

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K15810

研究課題名(和文)パルスジェットメスと超音波硬度計測器を用いたインプラント周囲炎治療システムの開発

研究課題名(英文)Development a new system for per-implantitis using pulsed water jet and ultrasound hardness tester.

研究代表者

飯久保 正弘 (Ikubo, Masahiro)

東北大学・歯学研究科・講師

研究者番号：80302157

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：インプラント体を傷つけることなくインプラント体表層に付着したプラークや石灰化物を適切に除去することは困難である。これまで我々は、極微量水流により組織の硬さに応じた選択的除去効果を有する治療機器としてパルスジェットの技術開発を進めている。我々は、パルスジェットの出力と石灰化物の除去効果、および噴射後のインプラント体の表面性状(傷の有無)を明らかとすることを目的に実験を行った。パルスジェットの電圧を上げることで、より効率的に人工歯石の除去が可能であった。また、パルスジェット噴射ではインプラント体および純チタンプレートの表面に傷は認められなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回我々は、これまで軟組織にしか対応できなかったパルスジェットに改良を加え、高電圧を用いることで硬組織にも対応可能な高出力パルスジェットの開発に成功した。このパルスジェットは、これまで有効な治療法がなかったインプラント周囲炎に対し、インプラント体を傷つけることなく、インプラント体周囲の付着物を選択的に除去できる新たな治療器具として期待できる。さらに、う蝕除去、歯周治療、悪性腫瘍摘出など様々な歯科医療分野に応用展開することが可能であり、革新的な歯科技術と思われる。

研究成果の概要(英文)：It is difficult to completely remove plaque and calculus substance formation attached the dental implant without damage the surface of its implants. We are proceeding to develop a novel device, an actuator-driven pulsed water jet (ADPJ). ADPJ is an emerging technology with remarkably reduced water consumption and has the ability to selectively remove tissues based on their material stiffness. The aim of this study was to assess the removal effect of the artificial dental calculus and the surface scratches of the dental implants after using ADPJ in proper output. The effectiveness of dental calculus removal by the ADPJ at a constant jet pressure was dependent on the voltage output. Moreover, no damage was observed on the surface of the titanium disc or dental implants following the use of ADPJ.

研究分野：口腔診断学

キーワード：パルスジェットメス 超音波硬度計測器 インプラント周囲炎

1. 研究開始当初の背景

インプラント治療が確立され、一般的な欠損補綴治療として普及した現在、インプラントをいかに長期的に安定した状態で維持できるかは、重要な課題である。予後不良の原因として最も頻度が高いインプラント周囲炎（約 28～56%）の適切な治療は、インプラント寿命に大きくかわる。しかし、インプラント体は天然歯とは異なり、凹凸のある複雑な形態をしているため、インプラント体への付着物やインプラント体と歯槽骨の間の不良肉芽をインプラント体に傷をつけることなく完全に除去することは困難であり、インプラント周囲炎に対する適切な治療法はいまだに確立されていない。

これまで我々は、ピエゾ駆動により先端 0.15 mm のノズルから極微量（約 $1\mu\text{l}$ ）の強力な水流を発生させる治療機器としてパルスジェット（actuator-driven pulsed water jet、以下 ADPJ）の技術開発を進めている（図 1、2）。ADPJ は、出力を変えることにより任意の硬さの組織を選択的に粉砕することができ、脳神経外科領域ではメスとして脳腫瘍の手術へ応用している。さらに我々は、口腔内でリアルタイムに組織の硬度を測定できる超音波硬度測定器を試作中である。この超音波硬度測定器とパルスジェットメスの技術を集結したインプラント周囲炎治療用デバイスを開発することで、インプラント周囲の健全な粘膜組織やオッセオインテグレーションは温存し、インプラント体周囲の付着物や不良肉芽のみを選択的に除去できる新たなインプラント周囲炎の予防かつ治療法につながると思われる。

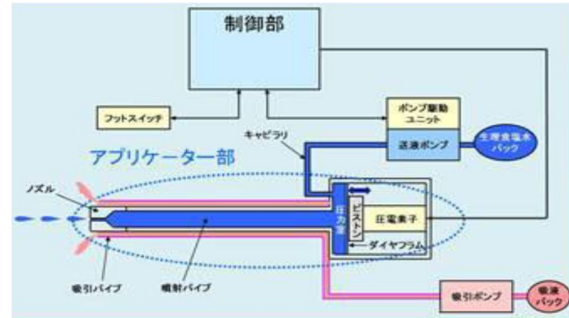


図 1：ADPJ の内部構造の模式図

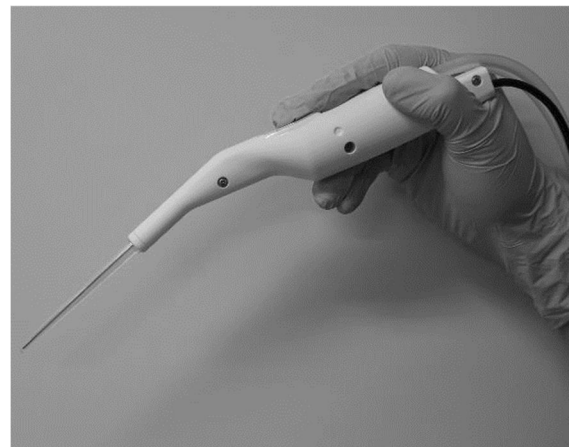


図 2：ADPJ の外観

2. 研究の目的

硬組織に対応するための高出力 ADPJ を開発し、ADPJ の出力と石灰化物の除去効果、および ADPJ 噴射後のインプラント体の表面性状（傷の有無）を明らかとすることを目的に実験を行った。

3. 研究の方法

ADPJ の先端から 0.5mm の位置に圧力センサー（quartz High-Pressure Sensor, Model 0601A; Kistler Instrumente AG）を設置し、ADPJ の出力を 80V、120V、160V、200V、240V に設定した時の、ジェット圧を測定した。インプラント体（株式会社 G C、Screw Implant Re Genesis Fixture、 $\varnothing 3.8\text{mm}$ 、10mm）の表面に人工歯石（ニッシン社製、歯石セット）を付着させ、24 時間自然乾燥を行った後に実験に用いた（図 4；照射前）。ADPJ の出力を 80V、120V、160V、200V、240V に設定し 1 分間噴射を行った。人工歯石付着前、人工歯石付着 24 時間後、ADPJ 噴射 24 時間後にそれぞれインプラント体の重量計測を行い、 $(\text{付着後} - \text{噴射後}) \times 100 / (\text{付着後} - \text{付着前})$ の計算式のもと、人工歯石の除去率を算出した。さらにインプラント体および純チタンプレートに対して、手用スケーラーの擦過（1N および 2N）と ADPJ の噴射（150V および 240V）を 1 分間行い、表面性状を評価した。

4. 研究成果

図3に示すように、ADPJの電圧を上げるに従いジェット圧も上昇していた。

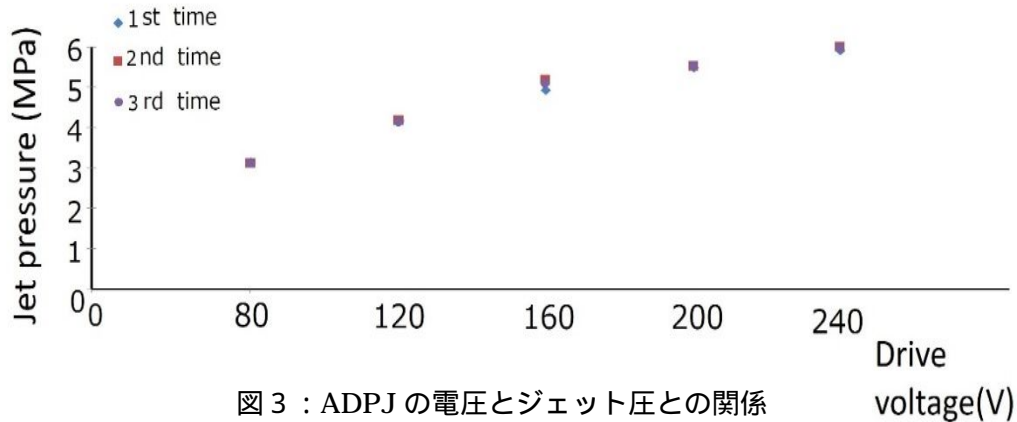


図3：ADPJの電圧とジェット圧との関係

図4にADPJ照射前と、ADPJを80V、120V、160V、200V、240Vに設定し噴射を行った後のインプラント体を示す。人工歯石の除去率は、80Vで0%、120Vで9.1%、160Vで15.8%、200Vで19.0%、240Vで52.6%であり、ADPJの出力を上げるに従い、インプラント体に付着した人工歯石の除去率が上昇していた。

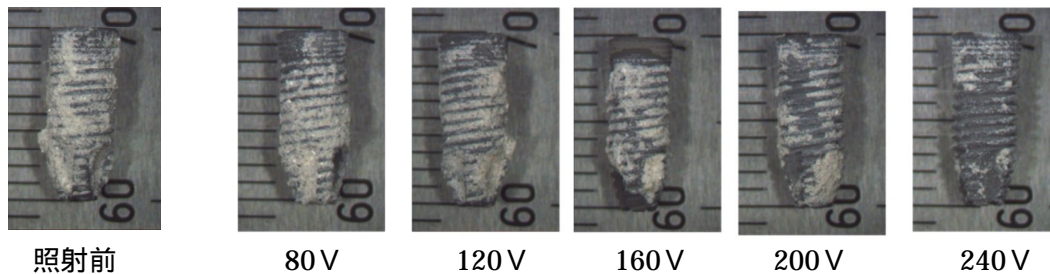


図4：ADPJ照射前後のインプラント体のマクロ写真

図5に純チタンプレートおよびインプラント体の手用スケーラーによる擦過後の表面写真を、図6にADPJ照射後の純チタンプレートおよびインプラント体の表面写真を示す。手用スケーラーでは純チタンプレートおよびインプラント体に傷がみられたのに対し、ADPJ噴射ではいずれの出力においても傷は認められなかった。

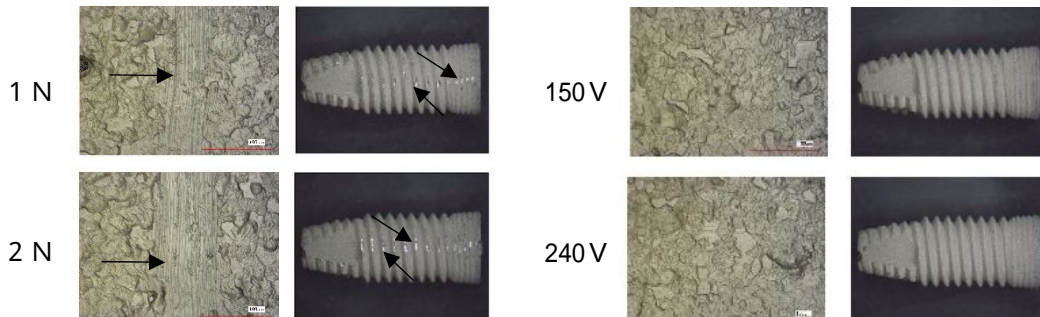


図5：手用スケーラー擦過後の純チタンプレートおよびインプラント体(;傷)

図6：ADPJ照射後の純チタンプレートおよびインプラント体

以上の結果より、ADPJはインプラント体を傷つけることなく、付着している石灰化物を除去する方法として有用であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kamiyama Yoshihiro, Yamashita Shinichi, Nakagawa Atsuhiko, Fujii Shinji, Mitsuzuka Koji, Kaiho Yasuhiro, Ito Akihiro, Abe Takaaki, Tominaga Teiji, Arai Yoichi	4. 巻 243
2. 論文標題 The Piezo Actuator-Driven Pulsed Water Jet System for Minimizing Renal Damage after Off-Clamp Laparoscopic Partial Nephrectomy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Tohoku Journal of Experimental Medicine	6. 最初と最後の頁 57 ~ 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1620/tjem.243.57	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Suzuki Tomoyuki, Kawamoto Shunsuke, Nakagawa Atsuhiko, Endo Toshiki, Tominaga Teiji, Akiyama Masatoshi, Adachi Osamu, Kumagai Kiichiro, Saiki Yoshikatsu	4. 巻 21
2. 論文標題 Application of actuator-driven pulsed water jet for coronary artery bypass grafting: assessment in a swine model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Artificial Organs	6. 最初と最後の頁 247 ~ 253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10047-017-1008-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakayashiki Atsushi, Nakagawa Atsuhiko, Sato Motohiko, Mochizuki Fusako, Endo Toshiki, Tominaga Teiji, Kawaguchi Tomohiro	4. 巻 79
2. 論文標題 Water Veil Effect to Control Splashing from the Pulsed Water Jet Device: Minimizing the Potential Risk of Dissemination Using Surgical Aspirators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 309 ~ 315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1608836	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kamiyama Yoshihiro, Yamashita Shinichi, Nakagawa Atsuhiko, Fujii Shinji, Goto Takuro, Mitsuzuka Koji, Ito Akihiro, Abe Takaaki, Tominaga Teiji, Arai Yoichi	4. 巻 123
2. 論文標題 Effects of a Novel Piezo Actuator-driven Pulsed Water Jet System on Residual Kidney After Partial Nephrectomy in a Rat Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Urology	6. 最初と最後の頁 265 ~ 272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.urology.2018.10.014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakayashiki Atsushi, Kawaguchi Tomohiro, Nakagawa Atsuhiko, Mochizuki Fusako, Furukawa Hiroaki, Nagai Arata, Suematsu Takuya, Tominaga Teiji	4. 巻 80
2. 論文標題 Reducing Surgeon's Physical Stress in Minimally Invasive Neurosurgery	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery	6. 最初と最後の頁 333 ~ 340
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0038-1676622	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kawai Tadashi, Matsui Keiko, Ezo Yushi, Kajii Fumihiko, Suzuki Osamu, Takahashi Tetsu, Kamakura Shinji	4. 巻 11
2. 論文標題 Efficacy of Octacalcium Phosphate Collagen Composite for Titanium Dental Implants in Dogs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 229 ~ 229
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma11020229	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Kenko, Sailer Irena, Iwama Ryosuke, Yamauchi Kensuke, Nogami Shinnosuke, Yoda Nobuhiro, Takahashi Tetsu	4. 巻 48
2. 論文標題 Relationship between cortical bone thickness and implant stability at the time of surgery and secondary stability after osseointegration measured using resonance frequency analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Periodontal & Implant Science	6. 最初と最後の頁 360 ~ 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5051/jpis.2018.48.6.360	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sato Naoko, Koyama Shigeto, Mito Takehiko, Izumita Kuniyuki, Ishiko Risa, Yamauchi Kensuke, Miyashita Hitoshi, Ogawa Takenori, Kosaka Moe, Takahashi Tetsu, Sasaki Keiichi	4. 巻 61
2. 論文標題 Changes in oral health-related quality of life after oral rehabilitation with dental implants in patients following mandibular tumor resection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Oral Science	6. 最初と最後の頁 406 ~ 411
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2334/josnurd.18-0234	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長沼由泰*, 猪狩和子, 羽鳥弘毅, 萩原嘉廣, 飯久保正弘, 高橋正敏, 高橋 温, 佐々木啓一	4. 巻 38
2. 論文標題 う蝕の診断への超音波顕微鏡の応用に関する基礎的研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本障害者歯科学会雑誌	6. 最初と最後の頁 465-470
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 高橋宏彰, 重光竜二, 飯久保正弘, 佐藤愛美加, 水戸武彦, 佐々木啓一
2. 発表標題 インプラント埋入後の顎骨リモデリングに関する形態学的考察
3. 学会等名 日本デジタル歯科学会第9回学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野口侑太, 中川敦寛, 楠哲也, 中西史, 横沢友樹, 山下慎一, 佐藤由加, 遠藤俊毅, 遠藤英徳, 新妻邦泰, 飯久保正弘, 冨永悌二
2. 発表標題 パルスウォータージェットメスの開発: 切開深達度均一化に関する検討
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯久保 正弘, 依田 信裕, 松館 芳樹, 片岡 良浩, 天雲 太一, 山内 健介, 高橋 哲, 小山 重人
2. 発表標題 パルスジェットを用いたインプラント周囲炎治療システムの開発 ~インプラントに付着させた人工歯石の除去効果の検討~
3. 学会等名 日本口腔インプラント学会第38回東北・北海道支部学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤由加、飯久保正弘、西岡貴志、中川敦寛
2. 発表標題 パルスジェットを用いた新たな歯周炎治療法の開発 ～人工歯石の除去効果に関する検討～
3. 学会等名 日本歯科保存学会2018年度秋季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 楠哲也、中川敦寛、野口侑太、中西史、横沢友樹、山下慎一、佐藤由加、遠藤俊毅、遠藤英徳、新妻邦泰、飯久保正弘、富永悌二
2. 発表標題 ビエゾ方式パルスウォータージェットメス：軟性内視鏡下での使用を想定したパルスジェット特性の検討
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤由加、飯久保正弘、西岡貴志、依田信裕、楠 哲也、中川敦寛、富永悌二
2. 発表標題 パルスジェットを用いた歯の付着物除去装置の開発 ～噴射による人工歯石除去と歯の表面性状に関する検討～
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤由加、飯久保 正弘、西岡 貴志、依田 信裕、中川敦寛
2. 発表標題 パルスジェットを用いたインプラント周囲炎治療システムの開発～人工歯石の除去効果とインプラント表面性状に与える影響～
3. 学会等名 第151回日本保存学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	富永 悌二 (Tominaga Teiji) (00217548)	東北大学・大学病院・教授 (11301)	
研究分担者	笹野 高嗣 (Sasano Takashi) (10125560)	東北大学・歯学研究科・名誉教授 (11301)	
研究分担者	小山 重人 (Koyama Shigeto) (10225089)	東北大学・大学病院・准教授 (11301)	
研究分担者	中川 敦寛 (Nakagawa Atsuhiko) (10447162)	東北大学・大学病院・特任教授 (11301)	
研究分担者	羽鳥 弘毅 (Hatori Kouki) (40372320)	松本歯科大学・歯学部・教授 (33602)	
研究分担者	高橋 哲 (Takahashi Tetsu) (60226850)	東北大学・歯学研究科・教授 (11301)	