

氏 名	吉澤 大
(ふりがな)	(よしざわ だい)
学位の種類	博士(医学)
学位授与番号	乙 第 1205 号
学位審査年月日	令和2年7月8日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題名	Determination of Adequate pH of Electrolyzed Acidic Water for Disinfection, Under Consideration of Sub-Effective Corrosion Against Metals. (金属腐食性を抑えつつ酸性電解水がもつ消毒効果 を維持できる至適 pH の探索)
論文審査委員	(主) 教授 林 秀行 教授 矢野 貴人 教授 高井 真司

学位論文内容の要旨

《目的》

1960年代にはその消毒効果が知られていた酸性電解水 (electrolyzed acidic water (EAW)) は、有機物との結合により容易に不活化され人体への影響が少ない特性がある。一方で金属腐食性も持ち合わせており、金属製医療機器の消毒に用いる際には極力避けたい現象である。

これまで酸性およびアルカリ性電解水の pH と消毒効果の関係、および消毒効果と金属腐食性との関係についての報告はあるが、EAW における消毒効果と金属腐食性との関係について詳細に検討した研究はない。従って、EAW の定義に基づく酸性域 (pH 5.0 以下) におい

て、消毒効果を保ちながらも金属腐食の影響を最小限にすることのできる pH 値を探索することを目的とした。

《対象・方法》

Pseudomonas aeruginosa, ATCC10145 (McFarland standard #2; cell density, 2×10^8 CFU/mL) を用いて、電解水生成器で調製した pH 2.2, 3.5 及び 5.0 の EAW がもつ消毒効果を測定した。また、酸そのものの消毒効果を確認するために、酢酸緩衝液を用いて同様の消毒効果を測定した。金属腐食性については、鉄 (Fe)、スズ (Sn)、亜鉛 (Zn) でできた金属板を用いて、事前に調製した 3 種の pH 値に設定した EAW に 30 分間連続して浸し(連続浸漬)、金属板表面の色および重量変化を観察することで腐食の影響を評価した。さらに Fe の金属板をその都度新しい EAW に 3 分間浸漬しその後 3 分間乾燥させる操作を 10 サイクル行い (間欠浸漬)、色調変化と重量変化を観察した。

《結 果》

消毒効果に関し、残留塩素 (free residual chlorine (FRC)) 濃度 20 ppm で pH 2.2、pH 3.5、pH 5.0 の EAW のいずれにおいても生菌数は 90 秒以内で検出限界以下になり、消毒効果は pH 2.2、3.5、5.0 の順に強かった。酢酸緩衝液を用いた実験では、いずれの pH 値でも 10 秒以内に生菌数は大きく減少したが、検出限界値以下までには減少しなかった。しかし pH 値が低いほど消毒効果は有意に強いことが示された (pH 2.8 vs 4.6; $p < 0.05$, pH 2.8 vs 5.5; $p < 0.05$)。

一方、金属腐食について当初は、酸性度が高く FRC 濃度も高い環境の方がより金属表面の色調変化も強いと想定し、連続浸漬で実験したところ Fe では FRC 10 ppm、30 ppm とともに pH 3.5 と pH 5.0 で 10 分以内に金属板の表面の色調変化は認められたが、pH 2.2 の場合は FRC がより高い 30 ppm の場合でも色調変化は 20 分後からであった。Sn ではすべての pH 値と FRC 濃度において 10 分で色調変化が見られたが、Zn では FRC 濃度にかかわらずすべての pH 値において色調変化は見られなかった。重量変化についても浸漬時

間との間には相関がなく、pH 値の低さと重量変化には関連性が見られなかった。

実際の医療機器の消毒方法を考慮して Fe を用いた間欠浸漬での実験を行ったところ、金属板の重量変化は認められたが浸漬時間と重量変化の関係や pH 値と重量変化の関係はいずれも相関が認められなかった。

《考 察》

EAW に含まれる塩素 (chlorine(Cl_2))、次亜塩素酸 (hypochlorous acid (HClO)) 及び次亜塩素酸イオン (hypochlorite ion (ClO^-)) は、溶液の pH によって存在比率が異なる。特に、FRC の構成成分である HClO は、pH 5~6 前後において存在比率が高く、最も高い消毒効果を有することが知られている。従って当初、pH 5.0 の EAW が最も消毒効果が高いと予測していた。そのため、弱酸性領域の pH 値に調合された電解水であれば金属腐食も少なく、医療機器の消毒にとって有用であると考えた。しかし結果は予測に反して pH 2.2 の EAW の消毒効果が最も高かった。その理由として EAW の消毒効果は塩素化合物の酸化作用に加えて、酸自体の殺菌力が相乗的に作用していることが今回証明された。

金属腐食性については、3 種類の金属板いずれも pH 値と重量変化に規則性が認められず、金属固有のイオン化傾向や、溶液の酸化還元電位、あるいは酸化に伴う金属表面の被膜の形成などが関与しているものと考えた。間欠浸漬での実験でも、重量変化は pH 値や浸漬時間との相関は認められなかった。従って、pH が低い酸性電解水ほど金属腐食性が大きいと結論づけることはできなかった。

《結 論》

EAW を消毒剤として使用するための条件は、金属腐食よりも消毒効果を主眼として決定すべきであると考えた。

(様式 乙9)

論文審査結果の要旨

酸性電解水 (electrolyzed acidic water (EAW)) は、その簡便さから畜産分野でも 1960 年代から利用されている。消毒効果については様々な研究により、一般細菌のみならず芽胞生成菌やウイルスに対しても効果があることが証明されており、EAW 中の遊離残留塩素 (free residual chlorine (FRC)) の作用によるものと考えられている。一方、医療機器の消毒に応用する場合には FRC 濃度を一定して維持する必要があること、また金属腐食の影響を極力避けることが必要である。前者については申請者らの一連の研究において、EAW の再電解による消毒力の再活性化が示されている。今回、申請者は後者について研究を行った。具体的には、EAW の定義に基づく酸性域 (pH 5.0 以下) において、消毒効果を保ちながらも金属腐食の影響を最小限にすることのできる pH 値を探索したものである。申請者は、HClO の存在量の多い pH 5.0 での殺菌効果が高いと予測したが、酸自体による相乗効果もあって pH 2.2 が最も高く、金属腐食においては金属固有のイオン化傾向、酸化還元電位、酸化被膜の形成などの因子の影響により、腐食と pH 値には相関がないことを明らかにし、医療機器の消毒剤として EAW を使用するための条件を決めるには、腐食よりも消毒効果を主眼にすべきであることを導き出した。

医療機器の金属腐食のリスク軽減は医療機器の適正使用や感染制御においても重要である。また他の消毒剤とは異なり人体への影響が少ないことや簡易な生成法であることから、今後国際保健分野等様々な分野での活用が可能となると考えられ、今回の成果の医療応用を拓げることで医学、医療の発展に寄与するところ大である。

以上により、本論文は本学学位規程第 3 条第 2 項に定めるところの博士 (医学) の学位を授与するに値するものと認める。

(主論文公表誌)

Bulletin of the Osaka Medical College 66(1): 2020, In press