

中性電解水による健常者の義歯に対する除染効果

永松有紀¹、中村恵子²、村岡宏祐³、池田 弘¹、永松 浩⁴、清水博史¹¹九州歯科大学生体材料学分野、²福岡歯科大学口腔医療センター、
³九州歯科大学クリニカルクラークシップ開発学分野、⁴九州歯科大学総合診療学分野

2019.3.22 受付、2019.7.16 受理

要 旨: 中性電解水 (pH 7、有効塩素濃度約 30ppm) の有床義歯 (一般的に「入れ歯」と呼ばれる着脱可能な義歯。以下、義歯) に対する洗浄・除染効果を以下のように検証した。歯科大学附属病院義歯科を訪れた義歯の自己管理ができる健常者の義歯を対象に中性電解水による超音波洗浄を行い、汚染レベルの指標となる義歯付着アデノシン三リン酸 (以下、ATP) 量とその変化率を調べた。まず、被験者 5 名 8 義歯に対して 1 分間の超音波洗浄処理 (1 回処理) 後、付着 ATP 量を測定した。ATP 減少率が 99.9% 以上となるまでこの処理を繰り返した。その結果、8 義歯中 3 義歯は 1 回 (1 分間) で、5 義歯は 2 あるいは 3 回 (2 あるいは 3 分間) の処理で 99.9% 以上の ATP 減少率となり、最長 3 分間の処理で全義歯において高い洗浄・除染効果が得られた。次に、全被験者 17 名 24 義歯に対して中性電解水中での 3 分間の超音波洗浄処理を行った結果、全義歯で ATP 量は 96.7 (±8.4) % の減少率を示した。14 名 17 義歯では ATP 減少率 99.9% 以上の高い除染効果を示した。以上の結果より、中性電解水中での 3 分間の超音波洗浄処理は、自己管理が可能な健常者の義歯に対して高い洗浄・除染効果を示すことが明らかになった。中性電解水による簡便かつ安全性の高い義歯洗浄処理は、義歯使用者の口腔環境の改善に有用であることが示唆された。

キーワード: 中性電解水、義歯洗浄、洗浄効果、除染効果

1. 緒言

近年、我が国は高齢者人口の増加が加速しており、2007 年には高齢化率 (総人口に占める 65 歳以上人口の割合) が 21% を超えて「超高齢社会」に移行し¹⁾、2019 年 2 月 1 日時点では 31.1% とさらにその値を更新している²⁾。このような高齢者人口の増大に伴って生じた医療費・介護保険等の社会保障費の増大³⁾は、少子化による生産年齢人口の低下と併せて考えると、早急に改善が必要であり、高齢者層の健康維持と自立が重要なキーワードとなる。歯科領域においては、8020 運動「80 歳になっても 20 本以上の自分の歯を保とう」という運動の推進⁴⁾や口腔ケアの重要性の啓発および実践⁵⁻⁸⁾等により、全身の健康に繋がる「口腔環境の改善」に注力しており、歯科医療機関はもちろん、歯科以外の医療機関および高齢者施設等でもその重要性が認識されている。高齢者の口腔環境の改善のためには、①機能的口腔ケア (口腔内の軟および硬組織の機能回復

あるいは向上とその維持のための処置) および ②器質的口腔ケア (装着された修復物・補綴物および口腔内の清掃による衛生状態の向上とその維持のための処置) の両方が有効である。特に、高齢者層の使用割合が高い「義歯」は、失った軟および硬組織に代わって、審美性の回復、適切な咬合による発声および食事における咀嚼能力・嚥下能力の回復・向上に繋がるため、①への貢献度が高い。また、義歯は 1 本以上の歯とその周辺粘膜、特に全部床義歯 (総義歯) の場合には口腔内の広範囲を再現したものであり口腔内で大きな体積を占める人工物であるため、清掃を適切に行うことは②への貢献度が高い。高齢者にとって、適合性が良く清掃が行き届いた義歯の使用は、口腔環境を整え、さらに誤嚥性肺炎等の重篤な全身疾患を防ぐ重要な役割を果たしている⁹⁾。

著者らは、歯科生体材料学的見地から、義歯使用者および介護者にとって安全かつ簡便な使用が可能であ

り、高い義歯洗浄・除染効果を有し、義歯構成材料の劣化を起ささない義歯洗浄材料・方法を検討している。そして、これらの所要条件を満たすものとして電解水に着目し、強酸性、弱酸性および中性タイプについてその有用性を報告してきた¹⁰⁻¹³⁾。義歯は、義歯床用材料（アクリルレジン・その他レジン・Co-Cr 合金等）、人工歯材料（硬質レジン・陶材等）、維持装置材料（Co-Cr 合金等）および義歯裏装材料（PMMA・シリコーンゴム等）を組合せて作製される。電解水による上記の構成材料への影響については、金属材料ではほとんどにみられない¹⁴⁻¹⁶⁾が、金属材料については長時間浸漬で影響がみられる^{17, 18)}。著者らは酸性^{10, 17, 19, 20)}および中性電解水^{10, 11-13, 20)}の歯科器材や種々の製作物に対する除染効果の検討から、中性電解水は酸性タイプと同等の除染効果を有し^{11-13, 20)}ながら、歯科用金属の変色・腐食への影響が大幅に少ないこと^{17, 18)}を明らかにした。これらの結果より、殺菌性電解水として中性タイプを主として推奨してきた^{11-13, 18-22)}。また、前報^{12, 13)}で報告したように中性電解水は義歯洗浄とともに口腔洗浄に併用することで、義歯使用者の口臭を抑制

する効果も示すことから、義歯および口腔の同時洗浄を推奨している²¹⁾。中性タイプは、酸性、特に強酸性タイプと比較して塩素臭がマイルドであり、前報²²⁾で示したようにヒトエナメル質への影響がほとんどない（水道水と同等）ことから、口腔内に使用する電解水としては最適と判断できる。

本臨床試験では、義歯の自己管理ができる健常な60～80代の義歯使用者を対象に、中性電解水の義歯洗浄処理を行い、義歯に付着する生物由来の汚染（本臨床試験では主に口腔内微生物による汚染）レベルの指標となるATP量を調べて、洗浄処理前後のその減少率から義歯洗浄液としての有用性を検討した。

2. 材料および方法

1) 中性電解水の調製

電解補助液（5%NaCl水溶液）添加の水道水を中性電解水生成器（Meau DS-1, メディストサニテ）により、無隔膜、続いて有隔膜下で電気分解して中性電解水（pH：7.00±0.05、ORP：+854±5 mV、有効塩素濃度：約30 ppm、以下NW）を調製した。

表1. 被験者およびその使用義歯

被験者コード	年齢(歳)	性別	身体状態		義歯の使用年数・月数		日常の義歯洗浄状況		
			自立/ 要介護	健康/ 有病	上顎	下顎	ブラシ 洗浄	水洗	義歯洗浄剤 の使用
A	62	男	自立	健康	約3年	約3年	○	○	○***
B	63				5.5年	—	○	○	○
C	64				3か月	3か月	○	○	○*
D	68				7.5年	—	×	○	×
E#	69	女			—	27年	○	○	○***
F#	70				約3年	—	○	○	○**
G	72				—	10年	○	○	○
H	72				約2年	—	○	○	○
I	73	男			約9年	約9年	○	○	×
J#	74	女			左右両側 とも不明	—	○	○	○
K#	75				約1年	不明	○	○	○*
L	76	男			—	2か月	○	○	○
M	76	女			2年	—	○	○	○***
N	80	男			—	6.5年	○	○	○
O	82	男			約1年	—	○	○	○
P	82	女			約3年	約3年	○	○	○
Q#	84	女	約1年	約1年	×	○	○***		

#：試験IおよびIIを実施、他は試験IIのみ実施、—：未使用

○：実施（頻度不明）、○*：週1回実施、○**：週数回実施、○***：毎日実施、×：実施せず

2) 被験者

表 1 に被験者とその使用義歯の概要について示す。九州歯科大学附属病院義歯科を訪れた患者 17 名(実施時年齢: 62~84 歳)を被験者として、その全 24 義歯を対象にした。各被験者の自己申告によると、いずれの被験者も介助・介護の必要はなく、認知症を発症していない自立した健常者であり、対象とした義歯はすべて部分床義歯であった。全被験者は、通常の歯科治療時と同様に、朝食後の残存歯に対する歯磨剤を用いたブラッシングおよび義歯専用ブラシによる流水下での義歯清掃を行って来院した。本臨床試験は、被験者の朝食終了約 2~4 時間後に実施した。なお、中性電解水、さらに本臨床試験の詳細については、担当歯科医師でもある著者らにより関連資料を元に説明し、各被験者の同意を得た上で行った。

3) 義歯の処理と洗浄・除染効果試験

本臨床試験は以下に示すように 2 段階(試験 I および試験 II)で行い、各試験は図 1 のフローチャートに従った。

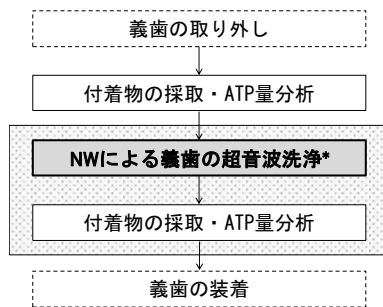


図 1. 義歯洗浄・除染試験のフローチャート

試験 I : の 1 分間処理 を 1, 2 あるいは 3 回実施
 試験 II : の 3 分間処理 を 1 回実施

① 試験 I (NW 中での 1 分間の超音波洗浄処理およびその繰り返し処理の洗浄・除染効果)

全被験者への義歯洗浄・除染効果試験(試験 II)に先立ち、複数回の測定に協力が得られた被験者 5 名 8 義歯を対象にして、NW 中で超音波洗浄処理を施し、1 分間ごとに義歯付着 ATP 量を計測し、その ATP 量の減少率が 99.9% 以上となるまで処理を繰り返した。

② 試験 II (NW 中での 3 分間の超音波洗浄処理の洗浄・除染効果)

試験 I の結果から、処理時間を 3 分間に決定し、全被験者の全義歯を対象として義歯付着 ATP 量を計測した。

義歯付着物の採取例を図 2 に示す。対象義歯ごとに、

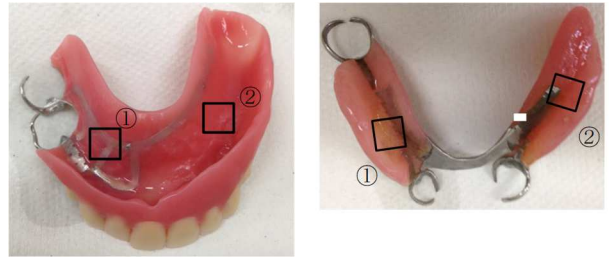


図 2. 義歯付着物の採取部位例

①: 義歯洗浄前の試験面、②: 義歯洗浄後の試験面

粘膜面 2 か所を試験面①および②(例: 左側と右側)とし、試験面①の約 1 cm^2 の付着物を滅菌綿棒による拭き取りで採取後、滅菌水 10 ml 中に懸濁して移した。この付着物抽出後の懸濁液 0.1 ml を ATP テスター(AF-70、東亜 DKK)により ATP 濃度を調べ、試験面の付着 ATP 量を算出した。続いて、義歯に対する NW 中での 3 分間の超音波洗浄後、試験面②の約 1 cm^2 から同様の方法で付着物を採取して、計測した ATP 濃度から残存 ATP 量を算出し、洗浄処理後の付着 ATP 量とした。処理前後の付着 ATP 量から減少率を求めた。なお、得られた ATP 量および ATP 減少率は、統計処理(Mann-Whitney の U 検定、有意水準 5%)を行い、既報の「要介護高齢者」を対象とした同様の試験の結果¹³⁾と比較・考察した。

本研究は九州歯科大学研究倫理委員会の承認(11-42)を得て行った。

3. 結果

1) 試験 I

5 名 8 義歯についての、処理前および NW 中での超音波洗浄処理後の付着 ATP 量(対数表示)と ATP 減少率を図 3 および 4 にそれぞれ示す。NW での処理前の義歯からは $10^{-11} \sim 10^{-8} \text{ mol/cm}^2$ レベルの ATP が検出

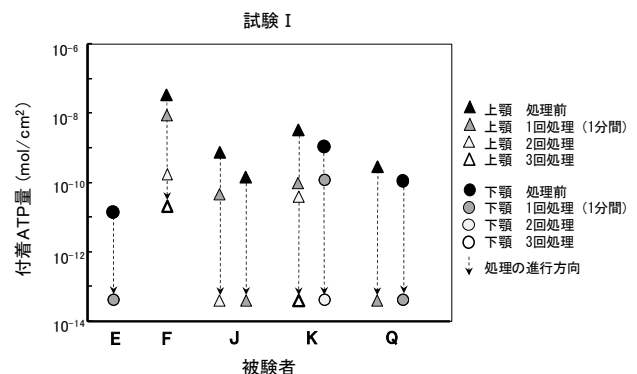


図 3. NW による 1 分間超音波洗浄処理およびその繰り返し処理前後の義歯付着 ATP 量(対数表示)

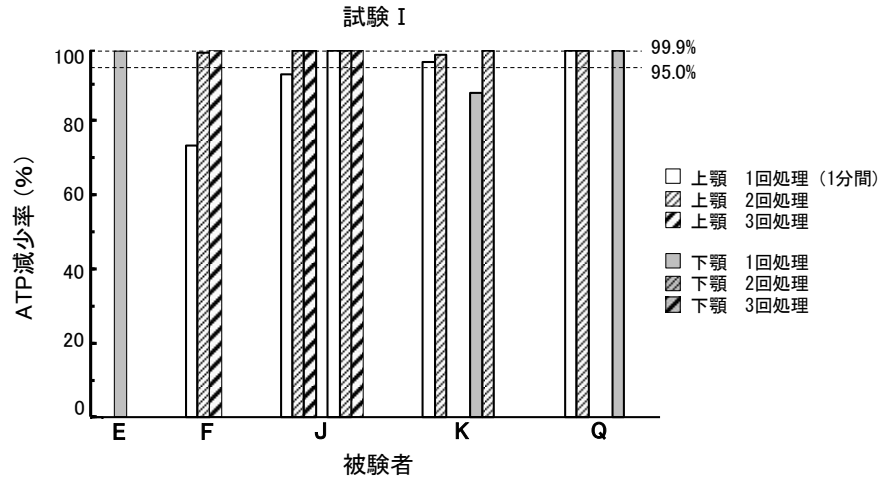


図 4. NW による 1 分間超音波洗浄処理およびその繰り返しによる ATP 減少率

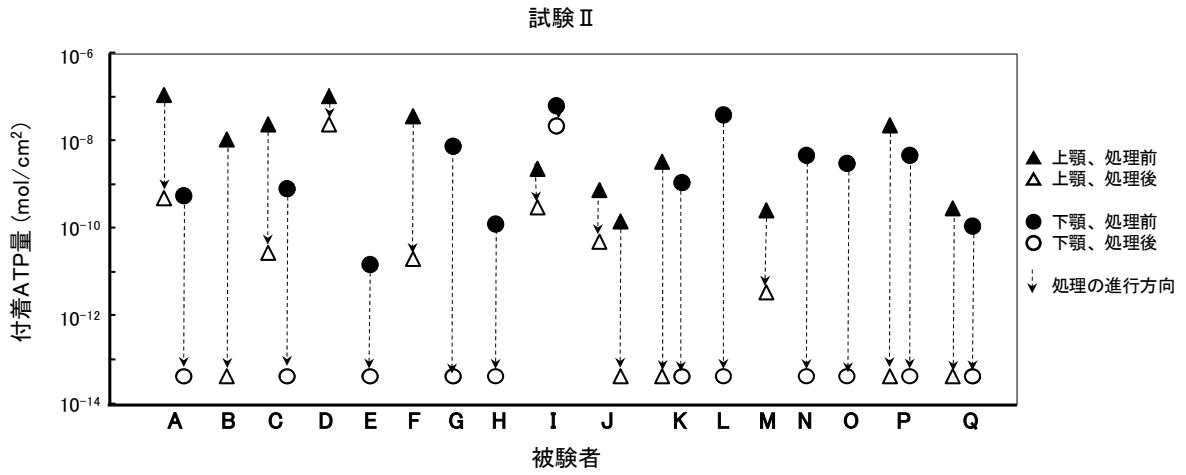


図 5. NW による 3 分間超音波洗浄処理前後の付着 ATP 量 (対数表示)

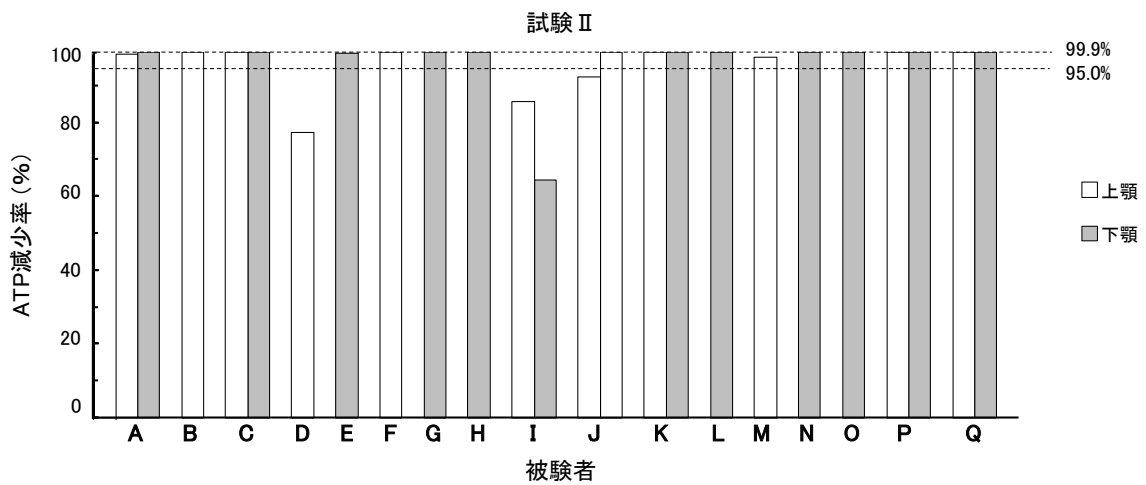


図 6. NW による 3 分間超音波洗浄処理前後の ATP 減少率

された。対象とした8義歯中3義歯は1回処理（1分間）で99.9%以上のATP減少率となり、高い除染効果がみられた。残りの5義歯中2義歯は2回処理（合計2分間）、3義歯では3回処理（合計3分間）により99.9%以上のATP減少率となった。全8義歯に対して、NW中での最長3分間の超音波洗浄処理を行うことで各義歯の付着ATP量を99.9%以上減少させることができた。

2) 試験II

全被験者17名24義歯に対してNW中での3分間の超音波洗浄処理を行った場合の義歯付着ATP量（対数表示）およびATP減少率を図5および6にそれぞれ示す。NWでの処理前の義歯からは 10^{11} ~ 10^7 mol/cm²レベルのATPが検出された。NW中の3分間の超音波洗浄処理により、処理前の義歯付着ATP量は $96.7 \pm 8.4\%$ 減少した。ATP減少率は最低値65.5%から最高値99.99（≒100）%まで大きく変動したが、いずれの義歯でも付着ATP量は減少しており、洗浄・除染効果がみられた。ATP減少率は、対象の24義歯中16義歯（66.7%）が99.9%以上、5義歯（20.8%）が95.0~99.9%未満、2義歯（8.3%）が75.0~95%未満、1義歯（4.2%）が65.5%であり、99.9%以上のATP減少率を示す義歯が最も多かった。

4. 考察

1989年以降、厚生省（2001年以降、厚生労働省）と日本歯科医師会が推進してきた「8020運動」の成果により高齢者の残存歯数が増加して達成者比率が飛躍的に向上し³⁾、義歯装着者の残存歯の割合も高くなっている。口腔そして全身の健康維持を考慮すると、残存歯を含む口腔内の清掃を義歯洗浄と併せて行うことで義歯への付着菌の減少と義歯に起因する口腔内微生物の減少に繋がり、相乗作用をもたらす²³⁾。

平成28（2016）年歯科疾患実態調査²⁴⁾から、高齢者の2~3人に1人が1個以上の義歯を装着していることがわかる。この「義歯」の構成材料には、アクリルレジン（ポリメチルメタクリレート）が最も高頻度で使用されている。レジン材料は、金属材料およびセラミック材料に比べて吸水性が高いため、口腔内微生物の付着が起りやすいことに加えて、口腔内はこれらの微生物が増殖しやすい環境（温度、湿度等）である。義歯に付着し増殖した病原微生物が、歯科疾患だけではなく、義歯使用者割合が高い高齢者層にとって重篤な全身疾患（誤嚥性肺炎等）の原因となることもある⁹⁾ため、義歯ならびに口腔内の衛生状態を改善し、維持

することは、現在の歯科医療の中で重要な課題である。深刻な全身疾患や障害がなく自立している健常者だけではなく、有病者、要支援者、要介護者等、様々な身体状態の義歯使用者が多いため、個々の状況を踏まえた口腔環境の整備が必要となる。

著者らは歯科臨床における感染対策として、短時間で高い除染・殺菌作用を示し、生体や環境に優しい電解水に着目して、酸性および中性タイプの電解水を用いた有効な処理方法を具体化してきた。これらの殺菌性電解水は、特に診療中の口腔液・血液付着が頻繁に起こるインスツルメント¹⁷⁾および印象（口腔内の型どりをした陰型）^{18,19)}、高い清浄度が必要となる治療中の根管²⁵⁾に対しても有効な洗浄・除染効果を、そして、義歯洗浄とともに洗口に用いることで口臭抑制効果を示すことを報告している^{12,13)}。歯科医療における既存の薬液が、その抗菌スペクトルや生体への影響に応じて歯科器材用、根管用、口腔粘膜用と使い分けが必要であることに対して、殺菌性電解水は幅広い抗菌スペクトルを有し²⁶⁾、かつ、歯科器材や生体への影響がほとんどないことから、処理対象を限定せずに幅広く使用できることが大きな長所である。

本臨床研究も含めた著者らの一連の義歯洗浄・除染効果試験においては被験者の使用義歯を対象としたが、臨床試験に先立ち、義歯床用材料として最も高頻度で用いられるアクリルレジン（ポリメチルメタクリレート）を用いた基礎実験により、わずか1分間の強酸性および中性電解水中での浸漬あるいは超音波洗浄によりほぼすべての菌を除去可能であり、水道水による同一処理よりも有意に高い除菌率を示すこと、また、市販義歯洗浄剤よりも短時間で同等以上の除菌率が得られる^{10,11)}ことを報告している。実際の口腔内で使用される義歯は、形態が複雑であり微細部の汚染も起り易いことを考慮し、より高い洗浄・除染効果を得るために著者らの義歯洗浄についての一連の臨床試験^{12,13)}においては、超音波洗浄処理を行うこととしている。また、本臨床試験における洗浄・除染効果については、迅速分析が可能なATP法により付着ATP量を調べたが、義歯付着微生物の同定は行わなかった。

ATPは細菌を含む生体に必ず含まれており、その量は細胞の体積に比例する^{27,28)}ことから、1種類の菌についてはATP量の分析により細菌数の定量が可能である。培養時間が不要であるためコロニー法と比較して短時間で分析を可能にする点から、簡易迅速法として歯科では器材の洗浄度の評価に使用されている²⁹⁾ほか、医療分野³⁰⁾や食品産業での衛生管理³¹⁾にも応用

されている。前報^{12,13)}および本報における臨床試験による義歯洗浄効果の評価においては、対象となる被験者の使用義歯に付着する口腔由来の微生物は複数の種類であり、それらの存在比は個人差もある。本臨床試験で対象とした義歯にも、多種類の口腔内連鎖球菌群および *C.albicans* を主とする真菌等の微生物が混在し付着していると推察される。従って、分析した ATP 量だけで検出された種々の微生物の同定や個数を算出することはできないため、生体由来成分である ATP 量を義歯の汚染度と見なし、本研究においては、付着菌数ではなく付着 ATP 量で示した。また、義歯に対する洗浄・除染効果については、この ATP 量から算出した ATP 減少率をその指標とした。

本研究およびこれまでに報告した義歯洗浄に関する臨床試験^{12,13)}の結果を比較・検討し、NW による義歯洗浄効果を総括する。最初に行った「開業歯科医院患者」を対象にした臨床試験¹²⁾では、その先行研究^{10,11)}として行った基礎実験において、すべての付着菌を除去できた処理条件（1 分間の超音波洗浄処理）を採用し、全対象義歯に対して実施した結果、いずれの義歯においても付着 ATP 量の減少が認められ、減少率は $81.3 \pm 26.5\%$ であった。協力が得られた被験者の義歯に、さらに 2 回の処理、即ち合計で 3 分間の超音波洗浄処理を施すと全義歯において ATP 減少率は 99.0% 以上となった。続いて、介護老人保健施設入所の要介護状態の義歯使用高齢者（以下、「要介護高齢者」）に対する同様の試験を実施した。これに先立ち、前述の「開業歯科医院患者」の義歯で効果がみられた 1 分間の超音波洗浄処理を試行したところ、「要介護高齢者」の義歯には洗浄・除染効果がほとんどみられないことがわかった。従って、2 分間に処理時間を延長した結果、 $66.1 \pm 27.6\%$ の ATP 減少率となり、一定の効果が得られた¹³⁾。口腔環境に関する認識不足や自立度が低い「要介護高齢者」においては、「開業歯科医院患者」よりも、専用ブラシによる機械的洗浄が不十分で食物残渣・デンチャープラークの付着や変色が観察される「清掃状態が悪い義歯」も多かった。肉眼で観察できるこれらの汚染物除去後に処理を行ったが、蓄積された微細な汚染物質の残留により、NW の義歯に対する洗浄・除染効果の低下を引き起こしていた。さらに、協力が得られた被験者の義歯に、ブラシ洗浄および追加の超音波洗浄を加えると、初回を含めて合計 4~6 分間の超音波洗浄処理により ATP 減少率は 95.0% 以上となった¹³⁾。NW（化学的洗浄効果）中での超音波洗浄（機械的洗浄効果）により高い義歯洗浄効果を得るために

は、義歯洗浄剤の使用前と同様に、義歯微細部の汚染物質の除去を抑制する食物残渣・デンチャープラークをブラシ洗浄によりまず除去しておくことが重要である。

これらの 2 回の臨床試験^{12,13)}に続いて、本研究では、義歯の自己ケアができる健常な義歯使用者（以下、「健常者」）の使用義歯を対象として実施した。ほとんどの被験者が認知症を患う「要介護高齢者」と比較して、本研究（対象：「健常者」）の全被験者は自身による義歯清掃が可能であり、加えて、受診に先立ち、残存歯のブラッシングを含む口腔内清掃を食後から診療直前までの間に実施していることから、口腔内から外した処理前の義歯の付着 ATP 量 ($10^{-11} \sim 10^{-7} \text{ mol/cm}^2$ レベル) は「要介護高齢者」の値 ($10^{-9} \sim 10^{-6} \text{ mol/cm}^2$ レベル)¹³⁾ よりも有意に低くなった ($p < 0.01$)。また、「要介護高齢者」の義歯においては肉眼で認識される食物残渣やデンチャープラークの除去を NW での処理に先立ち行っているため、実際の汚染度はさらに高くなると推察される¹³⁾。NW による義歯洗浄・除染効果について、処理時間が共通である 2 分間超音波洗浄処理後の ATP 減少率で比較すると、「要介護高齢者」は $66.1 \pm 27.6\%$ ¹³⁾、「健常者」では $98.3 \pm 2.6\%$ （図 4 に示す 2 回処理）であり、処理前の付着 ATP 量が小さかった後者（本臨床試験の被験者）の義歯に対して、より高い洗浄・除染効果を示した ($p < 0.01$)。

老人健康施設入所者を対象とした強酸性および中性電解水の義歯洗浄効果を調べた川本ら³²⁾の臨床試験では、水洗後に電解水浸漬を 1 分間行くと、強酸性電解水中で除菌率 $49.0 \pm 36.8\%$ 、中性電解水中では $66.5 \pm 25.6\%$ となり義歯洗浄剤への 10 分間浸漬 (64.5%) と同等の除染効果を示している。生成器の機種・試験条件・方法は異なるが、義歯の自己管理ができる本臨床試験のように、ほとんどの被験者が担当歯科医師の指導に従った日常ケアを実行している場合、義歯表面での食物残渣やプラークとの接触による NW 中の殺菌成分（次亜塩素酸、HClO）の消費に伴う洗浄・除染効果の低下が回避できるため、川本ら³²⁾および著者らの「要介護高齢者」を対象とした先行研究¹³⁾よりも高い除染効果を示したものと推測される。

本臨床試験では、NW による 3 分間の超音波洗浄処理後、対象とした全 24 義歯に対して、16 義歯 (66.7%) が 99.9% 以上、5 義歯 (20.8%) が $95.0 \sim 99.9\%$ 未満、2 義歯 (8.3%) が $75.0 \sim 95.0\%$ 未満、1 義歯 (4.2%) が 65.5% の ATP 減少率を示した。99.9% 以上の ATP 減少率を示す義歯が最も多く、21 義歯 (87.5%) は

95.0%以上となった。本研究の全被験者は担当歯科医師により、「食後のブラシ洗浄・水洗、1日1回の義歯洗浄剤の使用」が日常の義歯ケアとして推奨され、「守れない場合でも1日1回のブラシ洗浄・水洗、週に1～数回の義歯洗浄剤の使用」と指導されており、17名中14名はこの指示を守っていた。特に、被験者A、EおよびMは毎日義歯洗浄剤を使用し、厳密にこの指導に従って義歯のケアを実行しており、A（下顎義歯のみ）、EおよびMの使用義歯の付着ATP量は処理前の時点で $10^{11} \sim 10^{10} \text{mol/cm}^2$ レベルであり、他の被験者よりも汚染度が低かった。処理によるATP減少率はいずれも95.0%以上であり、高い除染効果がみられた。日常の義歯ケアを適切に行っているケースでも、被験者A（上顎のみ）、FおよびLの使用義歯は処理前の付着ATP量が $10^8 \sim 10^7 \text{mol/cm}^2$ レベルであり比較的高い値を示したが、これらの義歯は処理によるATP減少率が95.0%以上であり、高い除染効果が得られた。日常の適切な義歯ケアによりバイオフィーム等の義歯付着の汚染物質が微少であり、これらの義歯において唾液等による一時的な汚染が起こったとしても、洗浄処理により汚染物質除去が比較的容易であると推察できる。担当歯科医師の指導を守らず、義歯洗浄剤による化学的洗浄を怠っていた被験者DおよびI（下顎義歯のみ）の使用義歯も処理前の時点で $10^8 \sim 10^7 \text{mol/cm}^2$ レベルであり、他の被験者よりも汚染度が高かった。特に、Dは義歯洗浄剤の使用だけではなくブラシ洗浄も実施しておらず、処理前後の両方において義歯に残存する付着ATP量は被験者中最大の値、即ち最大の汚染状況であった。ATP減少率についてはIの下顎義歯が最低値（65.5%）で、Dの使用義歯はそれに次ぐ低い値（78.2%）であった。これらのことから、定期的な洗浄により汚染物質付着を抑制して義歯の清掃度を保つことで、NWによる義歯洗浄効果の向上に繋がるのがわかった。義歯洗浄剤の使用時と同様に、NWでも処理に先立ちブラシ洗浄・水洗による簡単な汚れの除去により高い除染効果が得られる。本研究を含めたこれまでの著者らの3つの臨床試験^{12, 13}から、ブラシ洗浄による食物残渣・デンチャーブランクの除去とNW中での超音波洗浄処理（汚染度により1～6分）を併用することで、義歯洗浄剤と同等の除染効果を得ることが検証できた。

一般的な化学的義歯洗浄法としては、「過酸化水素系」（過酸化水素と発泡剤による作用を利用）があげられ、製品の多くは「酵素」によるタンパク質分解による微生物除去効果も付与されている。また、「二酸化チタン」

の光触媒効果により洗浄効果を高めたものも販売されている。殺菌効果と漂白効果を有する「次亜塩素酸系」は、強いアルカリ性を示すことから、使用においては皮膚や眼に対する為害性が危惧される。これらの義歯洗浄剤は高い除染効果を有しており、前者は入手しやすい点から使用者も多く、後者は歯科医院・技工室・高齢者施設等で高い効果を期待して使用されているが、使用時間が長くなると義歯構成材料（レジン・金属等）の劣化、義歯への残留、誤飲による生体への影響に注意が必要である。一方、使用時の刺激や為害作用の心配がないタイプとして茶フラボノイドやプロポリスを配合した「生薬系」等も販売されているが、「過酸化水素系」および「次亜塩素酸系」と比較して、義歯洗浄効果が低い点が欠点である。その他のタイプとして、抗菌加工ができる固定化抗菌成分配合の義歯洗浄剤も開発されている³³。

本臨床試験で用いたNWを初めとする殺菌性電解水は、次亜塩素酸ナトリウムと同様の広い抗菌スペクトルを有する²⁶とともに、短時間で優れた義歯洗浄・消毒効果を発揮する。加えて、粘膜への接触および誤飲が起こっても生体への影響を心配する必要がないことから、義歯や口腔内の洗浄に安全に使用できる。「次亜塩素酸ナトリウム」を主成分とした「次亜塩素酸系」義歯洗浄剤とは異なり、NWの有効塩素濃度は約30ppmと低濃度であるため義歯、生体および環境への影響はほとんどない。また、液性（pH：約7）は中性領域であり、部分床義歯を構成する金属材料（Co-Cr合金等）に対する腐食作用も酸性電解水よりも小さいことを著者らは報告²⁰している。これらの点および本臨床試験により得られた「清掃状況が良い義歯に対して、最長3分間でほとんどの義歯に99.9%以上の付着汚染物質の除染効果を有すること」を併せると、NWによる義歯洗浄処理を日常の義歯ケアに取り入れることで、現行の義歯洗浄剤と同等の除染効果を、より安全に得ることができる。本研究で使用した中性タイプの電解水は、生体への影響がほとんどなく、前報^{12, 13}で明らかにしたように義歯洗浄と同時に洗口に用いることで口臭抑制効果を示すことから、洗口に用いることができない既存の義歯洗浄剤よりも機能性が高い。また、中性電解水は酸性タイプよりも保存安定性が高い³⁴ことも利点である。現在、手指洗浄用として各種電解水生成器が販売されているが、歯科用器材の消毒¹⁷、根管洗浄³⁰および印象の消毒^{19, 20}等にも有効であり、煩雑な歯科臨床において口腔内から器材・製作物に至るまで多用途に使用できることは操作性やランニングコ

ストの面でも有利である。

本臨床試験は被験者の受診時間内に行っており、対象義歯の返却までの時間の短縮および実験結果の被験者への報告のために、前述のように ATP 量測定による迅速分析法を実施し、各義歯に付着する汚染物質の特定を行わなかった。対象義歯はいずれも肉眼的に観察できる歯石様沈着物、食物残渣ならびにデンチャーブラーク等はみられず、汚染物質としては口腔液および口腔内細菌が大部分であると考えられる。また、義歯の汚染度および処理による洗浄・除染効果の程度は、使用者および介護者による日常の義歯ケア状況が主たる関連因子であるが、義歯自体の形状や構成材料の材質等も義歯への汚染物質の付着・停留・除去に大きく関与すると思われる。

今後、対象義歯に付着する汚染物質の同定およびその比率の分析により汚染状況を詳細にし、次いで中性電解水を用いた種々の義歯に対する処理による各汚染物質の減少率から洗浄・除染効果を検証していくことで、各義歯の特徴（形状・構成材料の材質等）および汚染状況に応じた最適な義歯洗浄法をさらに具体化する予定である。中性電解水が、超高齢社会である本邦においてさらに有効活用されるために、電解水生成器から通常得られる中性電解水を用いた簡便な調製法によるジェルについて、口腔ケア用ジェルとしての有用性を現在検討中である。義歯および洗口とともに中性電解水ジェルによる口腔清掃・マッサージの併用により、安全性が高く、簡便かつ低ランニングコストのトータル口腔ケア法を確立する所存である。

5. 結論

中性電解水中での 3 分間の超音波洗浄は、義歯の自己管理ができる健常者の義歯に対して、高い洗浄・除染効果を示すことが示唆された。

6. 利益相反

本研究に関して申告すべき利益相反はない。

7. 謝辞

本研究の一部は、平成 27 年度九地連公募研究事業助成金により行った。

本臨床試験の実施に際し、本研究の趣旨を理解し快く協力して頂いた、調査対象者の皆様に心から感謝し、御礼申し上げます。

8. 参考文献

- 1) 総務省統計局：人口推計の概要，長期時系列。
<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/new.html>. (2019 年 3 月 10 日アクセス)
- 2) 総務省統計局：人口推計—2019 年(平成 31 年) 2
<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/201902.pdf>
(2019 年 3 月 10 日アクセス)
- 3) 厚生労働省：医療費の動向調査. https://www.mhlw.go.jp/bunya/iryuhoken/database/zenpan/iryuu_doukou.html (2019 年 3 月 10 日アクセス)
- 4) 8020 運動推進財団：ホームページ. <https://www.8020zaidan.or.jp/about/index.html> (2019 年 3 月 10 日アクセス)
- 5) 三浦宏子、大澤絵里、野村真利香 ほか：オーラル・フレイルと今後の高齢者歯科保健施策、*保健医療科学*, 65(4): 394-400, 2016.
- 6) 中島 丘、浅野倉栄、三宅一徳 ほか：日本老年歯科医学会地域支部と地域歯科医師会主催による「高齢者歯科医療を実践するための研修会」.*老年歯学*, 28(1): 43-48, 2013.
- 7) 内藤正和、武藤亜有、近藤健司 ほか：若年層を対象とした栄養と運動に関する生活習慣改善プログラムの評価. *愛知学院大学心身科学部紀要*, 6: 81-91, 2010.
- 8) 横浜市立大学附属病院：周術期口腔ケア推進の取り組み～口の環境を整えて手術を受けていただくために～. <https://www.yokohama-cu.ac.jp/fukuhp/shuujutsukikoukuu.html> (2019 年 3 月 10 日アクセス)
- 9) Müller F: Oral Hygiene Reduces the mortality from aspiration pneumonia in frail elders. *J. Dent. Res.*, 94(3): 14s-16s, 2015.
- 10) Nagamatsu Y, Tajima K, Kakigawa H et al.: Application of electrolyzed acid water to sterilization effects of denture base Part 1 examination of sterilization effects on resin plate. *Dent. Mater. J.*, 20(2): 148-155, 2001.
- 11) 永松有紀、谷口守昭、陳 克恭 ほか：電解中性水によるレジン床の殺菌効果. *九州歯会誌*, 60(1): 24-31, 2006.
- 12) 谷口守昭、永松有紀、山中雅文 ほか：電解中性水中での義歯の洗浄効果. *九州歯会誌*, 62(1,2): 29-38, 2008.
- 13) 永松有紀、永松 浩、村上繁樹 ほか：中性電解水を用いた義歯および口腔内洗浄による要介護高齢者の口腔内環境の改善. *機能水研究*, 13(1): 1-9,

- 2017.
- 14) 岸井次郎、岩堀正俊、山内六男 ほか: 電解水の義歯床用レジンへの影響. *補綴誌*, 44(1): 71-79, 2000.
 - 15) 岸井次郎、山内六男、岩堀正俊 ほか: 電解水のレジン人工歯への影響. *補綴誌*, 44(1): 80-85, 2000.
 - 16) 堺 誠、下村卓也、岸井次郎 ほか: 電解水の粘膜調整材への影響. *岐歯学誌*, 29(3): 258-266, 2003.
 - 17) 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(6): 784-799, 1997.
 - 18) Dong H, Nagamatsu Y, Chen K-K et al.: Corrosion behavior of dental alloys in various types of electrolyzed water. *Dent. Mater. J.*, 22(4): 482-493, 2003.
 - 19) Nagamatsu Y: Sterilization of impression with electrolyzed acid water. *J. Kyushu. Dent. Soc.*, 50: 515-531, 1996.
 - 20) Nagamatsu Y, Chen K-K, Nagamatsu H et al.: Application of neutral electrolyzed water to disinfection of alginate impression. *Dent. Mater. J.*, 35(2): 270-277, 2016.
 - 21) 永松有紀、清水博史: 超高齢社会の歯科診療および介護環境における中性電解水の活用. *歯界展望*, 133(5)、医歯薬出版株式会社、東京、2019.
 - 22) 永松有紀、陳 克恭、田島清司 ほか: 各種電解水のエナメル質表面への影響. *歯材器*, 24(5): 346, 2005.
 - 23) 玉本光弘: デンチャープラークのカンジダに関する研究 第1報 デンチャープラークのカンジダ叢と義歯性口内炎との関係. *広歯誌*, 16: 242-249, 1984.
 - 24) 厚生労働省: 平成28年歯科疾患実態調査結果について. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/62-28.html> (2019年3月13日アクセス)
 - 25) 北 訓明、永松有紀、陳 克恭 ほか: 電解中性水の根管洗浄への応用. *九州歯会誌*, 63(1): 44-56, 2009.
 - 26) 堀田国元、小宮山寛機、中山武久 ほか: 次亜塩素酸塩: 認可状況, 生成原理, 種類, 物性, 有効性, 安全性, 有効使用上の留意点. *機能水研究*, 8(1): 1-8, 2012.
 - 27) Stanley, PE.: A concise beginner's guide to rapid microbiology using adenosine triphosphate (ATP) and luminescence. ATP luminescence; rapid methods in microbiology, *Rapid Methods in Microbiology*, pp.1-10, Blackwell Scientific Publication, Oxford, 1989.
 - 28) Hattori N, Sakakibara T, Kajiyama N et al.: Enhanced microbial biomass assay using mutant luciferase resistant to benzalkonium chloride, *Analytical Biochemistry*. 319: 287-295, 2003.
 - 29) 佐藤法仁、渡辺朱里、苔口 進 ほか: ATP測定法を用いた歯科医師着用の歯科用ゴーグルと眼鏡の清浄度調査. *環境感染誌*, 25(2): 79-84, 2010.
 - 30) 大迫しのぶ、伏見 了、中田精三 ほか: ATP+AMP量を指標とした上部消化管内視鏡チャンネル内の汚染と洗浄消毒の評価. *環境感染誌*, 31(5): 286-291, 2016.
 - 31) 社団法人 日本食品衛生協会: 第2章 細菌. *食品衛生検査指針*, pp.71-74、日本食品衛生協会、東京、2004.
 - 32) 川本苗子、市川哲雄、蟹谷英生 ほか: 電解水の義歯洗浄効果 —細菌学的検討—. *補綴誌*, 40: 574-579, 1996.
 - 33) 二川浩樹、田地 豪: 義歯洗浄剤 何を使ったらよいのでしょうか?. *日補綴会誌*, 10(1): 40-45, 2018.
 - 34) Nagamatsu Y, Chen K.K, Tajima K et al: Durability of bactericidal activity in electrolyzed neutral water by storage. *Dent. Mater. J.*, 21(2): 93-104, 2002.

Effects of Neutral Electrolyzed Water on Cleaning or Decontamination of Removable Denture self-cared by Healthy Denture Wearers

Yuki NAGAMATSU¹, Keiko NAKAMURA², Kousuke Muraoka³, Hiroshi IKEDA¹,
Hiroshi NAGAMATSU⁴ and Hiroshi SHIMIZU¹

¹Division of Biomaterials, Department of Oral Functions, Kyushu Dental University, 2-6-1 Manazuru, Kokurakita, Kitakyushu, 803-8580, ²Center for Oral Diseases, Fukuoka Dental College, 3-2-1 Hakataekimae, Hakata, Fukuoka, 812-0011, ³Division of Clinical Education Development and Research, Department of Oral Functions, Kyushu Dental University, 2-6-1 Manazuru, Kokurakita, Kitakyushu, 803-8580, ⁴Division of Comprehensive Dentistry, Department of Oral Functions, Kyushu Dental University, 2-6-1 Manazuru, Kokurakita, Kitakyushu, 803-8580

Abstract

Effects of neutral electrolyzed water (NW) treatment on cleaning or decontamination of removable denture surface of patients at a dental university hospital were examined with reference to the decrease of the amounts of adenosine triphosphate (ATP) in this study. All subjects were healthy volunteers without systemic disease and could self-care for own removable denture without other's help. In the first examination for 8 removable dentures from 5 subjects, 1-min ultrasonic cleaning treatment in NW could remove more than 99.9% of the amount of ATP on 3 removable dentures. The same effect was obtained for other 5 removable dentures by prolonged treatment (2 or 3 min). Subsequently, all 24 removable dentures from 17 subjects were treated for 3 min in NW. Three-min ultrasonic cleaning in NW resulted in 96.7 (± 8.4) % removal of the amount of ATP in all removable dentures showing no or little amount of ATP (the decrease rate of ATP: > 99.9%) in 17 removable dentures out of 24.

Based on these results, it was conclusive that 3-min ultrasonic cleaning in NW showed high decontamination effect for removable dentures of healthy wearers who can self-care. Therefore, NW may play a useful role for removing contaminants of removable denture.