電解酸性水を歯科臨床において有効に利用するために

小園 凱夫・永松 有紀・柿川 宏
田島 清司・山中 雅文・野正 久雄

九州歯科大学歯科理工学講座 (主任: 小園凱夫教授)

平成 11 年 10 月 25 日受理

Valid Utilization of Electrolyzed Acid Water in Clinical Dentistry

Yoshio Kozono, Yuki Nagamatsu, Hiroshi Kakigawa,
Kiyoshi Tajima, Masafumi Yamanaka and Hisao Nomasa

Department of Materials Science (Chief: Prof. Yoshio Kozono)
Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

The electrolyzed strong or weak acid water has been widely used for sterilization and/or therapeutic treatment in clinical dentistry. It is essential for the practitioner to properly apply it under enough knowledge of its inherent characteristics. The present article involves its effective dental usages with some attentions to pay to avoid unexpected affairs.

Key words: Electrolyzed acid water / Bactericidal activity / Dental application

緒 言

電解酸性水は、歯科領域においても消毒・洗浄用として広く利用されるようになり、今後ますます応用分野ならびに使用頻度が高まってくるものと思われる。その背景には、

- ① 短時間で強力な殺菌効果を示す
- ② 生体組織に対して悪影響がほとんどない
- ③ 生成コストが低い
- ④ 残留性がなく、時間が経過すると普通の水に戻るため、排水路や環境を汚染する心配がない

などの長所があげられる。一方、

- ① 殺菌作用に持続性がない
- ② 攪拌、蛋白の混入によって効力が低下する
- ③ 長期間の保存がきかない
- ④ 金属が腐食する

など、いくつか問題点もある。そこで本稿では、電解酸性水の特徴を生かして歯科臨床で有効に利用するための留意点について考察を加えることにする。

電解酸性水生成器の選択

1. 強電解酸性水と弱電解酸性水の違い

電解酸性水には、大別して強電解酸性水と弱電解酸性水 (以後それぞれ強酸性水、弱酸性水と略す。) がある。それらの大まかな比較例を表 1 に示している。pH 値が 7 から離れていくにつれて微生物はしだいに生存しにくくなり、pH3 以下あるいは 11 以上ではもはや生存できなくなる。酸化還元電位 (略して ORP ともいう。) というのは、酸化力あるいは還元力の大きさを表すもので、この値が+側 (または-側) に大きいとそれに触れた物質が強く酸化 (または還元) されるということである。酸化還元電位が +1,000 mV を超えると、その中では微生物は生存できなくなる。また、残留塩素濃度は水中の塩素系ガスや次亜塩素酸の濃度で、これが大きいほど強い殺菌作用を示す。

(1) 強酸性水

食塩水 (0.05 %程度) を電気分解すると、強酸性水が生成される。pH は 2.7 以下、酸化還元電位は +

表1 強酸性水と弱酸性水の比較例

	生成器 (メーカー)	pH	酸化還元電位 (mV)	残留塩素濃度 (ppm)
強酸性水	スーパーウォーターミニ (ヒラタコーポレーション)	2.3±0.3	+1,170±5	30
弱酸性水	アクアチッド (オムコ)	5.2±0.4	+913±9	80

1,100 mV 以上であり、pH 値、酸化還元電位ともに微生物が生存できない領域にある。その中に含まれる残留塩素濃度 (約 30 ppm) の作用も伴って、強力な殺菌効果を示すといわれている。同時に pH11 以上、酸化還元電位 -900 mV 前後の強アルカリ水が副生されるが、これには殺菌効果はあまりない。

(2) 弱酸性水

弱酸性水は少量の酸を含む専用液と水道水の混合液を電気分解することによって得られ、この場合は副生成水はない。中性に近く、酸化還元電位も低くて (+900 mV 前後) 微生物を死滅させるような領域にはないが、pH 5 ~6 付近で最大濃度 (約 80 ppm) となる残留塩素の作用が大きいと考えられる。

(3) 殺菌効果の比較

当講座において強酸性水としてスーパーウォーターミニ (ヒラタコーポレーション)、テクノスーパー α (東洋金属)、弱酸性水としてアクアチッド (オムコ)、アシデント (モリタ) の 4 機種について試験を行った結果、いずれも優れた殺菌効果を示し、強酸性水と弱酸性水との間ならびに機種間にはほとんど差はみられなかった。他の市販生成器についても実用上大差はないものと考えられる。

(4) 金属の腐食

酸性水はもともと水ではあるが、pH が低いと普通の水に比べれば金属の腐食を起こしやすい。強酸性水と弱酸性水とを比較すれば、後述するように器具を長時間浸漬した場合の腐食傾向はやはり中性に近い弱酸性水の方がやや緩慢である¹⁾。しかし、器具の消毒のような短時間の処理に関するかぎり、両者の差は実用上大きな問題にはならないように思われる。

2. 機種の選択

いろいろな生成器が市販されているが、いずれの機種を選んでも殺菌効果については問題ないと推測される。金属製器具に対する腐食性は、実用上ごく短時間の処理

であることを考慮すると決定的な因子とはなりがたいが、できるかぎり腐食性は小さい方がいいとなれば、まず弱酸性水を選ぶべきであろう。口腔内で直接使用する場合、強酸性水と弱酸性水とで匂いや味に多少違いはあるが、顕著ではない。

したがって、大きな選択基準は使い勝手や価格、ランニングコストなどとなってくる。強酸性水は原材料が水と食塩だけであるため、生成コストが非常に低くてすむ。初期には手動で所定の濃度の食塩水を調整し、少量の容器一杯分づつ生成するタイプであったが、最近は水道直結型が主流となっている。弱酸性水は専用液を用いるため、専用液の補充に多少コストがかかる。いずれの酸性水もコンパクトな卓上型か壁掛け型が多く、歯科用として手頃なものとなっている。手指洗浄用として、手を出せば一定時間酸性水が出てくる生成器は便利である。

そのほかに、生成水の pH や酸化還元電位、残留塩素濃度の安定性があげられる。毎日測定しながら使用するわけにはいかないので、安心して使えるよう常に同じ性能の酸性水を生成できるかどうかは重要なファクターである。安定性に関しては、まずメーカーに確認すべきであろう。手動の強酸性水生成器は、忙しい臨床の場で毎日操作するのが多少煩わしいが、食塩水の濃度がほぼ一定になりやすいので比較的安定した酸性水が得られる。水道直結型の場合は、水圧の変化によって変動しやすい欠点がある。とくに大きなビルの中では、水圧調整器の設置が必要となるかもしれない。

保存安定性

酸性水を使用している開業医からは、生成後何日間くらい保存できるのか、という質問が最も多い。酸性水は大気や光、高温にさらされると、酸化還元電位および残留塩素濃度が急激に低下する。消毒・殺菌用としての強酸性水の有効期限については、開放容器・室温で 6 時間、

密閉遮光容器・室温で32日，密閉遮光容器・4℃で6カ月²⁾，あるいは密閉遮光容器・冷蔵庫で1カ月，密閉遮光容器・23℃で20日³⁾，などの実験結果がある。弱酸性水はさらに保存性がよいとされている。

しかし著者らは，院内では保存を考えずに，常に新鮮な生成水を使用することを推奨している。幸いにも生成に大きなコストがかかるわけではないので，生成した酸性水はできればその日のうちに使い切るようにすれば，常に最良の効力で安心して利用できる。貯蔵は冷暗所が好ましいが，短時間であればフタつきの遮光容器に入れておくだけで十分であろう。ペットボトルでも構わないが，その場合には黒のビニルテープなどによって全面を遮光するとよい。生成器のない院外で使用する必要が生じた場合は，冷蔵庫に保存すれば1週間から10日間は十分効力を維持できる。

また，生成器を長期間使用しているうちに生成水の特長値が徐々に変化していくことがあるため，時にはチェックする必要がある。メーカーに定期的な点検を依頼するのがベストであるが，メーターさえ備えておけばごく簡単に測定できるので，参考のためにメーターと価格を記しておく。

pHおよび酸化還元電位：ポータブルpHメーターが使いやすい。これに別売りのORP電極をつけるか，あるいはセットになったpH/ORPメーターで10万円前後。

残留塩素濃度：残留塩素比色測定器で6万円程度。

歯科における臨床応用例と留意点

1. 印象の消毒

歯科において電解酸性水の最も利用価値の高い応用例は，印象の消毒であろう。*Staphylococcus aureus* 209Pを用いた実験から，最も菌が付着しやすいアルジネート印象においても，わずか1分間の酸性水浸漬で印象表面に付着した生存菌はほとんどなくなってしまう(表2)^{4,5)}。消毒効果は，強酸性水と弱酸性水との間でほとんど変わらない。フラットな面では浸漬だけで十分であるが，実際の印象では複雑な凹部などに新鮮な酸性水を接触させる必要があるため，酸性水中で印象を何度か揺り動かすか，あるいは超音波洗浄することが望ましい。印象採得の前に酸性水でうがいさせれば，感染予防効果はさらに増すであろう。

従来の薬液を用いた場合，消毒処理に時間がかかるため，長時間浸漬している間に印象が寸法変化を起こし，変質することもある。その結果，せっこう模型の寸法精

表2 1分間処理後の印象表面から検出された生菌数

処理前	処理水	流水洗浄	浸漬	超音波洗浄
++++	蒸留水	++++	++++	++++
++++	強酸性水	++	-	-
++++	弱酸性水	++	-	-

被験菌には *Staphylococcus aureus* 209P を使用。

生菌数(個) ++++: $\sim 10^5$, ++: $\sim 10^3$, -: $10 \sim 0$

図1 アルジネート印象浸漬処理後に作製した無菌顎せっこう模型の形態変化。

薬液処理では模型の変形が著しい。強酸性水では5分間浸漬しても，わずかに顎堤側側の膨らみがみられるものの，口蓋部の変形は認められない。

度が著しく損なわれ(図1)，とくにグルタルアルデヒド系で処理した場合には表面あれも生じる。これに対して，酸性水を用いれば，処理時間が短いため模型精度その他の問題を引き起こすことはなく，安心して処理できる⁶⁾。

留意点

酸性水中でも長時間経過すれば，印象は寸法変化を起こす。金属トレーも腐食するので，浸漬あるいは超音波洗浄はせいぜい2～3分間にとどめ，無用な長時間処理は避けるべきである。

2. 器具の消毒

リーマやエクスプローラなどのような単純な形態で，表面が比較的なめらかな器具においては，浸漬だけでも

表3 処理後の器具表面から検出された生菌数

器 具	処理前	処理水	浸 漬		超音波洗浄
			1 分	20 分	1 分
バー	+++++	蒸留水	+++++	+++++	+++++
	+++++	強酸性水	++++	+++	-
	+++++	弱酸性水	++++	+++	-
リーマ	+++++	蒸留水	+++++	+++++	+++++
	+++++	強酸性水	-	-	-
	+++++	弱酸性水	-	-	-

被験菌には *Streptococcus salivarius* (IFO 13956) を使用。

生菌数(個/ml) +++++: $\sim 10^8$, ++++: $\sim 10^6$, +++: $\sim 10^4$, -: 10~0

図2 強酸性水に24時間浸漬したときのバーの腐食(走査型電顕像)。

スチールバーは刃先まで腐食する。カーバイドバーでは刃の腐食はないが、シャンクとの連結部に著しい腐食が起こる。浸漬したまま忘れることのないよう注意を要する。

消毒は可能である。しかし、バーやポイントなど表面に複雑な凹凸がある器具では、超音波洗浄を併用する必要がある。酸性水中で1分間超音波洗浄すればほぼ滅菌できる(表3)¹⁾。この場合も、強酸性水でも弱酸性水でも効果は変わらない。

酸性水を用いた場合、金属の腐食の問題が指摘されている。腐食の傾向をみるためにバーなどを24時間浸漬した結果、3時間くらいで刃先の侵食が始まり、24時間浸漬すると使用に耐えられないほど腐食してしまう(図2)¹⁾。腐食に関しては、強酸性水より弱酸性水の方がやや有利なようである¹⁾。実際の臨床では滅菌はわずか1~2分間の浸漬処理ですむため、繰り返し浸漬消毒しながら使用したとしても累積浸漬時間が何時間というレベルに達することはあり得ない。その前に使用に伴う機械的な損耗によって切れ味が鈍くなり、廃棄される。薬液や

高圧滅菌処理によっても劣化が起こることを考慮すれば、酸性水中で適正に処理しているかぎり、機械的な劣化の方が優先されるため、腐食が実用上決定的な問題とはならないといえる。防錆剤添加の研究もなされているが⁷⁾、まだ完全とはいいがたい。

留意点

酸性水による金属製器具の処理は、せいぜい2~3分間にとどめ、うっかり浸漬したまま忘れてしまうことのないよう、気をつけなければならない。また、酸性水中から取り出して濡れたまま空气中に放置しておく急速に腐食するので、処理後はすぐに水洗して乾燥させることが肝心である。

長い器具を消毒する場合にも、その一部だけを酸性水中に浸漬すると、大気に触れる水面付近にあたる部分で腐食が加速されるので、大きな容器を用いて全体を浸漬

表 4 処理後のレジン床粘膜面および裏装粘膜調整材表面から検出された生菌数

	処理前	処理水	浸 漬			超音波洗浄		
			1 分	5 分	10 分	1 分	5 分	10 分
レジン床	++++	蒸留水	+++			+++		
	++++	強酸性水	-			-		
	++++	弱酸性水	-			-		
粘膜調整材 裏装レジン床	++++	蒸留水	++++	+++	+++	+++	++	++
	++++	強酸性水	+++	+	0	++	-	0
	++++	弱酸性水	+++	+	0	+	-	0

被験菌には *Staphylococcus aureus* 209P を使用。

生菌数(個) ++++: $\sim 10^5$, +++: $\sim 10^4$, ++: $\sim 10^3$, +: $\sim 10^2$, -: $10 \sim 1$

するようにしなければならない。

なお、現在のところタービンへの十分な対策はないため、酸性水の使用は控えた方がよい。

3. 義歯床の消毒

義歯床には菌が付着しやすく、患者自身のためにも常に清潔さを保っていなければならないが、義歯の改床、補修を含め、義歯装着患者の治療・処置において義歯に触れる機会が多い歯科医師やスタッフへの感染予防のため、義歯床の消毒処理を行う必要がある。レジン表面に付着した菌に対する殺菌試験を行った結果(表4)⁹⁾、水中で1分間超音波洗浄したくらいでは除去できないが、酸性水中では、わずか1分間浸漬しただけで滅菌が可能であることがわかった。しかし、ティッシュコンディショナーや軟性裏装材を裏装している場合は、菌が表層内部に侵入しているものと思われ、滅菌するには酸性水中で5～10分超音波洗浄する必要がある⁹⁾。

留意点

レジンに酸性水によって変質することはないので、レジン床だけであればとくに気をつける点はない。時間的な余裕があれば、多少長めに洗浄しても構わない。粘膜調整材や軟性裏装材に対しても悪影響を及ぼす可能性は思いあたらないが、現在検証中である。

4. 口腔内治療および洗口

酸性水は、歯科保存、歯科補綴、口腔外科など、あらゆる領域で治療に応用され、有効な応用範囲はさらに拡大されつつある。酸性水を導入している開業医院では、根管の洗浄や抜歯窩の洗浄などにも日常的に使用している例が多い。根管洗浄に関しては、すでにその有用性が実験的に確かめられている^{9,10)}。歯周病治療においても、ポケットの洗浄用、ならびにプラークコントロール用と

図3 酸性水による抜歯窩の洗浄。

して効果が期待されている。

抜歯窩の洗浄では、術者の主観の域を出ないが、止血効果があり、傷の治癒が速く、治癒後がきれいである、という評価がなされている。歯科、口腔外科領域以外で創傷の洗浄に用いた場合も、同様な効果がみられるという。ただし、強酸性水は骨芽細胞の生存率を低下させるという実験結果から、インプラントの第一次手術中での使用は避けるべきであるといわれている¹¹⁾。止血効果については、抜歯窩の洗浄直後に歯肉が一時的に白色化することからも明らかである。未発表であるが、本学口腔微生物学講座井上博雅助教授に依頼してウサギの動脈が酸性水に触れたときの変化を観察した結果、動脈の収縮までは認められなかった。歯肉の白色化は恐らく毛細血管の収縮によるものであろう。

口内炎に対しても有効である。酸性水で患部を流水洗浄するか、または酸性水を口に含み患部を中心にブクブク洗口する。洗口は1回で長くやるよりも、短時間の洗

口を4~5回繰り返した方がよい。患部への刺激はない。炎症の原因の違いや個人差もあると思われるが、早ければ1度の処置で快方に向かう。義歯性潰瘍についても同様の効果が期待される。当然のことながら効果は炎症の程度によるので、重度の場合は酸性水を遮光性の小ビンに入れて持ち帰らせ、必要に応じて1日2~3度の洗口を継続させると効果的であると考えられる。

形成窩洞の清掃剤として強酸性水を用いた場合、流水状態で15秒間作用させればスメア層は完全に除去され¹²⁾、同時に窩洞の無菌化が期待でき、さらに歯髄への刺激が少ない、処理後水洗の必要がないなど、有利な点が多い。コンポジットレジン修復用のエッチング剤としても有効である。エナメル質、象牙質同時エッチングとして流水状態で60秒間処理すると、象牙質の樹脂含浸層も形成され、エナメル質、象牙質ともにコンポジットレジンと十分な接着強さを示すことが確かめられている¹³⁾。この場合も処理後水洗の必要がないなど、従来のエッチング剤と比較して利点が多いが、エッチング面の肉眼的識別が困難である、など問題点も指摘されており、簡便でしかも安全、確実なエッチング剤としての応用が確立されるかどうか、今後の検討が待たれるところである。

その他、治療開始前あるいは印象採得前に酸性水で洗口させる医院も多い。現在当講座では、洗口前後および洗口後の時間経過に伴う口腔内菌数の変化を調査中である。実験数が少なくまだデータにはなりにくい、実験を行った少数例では洗口前に唾液1mlあたり $(1.8 \sim 12.8) \times 10^6$ 個の菌が洗口直後にはほぼ0となり、30分後には洗口前以上の個数に戻っている。これらのことから、少なくとも感染予防のためには効果的であろうと考えられる。しかし一方で、口腔内の常在菌をすべて死滅させることの是非も問わなければならないが、30分後には完全に回復するようであり、また免疫担当細胞への影響はないとする報告¹⁴⁾もあり、この問題は避けられるものといえよう。

エナメル表面が脱灰するのではないかと、との心配も多い。長時間の浸漬によって実験的には脱灰が認められているが、口腔内での使用条件を考慮すれば実際上の問題はなさそうである¹⁵⁾。

留意点

口腔内で酸性水を直接使用するにあたっては、術者として生体組織に対する影響についていろいろな不安があると推察されるが、種々の基礎的研究から、口腔粘膜や歯に対してはほとんど心配ないと考えられている。しか

図4 酸性水によるユニットの清掃。

し、慎重な対応と必要に応じて患者への十分な説明を怠るべきではない。

6. その他

数年前MRSA感染が大きな話題を集めたが、その後病院内のベッドや壁、床などの拭き掃除に酸性水を使用するようになって、感染が激減している。歯科医院においても、院内感染の一つとしてユニットや待ち合い室などの清掃に利用できるし、すでに行っているところもある。

留意点

布をかたく絞らず、酸性水を十分含んだ状態で拭くことが大切である。その後、金属がむきだしになっている部分は放っておくと腐食する可能性がある、十分水拭きし、乾いた布で水分を拭きとる必要がある。金属以外の部分は、水拭きの必要もない。

まとめ

以上述べてきたように、電解酸性水は歯科臨床においても非常に有用であり、ますます応用ならびに普及範囲が広がっている。しかし、まだ経験的な効果にすぎないところも多く、今後さらに科学的な検証が進められることを期待してやまない。

引用文献

- 1) 野正久雄, 永松有紀, 田島清司: 電解水による歯科用器具の消毒とその腐食傾向. 九州歯会誌 51: 784-799, 1997.
- 2) 芝 燐彦, 金石あずさ: 強電解酸性水の生成原理と特徴, 強電解酸性水の歯科臨床 (芝 燐彦, 村井正大, 天笠光雄編). クインテッセンス出版, 東京, 1997, 17-25.
- 3) 山崎統資: 強電解酸性水の保存条件と容器について, 強電解酸性水の歯科臨床 (芝 燐彦, 村井正大, 天笠光雄編). クインテッセンス出版, 東京, 1997, 89-98.

- 4) Nagamatsu, Y.: Sterilization of impressions with electrolyzed acid water. J. Kyushu Dent. Soc. 50: 515-531, 1996.
- 5) 小園凱夫, 永松有紀, 山中雅文, 野正久雄, 柿川 宏, 田島清司: 電解酸性水の歯科領域への応用—歯科器材の消毒処理とその影響—. QDT 23: 59-67, 1998.
- 6) 山中雅文, 永松有紀, 柿川 宏: アルジネート印象におよぼす浸漬消毒の影響—強電解酸性水の有用性—. 九州歯会誌 51: 773-783, 1997.
- 7) 佐藤二郎: 酸化電位水による歯科用器具の腐食に対する防錆剤の効果. 日歯保存誌 41: 105-124, 1998.
- 8) 永松有紀, 田島清司, 柿川 宏, 内山長司, 小園凱夫: 電解酸性水による義歯床の殺菌効果. 歯材器 18(特別号 34): 190, 1999.
- 9) 竹村正仁, 畠 銀一郎, 戸田忠夫: 強酸性水による根管清掃効果. 日歯保存誌 40: 749-761, 1997.
- 10) 水城真紀, 樋口直也, 鈴木一吉, 鈴木隆一, 堀場直樹, 松本 享, 中村 洋: 超酸化水の根管洗浄効果に関する研究. 日歯保存誌 42: 478-484, 1999.
- 11) 芝 燁彦, 岩佐文則, 田口健一: 電解酸性水のインプラント治療への応用, 強電解酸性水の歯科臨床(芝 燁彦, 村井正大, 天笠光雄編). クインテッセンス出版, 東京, 1997, 147-157.
- 12) 井上昌孝, 成川公一, 藤井弁次: コンポジットレジン接着における研削表面への電解酸性水の応用. 日歯保存誌 37: 1157-1163, 1994.
- 13) 井上昌孝: コンポジットレジン修復への電解酸性水の応用. 日歯保存誌 39: 78-102, 1996.
- 14) 鴨井久一, 浅木信安, 鴨井久博, 浅木英理: 強電解酸性水の口腔粘膜への影響, 強電解酸性水の歯科臨床(芝 燁彦, 村井正大, 天笠光雄編). クインテッセンス出版, 東京, 1997, 51-57.
- 15) 西田哲也, 音琴淳一, 伊藤公一, 滝川智義, 小野瀬英雄, 村井正大: 強電解酸性水のエナメルに対する影響. 日歯周誌 37: 127-133, 1995.