**生物传染控制护理单元（Bio-Containment Unit）： 从病人和医护人员的安全角度设计**

*白皮书由佐治亚理工学院建筑系的SimTigrate医疗设计实验室发表 (*Matić, Humphreys, DuBose, 2020)

*由蔡慧翻译整理 （堪萨斯大学建筑系医疗健康建筑设计研究中心副主任，副教授，博导）*

自新型冠状病毒 （2019-nCoV）引起的新型肺炎疫情爆发以来，截至2月14日，已经有1716名医护人员感染，其中6人病逝。这是令人悲痛的损失。在提高治疗病人效率的同时，如何让医疗环境更好的保护奋斗在一线的医护人员的安全，是值得医疗设计人思考的一个非常重要的课题。

本文对美国相关的生物传染控制护理单元的研究和设计进行了收集整理，希望可以对中国的医疗设计有所帮助。本文着重翻译并介绍佐治亚理工学院建筑系的SimTigrate医疗设计实验室与埃默里大学和乔治亚州立大学共同研究发布的生物传染控制护理单元（Bio-Containment Unit）设计白皮书 （Matić, Humphreys, DuBose, 2020），并结合几个案例来解释生物传染控制护理单元的核心设计要素。

2014年埃博拉疫情爆发后，由疾病控制与预防中心（CDC）资助，由Craig Zimring教授和Jennifer Dubose副教授领导的佐治亚理工学院建筑系的SimTigrate医疗设计实验室与埃默里大学和乔治亚州立大学一起进行了针对高传染性疾病的多学科研究计划（埃默里和亚特兰大医院联合预防中心-PEACH）。佐治亚州理工大学建筑系的SimTigrate医疗设计实验室着重从医疗工作人员的安全和患者的医疗康复的角度进行了有关生物传染控制护理单元（BCU）的建筑设计研究，专注于研究可能会支持或阻碍穿戴个人安全防护设备（PPE）的建筑环境要素，从而提出并改善新的设计策略来保障患者和医护人员的安全。

**BCU的总体设计注意事项**

图一总结了BCU的总体设计注意事项。BCU要求将以感染病区与正常病区隔离。病人最好是隔离在单人病房中。一般设计要求规定BCU必须用安全的互锁双道门通道将之与正常的患者护理区域分开，并采用独立的空气处理系统和负向气流，无缝且可清洁的表面以及直通式高压灭菌器（Smith ，Anderson，2006）。医护人员和设备的流线应该遵循从洁净到污染的单向流线。

BCU设计还强调需要一个单独的专用个人防护设备脱除空间以减少医护人员交叉和自我污染的风险（疾病控制与预防中心2014）。接触性传染疾病，比如埃博拉病毒病（EVD）和新型冠状病毒 （2019-nCoV）可以通过人与人之间的传播通过直接接触或接触人类传播以及感染者的体液，以及通过与污染接触间接表面和材料（例如医疗设备）（世界卫生组织2018年）。 在护理这类高度传染疾病的病人过程中，去除个人安全防护设备（PPE）被认为是高风险活动，因为在数小时的直接患者护理后，个人安全防护设备（PPE）上很有可能带有潜在致死性病原体（Casanova，Alfano-Sobsey等，2008；Tomas，Kundrapu等， 2015；Casanova，Teal等，2016）， 医护人员需要在自己卸除有潜在污染的个人安全防护设备同时避免接触到他们裸露的皮肤。

为应对2014年埃博拉疫情，美国疾病预防控制中心（CDC）更新了关于个人防护设备的指南（包括个人防护设备的穿戴和去除程序），其中他们强调了个人防护设备穿用和卸除区域应与直接患者护理区域（患者房间）分开，并且布局应允许干净区域和受污染区域之间明确分开。遵循从干净到脏的路径的单向人员和设备吞吐量应清楚地标明可见的标牌（例如地板上的颜色分界）。个人防护设备卸除区域应足够大，以容纳所有必要的设备并给医护人员在卸除期间可以自由移动的空间。此外，PPE穿戴的所有步骤，特别是卸除的所有步骤，都需要由训练有素的观察员进行可见的监控（疾病控制与预防中心，2014）。

**生物感染防护单元设计建议**

通过对许多BCU设计评估和测试，SimTigrate设计实验室团队对生物感染防护单元发展了优化设计方案。这个设计单元由两个病人房间组成，中间由一个较大的卸除个人防护装备的区域连接。每个病房有一个面向个人防护装备卸除区的窗户以及通往走廊的窗户，和内置电子通讯系统，来方便病人观察，护理人员沟通以及家庭成员与被隔离病人之间的沟通（图2）。该单元采用单向流动路径，允许护理人员从洁净区到污染区没有回溯。此布局可以支持一到两个病房。共用个人防护装备卸除区为两个病房提供服务是一种有效的方法，可以更合理使用空间并可以减轻人员负担。一个受过培训的观察员可以同时观察监督两个医护人员从两侧的房间进入（理想情况下卸除个人防护装备时间错开，每隔2小时而不是同时）。

**个人防护设备卸除区的特殊设计要求**

SimTigrate设计实验室团队对生物防护单元个人防护设备卸除区域的设计，提出了5个关键设计要求，以减少医护人员的交叉污染风险。

（1）保障医护人员与观察员之间的视线连接和沟通；

（2）将PPE卸除过程的步骤可视化作为给医护人员的提醒；

（3）在卸除个人防护装备的区域为医护人员提供稳定的支撑，防止身体失去平衡时接触到被病原体污染的个人防护装备或其他物体；

（4）通过人性化的符合人体工学的设计将最安全的流程自然的融合在空间设计中；和

（5）促进态势感知（DuBose，Matić等人2018；Zimring，Matić等人2018）。

图三标注了可服务单间或两间病房的个人防护设备穿脱区域的具体分区，所有需要的家具和设备，以及流线。

研究表明，基于人体工程学原理和经验准则的优化设计和布局可在卸除个人防护设备PPE时对医护人员感染风险产生可衡量的影响（Wong，Matić 等，2019）。通过运用以上设计原则改造过的个人防护装备卸除区，减少了医护人员的身体和认知负荷，危险行为的发生也大大减少了（Wong，Matić等，2019）。

对这项SimTigrate设计实验室团队对生物感染防护单元设计的研究感兴趣的读者，请参阅他们相关的研究论文 （DuBose，Matić等人2018；Zimring，Matić等人2018；Wong，Matić等，2019）。

**![A screenshot of a cell phone

Description automatically generated]()**

**图一：生物感染防护单元设计考虑因素**

**图片来源** （Matić, Humphreys, DuBose, 2020），

**![A screenshot of a cell phone

Description automatically generated]()**

**图二：生物感染防护单元设计包括两个病房，个人防护装备穿脱区域，和观察区。**

**图片来源：** （Matić, Humphreys, DuBose, 2020）

**![A screenshot of a cell phone

Description automatically generated]()**

图三：个人防护设备穿脱区域的具体分区示意图

图片来源：（Matić, Humphreys, DuBose, 2020），

**案例分析**

目前在美国仅有为数不多的几个已建成的生物传染控制护理单元。笔者选取了几个有代表性的案例分享给医疗设计同仁们以供参考。

1. 内布拉斯卡州立大学医疗中心生物传染控制护理单元BCU

内布拉斯卡州大学医疗中心拥有美国最早设计建成的生物传染防护单元，是由**LEO A DALY**设计公司和传染病专家还有医护人员合作，对内布拉斯加州医学中心大学医院内的一个现有儿科具备层流条件的病房进行翻新。这个护理单元与医院的其余部分隔离开来，用于治疗埃博拉病人。今年年初他们又斥资2000万美金新建了一个20张床位的隔离病房单元。目前用于隔离从日本钻石公主号上疏散的10多名乘客进行医学隔离观察。附近的Offutt 空军基地目前也隔离了60多名有过和感染病人有疑似接触史的人。如果发现确诊病例，他们可以被迅速安全的转移到生物传染房屋单元进行治疗。Andews (2015)曾对内布拉斯卡州立大学医疗中心生物传染防护单元设计进行了细致的分析，总结了八个关键设计注意事项。现翻译整理如下：

1）隔离空气处理

内布拉斯加BPCU使用自己的专用空气系统运行。洁净空气通过两个带有预过滤器和HEPA过滤器的冗余空气处理单元引导流入。废气经HEPA过滤后通过安装在屋顶的冗余，高稀释风机排出。

入口和病房门，灯具，电源插座和电灯开关均密封。可清洗的吊顶天花板用于保护相邻的非隔离区域。整个单元的表面采用无缝设计。乙烯基薄板地板安装通过焊接无缝连接，并且对所有墙壁和墙壁到地板的缝都使用了抗菌密封剂。外部窗户装有抗冲击玻璃，可抵御恶劣天气。

2）负压病房

病房通过特别校准的气流保持负压，这可防止污染的空气流入相邻区域。每小时换气15次。空气从“洁净区”流动到“污染区”，从天花板上进入，然后在房间最容易被感染的地方（位于病床头部地板上方）排出。  如果房间的压力降至某个阈值以下，则每扇门外的警报压力监视器都会响起。

3）医护人员单向流线

医护人员吞吐量遵循从洁净区至污染区的线路。员工入口可通往干净的更衣室，在那里将个人物品放在直通储物柜中。为安全起见，进入前厅后，前厅特意没有设置返回门把手，这样工作人员无法返回更衣室。

轮班完成后，工作人员在个人防护设备卸除区脱掉所有使用过的防护服和鞋子直通淋浴间离开护理单元，他们“淋浴”过后到出口房间。在那里，他们可以到达进入时所使用的同一通过式储物柜的另一侧。

4）安全进出

患者和物流通过主要入口处的一组固定的气锁双门进入护理单元。进入前厅的第二对门要等到第一对关闭后才能使用。钥匙卡系统仅授予授权人员访问权限。

5）废物处理

废物处理是BCU的一个重要环节。用埃博拉病毒治疗的患者每天产生约23立方英尺（超过50磅）的固体废物，其中大部分是工作人员穿戴的PPE。另外，患者每天产生大约2.3加仑的废液 （。埃博拉废物被管理有害物质的运输部视为A类，这意味着该废物中有已知或预期包含能够引起致命疾病的病原体。此类别的废物需要几个步骤，包括特殊许可证以确保安全处置。内布拉斯加州生物感染隔离资料单元制定了一项策略，将A类废物转化为B类医疗废物，以实现安全处置。该装置将所有固体废物（包括个人防护装备，病人床单，，毛巾等）转移到直通高压灭菌器系统中， 在高压蒸汽下灭菌，然后将高压灭菌的废物放入生物危害性袋子中，并放入密封硬包装中，作为B类医疗废物拖走进行焚烧。由埃博拉病毒患者产生的液体废物被放入带有医院级消毒剂的马桶中，并在冲洗前保持建议时间的2.​​5倍 （Ferenc, 2015）。实验室样品在送去医院的中央实验室化验之前要在生物样品化学药桶中消毒。

6）清洁性

该设备具有可清洗的墙壁和地板表面，可承受用漂白剂溶液进行反复清洁。

7）灵活性

内布拉斯加BPCU的主要功能是灵活性。五个病房可让该病房在不需要生物遏制时用作普通住院病房。这种足够大的尺寸还使该设备能够适应不同疾病的不同需求。例如，在埃博拉病毒的治疗中，可以将不需要的病房改用于其他用途。这些包括：

a）污物存储：一名埃博拉患者的治疗每天产生大量的医疗废物。即使使用高压灭菌器，这种废物的净化也是一个缓慢的过程，平均每天需要花费12个小时。由于高压灭菌器的容量限制了废物的处置速度，因此需要额外的存储空间来容纳废物，直到可以将其高温灭菌为止。该单元的灵活设计允许一个空置病房用作临时的污物存储区域。

b）即时生物实验室：埃博拉患者经历的体液大量流失需要定期实验室测试。为了加快结果的速度，并避免了在净化槽中纯化样品的额外步骤，该护理单元的设计允许将多余的患者病房暂时转换为即时护理实验室。

c）清洁存储：负压室除了可以控制感染外，还可以起到阻止细菌传播的作用。这样就可以将病房重新用作干净的存储区域，用于存储那些必须在无菌环境中靠近病房近距离存放的医疗设备。

8）患者的舒适度

在持续隔离BPCU的过程中，必须注意照顾患者的心理健康。每个病房中的大窗户提供了至关重要的日光，并与外界保持了联系，研究表明，这种方式可以减轻压力并帮助病人康复。家庭成员在患者恢复过程中起到很大辅助作用，视频通话的安装使患者可以与家人进行互动，同时防止家庭成员被感染。视频也允许非直接临床医生在不进入装置的情况下看到患者。在另一篇文章中， Lenaghan和 Schwedhelm (2015)也提到了运用网络和视频技术在BCU 中减少院内感染的几率。比如在所有计算机上均安装了视频应用程序，以对患者和护理人员进行持续的视频监控，以及在前室播放事先录制好的穿脱个人护理装备的视频提醒医护人员必要的安全步骤。

这些设计要素使内布拉斯加州医学中心BCU能够以大大降低护理人员治疗传染病中被感染的风险。

A close up of text on a white background

Description automatically generated

图片来源：内布拉斯加州医学中心， **LEO A DALY**设计公司和Omaha World Harold, <https://www.omaha.com/archives/nebraska-medical-center-unit-a-work-in-progress/article_2992fd0b-8ac6-56d3-9daf-e7c84bc1c437.html>

1. 埃默里大学生物传染控制护理单元

2014年底，位于亚特兰大的埃默里大学医院根据内布拉斯卡医疗中心BCU的设计经验，与美国疾病控制与预防中心（CDC）合作将一个12年前建成并很少使用的隔离病房改造成了严重生物传染病护理单元（SCDU）用于治疗4名埃博拉病毒患者。该病房旨在照顾患有空气传播疾病的人，设有三个病房。。根据Courage （2014）的描述，每个病房都设有带卫生间的浴室和淋浴间。每个房间都有一扇窗户和对讲机，可以将其连接到医护人员无需穿戴[防护装备的地方](https://www.scientificamerican.com/article/ebola-spread-shows-flaws-in-protective-gear-and-procedures/)。该设计为员工工作区分配了大量空间。在两个房间之间是一个带免接触水槽的前厅以及一个带储物柜的医护人员准备室和供进行紧急消毒的淋浴室。任何人进入病房前都要通过前厅和准备室佩戴完整的个人防护设备（PPE），包括电动空气净化器防毒面具。通过将经过双重包装和清洁的标本袋放入由运输人员佩戴防滴设备防止运输的危险材料箱中，来将已经严格的患者标本从前室安全地运送到新实验室。前厅空间还包括一个生物安全罩，工作人员可以在一个封闭的空间中制备样品，还可以使用一个相邻的专用实验室来检测病原体，进行血液检查和其他必要程序。病房中的空气处于负压状态，由多个数字压力监控器连续跟踪。所有气流从走廊到前室再到患者房间。来自病房的空气在完全排到室外之前，经过了高效的微粒空气过滤 (HEPA)。外部排气与其他医院进气口分开，并且足够高以允许任何颗粒扩散。另外，病房中的气流也是经过特殊设计的，空气来自天花板的通风孔，在患者床上层流，并通过靠近地板的通风孔排出，以避免任何湍流和气流重新定向。每个房间平均每三分钟进行一次完整的空气交换，以减少污染风险。

医院采取了认真的方法来确保废​​物的安全。一次性物品（例如防护服和食物托盘）首先用加压蒸汽消毒，然后焚化。任何液体废物（例如，来自浴室或容器的病人体液）都必须用漂白剂或清洁剂处理五分钟以上，以防止活的病原体进入当地的废水系统（Courage, 2014）。

也是基于埃默里大学生物传染控制护理单元的使用经验和后续研究才产生了前文提到的生物传染控制护理单元的白皮书。

1. 约翰霍普金斯大学医院生物感染控制护理单元

2015年约翰·霍普金斯大学医院将一个已停用的病房单元转变为最先进的生物传染控制护理单元，用于治疗埃博拉病毒病，禽流感和中东呼吸综合征等高传染性疾病的患者。 笔者对Callaway(2015)对该设计的详细描述翻译整理如下。

占地7900平方英尺 （约790平方米）的生物防护单元包括三个病房，一个现场实验室，淋浴设施和供医疗保健人员使用的进/出洗手间和穿戴个人防护服和护具的前室。两台通过式高压灭菌器可安全处理高传染性废物。该单位的通风系统与医院的其余部分分开。 约翰霍普金斯医院医疗主任丽莎·马拉加基斯（Lisa Maragakis）表示，该病房的设计和建造是专门为保证患者，家庭和护理团队的安全而设计的。尽管这样的空间规模通常可以容纳20个或更多的病人，但这个生物传染控制护理单元设定为最多可容纳3名病人。额外的空间有助于保障护理团队进出患者病房的单向流程，使工作人员可以穿脱所需的个人防护设备，并在不污染自己或他人的情况下为患者提供护理。

A picture containing LEGO, toy, indoor

Description automatically generated(图片来源John Hopkins Medicine网站, <https://www.hopkinsmedicine.org/news/articles/state-of-the-art-biocontainment>)

该图显示了新的生物防护单元的一部分。 1.病房有专用的穿戴（绿色）和脱除（黄色）个人防护设备(PPE)的空间。这种布局允许单向流动，以减少交叉污染的机会。 2.允许进行重症监护活动的三个私人病房之一。 3.现场实验室允许在特殊的生物安全罩中进行安全快速的诊断测试。该实验室还设有单独的穿戴前室。 4.职员入口提供淋浴设施，并作为整个房间的清洁/清洁前室。 5，设备上的特殊空气处理系统可以保障病原体感染不通过空气向医院其他部分传播。

**总结**

从以上几个案例可以看出，美国这几个新建的生物传染控制护理单元在保障病人和医护人员健康和防止院内感染方面做了很多创新，将医疗流程，人体工学和传染病学，以及现代技术结合，最大程度的降低护理人员在护理过程中的感染风险。当然，我们也可以看到，目前的设计案例只适用于很少的高风险感染病人，但是并不适用于大规模爆发的疫情。但是很多设计原则还是适用的，尤其是在流线设计，分区规划，利用设计提醒穿脱个人防护装备（PPE）的安全步骤和措施，和废物处理等方面的策略是值得借鉴的。所以结合中国目前的疫情，可以对这些设计策略进行创作性的改造和利用。

这些生物传染控制护理单元在疫情过后也可以作为培训机构，定期对医疗机构，公共卫生机构，和传染病专家和医疗人员进行模拟演戏和培训，可以做到有备无患，为任何突发状况做好准备。

备注：本文是基于已有研究进行整理，感谢佐治亚理工学院建筑系的SimTigrate医疗设计实验室提供他们关于生物传染控制护理单元研究的白皮书和其他相关论文。SimTigrate医疗设计实验室该项目的研究成员包括Craig M. Zimring, Jennifer R. DuBose, Zorana Matić, Benton Humphreys, Maria Fernanda Wong Sala, Gabrielle C. Campiglia, Alexandra M. Nguyen, Sofia Mendoza Lomeli, Rachel A. Dekom, Nicholas Pizzolato, Chelsey Kamson,和 Megan Denham.

参考文献

# Andrews, J. [Biocontainment Patient Care Units: 8 critical design considerations that facilitate efficiency, safety + patient-centered care](https://mcdmag.com/2015/02/biocontainment-patient-care-units/), Medical Construction and Design magazine(MCD), February 10, 2015, https://mcdmag.com/2015/02/biocontainment-patient-care-units/#.XkzOLZNKgWo

Callaway M., 2015, State-of-the-Art Biocontainment, John Hopkins Medicine, News and Publications， <https://www.hopkinsmedicine.org/news/articles/state-of-the-art-biocontainment>

Casanova, L., Alfano-Sobsey, E., Rutala, W. A., Weber, D. J., & Sobsey, M. (2008). Virus Transfer from Personal Protective Equipment to Healthcare Employees’ Skin and Clothing. *Emerging infectious diseases, 14*(8), 1291.

Casanova, L. M., Teal, L. J., Sickbert-Bennett, E. E., Anderson, D. J., Sexton, D. J., Rutala, W. A., & Weber, D. J. (2016). Assessment of Self-Contamination During Removal of Personal Protective Equipment for Ebola Patient Care. *Infection Control & Hospital Epidemiology, 37*(10), 1156-1161. doi:10.1017/ice.2016.169

Centers for Disease Control and Prevention. (2014). Guidance on Personal Protective Equipment To Be Used by Healthcare Workers During Management of Patients with Ebola Virus Disease in U.S. Hospitals, Including Procedures for Putting On (Donning) and Removing (Doffing). Retrieved from <http://prx.library.gatech.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cin20&AN=103924056&site=ehost-live>

Courage, K., 2014, Inside the 4 U.S. Biocontainment Hospitals That Are Stopping Ebola: Four small but well-equipped wards across the U.S. provide a front line of treatment for highly infectious diseases and bioterrorism attacks, <https://www.scientificamerican.com/article/inside-the-4-u-s-biocontainment-hospitals-that-are-stopping-ebola-video/>

DuBose, J. R., Z. Matić, M. F. W. Sala, J. M. Mumma, C. S. Kraft, L. M. Casanova, K. Erukunuakpor, F. T. Durso, V. L. Walsh, P. Shah, C. M. Zimring and J. T. Jacob (2018). Design Strategies to Improve Healthcare Worker Safety in Biocontainment Units: Learning from Ebola Preparedness. *Infection Control & Hospital Epidemiology, 39*(8):961-967.

Ferenc, J. (2015, 01). Facilities overcome challenges of caring for patients with Ebola. Health Facilities Management, 28, 6. Retrieved from <http://www2.lib.ku.edu/login?url=https://search-proquest-com.www2.lib.ku.edu/docview/1646986712?accountid=14556>

Jordon, S. (2014), Form Follows Function: Nebraska Medical Center Unit: A Work in Progress, Omaha World-Herald, Nov. 16, 2014, <https://www.omaha.com/archives/nebraska-medical-center-unit-a-work-in-progress/article_2992fd0b-8ac6-56d3-9daf-e7c84bc1c437.html>

Lenaghan, P. A., & Schwedhelm, M. (2015). Nebraska biocontainment unit design and operations. JONA: The Journal of Nursing Administration, 45(6), 298-301. <https://journals.lww.com/jonajournal/fulltext/2015/06000/Nebraska_Biocontainment_Unit_Design_and_Operations.3.aspx?casa_token=KwHrhmPwAUAAAAAA:BgMc9hNCC8CZ8xSAGPD5QvvRJZsBReuu8RjUdvJzWbnlNrlOn2Wav5tLtJwNTOWAQFXY5aha_SOk93hQksx7-7A>

Matić, Z., Humphreys, B.,& Dubose, J.(2020), Georgia Tech SimTigrate Design Lab White Paper on Design Strategies for Biocontainment Units: Creating Safer Environments.

Smith, P. W., A. O. Anderson, G. W. Christopher, T. J. Cieslak, G. J. Devreede, G. A. Fosdick, C. B. Greiner, J. M. Hauser, S. H. Hinrichs, K. D. Huebner, P. C. Iwen, D. R. Jourdan, M. G. Kortepeter, V. P. Landon, P. A. Lenaghan, R. E. Leopold, L. A. Marklund, J. W. Martin, S. J. Medcalf, R. J. Mussack, R. H. Neal, B. S. Ribner, J. Y. Richmond, C. Rogge, L. A. Daly, G. A. Roselle, M. E. Rupp, A. R. Sambol, J. E. Schaefer, J. Sibley, A. J. Streifel, S. G. Essen and K. L. Warfield (2006). Designing a Biocontainment Unit to Care for Patients with Serious Communicable Diseases: A Consensus Statement. *Biosecurity and Bioterrorism, 4*(4): 351-365.

Tomas, M. E., S. Kundrapu, P. Thota, V. C. Sunkesula, J. L. Cadnum, T. S. Mana, A. Jencson, M. O’Donnell, T. F. Zabarsky, M. T. Hecker, A. J. Ray, B. M. Wilson and C. J. Donskey (2015). Contamination of Health Care Personnel During Removal of Personal Protective Equipment *JAMA Internal Medicine, 175*(12): 1904-1910.

Wong, M. F., Z. Matić, G. C. Campiglia, C. M. Zimring, J. M. Mumma, C. S. Kraft, L. M. Casanova, F. T. Durso, V. L. Walsh, P. Y. Shah, A. L. Shane, J. T. Jacob and J. R. DuBose (2019). Design Strategies for Biocontainment Units to Reduce Risk During Doffing of High-level Personal Protective Equipment. *Clinical Infectious Diseases 69*(Supplement\_3): S241-S247.

World Health Organization. (2018). Ebola virus disease. Retrieved 03/28/2019, 2019, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ebola-virus-disease>.

Zimring, C. M., Z. Matić, M. F. W. Sala, J. M. Mumma, C. S. Kraft, L. M. Casanova, K. Erukunuakpor, F. T. Durso, V. L. Walsh, P. Shah, J. T. Jacob and J. R. DuBose (2018). Making the Invisible Visible: Why Does Design Matter for Safe Doffing of Personal Protection Equipment? *Infection Control & Hospital Epidemiology, 39*(11): 1375-1377.