

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 9 日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26463144

研究課題名(和文) 粒子加速度を利用した集束型超音波口腔治療器の研究開発

研究課題名(英文) Research and development of focusing ultrasonic oral care device

研究代表者

滝口 尚 (TAKIGUCHI, TAKASHI)

昭和大学・歯学部・講師

研究者番号：60317576

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、集束型超音波洗浄を利用した口腔治療器の研究開発をおこなった。その結果、350kHz前後の周波数帯で、振動子の小型化に成功し、印加電力と音圧関係は印加電圧依存的に音圧が上昇した。バイオフィルムの除去効果は10Wで約17%の残存率で印加電力と残存バイオフィルムの間には、負の相関関係があった。また、EDXで観察すると、試験片表面に細菌塊や、表面に対する損傷は観察されず、元素分析においても、主成分であるTiが96%存在した。ミニブタの口腔組織による安全性試験を行った結果、照射ワット数10Wは好中球浸潤、単核細胞浸潤、水腫等の炎症の急性期の反応がみられなかった。

研究成果の概要(英文)：In this study we have developed a new cleaning system in which high-frequency ultrasonic is superposed on a water flow from the nozzle. As a result, we successfully downsized the transducer in the frequency band around 350 kHz, and the sound pressure increased with the applied voltage dependent. The effect of removal of biofilm was about 17% at 10 W. There was a negative correlation between applied power and residual biofilm. In addition, titanium surface was not damaged and the main component was Ti 96%, when observation with EDX. There was no acute response of inflammation such as edema in miniature swine oral tissues.

研究分野：医歯薬学

キーワード：集束型超音波 バイオフィルム 歯垢除去

1. 研究開始当初の背景

歯周炎は、歯表面にプラークが慢性的に付着し引き起こされる炎症性組織破壊が原因である。天然歯はコラーゲンとハイドロキシアパタイトの複合体であり細菌の生体付着性が強く、菌体除去は困難となる。

非外科時には、超音波スケーラー、グリシンパウダーAir Abrasion,などが用いられているが、付着した歯石やバイオフィームを完全には除去できず、また、バイオフィームが除去されたとしても、殺菌効果までは期待できない。さらに歯周外科時には Er:YAG レーザーが用いられ、歯石除去効果以外に殺菌作用を有することが近年報告されている。しかし、その効果が期待される範囲は、レーザーのコンタクトチップの届く範囲であることも指摘されている。一方で、研究段階ではあるが、ラジカルの殺菌効果を利用して局所的な歯周病原性細菌の殺菌する方法が国内外で報告されている。OHラジカルやHラジカルには、強い酸化力を有することから細胞壁へダメージを与えることで殺菌効果があることが知られている。水分子は超音波キャビテーションにより高温・高圧のもとで熱分解するとH₂O OHラジカル、Hラジカルに分解されるため、薬剤を使用せず、超音波の機械的作用と同時に化学的作用が期待できる。海外の医科領域では、皮膚科領域で難治性潰瘍に非接触下で超音波ミストを用いて効果を上げている。

超音波による殺菌の利点は、「低温度で殺菌ができる」「薬剤を用いない」「殺菌時間が短い」などがあげられる。しかし水分子に超音波エネルギーを作用させるには水槽が必要となり、生活排水処理など大きな施設では試験運用されているが、歯科臨床の現場で口腔内に適量な水槽を維持することは容易ではない。そこで集束型流水超音波洗浄に着目し、チタン表面上のヒト口腔内バイオフィームを非接触下で除去が可能で、インプラントフ

イクスチャー内の細菌も除染が可能なることを証明した。

2. 研究の目的

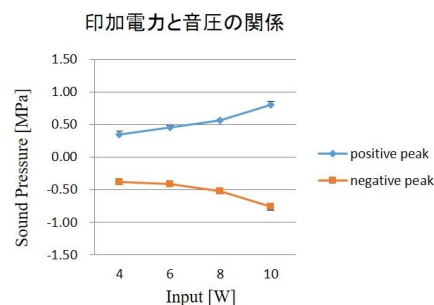
歯周治療の予知性を高める目的で、従来のプラークコントロールおよびスケーリング・ルートプレーニングに対して粒子加速度を有する集束型超音波洗浄技術を応用して歯根表面またはチタン表面に付着するバイオフィームの除去および殺菌効果を検討し、また本技術の創傷治癒に与える影響も併せて評価する。

3. 研究の方法

- (1). 集束型超音波照射条件における超音波強度とバイオフィーム除去効果を計測
- (2). 集束型超音波エネルギーによる殺菌効果
- (3). 生体安全性試験および創傷治癒促進効果の確認

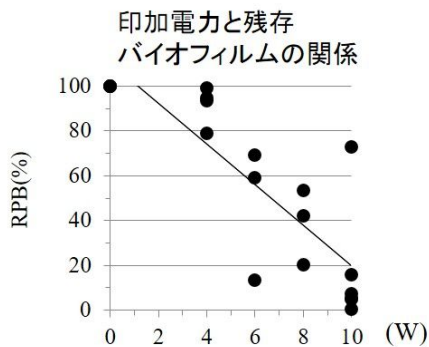
4. 研究成果

振動子の小型化と周波数の特定を行った結果、350kHz 前後の周波数帯で、振動子の小型化に成功した。そこで、ビームパターンによって音場分布を確認すると振動子から 40mm 程度の所に高い音場が確認された。しかし、水量 300ml 時の印加電力と音圧関係についてハイドロホンを用いて測定すると、振動子から 50mm 以上離れた時に高い音圧が得られた。また、印加電圧と音圧の関係に関しては、印加電圧依存的に音圧が上昇し、最大電力 10W 時に 0.6Mpa を維持した。(図 1)



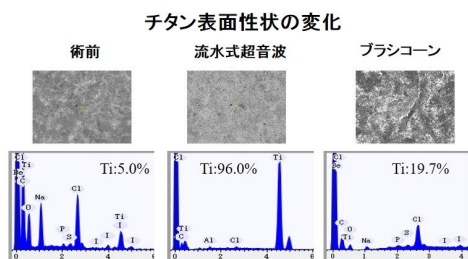
次に人工プラークを用いて、除去効果と最少音圧の閾値を計測した結果、印加電力 6W 時から、除去効果が観察され、散布図からの

回帰直線で約 0.43Mpa と算出された。しかし実際のヒト口腔内由来のバイオフィルムモデルを用いて、バイオフィルムの除去効果を検討した結果では、6W では約 60%の残存率に対して、10W、60sec で約 17%の残存率であった。このことから、印加電力と残存バイオフィルムの間には、負の相関関係があること



を証明した。(図2)

また、この時の試験片を SEM および EDX で観察すると、試験片表面に細菌塊や、表面に対する損傷は観察されず、元素分析においても、主成分である Ti が 96%存在することを確認した。(図3)

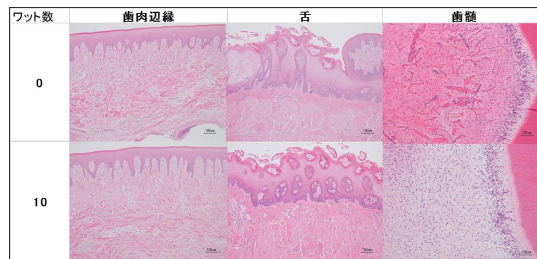


The chemical content on titanium specimens were analyzed with EDX. After cleaning for 60 sec, Ti content was recovered to 96.0% by UWF cleaning. However, it was recovered to 19.7% by brush cone cleaning. Ti content on pretreatment surface were 5.0%. (Magnification: ×300)

一方で、一部の試験片を用いて、殺菌効果を検討したが、10W、60sec の照射条件において、殺菌効果は確認できなかった。

次にミニプタの歯肉組織、歯髄組織および舌組織を対象による安全性試験を行った。各組織に対して、流水式超音波歯垢除去器を作用させる前後の歯肉の状態を観察した結果、流水式超音波処置直後、処置後 4 時間後、処置後 24 時間後の歯肉に発赤の増悪は観察されず、出血も観察されなかった。また、組織学的に評価すると、歯肉、舌、歯髄組織とも、

4 時間、24 時間においても照射ワット数 10W は好中球浸潤、単核細胞浸潤、水腫等の炎症の急性期の反応が見られなかった。(図4)



以上のことから、粒子加速度を利用した集束型超音波洗浄技術は、ヒト口腔内バイオフィルムを除去することが加工で、生体組織に対しても影響の少ない技術と考える。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 4 件)

Takiguchi T (他 2 名) Effect of titanium surface decontamination using non-contact, high-frequency ultrasonic water flow
8th The Conference of European Federation of Periodontology 2015 年 6 月 3 - 6 日 (ロンドン 英国)

滝口 尚 (他 2 名) 振動加速度を利用した非接触型流水式超音波洗浄法のバイオフィルム除去効果について 第 26 回日本老年歯科医学会総会・学術大会 2015 年 6 月 13 日 (横浜)

滝口 尚 (他 4 名) 佐藤正典 山田純輝 小田中響 山本松男 集束型流水式超音波洗浄によるヒト口腔内バイオフィルムの除去効果 第 15 回日本超音波治療研究会 2016 年 11 月 12 日 (東京)

滝口 尚 (他 3 名) バイオフィルム除去に対する流水式超音波歯垢除去器の有効性の検討 日本口腔インプラント学会第 36 回関東甲信越支部学術大会 2017 年 2 月 11, 12 日 (東京)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

滝口 尚 (TAKASHI TAKIGUCHI)
昭和大学・歯学部・講師
研究者番号：60317576

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

須田玲子 (REIKO SUDA)
佐藤正典 (MASANORI SATO)
山田純輝 (JUNKI YAMADA)
菊池真理子 (MARIKO KIKUCHI)