

PIMENTA NA LÍNGUA

PARA ALÉM DO VAPOR?

ESTERILIZAÇÃO POR PLASMA NA MEDICINA DENTÁRIA – MECANISMO, RELEVÂNCIA CLÍNICA E PERSPETIVA DE SUSTENTABILIDADE



João Pimenta, Académico Honorário da Academia Brasileira de Odontologia.



Dra. Aryan Deldari, Engenheira Biomédica, University of Science and Research, Teerão: Membro da Sterile Barrier Association (SBA).
aryan.deldari@sterifast.com

Resumo

A esterilização é a pedra angular do controlo de infeção na prática clínica dentária. Durante décadas, a esterilização a vapor através de autoclaves tem sido o método dominante devido à sua eficácia, acessibilidade e quadro regulamentar bem estabelecido. No entanto, a crescente complexidade dos instrumentos dentários, a utilização de materiais sensíveis ao calor e a ascensão da medicina dentária digital criaram novos desafios para os métodos convencionais de esterilização a alta temperatura.

A esterilização por plasma de peróxido de hidrogénio surgiu como uma tecnologia promissora a baixa temperatura. Nestes sistemas, o peróxido de hidrogénio vaporizado (VHP) funciona como o principal agente antimicrobiano responsável pela inativação microbiana. Durante o ciclo de esterilização, o vapor de peróxido de hidrogénio difunde-se por toda a câmara e penetra nas superfícies e lúmenes dos instrumentos. Através de reações oxidativas, gera radicais reativos que danificam as membranas microbiais, proteínas e ácidos nucleicos. A fase de plasma potencia a formação de radicais e facilita a decomposição do peróxido de hidrogénio residual em água e oxigénio.

Este artigo revê o mecanismo da esterilização por plasma de peróxido de hidrogénio, compara-o com a esterilização a vapor na medicina dentária e discute a sua relevância clínica e as vantagens de sustentabilidade na prática dentária moderna.

Introdução

A prevenção de infeções continua a ser uma das responsabilidades mais críticas nos cuidados de saúde dentária. Os instrumentos dentários entram frequentemente em contacto com sangue, saliva e tecidos orais, tornando a esterilização eficiente essencial para prevenir a contaminação cruzada e as infeções associadas aos cuidados de saúde.

A esterilização a vapor através de autoclaves é considerada, há muito tempo, o “padrão de ouro” nas clínicas dentárias. As autoclaves expõem os instrumentos a vapor saturado sob pressão, a temperaturas que variam tipicamente entre 121 °C e 134 °C. O calor húmido destrói eficazmente os microrganismos através da desnaturação de proteínas e da rutura das estruturas celulares.

Apesar da sua eficácia, a esterilização a vapor não é isenta de limitações. A medicina dentária moderna depende cada vez mais de materiais e tecnologias avançadas, tais como implantes dentários, instrumentos à base de polímeros, dispositivos de digitalização digital e ferramentas cirúrgicas complexas. Alguns destes materiais podem ser sensíveis à exposição repetida a temperaturas elevadas e à humidade.

Estes desenvolvimentos têm estimulado o interesse por tecnologias de esterilização alternativas, capazes de operar a temperaturas mais baixas, mantendo simultaneamente uma forte atividade antimicrobiana. A esterilização por plasma de peróxido de hidrogénio representa uma dessas tecnologias que tem ganho atenção nos últimos anos.



Mecanismo da Esterilização por Plasma de Peróxido de Hidrogénio

A atividade antimicrobiana da esterilização por plasma de peróxido de hidrogénio é atribuída principalmente ao peróxido de hidrogénio vaporizado (VHP).

No início do ciclo de esterilização, o peróxido de hidrogénio líquido é vaporizado e introduzido numa câmara de esterilização selada sob condições de vácuo. O vapor difunde-se por toda a câmara e penetra nas superfícies e lúmenes dos instrumentos dentários.

O vapor de peróxido de hidrogénio atua como um forte agente oxidante, capaz de interagir com as células microbiais. Ao entrar em contacto com os microrganismos, o peróxido de hidrogénio participa em reações oxidativas que geram espécies de radicais altamente reativos.

Estes radicais danificam estruturas celulares essenciais, incluindo:

- Membranas celulares microbiais
- Proteínas estruturais e enzimáticas
- Ácidos nucleicos, como o ADN e o ARN

A rutura oxidativa das membranas celulares provoca a fuga de conteúdos intracelulares, enquanto a oxidação das proteínas interfere com as vias metabólicas. Os danos no ADN impedem os processos de replicação e transcrição, levando, em última análise, à morte microbiana.

É importante notar que a maior parte da destruição microbiana ocorre durante a fase de difusão do peróxido de hidrogénio vaporizado. A fase de plasma é introduzida mais tarde no ciclo e serve principalmente para potenciar a geração de radicais e acelerar as reações químicas.

Outra função fundamental da fase de plasma é a decomposição do peróxido de hidrogénio residual. No final do ciclo, o peróxido de hidrogénio decompõe-se em vapor de água (H₂O) e oxigénio (O₂), não deixando resíduos tóxicos nos instrumentos esterilizados.

Esterilização por Plasma vs. Esterilização a Vapor na Prática Dentária

A esterilização a vapor continua a ser o método de esterilização mais utilizado nas clínicas dentárias em todo o mundo. As suas vantagens incluem o baixo custo, a elevada fiabilidade e uma forte validação regulamentar.

No entanto, a esterilização a vapor requer temperaturas elevadas e humidade, o que pode afetar certos materiais e instrumentos delicados. A exposição repetida ao vapor também pode acelerar a corrosão ou o desgaste mecânico em alguns dispositivos.

A esterilização por plasma de peróxido de hidrogénio opera a temperaturas significativamente mais baixas, tipicamente abaixo dos 50 °C. Isto torna-a particularmente adequada para instrumentos sensíveis ao calor e dispositivos dentários modernos que contenham polímeros ou componentes eletrónicos.

Outra vantagem da esterilização por plasma é a ausência de resíduos tóxicos. Dado que o peróxido de hidrogénio se decompõe em água e oxigénio no final do ciclo, os instrumentos esterilizados ficam livres de químicos nocivos.

Apesar disso, os sistemas de esterilização por plasma envolvem, normalmente, custos de equipamento mais elevados e podem exigir consumíveis especializados. Por este motivo, a esterilização por plasma é geralmente considerada uma tecnologia complementar, em vez de um substituto para a esterilização a vapor na prática dentária de rotina.

Perspetiva de Sustentabilidade e ASG

As instituições de saúde estão a considerar, cada vez mais, os critérios de Ambiente, Social e Governança (ASG) ao avaliar novas tecnologias.

Os processos de esterilização podem ter uma pegada ambiental significativa devido ao consumo de energia e à utilização de água. A esterilização a vapor requer uma energia substancial para gerar e manter o vapor a alta temperatura e também consome água durante o processo de esterilização.

A esterilização por plasma de peróxido de hidrogénio pode oferecer vantagens ambientais. Como os sistemas de plasma operam a temperaturas mais baixas e não exigem a geração contínua de vapor, podem reduzir o consumo global de energia. Além disso, o processo não depende de grandes volumes de água.



Outra vantagem de sustentabilidade é a ausência de resíduos químicos tóxicos. O peróxido de hidrogénio decompõe-se em água e oxigénio, tornando o processo de esterilização ambientalmente compatível.

Estas características podem tornar a esterilização por plasma atrativa para as unidades de saúde que procuram reduzir o impacto ambiental, mantendo, simultaneamente, elevados padrões de controlo de infeção.

Perspetivas Futuras

O futuro da esterilização dentária envolverá, provavelmente, uma combinação de tecnologias em vez de uma única solução universal. A esterilização a vapor continuará a ser essencial para os instrumentos dentários de rotina, devido à sua relação custo-eficácia e fiabilidade.

No entanto, as tecnologias de esterilização por plasma poderão tornar-se cada vez mais relevantes para aplicações especializadas que envolvam instrumentos sensíveis ao calor, dispositivos digitais e materiais dentários avançados.

À medida que as tecnologias dentárias continuam a evoluir e as considerações de sustentabilidade ganham maior destaque, a esterilização por plasma poderá desempenhar um papel crescente nas estratégias modernas de controlo de infeção dentária.

Conclusão

A esterilização por plasma de peróxido de hidrogénio representa um avanço importante na tecnologia de esterilização a baixa temperatura. Nestes sistemas, o peróxido de hidrogénio vaporizado atua como o principal agente antimicrobiano, sendo responsável pela inativação microbiana através de reações oxidativas.

O vapor de peróxido de hidrogénio difunde-se por toda a câmara de esterilização, gerando radicais que danificam as membranas microbiais, as proteínas e o ADN. A fase de plasma potencia estas reações e garante que o peróxido de hidrogénio residual se decomponha em água e oxigénio.

Embora a esterilização a vapor continue a ser o método dominante na medicina dentária, a esterilização por plasma oferece vantagens para materiais sensíveis ao calor e tecnologias dentárias avançadas. À medida que as considerações de sustentabilidade e a inovação tecnológica continuam a moldar as práticas de cuidados de saúde, a esterilização por plasma poderá tornar-se uma ferramenta complementar cada vez mais valiosa no controlo de infeção dentária. ■

Bibliografia

- | | |
|---|---|
| Rutala WA, Weber DJ. Disinfection and sterilization in healthcare facilities. Clin Microbiol Rev. | ISO 14937 Sterilization of healthcare products. |
| McDonnell G, Burke P. Disinfection: is it time to reconsider Spaulding? J Hosp Infect. | ISO 17665 Moist heat sterilization. |
| Block SS. Disinfection, Sterilization and Preservation. | European Centre for Disease Prevention and Control guidelines. |
| Kampf G. Antiseptic stewardship. J Hosp Infect. | CDC Sterilization guidelines for healthcare facilities. |
| Moisan M et al. Plasma sterilization methods. Plasma Processes Polym. | Gazeli K et al. Plasma sterilization technology in medical devices. |
| Laroussi M. Low-temperature plasma sterilization. IEEE Trans Plasma Sci. | Lerouge S, Simmons A. Sterilization of Biomaterials. |
| Fridman G et al. Applied plasma medicine. Plasma Process Polym. | Von Woedtke T et al. Plasma medicine applications. |
| Kramer A et al. Antimicrobial efficacy of plasma sterilization. GMS Hyg Infect Control. | ASTM standards for sterilization validation. |
| Chen C et al. Hydrogen peroxide plasma sterilization mechanisms. Appl Environ Microbiol. | World Health Organization infection control guidelines. |
| | McEvoy B et al. Hydrogen peroxide sterilization technology review. |
| | Fridman A. Plasma Chemistry. |