

強酸性電解水の抗酸菌に対する消毒能力

Disinfection Potential of Electrolyzed Strongly Acidic Water against Mycobacteria



演者

中野隆史 先生

大阪医科大学 教授
予防・社会医学講座微生物学教室
附属病院感染対策室

対策型がん検診に内視鏡検診が追加されたことに伴い、日本消化器がん検診学会作成の「対策型検診のための胃内視鏡検診マニュアル2015年度版」が発行され、検診に関しては本マニュアルを参考にするようとの厚労省の通知が出されました。

一方、診療において上部消化管内視鏡検査は標準的検査の地位を既に確立しており、日本消化器内視鏡学会等から3学会合同で出されている「消化器内視鏡の感染制御に関するマルチソサエティ実践ガイド」に従って内視鏡検査、感染対策が行われています。

それぞれ診療、検診と目的・対象が異なっており、診療には実践ガイド、検診には検診マニュアルという形で刊行されていますが、両者の間で内視鏡の洗浄消毒に関する記述に多少相違があるために、現場での大いなる議論を呼ぶところとなっています。高水準消毒薬に関する扱いは共通ですが、問題は機能水を用いた洗浄消毒器に関する両者の見解のニュアンスが多少異なっているところにあります。

検診マニュアルでは、機能水の消毒効果に関して科学的エビデンスが充分でない事が強調されていますが、行政が認可した機器であり、実際の検診の現場では既に4割を占めるような普及率で配備されている機器が使用できない場合、対策型胃内視鏡検診の円滑な導入に支障を来す可能性が懸念されます。

機能水の消毒効果は本当に充分ではないのでしょうか？ 本セミナーの目的は、機能水の消毒効果に関する現在までの科学的エビデンスを初心に戻って検証しようとするものです。

司会

一瀬雅夫 先生 帝京大学 医学部 特任教授

共催 第92回 日本消化器内視鏡学会総会 会長 藤本一真(佐賀大・内科)
カイゲンファーマ株式会社



強酸性電解水は抗酸菌に有効

これまで強酸性電解水 (ESW) の効果を示す報告はいくつも出ていますが、消毒抵抗性細菌として知られる抗酸菌に対する効果を明らかにする研究については詳しい報告がありませんでした。そこで、まず今回我々は、ESWの抗酸菌に対する消毒条件を明らかにしました。

ESWの殺菌力は濃度と接触時間に依存

抗酸菌としてウシ型結核菌である*M.bovis*を用い、ESWの殺菌効果を詳しく調べるため、ESWの有効塩素濃度や、接触させる菌の量(濃度)をさまざまに変え、接触時間による生菌数の変化を測定しました。

有効塩素濃度が比較的低い10 ppmでは(図1a)、 10^8 CFU/mLの菌は1分後には速やかに1/100程度まで下がりますが、その後は変わりません。 10^7 では1万分の1程度にはなりますが、それ以下とはなりません。しかし、 10^6 まで下げますと3分以内で、 10^5 まで少なくなりますと1分以内に殺菌できます。

このように、ESWは、最初に存在する菌の量をできるだけ減らしておけば短時間、低い有効塩素濃度で消毒することができるという物性を持っています。これは現場において前洗浄で菌の数を減らしておけば、ESWは十分な消毒効果を持っているということを示しています。

有効塩素濃度を20 ppmまで上げると(図1b)、 10^8 では完全には殺菌できませんが、 10^7 では3分以内、 10^6 以下では1分以内に殺菌できます。

30 ppmまで上げると(図1c)、 10^7 でも1分以内に検出限界以下まで生菌数が下がっています。

- ✓ 前洗浄により菌の数が少なくなっている状態でESWにより十分な殺菌効果が得られる。
- ✓ 有効塩素濃度を上げると殺菌効果が高くなる。
- ✓ 接触時間1~3分程度で殺菌効果が得られる。

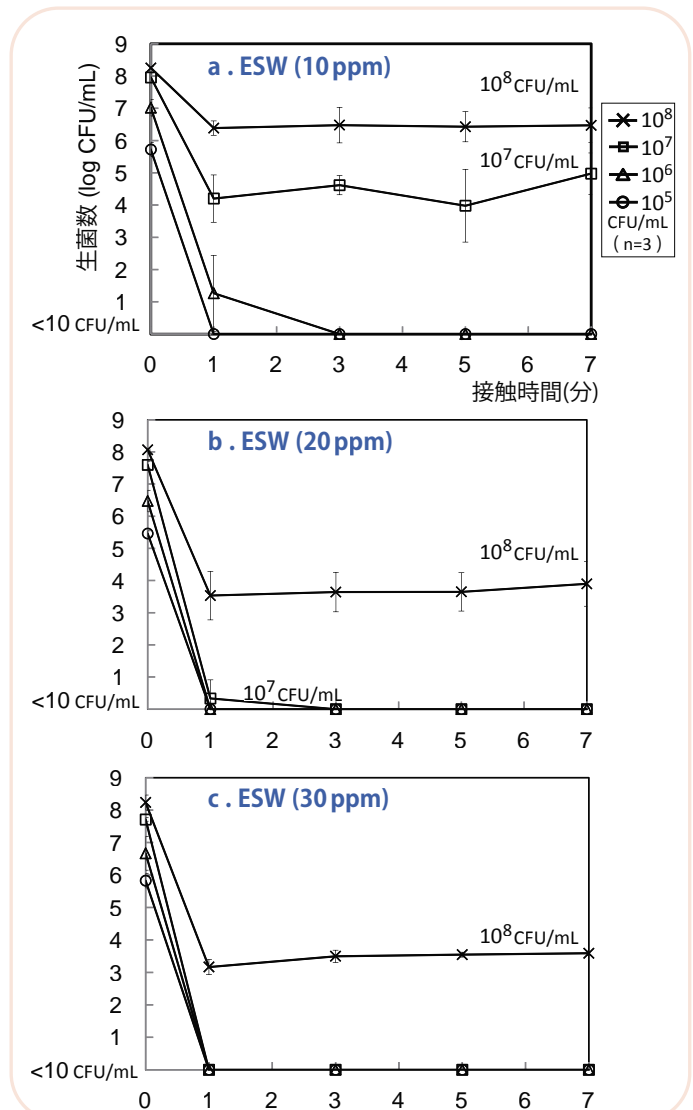


図1 異なる密度のウシ型結核菌(*M.bovis*, BCG株)に対する様々な濃度の有効塩素を含有するESWの消毒能力 (T. Nakano et al., Biomed Res, 2015)

病原性のヒト型結核菌、非結核性抗酸菌にも有効

実際の病原性菌としてヒト型結核菌*M.tuberculosis*の臨床分離株6種類すべてが、ESW 10 ppmとの接触で1分以内に速やかに殺菌されていた(図2)。

また、肺炎などで問題となる非結核性抗酸菌*M.avium*、*M.intracellulare*、*M.kansasii*についても、十分な殺菌効果を示した。

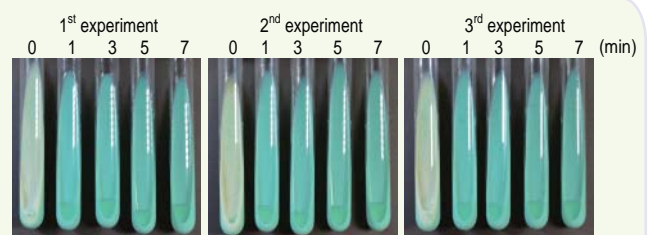


図2 ESW (10 ppm)のヒト型結核菌に対する殺菌作用 (T. Nakano et al., Biomed Res, 2015: 写真は文献非掲載)



再活性化現象～自動消毒器で使われる循環式強酸性電解水の有効性～

ESWは有機物で容易に不活化されますが、内視鏡洗浄消毒器のなかにはESWを内部で還流させて使用しているものがあります。有機物に接触して一旦不活化されてしまったESWに、もう一度電流をかけて再活性化して循環させているのです。これは非常に優れた方法で、むやみに塩素濃度を上げる必要がありません。

しかし、この“消毒能力の再活性化”という現象が本当に起こっているかどうかは科学的には証明されていなかったため、これを明らかにする実験を行いました。

再電解でESWの殺菌力が回復

10⁷～10⁸CFU/mLの菌を10ppmのESWに1分間接触させると、生菌数は100万分の1くらいまでにはなるのですが(図3△)、完全には殺菌されません。この時の有効塩素濃度は1ppmぐらまで下がって(図3○)、ほぼ不活化されてしまっていますから、このままだと、これ以上いくら待っても恐らく菌はゼロにはなりません。

そこで、このように不活化されたESWにもう一度電気を流して再活性化が起こるかを検証しています。電気を流すと、有効塩素濃度は上昇し(図3△再電気分解時間0分時点以降)、それにつれて生菌数は減少し(図3○再電気分解時間0分時点以降)、7分後には、有効塩素濃度はほぼ10ppmまで回復して、生菌はゼロになります。

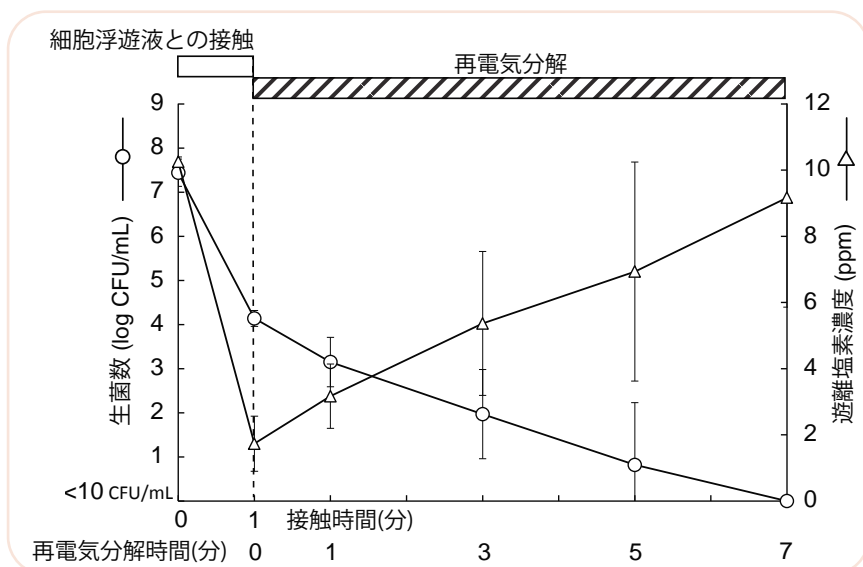


図3 不活化したESW (10ppm)の再電気分解による消毒能力の再活性化 (T. Nakano et al., *Biomed Res*, 2015)

再活性化(有機物で不活化されたESWに電気を流すと殺菌力が回復する現象)は実際に起こっている。

消毒器トータルでの性能評価が必要

従来の実験方法は、ESWを機械から取り出して、これを消毒薬として評価するというものだったのですが、そうではなくオートクレーブと同じように考える必要があるということなのです。

オートクレーブというのは、機械として、その中の温度と圧力を管理して常に飽和水蒸気が消毒対象物と接触するような環境を15分～20分間作ってやることによって完全な滅菌を行っています。それを確かめるためにオートクレーブの中から飽和水蒸気を取

り出して消毒対象物に振りかけるような試験のやり方はしません。

ESWを使った消毒器では、機械の中で有効塩素を再活性化しながら還流させ、常に消毒対象物と接触するような環境を数分間作り、それによって消毒を行うというのが消毒の原理です。

この実験の結果は、条件を適切に管理することによって、実際に機械の中で殺菌力の復活と消毒が起こっていることを示しています。

ESWの作用機序

- ① 細胞壁の断裂、破壊と細胞内への浸潤
- ② 細胞質内の酵素の不活化

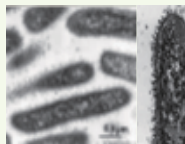


図4 ESW (50ppm)がP.aeruginosaの細胞壁を破壊 (H. Kiura et al., *J Microbiol Meth*, 2002) 細胞壁が断裂した間から、棘状に細胞膜が外へ突出している様子が見られる電子顕微鏡像

総括

臨床現場で感染制御に強酸性電解水を用いると、環境にやさしくて医療スタッフへの対ヒト毒性も少ないという優れた特徴をもっておりますので、是非ともより活用していただきたいと思ひます。

そのために、適切な条件がもちろんあります。その条件を知っていただいて現場でより活用していただきたいと思ひます。

その時に最も大事になるのが菌の密度で、「なるべく事前に消毒対象物から機械的に菌数を減らす」—そのために前洗浄をしっかりといただくということが大事です。

そして適切な有効塩素濃度と接触時間とを管理する—これは機械がしっかりと管理してくれます。最新の機種には有効塩素濃度のセンサーが付いているものがありますので、有効塩素濃度を直接モニターすることができます。有機物で不活化されると有効塩素は減っていきますが、再電解によってそれを維持することができる機能が付いています。

こうして適切な条件を確実に担保していただければ、強酸性電解水はますます現場で活用できる原理であると考えています。

【参考】各種消毒抵抗性細菌に対するESWの殺菌効果

CRE(カルバペネム耐性腸内細菌科細菌)					芽胞形成菌				
ESWと1分間の接触によってCREコロニーは全く見られなくなり、確実に消毒できている。					前洗浄により菌を少なくし、適切な有効塩素濃度と接触時間さえ確保することができれば、ESWで芽胞形成菌を殺菌することができる。				
接触時間	CRE-A	CRE-B	CRE-C	CRE-D	0.05%及び0.3%NaCl電解水*の <i>B.subtilis</i> に対する殺菌効果				
0秒					接触時間(分)	高濃度菌液 5.4 × 10 ⁶ CFU/mL		低濃度菌液 176 CFU/mL	
60秒						5ppmESW	50ppmESW	5ppmESW	50ppmESW
180秒					5	1800	0	27	0
					10	1520	0	15	0
					20	620	0	10	0
					30	320	0	2	0
					60	20	0	0	0
ESW (10 ppm, pH 2.6)のCREに対する殺菌効果 A,B,D: CRE- <i>K.pneumoniae</i> , C: CRE- <i>E.coli</i> (文献未発表)					(H. Kiura et al., <i>J Microbiol Meth</i> , 2002の表を一部改変) * 0.05% NaCl電解水の有効塩素濃度は約5ppm(5ppmESW), 0.3% NaCl電解水の有効塩素濃度は約50ppm(50ppmESW)				