



未来,“鼻内口罩”如果能与普通口罩联用,有望为医务人员等经常出入高浓度病毒气溶胶区域的人群提供额外防护。

你能想象得到吗?只需轻轻喷一喷,就能在鼻子内“戴”上一层“口罩”。中国科学院过程工程研究所(以下简称过程工程所)的科研人员创制了一种“鼻内口罩”,能够实现病毒的拦截并让病毒失活,可大大降低病毒感染的风险。研究显示,在小鼠、人鼻腔数字模型、人呼吸道仿真模型验证中,“鼻内口罩”均表现出显著的防护效果。

什么是“鼻内口罩”,其防护原理是什么,和普通口罩相比它有什么优势?记者就这些问题采访了相关专家。

## 在鼻腔处设置一道“关卡”

气溶胶是病毒性呼吸道感染的主要传播方式。鉴于病毒气溶胶可以通过鼻腔侵入人体,研究人员设想,是否可以在鼻腔处设置一道“关卡”或“护盾”,即涂上可以有效拦截病毒甚至灭活病毒的涂层?基于多年的生物剂型工程研究基础,中国科学院院士、过程工程所研究员马光辉和过程工程所研究员魏伟团队创制了“鼻内口罩”。

实际上,“鼻内口罩”是一种嵌合细胞囊泡的温度敏感型凝胶。它由表面高表达病毒受体的微米级细胞囊泡,嵌合在携带正电荷的温敏型水凝胶中构成。在

室温状态下,它呈现液态并可以喷雾的方式进入鼻腔中。当液态的“鼻内口罩”进入鼻腔后,在人体温度的作用下,可以很快地由液态转化为凝胶态,从而在鼻腔中形成一层凝胶防护层。

“该防护层能够通过拦截和诱捕这两种作用,阻止病毒气溶胶进入肺部,并且能够使病毒气溶胶中的病毒失去感染能力。”论文共同第一作者、过程工程所副研究员王双说,当病毒气溶胶被吸入鼻腔时,该凝胶防护层中的正电荷凝胶能够拦截并吸附带负电荷的病毒气溶胶颗粒,从而阻断其向下游气管及肺部的

传播;而嵌合在凝胶中的微米级细胞囊泡,能够进一步借助表面高表达的病毒受体,诱捕病毒进入囊泡内部使其失活,以此保护鼻腔上皮细胞不被病毒感染。上述两种作用协同,可降低病毒感染的风险。

“在研究过程中,我们制备了多种不同浓度、不同配比的水凝胶。通过考察它们的喷雾性能、温敏性能、气溶胶吸附性能等,我们最后筛选出了一个多方面均有良好表现的凝胶配方。”论文共同第一作者、过程工程所博士生胡校铭说。

通过小鼠的病毒感染模型

与病毒传播模型实验,研究人员发现,“鼻内口罩”可以有效保护小鼠鼻腔和肺部免受病毒气溶胶的感染。

此外,研究团队还借助3D打印技术获得了人体鼻腔实物模型,并将其与人肺类器官模块(模拟肺组织)和气流管道模块(模拟呼吸气流)连接,构建了集成化的人呼吸道仿真模型。在此基础上,团队证明了“鼻内口罩”能够有效降低不同病毒气溶胶对于肺类器官的感染率。

## 以内化方式遮蔽病毒感染蛋白

与以往研究主要针对病毒感染不同,这项研究主要聚焦于病毒气溶胶。“我们的研究提供了一种拦截病毒气溶胶并诱捕病毒,从而阻止病毒气溶胶感染的新思路。这为病毒气溶胶防护领域添上了一块新的拼图。”王双说。

在以往的研究中,科研人员主要利用纳米级细胞囊泡,或者宿主细胞的细胞膜修饰的纳米颗粒作为病毒“诱饵”。这种病毒“诱饵”能够借助其表面携带的

病毒受体与病毒进行结合。但由于其内部尺寸太小或无内部空间,因此它不能内化病毒,仅能遮蔽病毒的一部分感染蛋白,导致病毒还有感染细胞的可能性。

王双介绍,在本研究中,团队制备出微米级细胞囊泡作为病毒“诱饵”。它的内部具有较大的空间,能够通过内化的方式遮蔽病毒的感染蛋白,大大降低病毒感染的风险。更为重要的是,微米级细胞囊泡表面的病毒受体完全来自病毒的宿主细胞,而

病毒感染细胞的过程必须借助宿主细胞膜表面的病毒受体。因此,这种结合不会由于病毒发生突变而丧失。这就意味着微米级细胞囊泡内化病毒并使病毒失活的能力不会因为病毒变异而失效,能够适用于病毒的不同变异株。

这项研究创新性地将计算流体学—离散颗粒模拟技术,与基于电子计算机断层扫描数据的3D重构技术运用到病毒气溶胶鼻内防护领域的研究中。研

究还首次构建了人呼吸道仿真模型,来模拟真实人体在呼吸作用下吸入病毒气溶胶的过程。同时,研究借助计算机模拟与实验验证相结合的方式,从多角度为“鼻内口罩”在人体上的适用性与有效性提供了有力证据。魏伟认为,研究中所使用的计算机模拟技术和人呼吸道仿真模型等创新模型,为病毒防护领域的研究者提供了一些新思路。

## 给特定人群带来额外防护效果



相比普通口罩,“鼻内口罩”具有一些明显优势。胡校铭介绍,在使用部位上,普通口罩是佩戴在面部的;“鼻内口罩”是施加在鼻腔内部的。在防护机理上,普通口罩主要发挥物理阻隔作用,将病毒拦截在呼吸道以外,但不能使黏附在口罩上的病毒失活;“鼻内口罩”不仅能够拦截病毒,而且还能进一步使被拦截的气溶胶中的病毒失去感染能力,降低病毒感染细胞的可能性。在现实生活中,可以将“鼻内口罩”与普通口罩联合使用。普通口罩用以物理阻隔大部分病毒气溶胶颗粒,而“鼻内口罩”能够进一步将通过口罩缝隙吸入的病毒进行拦截、捕获并使其失活。

“必须强调的是,目前这项成果仍属于临床前研究阶段,实际的临床疗效还有待

进一步验证。”王双说,如果“鼻内口罩”的临床疗效验证很好,未来它的推广能为哮喘患者等不适合或不习惯佩戴口罩的人提供一种额外的选择,从而能够提升公众的防护意愿,降低病毒性呼吸道传染病的发病率。

同时,“鼻内口罩”与普通口罩联用,还能为医务人员等经常出入高浓度病毒气溶胶区域的人群提供额外防护,有望大幅降低病毒气溶胶对他们造成的感染风险,为他们的健康提供额外保障。

更重要的是,鉴于该体系构建的通用性、灵活性和安全性,未来在应对新发病毒性呼吸道感染病时,研究人员能够利用基因编辑等手段,使已有的工程化细胞表达该病毒对应的病毒受体。这样就可快速制备出针对新发病毒气溶胶的“鼻内口罩”,以迅速响应新发病毒性呼吸道感染病,降低这些传染病的传播速率,减少其对公共卫生安全的威胁。

据《科技日报》

# 『鼻内口罩』要来了?

## 能够实现对病毒的拦截并让病毒失活