای عمومی دارد. غیرفعالسازی آلیاژ مس به کروناویروس ها محدود نیست و بر روی ویروس هایی با ساختارهای مختلف نیز کار می کند. گزارشات آزمایشگاه کیویل نشان داده که آلیاژهای مس می توانند نورو ویروس های موش و ویروس آنفلوآنزا A را غیرفعال کنند. همانند مطالعه ی آنها بر روی Hu-CoV-229E، نرخ غیرفعالسازی نورو ویروس همبستگی معکوسی با غلظت مس در آلیاژهای مس-نیکل و مس-روی داشت که مضمون مشترک تمام مطالعات سطوح آلیاژ مس ضد میکروبی است.

طول عمر فعالیت ضد میکروبی آلیاژهای مس یک ملاحظه ی بسیار مهم دیگر در زمان انتخاب مواد جهت استفاده در فضاهای عمومی است. این درواقع یک سؤال سه بخشی است: آلیاژ مس تا چه مدتی توانایی کشتن/غیرفعالسازی یک ارگانیزم بیماری زا را حفظ می کند؛ آیا ارگانیزم های بیماری زا در مقابل کشتن/غیرفعالسازی آلیاژهای مس مقاومند؛ و چه نوع نگهداری/پاکسازی نیاز است؟

فعالیت ضد میکروبی آلیاژهای مس به نظر طولانی مدت است. سطوح چوبی و برنجی در ترمینال مرکزی بزرگ شهر نیویورک برای پاسخ به این سؤال استفاده شدند. این ساختمان هنرهای زیبا با سنگ مرمر و برنج (یک آلیاژ ضد میکروبی) به زیبایی تزئین شده است و به مدت یک قرن است که رو به عموم باز است. مناطق مشخصی با یک گوش پاک کن استریل نمونه برداری شدند و تعداد کل باکتری های جمع آوری شده با گوش پاک کن تعیین شد. هیچ اطلاعاتی در مورد سابقه ی پاکسازی سطح نمونه برداری شده یا فراوانی لمس آن جمع آوری نشد. نتایج در شکل ۲ ارائه شده اند. شمارش باکتری بصورت $CFU/100\text{ cm}^2$ یا واحدهای تشکیل دهنده ی کلونی در هر 100 سانتیمتر مربع بیان شد. سطوح برنجی با 88 و $51\text{ CFU}/100\text{ cm}^2$ نسبت به سطوح چوبی با 563 و $1866\text{ CFU}/100\text{ cm}^2$ دارای شمارش باکتری بسیار کمتری بودند. این یافته اثبات می کند که اجزاء برنجی قابلیت های ضد میکروبی شان را پس از چندین دهه لمس کردن حفظ کرده اند. غیرفعالسازی ویروسی توسط

آلیاژهای مسی چندان تحت مطالعه قرار نگرفته اما گزارشاتی که در اینجا اشاره شدند تخریب برگشت ناپذیر ذرات ویروسی را نشان می دهند. از آنجایی که ساختار ویروسی تا حد زیادی ثابت است، مقاومت مسئله ی مهمی نیست. در باکتری ها، ساده ترین مکانیزم کشتن که با داده ها همخوانی دارد «نظریه ی هدف غشایی» است. در این نظریه، یک جزء اساسی از غشاء باکتریایی اسیدهای چرب اشباع نشده هستند که با قرارگیری در معرض یون های Cu^{+}/Cu^{++} اصلاح می شوند، طوری که باعث از بین رفتن کامل یکپارچگی غشا و پارگی سلول می شوند. مقاومت در برابر قرارگیری در معرض سطح آلیاژ مس در بیش از ده ها تریلیون باکتری آزمایش شده در مطالعات آزمایشگاهی یافت نشده است. از این رو، حداقل برای باکتری ها، تغییر وراثتی لازم برای مقاومت غیرممکن یا کشنده است.

پاکسازی و نگهداری، دیگر ملاحظات مهم هستند. بیشتر آلیاژهای مس ضد میکروبی که دارای تأییدیه ی موسسه ی حفاظت زیست محیطی (EPA) هستند تا حدی کدر هستند، اما بعضی از آنها در مقابل کدر شدن مقاوم تر بوده و برای استفاده در فضاهای عمومی مناسب هستند.

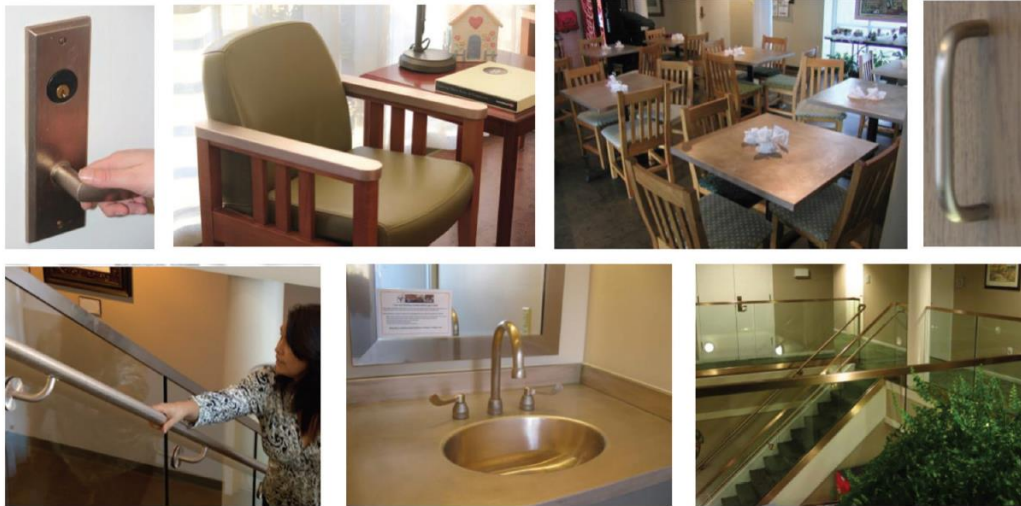
وب سایت شبکه ی فعالیت ضد میکروبی مس منبعی است که می توان در آنجا پروتکل های پاکسازی تأیید شده توسط EPA را مطالعه کرد و اطلاعاتی درباره ی اجزاء مسی ضد میکروبی موجود بدست آورد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که EPA یک تست آزمایشگاهی شخص ثالث مستقل را اجباری کرده است، همانطور که میشلز و اندرسون توضیح داده اند. نتایج تست ثابت می کنند که پاسخ ضد میکروبی مس قدرتمند و بادوام است.

پیشنهادات

هر کجا که می رویم سطوحی را لمس می کنیم که احتمال دارد آلوده به باکتری ها، ویروس ها و میکروارگانیسم های بیماری زای دیگر باشند. به آخرین باری که در فرودگاه، مرکز خرید یا بیمارستان بودید فکر کنید. دستگیره ی در، درهای فشاری، دستگیره ها، شیرآلات دستشویی و غیره را لمس کرده اید. هریک از این سطوح در هر کدام از این محیط های عمومی پتانسیل آن را دارد که میکروب های بیماری زا را به دستان شما منتقل کند و در نتیجه شما را آلوده کند. اولین خط دفاعی شما شستشوی مکرر دست ها است اما چه اتفاقی می افتد اگر این سطوح رایج از آلیاژ مس ضد میکروبی ساخته شده باشند؟ آنها تمام طول روز و هر روز سال کار می کنند تا باکتری ها، ویروس ها و قارچ های بیماری زا را بکشند.



شکل ۲. میزان باکتری های یافت شده بر روی سطوح برنجی و چوبی در ترمینال مرکزی بزرگ در شهر نیویورک.



شکل ۳. ورودی رستوران رونالد مک دونالد در چارلستون، جنوب کالیفرنیا که با اجزاء آلیاژ مس مقاوم سازی شده است.

بیش از ۵۰۰ آلیاژ به تأیید EPA رسیده اند و تعداد زیادی از تولیدکنندگان آلیاژ و تولیدکنندگان قطعات متعهد شده اند که انواع اقلام لازم را تولید کنند. دنیا در حال حاضر مشغول مبارزه با پاندمی کووید-۱۹ است. در سال های اخیر، شاهد HIV، SARS، MERS و گونه های دیگر آنفلوآنزا در هر سال بودیم، مثل پاندمی آنفلوآنزای سال ۱۹۱۸. تمام این پاندمی ها موجب مرگ و میر زیادی شدند اما خوشبختانه تعداد کمی از آنها به سرعت کووید-۱۹ شیوع پیدا کردند. پاندمی کووید-۱۹ آخرین پاندمی نخواهد بود. عوامل عفونی جدید همچنان ظهور پیدا خواهند کرد و در سراسر دنیا پخش خواهند شد که علت اصلی آن تحرک جهانی بالا است. باید از هر سلاحی برای مبارزه با این نبرد بی پایان استفاده کنیم. آلیاژهای مس ضد میکروبی سلاح های قدرتمندی هستند. این آلیاژها باید کاربرد گسترده ای در فضاهای عمومی که به طور رایج لمس می شوند به ویژه در مکان هایی با ترافیک بالای انسان ها استفاده شوند. سیستم های حمل و نقل عمومی، فرودگاه ها، کشتی های تفریحی، پایگاه ها و کشتی های نظامی، مراکز خرید، مدارس، هتل ها، تجهیزات سرگرمی، استادیوم های ورزشی، ساختمان های اداری بزرگ، بیمارستان ها و مراکز مراقبت بهداشتی و غیره باید مقاوم سازی شوند و قطعاتی حاوی مس ضد میکروبی

مثل دستگیره های در، زرده ها پله، درهای فشاری، دستگیره ها و کشوها، صفحات سوئیچ الکتریکی، لوازم لوله کشی و سینک ها و دکمه های طبقات آسانسور در آنجا نصب شوند.

مرجع:

Harold T. Michels, Corrine A. Michels , Advanced Materials & Processes/ 2020