

Métodos Bioquímicos de Desinfección Hospitalaria y el Rol de la Enfermería en el Control de Patógenos Resistentes

Magíster Ismael Sánchez, Docente, Universidad Interamericana de Panamá, Panamá, República de Panamá.



I. INTRODUCCIÓN

Debido a que las infecciones nosocomiales representan una amenaza tanto para los pacientes vulnerables como para los trabajadores sanitarios, la desinfección hospitalaria es una prioridad en los principales centros de atención médica. A pesar de que los métodos tradicionales de desinfección han demostrado ser efectivos en la eliminación de la mayoría de los patógenos, la creciente resistencia de algunas especies a los agentes químicos utilizados ha complicado significativamente la tarea de garantizar un entorno seguro en el hospital. Los profesionales de la Enfermería, que son los principales actores de los equipos de atención médica y que interactúan directamente con los pacientes, tienen la responsabilidad de garantizar el cumplimiento de los protocolos de desinfección explicará en las áreas críticas. Este trabajo es los métodos modernos de desinfección basados en procesos bioquímicos y su impacto en la lucha contra las infecciones hospitalarias, así como destacará el papel que la Enfermería desempeña en la implementación diaria de estos métodos.

II. DESAROLLO

Fundamentos Bioquímicos de la Desinfección

Es clave analizar cómo los desinfectantes actúan a nivel molecular en los microorganismos, ya que estos agentes interfieren en estructuras y funciones esenciales de las células microbianas.

Fundamentos Bioquímicos de la Desinfección

Los compuestos cuaternarios de amonio (p. ej. Lysol ®) son agentes catiónicos que actúan principalmente al alterar la membrana celular de los microorganismos. Bioquímicamente, estos compuestos poseen un grupo amonio cuaternario cargado positivamente, que interactúa con las cargas negativas en los fosfolípidos de la membrana celular bacteriana. Este proceso causa una disrupción en la integridad de la membrana, incrementando su permeabilidad y provocando la fuga de componentes intracelulares esenciales. La desestabilización de la membrana celular impide que los microorganismos mantengan gradientes de iones y moléculas, llevándolos a un colapso metabólico y, eventualmente, a la muerte.

Los desinfectantes oxidantes, como el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y el ozono (O₃), funcionan mediante reacciones de oxidación que alteran irreversiblemente componentes celulares clave. Al oxidar lípidos en la membrana celular, estos agentes afectan la permeabilidad, lo que facilita la entrada de otros agentes tóxicos al interior de la célula. Además, los radicales libres generados por estos compuestos pueden dañar directamente el ADN y las proteínas, interrumpiendo procesos metabólicos esenciales y provocando la muerte celular.

Por su parte, los alcoholes, como el etanol, C₂H₅OH, y el isopropanol, CH₃CH(OH)CH₃, desnaturalizan proteínas y disuelven lípidos, comprometiendo las membranas celulares y afectando enzimas intracelulares vitales. La desnaturalización de proteínas interrumpe funciones

enzimáticas y estructurales, impidiendo la replicación y la reparación celular. Los alcoholes son particularmente efectivos en superficies sin materia orgánica presente, ya que esta puede reducir su eficacia.

Por último, los fenoles y el hipoclorito de sodio (Clorox®) actúan desnaturalizando proteínas y destruyendo membranas celulares. Además, los compuestos clorados generan ácido hipocloroso en presencia de agua, que atraviesa fácilmente la membrana celular e interfiere con el ADN y las enzimas, causando desnaturalización y muerte celular.

Cada agente tiene una eficacia variable en función de las características del microorganismo; las bacterias Gram-negativas, por ejemplo, poseen una estructura de membrana celular distinta que les otorga cierta resistencia adicional a desinfectantes. Esta estructura incluye una membrana externa compuesta por una bicapa de fosfolípidos y lipopolisacáridos, que no está presente en las bacterias Gram-positivas. La membrana externa actúa como una barrera adicional, impidiendo el paso de moléculas de gran tamaño y sustancias hidrofílicas. Además, la presencia de proteínas específicas, llamadas porinas, regula la entrada de ciertos compuestos. Esta protección extra dificulta que algunos desinfectantes, como los basados en compuestos cuaternarios de amonio, penetren eficazmente en la célula, reduciendo así su efectividad.

Los profesionales de la Enfermería deben estar capacitados en la aplicación de estos compuestos y en el seguimiento de protocolos específicos, ya que una mala aplicación puede resultar en una desinfección incompleta y el desarrollo de resistencia en los microorganismos presentes.

Desafío de la Resistencia Microbiana a los Desinfectantes

La resistencia microbiana a los desinfectantes hospitalarios es un problema cada vez más alarmante, impulsado en parte por el uso inadecuado y excesivo de ciertos productos. Algunos microorganismos, como *Staphylococcus aureus* meticilino resistente (cepas de *S. aureus* resistentes a penicilina) y *Pseudomonas aeruginosa*, han desarrollado mecanismos bioquímicos que les permiten sobrevivir en presencia de desinfectantes comunes. Entre estos mecanismos se encuentran la capacidad de bombear fuera de sus células los compuestos tóxicos (bombas de eflujo) y la formación de biopelículas que actúan como barrera protectora.

Las bombas de eflujo son sistemas proteicos presentes en las membranas celulares de muchos microorganismos que permiten expulsar sustancias tóxicas, incluyendo algunos desinfectantes. Estos sistemas funcionan mediante un transporte activo, utilizando energía para eliminar los compuestos antes de que causen daño interno. Esta capacidad puede hacer que algunas bacterias, especialmente las Gram-negativas, sean menos sensibles a ciertos desinfectantes, ya que expulsan rápidamente estos agentes antes de que puedan actuar.

Por otro lado, la formación de biopelículas es otro mecanismo de defensa crucial. En este proceso, las bacterias se agrupan y producen una matriz extracelular compuesta principalmente de polisacáridos y proteínas, formando una capa protectora en superficies inertes o en tejidos vivos. Las biopelículas actúan como una barrera física que limita la penetración de desinfectantes y antibióticos, lo que dificulta la eliminación de los microorganismos en entornos

hospitalarios. Estas barreras bioquímicas también proporcionan un ambiente que protege a las bacterias del sistema inmunológico del huésped, permitiendo su persistencia y aumentando el riesgo de infecciones persistentes y resistentes en los pacientes.

Para el personal de Enfermería, este desafío implica una necesidad de actualizar constantemente sus conocimientos y habilidades en técnicas de desinfección y control de infecciones. La vigilancia activa del cumplimiento de los protocolos de desinfección es clave en la práctica de la Enfermería, ya que una desinfección deficiente puede provocar la colonización de superficies y equipos médicos, aumentando el riesgo de infecciones nosocomiales.

Nuevas Estrategias Bioquímicas para la Desinfección Hospitalaria

Con el incremento de la resistencia, han surgido métodos avanzados de desinfección que exploran el uso de compuestos más efectivos. El peróxido de hidrógeno vaporizado (HPV) es un ejemplo innovador que ha demostrado alta eficacia contra patógenos resistentes, ya que al ser un agente oxidante potente destruye componentes esenciales de las células microbianas sin dejar residuos tóxicos. Además, el ozono, utilizado en forma de gas o en soluciones acuosas, actúa de manera similar y se ha estudiado como una alternativa segura y ecológica en entornos hospitalarios.

Otra estrategia es el uso de nanopartículas metálicas, especialmente de plata y cobre, que poseen potentes propiedades antimicrobianas debido a sus efectos bioquímicos sobre las células bacterianas. Estas partículas liberan iones metálicos que generan especies reactivas de oxígeno (ROS), como peróxido de hidrógeno y superóxido, creando un estrés oxidativo que daña estructuras celulares esenciales. El daño oxidativo afecta componentes lipídicos de las membranas, proteínas y ácidos nucleicos, alterando funciones vitales como la respiración celular y la replicación del ADN.

Además, las nanopartículas son lo suficientemente pequeñas para penetrar la membrana celular, acumulándose en el citoplasma y ocasionando disfunción metabólica. Estas propiedades de acción multifactorial hacen que las nanopartículas metálicas sean prometedoras para el control de infecciones resistentes.

Sin embargo, estos métodos suelen ser costosos y requieren entrenamiento especializado, lo que implica una planificación y supervisión exhaustiva para garantizar su correcta aplicación en entornos clínicos.

Rol de la Enfermería en la Implementación y Monitoreo de Desinfectantes Avanzados

El personal de Enfermería juega un papel crucial en la implementación y monitoreo de métodos avanzados de desinfección en los hospitales. Esto no solo implica conocer y aplicar las técnicas adecuadas, sino también seguir estrictamente los tiempos de exposición y las concentraciones de los desinfectantes. Por ejemplo, cuando se usa peróxido de hidrógeno vaporizado, los enfermeros deben asegurarse de que las áreas tratadas estén completamente selladas y libres de personal o pacientes, ya que inhalar peróxido de hidrógeno puede ser perjudicial para la salud.

Además, es fundamental monitorear continuamente el entorno para evaluar la eficacia de los desinfectantes y prevenir el crecimiento de patógenos resistentes. El personal de Enfermería debe registrar y reportar cualquier incidente de limpieza inadecuada o insuficiente, y es esencial cumplir con los protocolos para reducir la exposición de los pacientes a microorganismos peligrosos. Esta supervisión incluye el uso de indicadores químicos o biológicos para verificar la efectividad de los métodos aplicados y garantizar que los ambientes hospitalarios mantengan los estándares de desinfección requeridos.

Educación Continua en Desinfección para Profesionales de Enfermería

La educación continua es esencial para que los profesionales de la Enfermería se mantengan al día con las técnicas y productos de desinfección más avanzados. La introducción de nuevos desinfectantes y métodos no solo requiere entrenamiento técnico, sino también una comprensión de la química y bioquímica subyacentes. Esto facilita el uso seguro y efectivo de los agentes y permite al personal de enfermería entender las razones detrás de las prácticas recomendadas. La capacitación regular en el manejo de desinfectantes avanzados y en el reconocimiento de patógenos resistentes permite a los enfermeros tomar decisiones informadas y apoyar la salud pública en el entorno hospitalario.

Fomentar una cultura de seguridad y calidad en los hospitales depende en gran medida de la participación activa del personal de Enfermería en los procedimientos de desinfección. Al mantenerse actualizados en técnicas avanzadas, los enfermeros pueden ayudar a reducir las tasas de infecciones nosocomiales y minimizar el riesgo de transmisión de patógenos resistentes, asegurando que los pacientes se recuperen en un ambiente seguro.

III. CONCLUSIÓN

La desinfección hospitalaria a través de técnicas bioquímicas sofisticadas constituye una táctica esencial para el control de patógenos resistentes, un reto significativo en el ámbito de la asistencia sanitaria. La práctica de la Enfermería tiene una participación directa en la puesta en marcha y supervisión de estas estrategias, ya que el equipo de Enfermería no solo emplea los procedimientos de desinfección, sino que también asegura la estricta observancia de los protocolos, salvaguardando de esta manera la salud de los pacientes y del personal.

Para concluir, la implementación de técnicas avanzadas de desinfección bioquímica en ambientes hospitalarios debe ser complementada con una formación constante para los profesionales de la Enfermería, que juegan un rol crucial en la prevención de infecciones. Es fundamental la fusión de innovación tecnológica, protocolos de seguridad y formación constante para lidiar con la amenaza creciente de la resistencia microbiana y para optimizar la calidad de los servicios sanitarios en los centros hospitalarios.

REFERENCIAS

- [1] Grupo de Esterilización Hospitalaria de la Asociación Argentina de Farmacéuticos de Hospital (2020). Amonios Cuaternarios. <https://aafh.org.ar/upload1/QUO4Ovvj5bsq1HuEhfTmaaId6bnZMeW6jVTLLBBd.pdf>
- [2] Hospital Universitario de Ceuta. Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, Gobierno de España (s.f.). Guía de Antisépticos y Desinfectantes. https://ingesa.sanidad.gob.es/dam/jcr:258e3918-6a4e-485e-aa9a-b40db446294a/Guia_Antisepticos_desinfectantes.pdf
- [3] Ivanova, I., Daskalova, D., Yordanova, L. y Pavlova, E. Copper and Copper Nanoparticles Applications and Their Role against Infections: A Minireview, Processes, Volume 12, no. 2:352, <https://doi.org/10.3390/pr12020352>
- [4] Mehtar, S., Hopman, J. y Duse, A. (2018). Guide to Infection Control in the Healthcare Setting, Patient Areas and Environmental Cleaning (International Society for Infectious Diseases). https://isid.org/wp-content/uploads/2019/07/ISID_GUIDE_PATIENT_AREAS.pdf
- [5] Rutala, W. y Weber, D. Disinfection and Sterilization in Health Care Facilities: What Clinicians Need to Know, Clinical Infectious Diseases, Volume 39, páginas 702–709, <https://doi.org/10.1086/423182>
- [6] Superintendencia de Riesgos del Trabajo - Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social – Argentina (2021). Desinfectantes y Antisépticos. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_desinfectantes_y_antisepticos_septiembre_2021_0.pdf
- [7] Voet, D., Pratt, C. y Voet, J. (2016). Fundamentos de Bioquímica: La vida a nivel molecular. Editorial Médica Panamericana.

