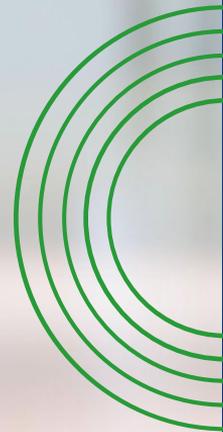




ISS

ITEM  
SANITY  
SYSTEM  
*MED*

Healthcare Associated Infections-free Operating Theaters





# Filosofia



## Mission

Salute e  
Sicurezza per  
tutti



## Vision

Innovazione  
per una  
migliore  
accessibilità



## Valori

Qualità  
Sostenibilità  
Sicurezza  
Pari  
opportunità



# DIVISIONI AZIENDALI

## itemplant



### Impianti Ospedalieri

Impianti gas medicali, unità testaletto, criobanche, sistemi pensili per sale operatorie e terapie intensive

**2.000+** impianti gas medicali realizzati

**100+** sale operatorie realizzate

**6.000+** posti letto realizzati

**5.000+** progetti di impianti gas medicali

## item e-health



### Sistemi innovativi di Sanità Digitale

Telemedicina, Controllo Infezioni Correlate all'Assistenza (ICA)

**2.500+** pazienti monitorati con la telemedicina

**3** Sistemi intelligenti di gestione sanitaria, certificati DM ai sensi delle Dir. UE

**100+** medici che utilizzano le nostre tecnologie



## itemiUB



### Ricerca e Sviluppo

Innovation Academy, formazione professionale, incubatore di startup

**30%+** investimento annuo in R&S

**15+** progetti di R&S finanziati

**20+** progetti di innovazione finanziati





# INFEZIONI CORRELATE ALL'ASSISTENZA ICA

Secondo l'**Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)**, le **Infezioni Correlate all'Assistenza (ICA)** colpiscono milioni di pazienti ogni anno, causando complicazioni, aumentando i tempi di degenza e portando a esiti fatali in alcuni casi. Studi recenti hanno dimostrato che circa il 7% dei pazienti ospedalizzati nei paesi industrializzati e il 15% in quelli in via di sviluppo contraggono un'infezione durante il loro ricovero.

(Fonte: *World Health Organization. Health care-associated infections FACT SHEET.*  
[https://www.who.int/gpsc/country\\_work/gpsc\\_ccisc\\_fact\\_sheet\\_en.pdf](https://www.who.int/gpsc/country_work/gpsc_ccisc_fact_sheet_en.pdf))

15%

Su 100 pazienti negli ospedali per acuti, 7 nei Paesi ad alto reddito e 15 nei Paesi a basso reddito, acquisiranno almeno un'infezione associata all'assistenza sanitaria.

24%

Più del 24% dei pazienti contrae una setticemia di origine ospedaliera.

50%

Più del 50% dei pazienti presi in carico in un'unità di terapia intensiva, muore ogni anno.



# ITEM SANITY SYSTEM *MED*

SISTEMA INTEGRATO HARDWARE E SOFTWARE che garantisce l'igiene stabile negli ambienti critici e sub critici, mediante un protocollo intelligente di sanificazione.

ITEM SANITY SYSTEM consente di monitorare lo stato di inquinamento negli ambienti, contribuendo a debellare la piaga delle infezioni intraospedaliere.

Il **dispositivo robotizzato** per la sanificazione degli ambienti critici è dotato di **lampada UV-C allo Xeno** che emette flussi di luce pulsata ad alta intensità e spettro continuo.

## VANTAGGI:

- Rapidità del risultato
- Abbattimento della carica batterica entro i parametri consentiti
- Efficacia verso tutti i batteri nelle forme vegetative e sporigene, virus, miceti
- Immediata fruibilità degli ambienti trattati
- Ripetibilità della procedura
- Assenza di potenziale tossicità residua

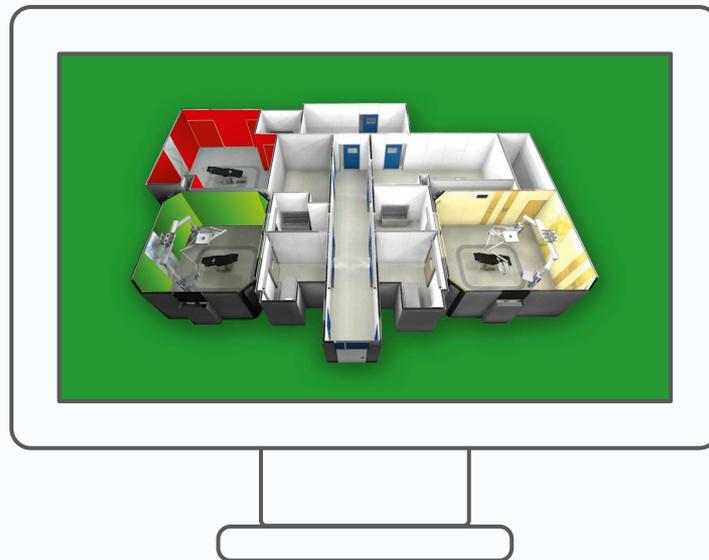


# ISSWEB PIATTAFORMA SOFTWARE CON INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Sulla base di un **protocollo certificato ISO9001, ISO14001 e ISO13485**, Item Sanity System registra sulla piattaforma **SW** tutti i dati rilevati dai **sensori**, le cariche microbiche rilevate dal **laboratorio** e le attività di **sanificazione** con i dispositivi robotizzati ed elabora un **indice di rischio** per ogni ambiente censito.

Tutte le informazioni sono consultabili dagli utenti attraverso **accessi personalizzati**. Il sistema elabora **grafici e report** periodici relativi all'andamento delle attività di **sanificazione con luce pulsata allo Xeno**.

La **dashboard Item Sanity System** permette, in qualsiasi momento, di ottenere informazioni sullo stato degli ambienti processati con una **mappa degli ambienti** monitorati, colorata in base all'**indice di rischio** elaborato dal sistema.



# LA QUALITÀ DELL'ARIA È UN FATTORE ESSENZIALE NEGLI AMBIENTI OSPEDALIERI

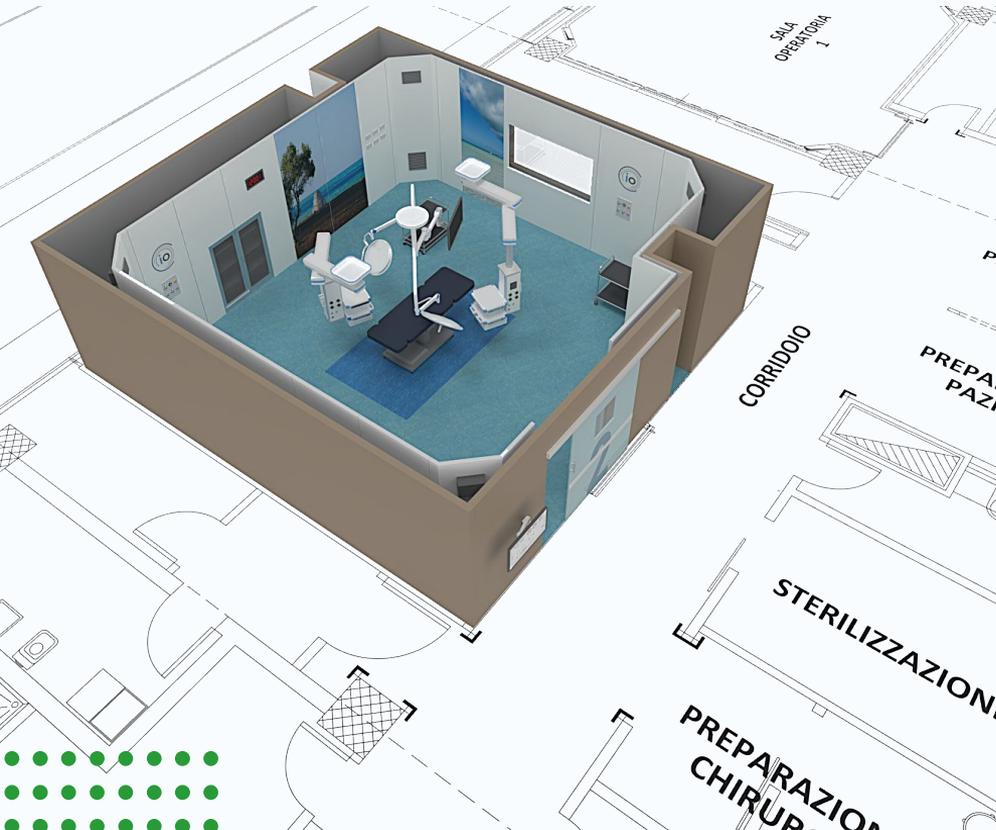
L'aria può essere **vettore di contaminazione**, trasportando i microrganismi responsabili delle infezioni intraospedaliere. Il trattamento dell'aria diviene dunque necessario nella lotta alle ICA per tutelare la salute dei pazienti e degli operatori sanitari. La norma **ISO 14644-1** disciplina il trattamento dell'aria negli ambienti ospedalieri, inquadrando le diverse zone a rischio, le performance da raggiungere, la classificazione secondo le microparticelle o i microrganismi presenti, i diversi flussi d'aria.

Numero (N) di classificazione ISO	Limiti di concentrazione massima (particelle/m <sup>3</sup> d'aria) per particelle di dimensioni maggiori o uguali alle dimensioni considerate indicate qui di seguito					
	0,1μ	0,2μ	0,3μ	0,5μ	1μ	5μ
ISO 1	10	-	-	-	-	-
ISO 2	100	24	10	-	-	-
ISO 3	1 000	237	102	35	-	-
ISO 4	10 000	2 370	1 020	352	83	-
<b>ISO 5</b>	<b>100 000</b>	<b>23 700</b>	<b>10 200</b>	<b>3 520</b>	<b>832</b>	-
ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8 320	293
<b>ISO 7</b>	-	-	-	<b>352 000</b>	<b>83 200</b>	<b>2 930</b>
<b>ISO 8</b>	-	-	-	<b>3 520 000</b>	<b>832 000</b>	<b>29 300</b>
ISO 9	-	-	-	35 200 000	8 320 000	293 000



# SENSORISTICA INNOVATIVA

## INTERNET OF THINGS (IOT) - INDUSTRIA 4.0



### MONITORAGGIO CONTINUO:

- della contaminazione particellare
- dei parametri ambientali in sala operatoria (pressione differenziale, temperatura e umidità relativa)
- della concentrazione dei gas anestetici
- multiparametrico in ambienti sub-critici

ALLARMI IN CASO DI SUPERAMENTO DELLE SOGLIE PREVISTE

# CAMPIONAMENTO AMBIENTI CRITICI SECONDO LE LINEE GUIDA ISPESL

LOCALI	OBIETTIVI	TECNICHE	RISULTATI ATTESI (UFC/piastra)	PROVVEDIMENTI SE RISULTATI NON CONFORMI
<p><b>Sale operatorie</b></p> <p><b>Altri ambienti "critici"</b> (sale per esami invasivi in cavità sterili ecc.)</p>	Conformità della disinfezione e del trattamento dell'aria	Contatto	$\leq 5$ UFC/Piastra	<p>Se <math>5 &lt; X \leq 15</math>: <b>accettabile</b></p> <p>Se <math>&gt; 15</math> in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 solo punto: <b>segnalazione.</b></li> <li>• 2-4 punti: <b>rivedere il protocollo di pulizia e la sua attuazione.</b></li> <li>• 5 o più punti: <b>inaccettabile</b>; ripetere il controllo.</li> </ul> <p>Se presenti <i>S. Aureus</i>, Enterobatteri, <i>Aspergillus</i> spp, <i>Pseudomonas</i> sp: rivedere interamente il protocollo di pulizia e programmare nuovi controlli.</p>
<p><b>Degenza pre-post intervento</b></p> <p><b>Rianimazioni</b></p> <p><b>Neonatologia</b></p>	Controllo del protocollo di disinfezione e conformità della pulizia	Contatto	$\leq 50$ UFC/piastra senza agenti patogeni: <i>S. Aureus</i> , Enterobatteri, <i>Aspergillus</i> spp, <i>Pseudomonas</i> sp	Se $> 50$ : <b>rivedere il protocollo.</b>



# EFFICACIA ITEM SANITY SYSTEM *MED*

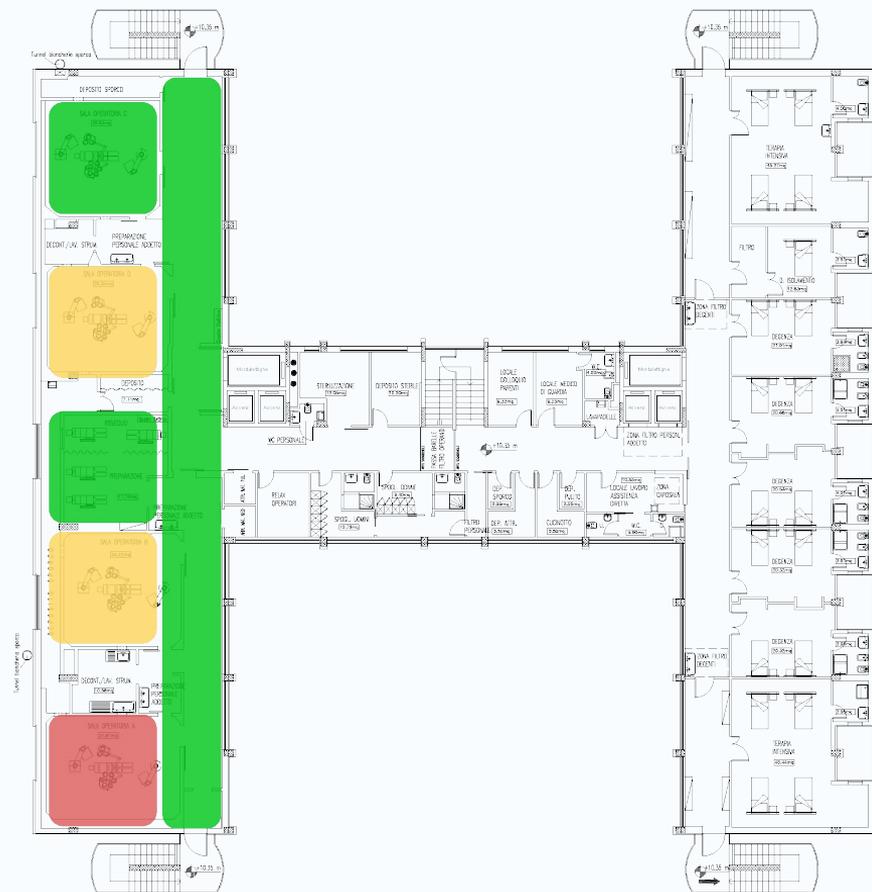
La **validità** e l'**efficacia** di **Item Sanity System** contro diversi microrganismi (Aspergillus, Staphylococcus Aureus, Enterobacter, ecc.) sono state testate in quartieri operatori e terapie intensive.

La tabella che segue evidenzia l'efficacia della tecnologia a luce pulsata allo Xeno contro i microrganismi previsti dalle **Linee Guida ISPEL** nelle sale operatorie trattate.

LINEE GUIDA ISPEL	CBT 30°C CFU	ACINETOBACTER	ASPERGILLUS	CLOSTRIDIUM PERFRINGENS	E. COLI	KLEBSIELLA	PROTEUS	S. AUREUS	PSEUDOMONAS AERUGINOSA	LISTERIA M.
Conta Particellare	5<CFU<15	<1 CFU	<1 CFU	<1 CFU	<1 CFU	<1 CFU	<1 CFU	<1 CFU	<1 CFU	<1 CFU
Campionamento pre-sanificazione	127	<1	4	<1	<1	150	<1 CFU	70 CFU	<1 CFU	<1 CFU
Campionamento post-sanificazione	41	<1	<1	<1	<1	10	<1 CFU	<1 CFU	<1 CFU	<1 CFU
ABBATTIMENTO CARICA MICROBICA	68%		100%			84%		100%		



# CONTROL ROOM



Visualizzazione in control room dello stato di inquinamento degli ambienti monitorati. Il codice colore assegnato a ciascun ambiente è correlato al valore dell'INDICE DI RISCHIO elaborato dalla piattaforma software.

LEGENDA CONTROL ROOM	
CODICE COLORE	INDICE DI RISCHIO
Verde	NELLA NORMA
Giallo	MODERATO
Rosso	ELEVATO

# ISSMED: CERTIFICAZIONE DI CONTROLLO CONTAMINANTI AMBIENTALI

Sulla scorta delle informazioni acquisite, la piattaforma software elabora un certificato di avvenuta sanificazione e controllo dei contaminanti negli ambienti monitorati. Il certificato, conforme al protocollo di attività validato ISO9001, ISO14001 e ISO13485, è valido ai fini legali.



CERTIFICATO N.: xxx-xxx-xx/xx/xxxx

Spett.le

Data elaborazione certificato: xx/xx/xxxx

Ora elaborazione certificato: xx:xx

Si certifica che è stata eseguita un'attività di:

DISINFEZIONE DELLE SUPERFICI AMBIENTALI,  
DELLE SUPERFICI DEI DISPOSITIVI MEDICI  
E DELL'ARIA AMBIENTE

IN CONFORMITA' ALLE

"LINEE GUIDA SUGLI STANDARD DI SICUREZZA E DI IGIENE DEL LAVORO NEL REPARTO OPERATORIO"

DELL'ISTITUTO SUPERIORE PER LA PREVENZIONE E LA SICUREZZA DEL LAVORO

nel:

**BLOCCO OPERATORIO**

Ambiente: Sala Operatoria Neurochirurgia n. 1

Volume trattato: 120 mc

Utilizzando il seguente dispositivo

Matricola dispositivo: XXXX

Data esecuzione trattamento: xx/xx/xxxx

Ora esecuzione trattamento: xx:xx

Risultato trattamento: [Conforme]

Allegati: Parametri Qualità dell'Aria

Referto Laboratorio di Microbiologia (cert. Accredia)



Item Oxygen s.r.l. Via Le Fogge, 11 - 70022 Altamura (BA) Italy  
p.iva/c.f. 06068560728 Tel +39 080 3143647 fax +39 080 3160611  
info@itemoxygen.com - item.oxygen@legaimail.it  
www.itemoxygen.com

rev. Marzo 2022

# PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE



## Comparative disinfection efficiency of pulsed and continuous-wave UV irradiation technologies

Zuzana Bohrerova<sup>a</sup>, Hilla Shemer<sup>b</sup>, Robert Lantis<sup>c</sup>,  
Christopher A. Impellitteri<sup>d</sup>, Karl G. Linden<sup>e,\*</sup>

<sup>a</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Duke University, Durham, NC 27708, USA

<sup>b</sup>Rabin Desalination Laboratory, Department of Chemical Engineering, Technion, Haifa 32000, Israel

<sup>c</sup>LightStream Technologies, Herndon, VA, USA

<sup>d</sup>USEPA, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH, USA

<sup>e</sup>Department of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, University of Colorado at Boulder, Boulder, CO 80309, USA



Major article

Is the pulsed xenon ultraviolet light no-touch disinfection system effective on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in the absence of manual cleaning?



Chetan Jinadatha MD, MPH<sup>a,b,\*</sup>, Frank C. Villamaria BS, MPH<sup>a,c</sup>,  
Marcos I. Restrepo MD<sup>d,e</sup>, Nagaraja Ganachari-Mallappa PhD<sup>a</sup>, I-Chia Liao BS<sup>a,c</sup>,  
Eileen M. Stock PhD<sup>f</sup>, Laurel A. Copeland PhD<sup>a,b,i</sup>, John E. Zeber PhD<sup>a,b,j</sup>

<sup>a</sup>Department of Medicine, Central Texas Veterans Healthcare System, Temple, TX

<sup>b</sup>Department of Medicine, College of Medicine, Texas A&M Health Science Center, Bryan, TX

<sup>c</sup>School of Public Health, Texas A&M University, College Station, TX

<sup>d</sup>Department of Medicine, South Texas Veterans Health Care System

<sup>e</sup>University of Texas Health Science Center San Antonio, San Antonio, TX

<sup>f</sup>Center for Applied Health Research, Temple, TX



## Ultraviolet-C decontamination of a hospital room: Amount of UV light needed

Marie Lindblad<sup>a,d,\*</sup>, Eva Tano<sup>b</sup>, Claes Lindahl<sup>c</sup>, Fredrik Huss<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup>Burn Centre, Department of Plastic and Maxillofacial Surgery, Uppsala University Hospital, Sweden

<sup>b</sup>Department of Medical Sciences, Section of Clinical Bacteriology, Uppsala University, Sweden

<sup>c</sup>Intellego Technologies AB, Sweden

<sup>d</sup>Department of Surgical Sciences, Plastic Surgery, Uppsala University, Sweden

South African Journal of Infectious Disease 2016;31(1):12-15

Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons License [CC BY-NC-ND 4.0]  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

South Afr J Infect Dis

ISSN 2312-0053 EISSN 2313-1810  
© 2015 The Author(s)

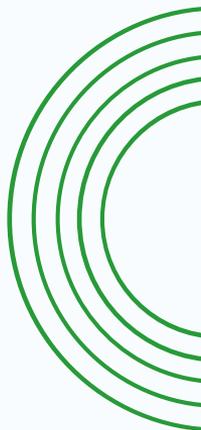
REVIEW

## The microbiological impact of pulsed xenon ultraviolet disinfection on resistant bacteria, bacterial spore and fungi and viruses

Mark Stibich,<sup>1\*</sup> Julie Stachowiak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Xenex Disinfection Services, Texas, USA

\*Corresponding author, email: [stibich@gmail.com](mailto:stibich@gmail.com)





[www.itemoxygen.com](http://www.itemoxygen.com)



Enterprise Prize  
for Innovation  
10th Edition -  
Prize

Innovation  
Award  
X edition  
2018

Enterprise for  
Innovation  
Award  
XI Edition -  
Award

Innovation  
Award  
XI edition  
2020

Enterprise for  
Innovation  
Award  
XI Edition -  
Special Mention  
Enterprise 4.0

Enterprises for  
Security Award  
2020  
7th edition -  
Finalist

Felix Award  
for competitive  
and reliable  
Industries  
2022

# **Studio preliminare dell'efficacia del Sistema di Trattamento con Unità mobile a luce ultravioletta pulsata allo Xenon per disinfezione delle superfici in sale operatorie**

## **Autori**

## **Affiliazione**

## **Abstract**

L'attuazione della pulizia e della disinfezione ambientale ha dimostrato di ridurre l'incidenza delle infezioni associate all'assistenza sanitaria negli ospedali. L'uso di dispositivo mobile di disinfezione no-touch, dotato di lampada a luce ultravioletta pulsata allo xeno, quale strategia avanzata in supporto alle procedure di routine per la disinfezione delle sale operatorie di ortopedia e neurochirurgia negli Ospedali Riuniti di Foggia, è stato sperimentato, previa valutazione del protocollo operativo. Nelle due sale operatorie, l'efficacia nel ridurre la carica batterica media (CBM) e nell'eliminare microrganismi nocivi altamente pericolosi è stata valutata su tre superfici critiche in ciascuna sala, immediatamente prima e dopo disinfezione con luce pulsata UV. Il protocollo operativo ha mostrato l'efficacia di disinfezione di un ciclo di circa 16 minuti di luce pulsata UV allo xeno, secondo i limiti di accettabilità ( $\leq 15$  unità formante colonia (ufc)/piastra e assenza di microrganismi ad alta pericolosità) definiti dalle norme dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro (Ispesl). Sulla base della correlazione della CBM di ogni ambiente operatorio col numero di operazioni ivi effettuate, si suggerisce l'utilizzo dell'unità mobile a impulsi UV ogni 3 o 4 giorni al fine di mantenere i livelli CBM sulle superfici nell'ordine dei livelli accettabili Ispesl. Questo metodo potrà consentire un breve periodo di tempo per il turnover della stanza e una potenziale riduzione sia della trasmissione patogena ai pazienti che possibilmente delle infezioni da siti chirurgici.

## **Introduzione**

quadro infezioni nosocomiali a livello mondiale e nazionale

tecniche standard di disinfezione

tecniche di ultima generazione

finalità dello studio con info su infezioni ospedaliere di foggia

## **Materiali e metodi**

### *Protocollo operativo di disinfezione*

Il protocollo operativo definito per la sperimentazione dell'unità mobile a luce pulsata ultravioletta (UV) allo Xeno del Sistema ISS (ITEM SANITY SYSTEM) si avvale dell'uso di piattaforma intelligente per la prevenzione, disinfezione e monitoraggio delle cariche batteriche in specifici ambienti ospedalieri a mezzo di luce ultravioletta pulsata allo Xeno.

Nel corso della sperimentazione, tale procedimento innovativo di disinfezione è stato affiancato alle tradizionali metodologie di disinfezione effettuate di routine nelle sale operatorie di Ortopedia e Neurochirurgia presso l'Ospedale riuniti di Foggia.

La piattaforma software ISS si compone di dispositivi Hardware e Software utili al:

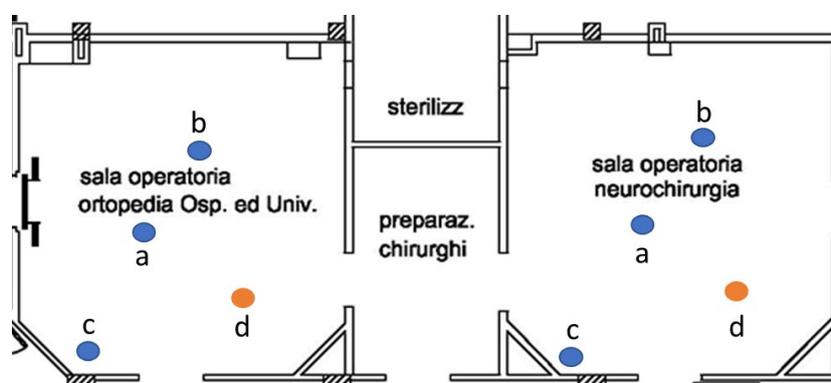
- corretto svolgimento delle attività di prevenzione dello sviluppo e proliferazione delle cariche batteriche negli ambienti target;
- monitoraggio delle attività di sanificazione a mezzo di dispositivo mobile di sanificazione a luce pulsata UV allo Xeno;
- interfacciamento diretto con laboratorio analisi accreditato, cui sono demandate le attività di campionamento ed analisi della carica batterica presente negli ambienti in modalità pre/post trattamento;
- gestione della reportistica inerente all'intero processo di sanificazione.

Definite le sale operatorie da sanitizzare, si è proceduto alla codifica degli ambienti da sottoporre a decontaminazione acquisendo le seguenti informazioni: volumetria e superfici da campionare (Tabella 1, Figura 1). Tali informazioni sono state informatizzate all'interno di appositi QR Code al fine di stabilire la durata del trattamento di disinfezione e il posizionamento del dispositivo, secondo il manuale d'uso dell'unità mobile a impulsi ultravioletti (Tabella 1, Figura 1).

Tabella 1. Dimensionamento delle sale operatorie e definizione dei tempi di disinfezione, superfici da campionare e metodo di campionamento

Sala operatoria	Volume (m <sup>3</sup> )	Tempo Disinfezione	Superfici campionate	Metodo campionamento
ortopedia	120	15'45"	Scialitica	Prelievo effettuato con spugna sterile. Superficie campionata: 5000 cm <sup>2</sup> .
			Ventilatore schermo destro.	Prelievo effettuato con tampone sterile. Superficie campionata: 100 cm <sup>2</sup> .
			Parete bacheca utensili.	Prelievo effettuato con spugna sterile. Superficie campionata: 2500 cm <sup>2</sup> .
neurochirurgia	120	15'45"	Scialitica	Prelievo effettuato con spugna sterile. Superficie campionata: 8000 cm <sup>2</sup> .
			Ventilatore schermo destro.	Prelievo effettuato con tampone sterile. Superficie campionata: 100 cm <sup>2</sup> .
			Parete bacheca utensili.	Prelievo effettuato con spugna sterile. Superficie campionata: 2500 cm <sup>2</sup> .

Figura 1. Pianta delle sale operatorie sanizzate nella sperimentazione. a: scialitica, b: ventilatore schermo destro, c: parete bacheca utensili, d: dispositivo.



#### Attività di campionamento

Ogni sala operatoria è stata sottoposta a campionamento secondo il protocollo individuato dal laboratorio analisi certificato (Laboratorio S.C.A., Tabella 1). I dati raccolti sono stati parametrati secondo il livello di carica batterica definiti dalle linee guida dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro (Ispesl) per le Sale Operatorie (Tabella 2).

Tabella 2. Linee guida Ispesl (Istituto-Superiore-Prevenzione-e-Sicurezza-sul-Lavoro, 2009) per sale operatorie sui valori soglia dei prelievi sulle superfici e criteri di decisione. ufc: unità formante colonia.

Risultati (ufc/piastra)	Criteri di decisione
$x \leq 5$	ideale
$5 < x \leq 15$	accettabile
$x > 15$ in 1 solo punto	segnalare punto
$x > 15$ in 2-4 punti	rivedere protocollo disinfezione
$x > 15$ in 5 punti	inaccettabile
presenza di <i>Staphylococcus aureus</i> , enterobatteri, <i>Aspergillus</i> spp, <i>Pseudomonas</i> sp	rivedere protocollo disinfezione e programmare nuovi controlli

I prelievi sulle superfici sono stati effettuati mediante tamponi prima e dopo la sanificazione via luce pulsata UV. In particolare ad ogni attività di sanificazione è associata una operazione di verifica pre-campionamento demandata al laboratorio di analisi accreditato per fornire referti sui campioni prelevati negli ambienti

sanificati e per misurare la carica batterica superficiale. Il trattamento di sanificazione è stato effettuato mediante l'unità mobile a impulsi ultravioletti secondo i tempi e le modalità definite dal manuale d'uso corrispondente (Tabella 1). Infine, un'operazione di verifica post-trattamento delle superfici da campionare è stata affidata allo stesso laboratorio analisi.

In osservanza dei requisiti di sanitizzazione per le sale operatorie definiti dalle linee guida Ipsel (Tabella 2), diverse cariche batteriche sono state esaminate servendosi di opportuni metodi di quantificazione (Tabella 3). Il campionamento e le successive determinazioni analitiche hanno lo scopo di confermare l'efficacia della sanificazione delle superfici delle sale operatorie a seguito dell'utilizzo dell'unità mobile a luce ultravioletta pulsata.

Tabella 3. Cariche batteriche campionate e metodo di campionamento.

Tamponi	Metodi
Carica microbica totale a 30°C	ISO 18593: 2004 UNI EN ISO 4883-1: 2013
Aspergillus spp	ISO 18593: 2004 Agar selettivo
Escherichia coli	ISO 18593: 2018 ISO 16649-2: 2001
Staphylococcus aureus	ISO 18593: 2004 Agar selettivo
Klebsiella spp	ISO 18593: 2004 Agar selettivo
Acinetobacter baumannii	ISO 18593: 2004 Agar selettivo
Clostridium perfringens	ISO 18593: 2004 Agar selettivo

### Analisi statistica

Per confrontare i valori di carica batterica pre e post sanitizzazione sono stati utilizzati test non-parametrici (Kruskal-Wallis, Wilcoxon) con il software GraphPad. Regressioni lineari con metodo dei minimi quadrati sono state usate per stimare la correlazione funzionale tra variabili dipendenti (totale cumulativo degli interventi, numero di interventi giornalieri) e indipendenti (carica batterica puntuale, personale operatorio, tempo utilizzo sala operatoria), con stime di intervalli di confidenza (I.C.) al 95% (Rao and Chakraborty, 1991).

### Risultati e Discussione

La sperimentazione ha il duplice scopo di confermare l'efficacia della sanitizzazione tramite sistema ISS con dispositivo mobile a luce UV pulsata e di stimare la potenziale frequenza d'uso del sistema ISS necessaria per mantenere un livello ottimale di sanitizzazione delle sale operatorie.

Cinque (5) trattamenti di disinfezione tramite dispositivo mobile a luce UV pulsata allo Xenon sono stati effettuati nelle due sale operatorie, a intervalli di tempo gradualmente più ravvicinati (Tabella 4). Solo per le sanitizzazioni n°1, 2 e 5 sono stati raccolti ed analizzati i tamponi pre e post trattamento relativi ai punti campionati sulle superfici delle sale operatorie in esame (Tabella 1). Inoltre, la carica batterica media (CBM), calcolata a partire dai valori di unità formante colonia per piastra (ufc/piastra) relativi ai punti della sala operatoria campionati coi tamponi, è stata usata quale indice indicativo dell'andamento medio della carica batterica dell'intero ambiente (Simmons et al., 2018, El Haddad et al., 2017).

Tabella 4. Sanitizzazioni effettuate a mezzo di dispositivo con luce UV pulsata allo Xeno.

N° sanitizzazione	Data	Intervallo (g)	Tamponi pre e post-trattamento
1	08/06/2019	-	sì
2	06/07/2019	28	sì
3	19/07/2019	13	no
4	26/07/2019	7	no
5	03/08/2019	8	sì

Al fine di definire intervalli di tempo congrui utili per lo studio, in base anche alle date delle sanitizzazioni effettuate, sono stati individuati i seguenti tre intervalli temporali:  
*Periodo I:* 09 Maggio – 08 Giugno (prima della sanitizzazione n°1)  
*Periodo II:* 09 Giugno – 06 Luglio (tra le sanitizzazioni n°1 e n°2)  
*Periodo III:* 07 Luglio – 03 Agosto (tra le sanitizzazioni n°2 e n°5).

Dopo tutti i trattamenti di sanitizzazione a luce pulsata UV con il sistema ISS, si è osservato un abbassamento della CBM drastico (>87%,  $p < 0,01$ ) ed omogeneo ( $p > 0,05$ ) sia nella sala operatoria di ortopedia che in quella di neurochirurgia (Tabella 5), con punte superiori al 95% su alcune superfici analizzate: in particolare, i valori della CBM post-trattamento sono al di sotto del livello di conformità di disinfezione accettabile per le sale operatorie di 15 ufc/piastra dopo le sanitizzazioni n°1 e 2, e al di sotto del valore di conformità ideale di 5 ufc/piastra dopo la sanitizzazione n°5.

Tuttavia, dopo 28 giorni dalla sanitizzazione n°1, nelle sale operatorie si sono riscontrati livelli di CBM pre-sanitizzazione n°2 dello stesso ordine di grandezza dei valori di pre-sanitizzazione n°1, mentre i valori di CBM pre-sanitizzazione n°5 presentano uno (neurochirurgia) o due (ortopedia) ordini di grandezza inferiori rispetto ai valori di CBM pre-sanitizzazione n°1 e n°2 (Tabella 5). Tale consistente diminuzione della CBM pre-sanitizzazione n°5 può essere rapportata all'aggiunta di due disinfezioni intermedie a luce UV pulsata, rispettivamente sanitizzazioni n°3 e 4.

Tabella 5. Valori di UFC/piastra e CBM nei punti di campionamento delle sue sale operatorie, prima e dopo sanitizzazioni n°1, 2 e 5. I valori post-sanitizzazioni evidenziati in corsivo risultano superiori al valore di 15 ufc/piastra e sono stati segnalati, come previsto dalle linee guida Ispesl.

sala operatoria	superficie di tampone	UFC / Piastra								
		pre-san. 1	post-san. 1	% riduzione	pre-san. 2	post-san. 2	% riduzione	pre-san. 5	post-san. 5	% riduzione
ortopedia	Scialitica	35	11	68,6%	140	32	77,1%	9	1	88,9%
	Ventilatore schermo destro.	50	3	94,0%	16	0	100,0%	6	0	100,0%
	Parete bacheca utensili	350	22	93,7%	210	11	94,8%	10	1	90,0%
	CBM	145	12	91,7%	122	14	88,5%	8	1	87,5%
neurochirurgia	Scialitica	173	3	98,3%	170	11	93,5%	40	1	97,5%
	Ventilatore schermo destro.	34	13	61,8%	17	6	64,7%	37	0	100,0%
	Parete bacheca utensili	330	10	97,0%	470	21	95,5%	220	4	98,2%
	CBM	179	9	95,0%	219	13	94,1%	99	2	98,0%

Inoltre, a valle delle sanitizzazioni n°1, 2 e 5, le eventuali colonie di *Aspergillus spp*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella spp*, *Acinetobacter baumannii*, *Clostridium perfringens* presenti nei punti di campionamento (Tabella 6) non sono state più riscontrate, per cui non è stato necessario rivedere interamente il protocollo di pulizia e programmare nuovi controlli, come da linee guida Ispesl (Tabella 2). L'efficacia dell'unità mobile a luce pulsata UV nella disinfezione delle superfici da specie batteriche altamente pericolose risulta coerente con altri studi condotti su specie simili in diversi ambienti ospedalieri (Cheigh et al., 2012, Pegues et al., 2017, Sampathkumar et al., 2019, Zeber et al., 2018).

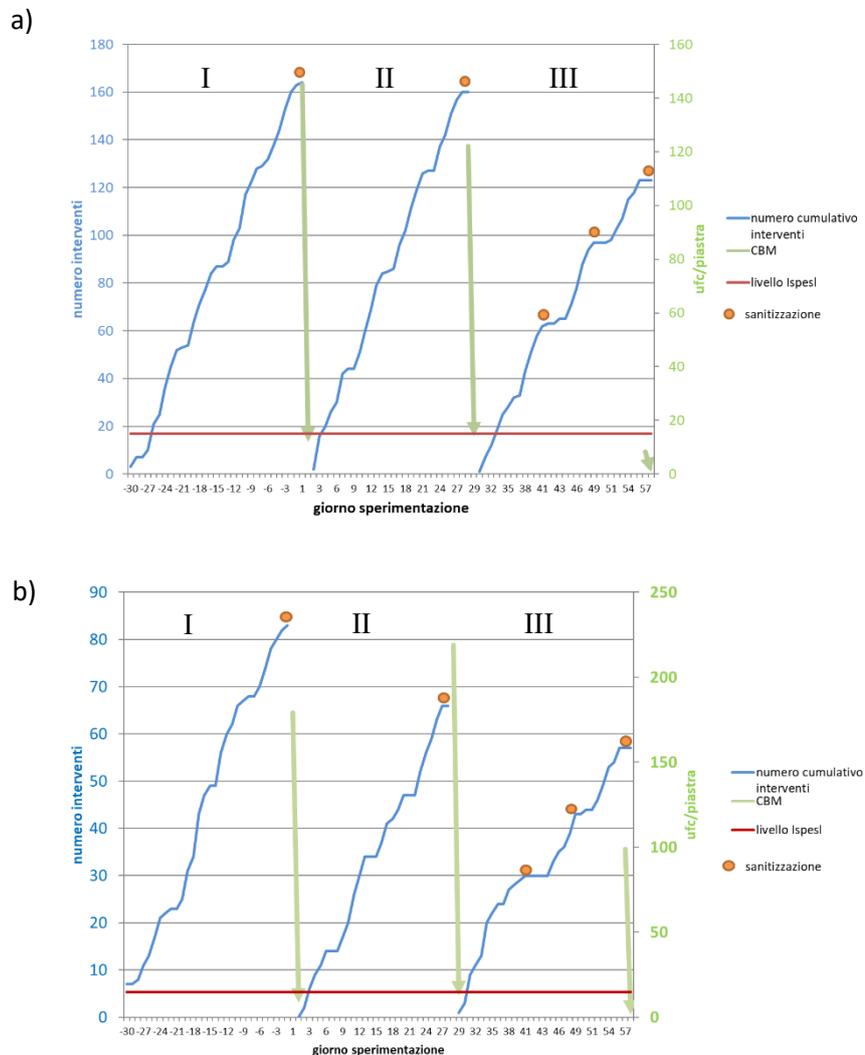
Tabella 6. Abbattimento di specifiche specie microbiche sulle superfici analizzate dopo disinfezione con luce pulsata UV.

		Batteri											
		<i>Aspergillus spp</i>		<i>Escherichia coli</i>		<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Klebsiella spp</i>		<i>Acinetobacter baumannii</i>		<i>Clostridium perfringens</i>	
sala operatoria	superficie	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post	pre	post
		Sanitizzazione n°1											
ortopedia	Scialitica	<1	<1	<1	<1	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Ventilatore schermo destro.	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Parete bacheca utensili.	<1	<1	<1	<1	200	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
neurochirurgia	Scialitica	<1	<1	<1	<1	300	<1	<1	<1	100	<1	<1	<1
	Ventilatore schermo destro.	<1	<1	<1	<1	10	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Parete bacheca utensili.	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
		Sanitizzazione n°2											
ortopedia	Scialitica	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Ventilatore schermo destro.	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Parete bacheca utensili.	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
neurochirurgia	Scialitica	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Ventilatore schermo destro.	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Parete bacheca utensili.	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
		Sanitizzazione n°3											
ortopedia	Scialitica	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Ventilatore schermo destro.	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Parete bacheca utensili.	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
neurochirurgia	Scialitica	<1	<1	<1	<1	200	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Ventilatore schermo destro.	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	Parete bacheca utensili.	<1	<1	<1	<1	100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

In generale, tali risultati confermano l'efficacia del dispositivo a luce pulsata UV nell'abbattimento sostanziale della CBM e di specifiche specie di batteri sulle superfici, secondo le procedure adottate nel protocollo operativo, riportando così i valori di CBM nelle sale operatorie al di sotto dei livelli di accettabilità stabiliti dalle normative Ispesl (Tabella 2).

Inoltre, al fine di monitorare l'andamento della CBM nelle due sale operatorie in funzione del numero di interventi condotti, si sono rapportati i valori di CBM delle pre-sanitizzazioni n° 1 e 2 nelle rispettive sale operatorie all'andamento cumulativo del numero degli interventi nel periodo I nei tre punti campionati. (Figura 2).

Figura 2. Andamento della CBM della sala operatoria pre e post trattamento di sanitizzazione e del numero cumulativo di interventi in funzione dei giorni dei tre periodi della sperimentazione. a) sala operatoria di ortopedia; b) sala operatoria di neurochirurgia. In numeri romani sono indicati i periodi presi in esame.

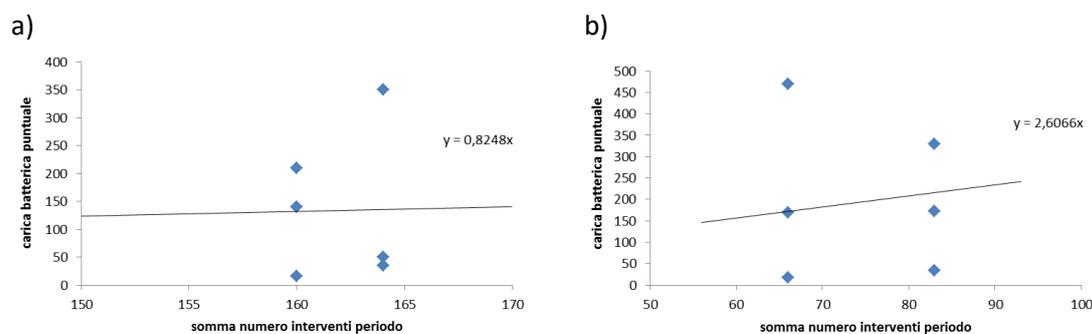


In particolare, nella sala operatoria di Ortopedia, a parità di numero di interventi condotti nei periodi I e II (164 interventi *versus* 106), la CBM pre-sanitizzazione n°2 diminuisce di circa 16% rispetto alla CBM pre-sanitizzazione n°1. Mentre, nella sala operatoria di neurochirurgia, a fronte di una diminuzione di circa 20% del numero di interventi condotti nei periodi I e II (83 interventi *versus* 66), la CBM pre-sanitizzazione n°2

tuttavia aumenta di circa 20% rispetto alla CBM pre-sanitizzazione n°1 (Figura 2). Invece, effettuare le sanitizzazioni n°3, 4 e 5 con dispositivo mobile a luce UV pulsata a scadenza temporale ravvicinata ha permesso di diminuire i valori di CBM pre-sanitizzazione n°5 nei due ambienti ospedalieri in esame rispetto ai valori di CBM pre-sanitizzazioni n°1 e 2 (Tabella 5).

Tuttavia, dall'analisi dei valori di ufc/piastra nel periodo II e periodo I, si osserva una discreta correlazione lineare (coefficiente di determinazione  $0,5 < R^2 < 0,8$ ) tra il numero cumulativo di interventi a fine periodo e la carica batterica puntuale di pre-sanitizzazione n°1 e 2, in entrambe le sale operatorie (Figure 3). In particolare, nella sala di ortopedia la CBM prodotta ad ogni singolo intervento è stimata pari a 0,82 ufc/piastra (I.C. 95%: 0,01 - 1,17), mentre nella sala di neurochirurgia la CBM prodotta ad ogni singolo intervento è stimata pari a 2,61 ufc/piastra (I.C. 95%: 0,10 - 5,12).

Figura 3. Andamento della carica batterica puntuale sulle superfici campionate in funzione del numero cumulativo di interventi condotti nei periodi I e II. a) sala operatoria di ortopedia,  $R^2=0,56$ ; b) sala operatoria di neurochirurgia,  $R^2=0,58$ . La regressione lineare è del tipo  $y=ax$ .



Al fine di stimare la potenziale CBM pre-sanitizzazione n°5 che si sarebbe potuta riscontrare senza le sanitizzazioni intermedie n°3 e 4, si sono utilizzati i valori di regressione lineare ottenuti in figura 3, e ciò ha permesso di stimare che per i 123 interventi di ortopedia effettuati durante il periodo III la CBM pre-sanitizzazione n°5 potenziale, senza sanitizzazioni intermedie, avrebbe potuto essere di 101 ufc/piastra (I.C. 95%: 1 - 143), mentre per i 57 interventi di neurochirurgia durante il periodo III la CBM potenziale avrebbe potuto essere di 149 ufc/piastra (I.C. 95%: 5 - 292).

Pertanto, in entrambe le sale operatorie, a valle delle sanitizzazioni n°3, 4 e 5 condotte nel periodo III, la CBM pre-sanitizzazione n°5 risulta essere potenzialmente diminuita di circa 90% in sala operatoria di ortopedia (101 ufc/piastra teoriche *versus* 8 reali) e di circa 40% in neurochirurgia (149 ufc/piastra teoriche *versus* 99 reali) rispetto ai valori stimati secondo la correlazione tra numero cumulativo di interventi condotti e CBM pre-sanitizzazione. È pertanto probabile che le sanitizzazioni n°3 e 4 abbiano contribuito alla riduzione della CBM pre-sanitizzazione n°5 nel periodo III. Quindi, un intervento settimanale di sanitizzazione potrebbe essere stimato sufficiente per ridurre ulteriormente i livelli di CBM delle sale operatorie.

Tuttavia, considerando che nel periodo III a valle delle sanitizzazioni ravvicinate n°3, 4 e 5 la CBM pre-sanitizzazione risulta essere minore dei valori attesi secondo l'interpolazione lineare, si sono analizzati il

numero e la durata totale degli interventi effettuati negli otto giorni precedenti le sanitizzazioni n°1, 2 e 5 al fine di verificare se il numero e/o la durata totale degli interventi abbia influito sull'abbassamento della carica batterica media piuttosto che le ripetute sanitizzazioni intermedie n°3 e 4 realizzate nel periodo III.

Come riportato in Tabella 7, in entrambe le sale operatorie il numero e la durata totale delle operazioni condotte negli 8 giorni prima delle sanitizzazioni n°1, 2, e 5 e il corrispettivo totale di personale operatorio coinvolto risultano essere dello stesso ordine di grandezza. Pertanto, si può supporre che non il numero, né la durata totale degli interventi, né il numero di personale operatori coinvolto abbiano influito sulla diminuzione della CBM pre-sanitizzazione n°5, ma che le sanitizzazioni intermedie n°3 e 4 siano principali responsabili della flessione di CBM pre-sanitizzazione n°5 rispetto alle CBM delle pre-sanitizzazioni n°1 e 2.

*Tabella 7. Numero complessivo e durata cumulativa delle operazioni chirurgiche effettuate nelle sale operatorie e totale del personale operatorio coinvolto nei tre periodi presi in esame.*

sala operatoria	Periodo I			Periodo II			Periodo III		
	n° operazioni	totale tempo operazioni (h)	totale personale operatorio	n° operazioni	totale tempo operazioni (h)	totale personale operatorio	n° operazioni	totale tempo operazioni (h)	totale personale operatorio
ortopedia	36	1515	197	34	1050	172	30	1070	124
neurochirurgia	13	1100	109	18	1680	124	14	1090	100

In ultima analisi, il presente studio ha lo scopo di stimare la cadenza ottimale di sanitizzazione delle sale operatorie in esame con dispositivo mobile a luce pulsata UV in aggiunta ai metodi di disinfezione tradizionali di routine. Innanzitutto, si è proceduto a dividere il limite di accettabilità della normativa Ispesl (15 ufc/piastra) per i valori di ufc/piastra per intervento della rispettiva sala, come ottenuti dalle regressioni lineari precedenti. Si è stimato così il numero massimo di interventi dopo il quale è indispensabile procedere a sanitizzazione con dispositivo mobile a luce pulsata UV (Tabella 8); in seguito, considerando la mediana degli interventi compiuti nelle singole sale operatorie al giorno (5 in sala di ortopedia e 2 in sala di neurochirurgia), si è stimato il numero massimo di giorni a seguito dei quali procedere con disinfezione a luce pulsata UV nelle sale operatorie (Tabella 8).

A partire dai dati riportati in Tabella 8, è possibile suggerire che l'utilizzo dell'unità mobile a impulsi UV ogni 3 o 4 giorni, in base alla sala operatoria, aiuti i consueti metodi di disinfezione a portare i livelli di pre-sanitizzazione inferiori alla soglia di 15 ufc/piastra nel rispetto delle normative Ispesl vigenti.

Tabella 8. Stima dei numeri di interventi e di giorni tra una disinfezione e l'altra a mezzo di dispositivo a luce UV pulsata, utili a mantenere la CBM sotto la soglia di 15 ufc/piastra negli ambienti operatori presi in esame.

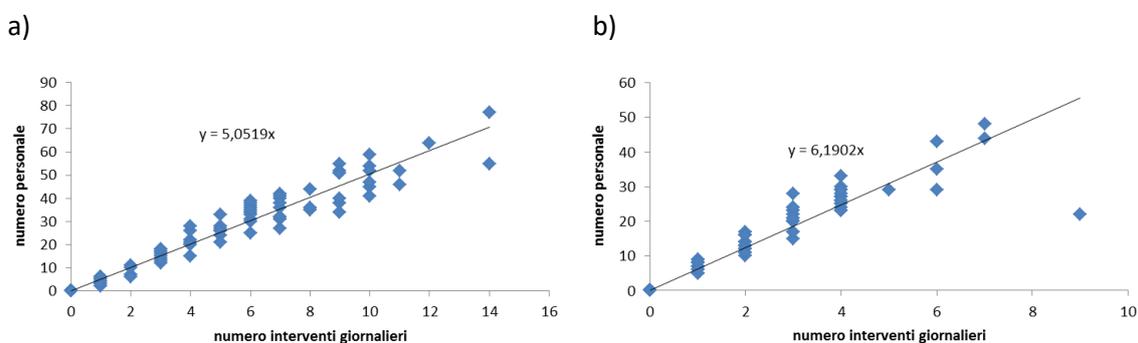
sala operatoria	(ufc/piastra)/intervento			n° interventi per sanitizzazione			n° giorni per sanitizzazione		
	media	lim. min I.C.	lim. max I.C.	media	lim. min I.C.	lim. max I.C.	media	lim. min I.C.	lim. max I.C.
ortopedia	0,82	0,01	1,17	18	13	1511	4	3	302
neurochirurgia	2,61	0,10	5,12	6	3	156	3	1	78

Infine, altri parametri, quali il numero di personale operatorio o il tempo di occupazione delle sale durante gli interventi, sono stati analizzati al fine di comprendere se possano contribuire a definire più accuratamente la cadenza d'uso del dispositivo mobile a luce ultravioletta per mantenere i valori di CBM al di sotto dei limiti normativi di accettabilità Ispesl (Tabella 2).

In particolare, considerando che ogni operazione chirurgica può comportare un numero di personale diverso, si è analizzata l'eventuale correlazione tra numero di personale operatorio e numero di operazioni giornaliere. Ciò risulta utile per verificare se è necessario studiare anche la correlazione tra numero di personale giornaliero coinvolto nelle sale operatorie e la CBM nelle sale operatorie al fine di stimare la frequenza ottimale di sanitizzazione delle sale operatorie con dispositivo a luce pulsata UV.

In entrambe le sale operatorie esiste una molto forte correlazione lineare ( $R^2 > 0.9$ ) tra numero giornaliero di personale e numero di operazioni giornaliere nel periodo preso in esame (Figure 4), con una media di 5 membri di personale operatorio per la sala chirurgica di ortopedia e una media di 6 membri per la sala chirurgica di neurochirurgia. Pertanto, vista l'importante correlazione lineare esistente tra numero di interventi giornalieri e numero di personale, risulta sufficiente seguire il numero di interventi per monitorare la CBM degli ambienti operatori e quindi organizzare i processi di sanitizzazione.

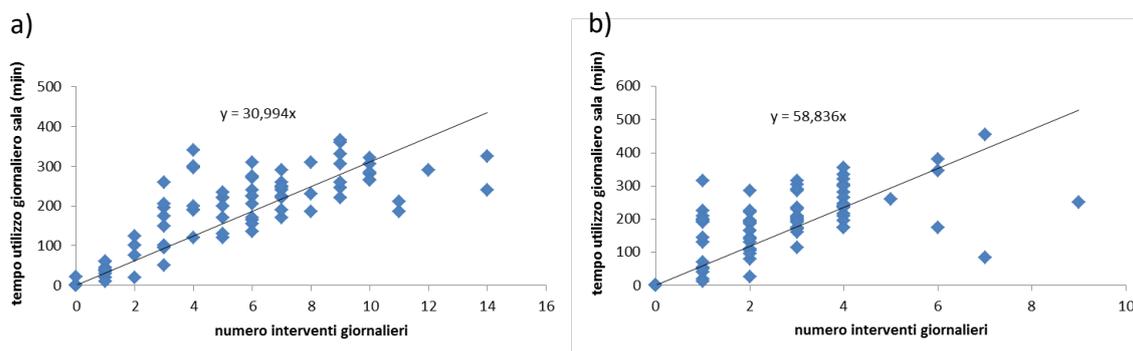
Figura 4. Andamento del numero complessivo di personale giornaliero coinvolto nella sala operatoria in funzione del numero di interventi chirurgici giornalieri. a) sala operatoria di ortopedia,  $R^2=0,97$ ; b) sala operatoria di neurochirurgia  $R^2=0,94$ . La regressione lineare è del tipo  $y=ax$ .



Infine, considerando che ogni operazione chirurgica può comportare una durata temporale diversa di intervento, si è anche analizzata l'eventuale correlazione tra tempo di utilizzo giornaliero delle sale operatorie e numero di interventi giornalieri effettuati nel periodo in esame, allo scopo di verificare se è necessario monitorare anche il tempo di utilizzo giornaliero quale indice della CBM nelle sale operatorie.

In entrambe le sale operatorie esiste una forte correlazione lineare ( $0.8 < R^2 < 0.9$ ) tra tempo di utilizzo giornaliero della sala operatoria e numero di operazioni giornaliere (Figura 5), con una media di 31 min per operazione chirurgica per la sala chirurgica di ortopedia e una media di 59 min per la sala chirurgica di neurochirurgia. Pertanto, vista la forte correlazione lineare esistente tra numero di interventi giornalieri e il tempo di utilizzo giornaliero della sala, si conferma sufficiente seguire principalmente il numero di interventi per monitorare la CBM degli ambienti operatori e quindi organizzare la frequenza delle sanitizzazioni.

Figura 5. Andamento del tempo complessivo di utilizzo giornaliero della sala operatoria in funzione del numero di interventi chirurgici giornalieri. a) sala operatoria di ortopedia,  $R^2=0,89$ ; b) sala operatoria di neurochirurgia  $R^2=0,81$ . La regressione lineare è del tipo  $y=ax$ .



I risultati ottenuti in questo studio costituiscono dati preliminari utili a sviluppare in seguito un più ampio sistema di analisi delle dinamiche interne agli ambienti operatori (e, più in generale, ospedalieri) al fine di monitorare scrupolosamente la CBM in tali spazi, a mezzo del sistema ISS dotato di unità mobile a luce pulsata UV allo Xeno.

L'uso di dispositivi mobili a luce pulsata UV per la disinfezione degli ambienti ospedalieri si conferma utile ad abbattere le cariche microbiche superficiali nelle sale operatorie, come riportato anche in altri studi e riviste internazionali (Stibich and Stachowiak, 2016, Casini et al., 219), e pertanto ne è raccomandata l'adozione a sostegno delle procedure tradizionali di disinfezione delle superfici delle sale operatorie. Implementare sistematicamente tali dispositivi a luce UV pulsata nelle sale operatorie e adoperarli a intervalli di tempo regolari pu aiutare a ridurre di conseguenza l'incidenza di infezioni ospedaliere.

Ulteriori studi condotti in altri ambienti simili e altri nosocomi potranno aiutare a studiare con maggiore dettaglio la frequenza di sanitizzazione ottimale per mezzo di tali dispositivi a luce UV pulsata allo Xeno, in base alle diverse realtà ospedaliere e all'incidenza locale di infezioni legate agli ambienti ospedalieri.

## Conclusioni

Questo studio ha mostrato l'efficacia di un ciclo di circa 16 minuti di luce pulsata UV allo xenon nella riduzione drastica della CBM e nell'eliminazione di batteri contaminanti in due sale operatorie degli Ospedali Riuniti di Foggia, secondo i limiti di accettabilità definiti dalle norme Ispesl. Inoltre, la CBM di ogni ambiente operatorio esaminato è risultata correlabile al numero di operazioni effettuate; pertanto è consigliato l'utilizzo dell'unità

mobile a impulsi UV ogni 3 o 4 giorni al fine di mantenere i livelli CBM sulle superfici al di sotto della soglia di 15 ufc/piastra nel rispetto delle normative Ispesl vigenti per le sale operatorie. Questo metodo potrà consentire un breve periodo di tempo per il turnover della stanza e una potenziale riduzione della trasmissione patogena ai pazienti e possibilmente delle infezioni da siti chirurgici.

## Bibliografia

- CASINI, B., TUVO, B., CRISTINA, M. L., SPAGNOLO, A. M., TOTARO, M., BAGGIANI, A. & PRIVITERA, G. P. 2019. Evaluation of an Ultraviolet C (UVC) Light-Emitting Device for Disinfection of High Touch Surfaces in Hospital Critical Areas. *Int J Environ Res Public Health*, 16.
- CHEIGH, C.-I., PARK, M.-H., CHUNG, M.-S., SHIN, J.-K. & PARK, Y.-S. 2012. Comparison of intense pulsed light- and ultraviolet (UVC)-induced cell damage in *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7. *Food Control*, 25, 654-659.
- EL HADDAD, L., GHANTOJI, S. S., STIBICH, M., FLEMING, J. B., SEGAL, C., WARE, K. M. & CHEMALY, R. F. 2017. Evaluation of a pulsed xenon ultraviolet disinfection system to decrease bacterial contamination in operating rooms. *BMC Infect Dis*, 17, 672.
- ISTITUTO-SUPERIORE-PREVENZIONE-E-SICUREZZA-SUL-LAVORO 2009. Linee guida sugli standard di sicurezza e di igiene del lavoro nel reparto operatorio
- PEGUES, D. A., HAN, J., GILMAR, C., MCDONNELL, B. & GAYNES, S. 2017. Impact of Ultraviolet Germicidal Irradiation for No-Touch Terminal Room Disinfection on *Clostridium difficile* Infection Incidence Among Hematology-Oncology Patients. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 38, 39-44.
- RAO, C. R. & CHAKRABORTY, R. 1991. *Statistical methods in biological and medical sciences*, North-Holland.
- SAMPATHKUMAR, P., FOLKERT, C., BARTH, J. E., NATION, L., BENZ, M., HESSE, A., MIELKE MS, C. L. & ZAVELETA, K. W. 2019. A trial of pulsed xenon ultraviolet disinfection to reduce *Clostridioides difficile* infection. *Am J Infect Control*, 47, 406-408.
- SIMMONS, S., DALE, C., JR., HOLT, J., PASSEY, D. G. & STIBICH, M. 2018. Environmental effectiveness of pulsed-xenon light in the operating room. *Am J Infect Control*, 46, 1003-1008.
- STIBICH, M. & STACHOWIAK, J. 2016. The microbiological impact of pulsed xenon ultraviolet disinfection on resistant bacteria, bacterial spore and fungi and viruses : review. 31, 12-15.
- ZEBER, J. E., PFEIFFER, C., BADDLEY, J. W., CADENA-ZULUAGA, J., STOCK, E. M., COPELAND, L. A., HENDRICKS, J., MOHAMMADI, J., RESTREPO, M. I. & JINADATHA, C. 2018. Effect of pulsed xenon ultraviolet room disinfection devices on microbial counts for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and aerobic bacterial colonies. *Am J Infect Control*, 46, 668-673.

# Applicazione di tecnologia “no-touch” UV a luce pulsata Xeno per il contrasto alla trasmissione nosocomiale della COVID-19

Protocollo: *NoTouch-XenoLux*COVID19

Domenico Martinelli, Giovanni Villone, Francesca Fortunato, Maria Angela Ioakim, Alessandra Cozza, Rosa Prato, Vitangelo Dattoli

*Policlinico Riuniti di Foggia, Foggia, Italy*

## **Abstract**

Nella storia naturale della pandemia di COVID-19 è apparso da subito evidente il ruolo di cluster nosocomiali nell’amplificazione di eventi epidemici a livello locale. In questo scenario, le pratiche *essenziali* dei Programmi di Prevenzione e Controllo delle Infezioni (IPC) rivestono un’importanza cruciale per garantire il funzionamento dei servizi assistenziali e mitigare il carico di malattia nei gruppi di popolazione più a rischio. Uno degli interventi raccomandati è rappresentato dal contenimento della carica microbica a livello ambientale, al quale, oggi, possono contribuire in modo rilevante innovative tecniche di sanificazione. In particolare, i sistemi “no-touch” (automatizzati) a luce UV pulsata allo Xeno (PX-UV) si sono rivelati, a livello sperimentale, efficaci contro la contaminazione dell’aria e di diverse superfici da parte di microrganismi multifarmaco-resistenti, micobatteri e virus. In un’esperienza di campo condotta per alcuni mesi del 2019 in un quartiere operatorio ad elevata complessità dell’Azienda Ospedaliero Universitaria Policlinico Riuniti di Foggia, interventi di sanificazione PX-UV eseguiti ad intervalli predefiniti hanno mostrato un importante abbattimento della carica microbica pre-sanitizzazione finale.

Il presente protocollo ha l’obiettivo di applicare i risultati delle prove sperimentali di utilizzo di una tecnologia PX-UV controllata da remoto nelle aree COVID e nei percorsi ad esse funzionali del Policlinico Riuniti di Foggia, con il fine di elevare il livello di disinfezione di ambienti critici e di ridurre il rischio infettivo tra il personale addetto alla sanificazione.

I sistemi portatili comandati mediante *device* (es. *tablet*, ecc.) saranno collegati a una piattaforma informatica (*Sistema di Sanitizzazione Intelligente - SSI*) funzionale, in fase di pianificazione, alla mappatura e al riconoscimento di ambienti e superfici (scannerizzazione QR-code) e, in fase di esercizio, all’acquisizione dei dati relativi all’avvenuta sanificazione, alla produzione di report e alla gestione dei controlli periodici (campionamenti microbiologici). Modalità e frequenza degli interventi potranno essere ridefiniti in base alle informazioni archiviate e integrate nel *SSI*.

I meccanismi di impatto della luce pulsata sulla materia vivente, la ridotta durata dei cicli di azione, l’assenza di tossicità residua, la riproducibilità della procedura in ambienti altamente contaminati, rappresentano i principali punti di forza della scelta tecnologica. La piena applicazione del protocollo “no-touch” PX-UV con esiti favorevoli può inoltre tradursi in un vantaggio economico diretto, con una rinegoziazione del premio assicurativo per riduzione della sinistrosità attribuibile alle infezioni correlate all’assistenza.

## ***Background***

Nella storia naturale della pandemia di COVID-19 (oltre 3,5 milioni di casi e 245 mila decessi stimati al 6 maggio 2020 su scala globale) [1], è apparso evidente il ruolo di cluster nosocomiali nell'amplificazione di eventi epidemici a livello locale, con impatto severo soprattutto negli anziani e nei pazienti vulnerabili [2].

In precedenza, le malattie causate dai coronavirus SARS-CoV e MERS-CoV sono state caratterizzate da *pattern* di trasmissione poco efficienti in comunità ma con estesi focolai ospedalieri [3]. In una meta-analisi *preprint* non *peer-reviewed* postata il 17 aprile 2020 sulla piattaforma [www.medrxiv.org](http://www.medrxiv.org), la proporzione di infezioni nosocomiali COVID-19 sul totale dei casi confermati è risultata pari al 44%; il 33% dei pazienti erano operatori sanitari [4]. In Italia, i dati preliminari riportati dall'Istituto Superiore di Sanità sui casi diagnosticati a partire dal 1 aprile 2020 mostrano che il 49% dei pazienti ha contratto la malattia in una residenza sanitaria assistenziale o in una comunità per disabili e il 10% si è contagiato in ospedale o in ambulatorio; al 28 aprile, risultavano confermati 20.797 casi tra il personale sanitario (il 10,4% delle segnalazioni) [5]. Nella provincia di Foggia, nelle prime quattro settimane dell'epidemia (settimane 9-12), la trasmissione dell'infezione è avvenuta prevalentemente in ambito comunitario e in *setting* sanitario; dalla quinta settimana, quasi il 35% dei casi si è concentrato in RSA, RSSA e altre strutture di lunga degenza extra-ospedaliera. Più di un caso su quattro di COVID-19 ha riguardato operatori sanitari [6].

In questo scenario, le pratiche *essenziali* dei Programmi di Prevenzione e Controllo delle Infezioni (IPC) rivestono un'importanza cruciale tra le garanzie di funzionamento dei servizi sanitari e nella mitigazione del carico di malattia nelle popolazioni vulnerabili. Le misure atte ad impedire la diffusione nosocomiale del virus SARS-CoV-2 hanno il preciso scopo di rallentare/regolarizzare la domanda di assistenza specializzata (terapia intensiva), salvaguardare i fragili, proteggere gli operatori sanitari e ridurre al minimo l'esportazione di casi verso altre strutture sanitarie e la comunità in generale [2].

Tutte le principali organizzazioni governative internazionali raccomandano, tra gli altri, interventi per il controllo dell'infezione a livello ambientale [7-8]. Sebbene, infatti, il contagio avvenga nella maggior parte dei casi attraverso *droplets*, il virus SARS-CoV-2 può anche trasmettersi per contatto diretto o indiretto (fomiti) con oggetti o superfici contaminate da secrezioni di persone infette presenti nelle immediate vicinanze. Recenti evidenze sperimentali confermano la capacità di persistenza del virus fino a 72 ore su plastica e acciaio inossidabile, fino a 24 ore su cartone e fino a 4 ore su rame, mostrando un decadimento esponenziale del titolo virale nel tempo [7].

Le procedure di pulizia e disinfezione di *routine* (uso di detergenti e acqua per le superfici prima dell'applicazione di un disinfettante di livello ospedaliero, es. ipoclorito di sodio) vengono considerate sufficienti per il controllo della diffusione del SARS-CoV-2 in ambito sanitario, anche negli ambienti in cui vengono eseguite procedure mediche che determinano la produzione di aerosol [8-9]. Diversi fattori, come la variabilità degli interventi legata alle capacità del personale addetto, il tipo di materiale da trattare, il mancato rispetto delle indicazioni d'uso dei prodotti (tempi, concentrazioni), possono però ridurre l'efficacia della sanificazione. Per questo, sono già disponibili o in sviluppo disinfettanti liquidi che possono integrare i metodi più tradizionali, come quelli potenziati a base di perossido di idrogeno, combinazioni di acido peracetico e perossido di idrogeno, acqua elettrolizzata, gas-plasma e guaine polimeriche. Anche gli "auto-disinfettanti" di superficie per rivestire le apparecchiature con metalli pesanti, come rame o argento dalle innate proprietà antimicrobiche, meritano attenzione.

Nel contenimento della carica microbica ambientale, importante fattore causale nell'insorgenza di infezioni correlate all'assistenza, un contributo di rilievo può essere fornito dall'introduzione di tecniche innovative. In particolare, le più recenti tecnologie di decontaminazione "*no-touch*" (automatizzate) includono la generazione di aerosol o vapori di perossido di idrogeno, dispositivi mobili che emettono luce ultravioletta continua (UV-C), sistemi a luce UV pulsata allo Xeno (PX-UV) e lampade a emissione di luce ad alta intensità a spettro ristretto (405 nm). Tutte hanno dimostrato di ridurre la contaminazione batterica sulle superfici [10].

I sistemi che utilizzano lampade UV a luce pulsata Xeno si sono rivelati un'alternativa pratica per la disinfezione dell'aria di ambienti critici e, a livello sperimentale, efficaci contro microrganismi multifarmaco-resistenti e micobatteri [11-13]. Inoltre, ricerche condotte fin dal 2006 hanno riportato l'efficacia della luce UV pulsata nell'inattivazione di adenovirus e poliovirus [14]. Studi successivi hanno mostrato risultati interessanti nell'abbattimento della contaminazione da poxvirus e da MERS-CoV [15]. Sono stati infine pubblicati dati sull'effetto della disinfezione PX-UV nel ridurre i livelli di contaminazione da virus surrogati Ebola su differenti superfici come vetro e dispositivi di protezione individuale [16].

Un recentissimo documento redatto nell'aprile 2020 dal Ministero della Difesa della Federazione Russa evidenzia l'efficacia della luce UV pulsata nella disinfezione di superfici metalliche contaminate da SARS-CoV-2 [17].

A supporto dei dati di letteratura disponibili, dirimente nella decisione della individuazione della tecnologia da introdurre nel contesto assistenziale è stata l'esperienza condotta sul campo presso il

quartiere operatorio di Neurochirurgia e Ortopedia dell’Azienda Ospedaliero Universitaria “Ospedali Riuniti” di Foggia. La scelta di testare la nuova tecnologia nei *setting* di discipline sopra citate è stata dettata da motivazioni oggettive di carattere epidemiologico relative alla frequenza di infezioni correlate all’assistenza, con un’attenzione particolare al loro impatto sulla sinistrosità, sui risarcimenti richiesti ed erogati e conseguentemente sui premi assicurativi versati.

A titolo esemplificativo, un’analisi di *benchmark* tra “Ospedali Riuniti” e le altre aziende sanitarie clienti di un Gruppo di intermediazione assicurativa ha evidenziato come, presso il Policlinico di Foggia, la percentuale di sinistri attribuibili alle infezioni correlate all’assistenza sia stata del 9,6% a fronte del 5,4% del totale degli altri enti esaminati. Presso gli “Ospedali Riuniti”, nel periodo 2009 – 2019, la percentuale di sinistri attribuibili alle infezioni correlate all’assistenza si è collocata al quarto posto per frequenza; la percentuale sul totale dell’importo richiesto è stata invece del 12,5%, attestandosi al terzo posto. La disciplina di Ortopedia e Traumatologia occupava il primo posto per frequenza di sinistri denunciati e per entità dell’importo richiesto; nel medesimo periodo, le discipline di Ortopedia e Traumatologia e di Neurochirurgia rendevano conto del 25% del totale delle richieste di risarcimento.

Il *Sistema di Sanitizzazione Intelligente (SSI)* ha trovato valida applicazione in un ambiente assistenziale, quale un quartiere operatorio, caratterizzato da elevata complessità, presenza importante di tecnologie e impianti, elevati costi di gestione cui si contrappone la massimizzazione della produzione.

L’attuazione dimostrativa del modello di *SSI* si è avvalsa di un metodo che ha previsto la registrazione ed integrazione su una piattaforma informatica di tutte le informazioni provenienti da:

- Laboratorio di Microbiologia, per l’analisi dei campioni prelevati a periodicità definita dal protocollo, mediante piastre da contatto e mediante impattatore biologico per il campionamento *on demand* della carica batterica
- Sonda isocinetica per il monitoraggio in continuo del particolato aerodisperso
- Informazioni provenienti dalla codifica volumetrica degli ambienti
- Numero, tipologia e durata delle prestazioni assistenziali eseguite
- Numero di persone contemporaneamente presenti durante l’esecuzione delle prestazioni.

Il *SSI* basato sulla tecnologia PX-UV, sulla scorta delle informazioni acquisite, mediante algoritmi informatici, ha definito l’impatto dei fattori correlati allo sviluppo della carica microbica e ha consentito di stimare, sulla base di elementi oggettivi, l’appropriata frequenza di sanificazione.

Nel corso della dimostrazione durata complessivamente circa quattro mesi, tra maggio e agosto 2019, sono state eseguite cinque sanificazioni con PX-UV, la cui frequenza è stata progressivamente tarata in base alle risultanze che il modello integrato di raccolta e analisi dei dati andava fornendo.

Il risultato complessivo del modello applicativo, ovvero l'importante abbattimento della carica microbica pre-sanitizzazione finale è stato attribuito alle sanitizzazioni intermedie dell'ultimo mese condotte a un intervallo di tempo gradualmente minore rispetto ai precedenti.

## ***Obiettivi***

Il protocollo si pone l'obiettivo generale di applicare i risultati delle prove sperimentali nei *setting* del Policlinico Riuniti, potenziando le attività di disinfezione ambientale (aria e superfici) attraverso l'utilizzo di tecnologia “*no-touch*” PX-UV per il contrasto alla diffusione del virus SARS-CoV-2.

### **Obiettivi specifici**

- Elevare il livello di disinfezione di ambienti critici come le aree COVID e gli spazi e i percorsi ad esse funzionali
- Ridurre il rischio infettivo tra il personale addetto alle pratiche di detersione e sanificazione, mediante controllo da remoto di una nuova apparecchiatura per la disinfezione
- Raccogliere informazioni per la valutazione e la validazione della tecnologia “*no-touch*” PX-UV come strumento del programma aziendale IPC.

## ***Risorse necessarie al conseguimento degli obiettivi***

### **Tecnologia e strumenti**

- *Sistema portatile di disinfezione a LUCE PULSATA XENO UV “no-touch” per la decontaminazione ultrarapida dell'aria e delle superfici*
- *Device (es. tablet, ecc.) per il controllo da remoto del sistema portatile di disinfezione*
- *Controlli periodici dell'efficienza della sanificazione*
- *Piattaforma hardware/software per il monitoraggio degli interventi (SSI).*

Più in dettaglio, l'uso di sistemi portatili “*no-touch*” PX-UV consentirà di estendere il raggio d'azione in ambienti più vasti, con un dosaggio preciso dell'irraggiamento UV. Il software permetterà agli operatori addetti di comandare da remoto la strumentazione mediante semplice *device* (ad es. *tablet*, ecc.) e sarà funzionale alla mappatura e al riconoscimento degli ambienti da sanificare, ad esempio

attraverso scannerizzazione di QR-code identificativi dei volumi, della tipologia di superfici presenti e della frequenza di utilizzo. Compilate le operazioni, il *server* dovrà poter acquisire i dati relativi all'avvenuta sanificazione, elaborare la reportistica sull'intero processo e gestire i controlli periodici.

#### *Punti di forza della scelta tecnologica*

- Alte prestazioni correlate alla sinergia di diversi meccanismi di impatto della luce pulsata sulla materia vivente
- Durata estremamente ridotta dei cicli di intervento, con conseguente immediata fruibilità degli ambienti trattati
- Assenza di tossicità residua tipica dei disinfettanti chimici, con riduzione dell'impatto ambientale
- Riproducibilità della procedura anche in ambienti altamente contaminati
- Avvenuta dimostrazione di efficacia in un *setting* assistenziale ad alta complessità degli "Ospedali Riuniti" di Foggia.

#### **Risorse umane**

- Formazione del personale dell'azienda, ad opera dello *Specialist* del Fornitore, all'utilizzo e gestione delle apparecchiature in fase di avvio dell'erogazione del servizio
- Personale dell'azienda formato all'utilizzo dei sistemi portatili e dei *device* di controllo remoto
- Personale dell'azienda formato all'esecuzione dei controlli periodici
- Responsabili operativi e scientifici della performance e della valutazione di impatto del progetto.

#### ***Protocollo operativo***

- Pianificazione aziendale degli interventi di disinfezione a tecnologia "*no-touch*" PX-UV, con identificazione degli ambienti/percorsi/zone e programmazione della frequenza di applicazione come, a titolo esemplificativo, di seguito esplicitato:
  - zone filtro e svestizione: ogni 12 ore
  - spazi connettivi: ogni 24 ore, durante la notte
  - locali di servizio, medicherie: ogni 24 ore, durante la notte
  - corridoi reparti COVID: ogni 24 ore, durante la notte
  - stanze di degenza COVID: alla dimissione dei pazienti o bi-settimanale
  - ambienti di diagnostica: bisettimanale, o straordinaria in caso di contaminazione accidentale

- sale operatorie: tra gli interventi o a fine giornata
- ambienti di emergenza: tra gli interventi o a fine giornata

La pianificazione degli interventi sarà suscettibile di variazioni derivanti dalle informazioni archiviate e integrate (misurazioni periodiche della carica microbica, attività svolte, tempi di esecuzione, volumi degli ambienti, caratteristiche degli impianti di trattamento dell'aria) nel *Sistema di Sanitizzazione Intelligente* che potrà ridefinire modalità e frequenza d'uso.

- Apposizione di cartellonistica con QR-Code e di avvisi per il personale
- Pianificazione dei controlli periodici:
  - Impiego di kit commerciali: *routine*
  - Campionamenti microbiologici pre- e post-intervento: valutazione di qualità (abbattimento drastico / abbattimento graduale della carica microbica)
- Codifica univoca degli ambienti da sanificare
- Raccolta e codifica dei set di dati su volumetrie, superfici, attrezzature presenti, routine operative e attività svolte, da registrare in piattaforma per elaborare il corretto algoritmo di sanificazione (tempi di esecuzione, posizionamento dispositivo)
- Attivazione di una *control room* per disporre continuamente di un quadro sinottico degli interventi di sanificazione, della virtualizzazione 3D degli ambienti esaminati (con codice colore associato al livello di contaminazione), di sistema *alert* per interventi straordinari
- Formazione del personale tecnico per qualificazione agli standard di sicurezza
- Report periodici di esercizio e di valutazione di efficacia.

## ***Indicatori***

### **Indicatori di processo**

- N. operatori formati all'utilizzo dei sistemi portatili e dei *device* di controllo remoto
- N. operatori formati all'esecuzione dei controlli periodici
- Predisposizione piano aziendale degli interventi
- Individuazione e numero di ambienti/percorsi/zone inclusi nel piano interventi
- N. interventi di disinfezione effettuati / N. interventi programmati, per ambienti/percorsi inclusi
- N. interventi di sanificazione straordinaria effettuati / N. interventi programmati, per ambienti/percorsi inclusi
- N. controlli periodici effettuati / N. interventi effettuati

- N. report di monitoraggio prodotti

### **Indicatori di esito**

- Andamento temporale della carica microbica totale, pre- e post-intervento
- Andamento temporale della carica microbica di organismi sentinella (*Aspergillus* spp, *Escherichia coli*, *Stafilococcus aureus*, *Klebsiella* spp, *Acinetobacter baumannii*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium difficile*), pre- e post-intervento.
- Andamento della frequenza di infezioni correlate all'assistenza.

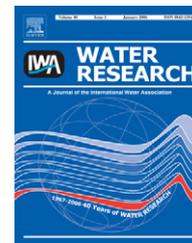
### ***Prospettive***

La pulizia e la disinfezione manuale delle superfici e degli ambienti sanitari (quotidiana o terminale, in contesti routinari o in corso di emergenze) sono componenti essenziali dei programmi aziendali di IPC. Molti fattori possono rendere complesso ottenere alti livelli di disinfezione su base regolare e duratura; in tale ottica, l'adozione di moderne tecnologie come la “no-touch” PX-UV può rappresentare un'efficace integrazione ai metodi tradizionali. Nonostante siano necessari ulteriori ricerche di valutazione costo-efficacia delle nuove strumentazioni, il loro impiego in condizioni straordinarie come l'attuale emergenza COVID-19 offre l'opportunità di raccogliere dati e informazioni per una loro estensione d'uso nelle correnti strategie di contrasto alle infezioni correlate all'assistenza.

Sul versante assicurativo, per effetto della piena applicazione del “Sistema di sanitizzazione intelligente a luce pulsata” e del riscontro di esiti favorevoli, può prevedersi, sulla base di stime condivise con il *broker*, un accordo che porti a una rinegoziazione del premio corrispondente a una riduzione di circa il 6% annuo.

## Riferimenti bibliografici

1. WHO. Coronavirus disease (COVID-19) Situation Report – 103. [https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200502-covid-19-sitrep-103.pdf?sfvrsn=d95e76d8\\_4](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200502-covid-19-sitrep-103.pdf?sfvrsn=d95e76d8_4)
2. European Centre for Disease Prevention and Control. Infection prevention and control for COVID-19 in healthcare settings – Second update. 31 March 2020. ECDC: Stockholm; 2020.
3. WHO. Protocol for assessment of potential risk factors for 2019-novelcoronavirus (2019-nCoV) infection among health care workers in a health care setting. Version: 1.2. 3 February 2020.
4. Zhou Q, et al. Nosocomial Infections Among Patients with COVID-19, SARS and MERS: A Rapid Review and Meta-Analysis. <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.14.20065730v1>
5. Task force COVID-19 del Dipartimento Malattie Infettive e Servizio di Informatica, Istituto Superiore di Sanità. Epidemia COVID-19, Aggiornamento nazionale: 30 aprile 2020 [https://www.epicentro.iss.it/coronavirus/bollettino/Bollettino-sorveglianza-integrata-COVID-19\\_28-aprile-2020.pdf](https://www.epicentro.iss.it/coronavirus/bollettino/Bollettino-sorveglianza-integrata-COVID-19_28-aprile-2020.pdf)
6. Pandemia COVID-19 - Report delle indagini epidemiologiche condotte nella Provincia di Foggia. [https://www.epicentro.iss.it/territorio/puglia/pdf/COVID-19-Provincia-Foggia\\_%20report%20N\\_2.pdf](https://www.epicentro.iss.it/territorio/puglia/pdf/COVID-19-Provincia-Foggia_%20report%20N_2.pdf)
7. Gruppo di lavoro ISS Prevenzione e controllo delle Infezioni. Indicazioni ad interim per un utilizzo razionale delle protezioni per infezione da SARS-COV-2 nelle attività sanitarie e socio-sanitarie (assistenza a soggetti affetti da covid-19) nell'attuale scenario emergenziale SARS-COV-2. Versione del 28 marzo 2020. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2020 (Rapporto ISS COVID-19, n.2/ 2020 Rev.)
8. CDC. Interim Infection Prevention and Control Recommendations for Patients with Suspected or Confirmed Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in Healthcare Settings. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html>
9. WHO. Infection prevention and control during health care when COVID-19 is suspected. Interim guidance. 19 March 2020
10. Boyce JM. Modern Technologies for Improving Cleaning and Disinfection of Environmental Surfaces in Hospitals. *Antimicrob Resist Infect Control* 2016;5:10
11. Song L, et al. Development of a Pulsed Xenon Ultraviolet Disinfection Device for Real-Time Air Disinfection in Ambulances. *J HealthcEng*2020;2020:6053065
12. Kitagawa H, et al. Efficacy of Pulsed Xenon Ultraviolet Disinfection of Multidrug-Resistant Bacteria and *Clostridioides difficile* Spores. *Infect Dis Health* 2020;S2468-0451(20)30009-2
13. Litvinov VI, et al. Research of mycobactericidal activity of continuous spectrum pulsed ultraviolet light. *Tuberculosis and Lung Diseases* 2018;96(4):39-461
14. Lamont Y. et al. Pulsed UV – light inactivation of poliovirus and adenovirus. *Letters in Applied Microbiology* 2007;45(5):564-7
15. Stibich M, Stachowiak J. The microbiological impact of pulsed xenon ultraviolet disinfection of resistant bacteria, bacterial spore and fungi and viruses. *South African Journal of Infectious Disease* 2016;31(1):12-15
16. Jinadatha C, et al. Disinfecting personal protective equipment with pulsed xenon ultraviolet as a risk mitigation strategy for health care workers. *Am J Infect Control*. 2015;43(4):412-4
17. Ministero della Difesa della Federazione Russa. Protocollo di sperimentazione delle unità Alfa 06 e Alfa 09 sull'efficacia della disinfezione di superfici metalliche contaminate da SARS-CoV-2

Available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)journal homepage: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres)

## Comparative disinfection efficiency of pulsed and continuous-wave UV irradiation technologies

Zuzana Bohrerova<sup>a</sup>, Hilla Shemer<sup>b</sup>, Robert Lantis<sup>c</sup>,  
Christopher A. Impellitteri<sup>d</sup>, Karl G. Linden<sup>e,\*</sup>

<sup>a</sup>Department of Civil and Environmental Engineering, Duke University, Durham, NC 27708, USA

<sup>b</sup>Rabin Desalination Laboratory, Department of Chemical Engineering, Technion, Haifa 32000, Israel

<sup>c</sup>LightStream Technologies, Herndon, VA, USA

<sup>d</sup>USEPA, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH, USA

<sup>e</sup>Department of Civil, Environmental, and Architectural Engineering, University of Colorado at Boulder, Boulder, CO 80309, USA

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 11 October 2007

Received in revised form

29 March 2008

Accepted 1 April 2008

Available online 4 April 2008

#### Keywords:

T4 phage

T7 phage

*E. coli*

Low-pressure UV

Medium-pressure UV

Water treatment

### ABSTRACT

Pulsed UV (PUV) is a novel UV irradiation system that is a non-mercury lamp-based alternative to currently used continuous-wave systems for water disinfection. PUV polychromatic irradiation disinfection efficiency was compared to that from continuous-wave monochromatic low-pressure (LP) and polychromatic medium-pressure (MP) UV systems, using two types of actinometry (ferrioxalate and iodide–iodate) and an absolute spectral emission method for fluence measurement. All three methods were in good agreement. Once accurate and reliable methods for fluence measurement were established, the inactivation of *Escherichia coli* and pathogen surrogates phage T4 and T7 were investigated under each technology. Inactivation was significantly faster using PUV irradiation compared to LP or MP UV lamps at equivalent fluence levels. A significant fraction of the enhanced PUV inactivation efficiency was due to wavelengths greater than 295 nm.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.

# The microbiological impact of pulsed xenon ultraviolet disinfection on resistant bacteria, bacterial spore and fungi and viruses

Mark Stibich,<sup>1\*</sup> Julie Stachowiak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Xenex Disinfection Services, Texas, USA

\*Corresponding author, email: [stibich@gmail.com](mailto:stibich@gmail.com)

Pathogens can persist in the patient care environment and cause the risk of transmission to patients. Pulsed xenon ultraviolet (PX-UV) is increasingly being used to disinfect patient rooms, operating rooms and other areas. Data on the impact of PX-UV on resistant bacteria, bacterial spores, fungi, viruses and the Ebola virus are lacking in the literature. Laboratory data are presented in this paper on the log reductions observed after the exposure of PX-UV to a variety of organisms in a laboratory setting.

**Keywords:** hospital-acquired infections, HAIs, organisms, pathogens, pulsed xenon ultraviolet, PX-UV

## Introduction

Hospital-acquired infections (HAIs) are a leading cause of mortality and morbidity, and cost to healthcare systems. The cumulative incidence of HAIs following various surgical procedures on the African continent ranges from 10–31%, markedly higher than that in high-income countries.<sup>1</sup> Increasingly, antimicrobial resistant organisms are being seen in the hospital setting. A portion of these infections can be attributed to the environment, as many common hospital pathogens can survive for weeks to months in the patient care environment.<sup>2</sup> The inability of manual cleaning to effectively disinfect patient care areas has been demonstrated in studies in the USA setting.<sup>3</sup>

Ultraviolet (UV) room disinfection is becoming more common in hospitals. Over 300 hospitals in the USA alone use pulsed xenon (PX) ultraviolet (PX-UV) devices for infection control purposes, and these have been linked to a reduction in HAI rates of more than 50%.<sup>4–10</sup> However, independent laboratory data on the germicidal impact of PX-UV on common hospital pathogens commonly seen in hospital applications has not been published in the scientific literature. Data from two well-established, independent laboratories are presented in this article, and the impact of PX-UV devices on significant hospital pathogens demonstrated.



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

## American Journal of Infection Control

journal homepage: [www.ajicjournal.org](http://www.ajicjournal.org)

## Major article

# Is the pulsed xenon ultraviolet light no-touch disinfection system effective on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in the absence of manual cleaning?



Chetan Jinadatha MD, MPH<sup>a,b,\*</sup>, Frank C. Villamaria BS, MPH<sup>a,c</sup>,  
 Marcos I. Restrepo MD<sup>d,e</sup>, Nagaraja Ganachari-Mallappa PhD<sup>a</sup>, I-Chia Liao BS<sup>a,c</sup>,  
 Eileen M. Stock PhD<sup>f</sup>, Laurel A. Copeland PhD<sup>a,b,f</sup>, John E. Zeber PhD<sup>a,b,f</sup>

<sup>a</sup> Department of Medicine, Central Texas Veterans Healthcare System, Temple, TX

<sup>b</sup> Department of Medicine, College of Medicine, Texas A&M Health Science Center, Bryan, TX

<sup>c</sup> School of Public Health, Texas A&M University, College Station, TX

<sup>d</sup> Department of Medicine, South Texas Veterans Health Care System

<sup>e</sup> University of Texas Health Science Center San Antonio, San Antonio, TX

<sup>f</sup> Center for Applied Health Research, Temple, TX

## Key Words:

Hospital-acquired infections  
 Supplemental terminal cleaning  
 Environmental contamination  
 High touch surfaces

**Background:** Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) has been shown to survive on ambient surfaces for extended periods of time. Leftover MRSA environmental contamination in a hospital room places future patients at risk. Manual disinfection supplemented by pulsed xenon ultraviolet (PX-UV) light disinfection has been shown to greatly decrease the MRSA bioburden in hospital rooms. However, the effect of PX-UV in the absence of manual disinfection has not been evaluated.

**Methods:** Rooms that were previously occupied by a MRSA-positive patient (current colonization or infection) were selected for the study immediately postdischarge. Five high-touch surfaces were sampled, before and after PX-UV disinfection, in each hospital room. The effectiveness of the PX-UV device on the concentration of MRSA was assessed employing a Wilcoxon signed-rank test for all 70 samples with MRSA in 14 rooms, as well as by surface location.

**Results:** The final analysis included 14 rooms. Before PX-UV disinfection there were a total of 393 MRSA colonies isolated from the 5 high-touch surfaces. There were 100 MRSA colonies after disinfection by the PX-UV device and the overall reduction was statistically significant ( $P < .01$ ).

**Conclusions:** Our study results suggest that PX-UV light effectively reduces MRSA colony counts in the absence of manual disinfection. These findings are important for hospital and environmental services supervisors who plan to adapt new technologies as an adjunct to routine manual disinfection.

Published by Elsevier Inc. on behalf of the Association for Professionals in Infection Control and Epidemiology, Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

\* Address correspondence to Chetan Jinadatha, MD, MPH, Department of Medicine, Central Texas Veterans Healthcare System, 1901 S Veterans Dr, Temple, TX 76504.

E-mail address: [chetan.jinadatha@va.gov](mailto:chetan.jinadatha@va.gov) (C. Jinadatha).

This work was supported by a Merit Review grant from the Department of Veterans Affairs to JZ (IIR 12-347) and the study's laboratory activity was funded by a grant from Xenex Healthcare Services, LLC. Further, this work was supported by the Central Texas Veterans Health Care System (Temple, Tex), with additional support from Scott & White Healthcare (Temple, Tex) and the jointly sponsored Center for Applied Health Research (Temple, Tex). MIR is partially supported by award No. K23HL096054 from the National Heart, Lung, and Blood Institute. The views expressed in this article are those of the author(s) and do not necessarily represent

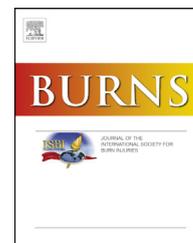
the views of the Department of Veterans Affairs or the official views of the National Heart, Lung, and Blood Institute or the National Institutes of Health. Xenex Healthcare Service did not participate in the study design or in the collection, analysis, and interpretation of data, the writing of the report, or in the decision to submit the manuscript for publication. The device used in this study is owned by Central Texas Veterans Health Care System.

CJ and NGM developed the methodology and protocol and performed data collection and manuscript preparation. MR, FV, IL, JZ, LC, and ES participated in study design, statistical analysis, and contributed to the manuscript. All authors read and approved the final manuscript. Part of this manuscript was presented as a poster at IDWeek 2014, Philadelphia, Pa.

Conflicts of interest: None to report.

Available online at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

ScienceDirect

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/burns](http://www.elsevier.com/locate/burns)

# Ultraviolet-C decontamination of a hospital room: Amount of UV light needed



Marie Lindblad<sup>a,d,\*</sup>, Eva Tano<sup>b</sup>, Claes Lindahl<sup>c</sup>, Fredrik Huss<sup>a,d</sup>

<sup>a</sup> Burn Centre, Department of Plastic and Maxillofacial Surgery, Uppsala University Hospital, Sweden

<sup>b</sup> Department of Medical Sciences, Section of Clinical Bacteriology, Uppsala University, Sweden

<sup>c</sup> Intellego Technologies AB, Sweden

<sup>d</sup> Department of Surgical Sciences, Plastic Surgery, Uppsala University, Sweden

## ARTICLE INFO

### Article history:

Accepted 2 October 2019

### Keywords:

UVC-decontamination

Efficacy

Dosimeter

Sterilization

Infections

## ABSTRACT

**Introduction:** Our primary aim was to investigate, using a commercial radiometer, the ultraviolet C (UVC) dose received in different areas in a burn ICU ward room after an automated UVC decontamination. The secondary aim was to validate a disposable UVC-dose indicator with the radiometer readings.

**Methods:** Disposable indicators and an electronic radiometer were positioned in ten different positions in a burn ICU room. The room was decontaminated using the Tru-D™-UVC device. Colour changes of the disposable indicators and radiometer readings were noted and compared. Experiment was repeated 10 times.

**Findings:** The UVC radiation received in different areas varied between 15.9mJ/cm<sup>2</sup> and 1068mJ/cm<sup>2</sup> (median 266mJ/cm<sup>2</sup>). Surfaces, at shorter distances and in the direct line of sight of the UVC device showed statistically significant higher UVC doses than surfaces in the shadow of equipment (p=0.019). The UVC-dose indicator's colour change corresponded with the commercially radiometer readings.

**Conclusions:** The amount of UVC radiation that is received in surfaces depends on their locations in the room (ie distance from the UVC emitter) and whether any objects shadow the light. In this study we suggest that quality controls should be used to assure that enough UVC radiation reaches all surfaces.

© 2019 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## RESEARCH OF MYCOBACTERICIDAL ACTIVITY OF CONTINUOUS SPECTRUM PULSED ULTRAVIOLET LIGHT

V. I. LITVINOV<sup>1</sup>, S. G. SAFONOVA<sup>1</sup>, G. E. FREYMAN<sup>1</sup>, E. P. SELKOVA<sup>2</sup>, T. A. GRENKOVA<sup>2</sup>, M. P. GUSAROVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Budgetary Healthcare Institution “Moscow Research Center of Tuberculosis Control of the Moscow Health Department”, Moscow, Russia

<sup>2</sup>G. N. Gabrichevsky Moscow Research Institute of Epidemiology and Microbiology of the Federal Service on Customers' Rights Protection and Human Well-Being Surveillance, Moscow, Russia

The article presents the experimental studies results of continuous spectrum pulsed UV light mycobactericidal activity against the laboratory strain of *Mycobacterium terrae* and clinical strains of *Mycobacterium tuberculosis* with multiple and extensive drug resistance. A pulsed xenon lamp of a mobile “Alfa-01” unit for air decontamination was used as ultraviolet light source. The experiments showed high activity of pulsed UV light against all studied strains, which does not depend on the distance to the treated surface (up to 4 m). The efficiency of contaminated surfaces disinfection reached 100%. Exposing contaminated objects to pulsed xenon UV lamps' light leads to multiple molecular genetic changes in DNA macromolecules with complete loss of drug resistance to rifampicin and partial loss of drug resistance to isoniazid.

**Keywords:** *Mycobacterium terrae*, clinical strains of *Mycobacterium tuberculosis*, multiple and extensive drug resistance (MDR and XDR), continuous spectrum pulsed UV light, inactivation efficiency

**For citations:** Litvinov V.I., Safonova S.G., Freyman G.E., Selkova E.P., Grenkova T.A., Gusarova M.P. Research of mycobactericidal activity of continuous spectrum pulsed ultraviolet light. *Tuberculosis and Lung Diseases*, 2018, Vol. 96, No. 4, P.39-46 (In Russ.) DOI: 10.21292/2075-1230-2018-96-4-39-46

---