



Title	光触媒を応用した酸化チタン内蔵歯ブラシの介助磨きへの有用性に関する研究
Author(s)	新居田, 真衣
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/101568
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (新居田 真衣)

論文題名 光触媒を応用した酸化チタン内蔵歯ブラシの介助磨きへの有用性に関する研究

論文内容の要旨

【研究目的】

要介護高齢者や小児，障害者における口腔清掃では主として介助磨きが行われる．過去の報告では，十分な清掃の難しいことが報告されており，効率的なプラーク除去を可能とする口腔清掃用具の開発が求められている．そこで本研究では，太陽電池を付加した酸化チタン内蔵歯ブラシに着目した．酸化チタンには光触媒効果があり，これを内蔵した歯ブラシの使用により，効率的なプラーク除去効果や抗菌効果が報告されている．しかし，介助磨きを対象としたランダム化比較試験（Randomized Controlled Trial:RCT）はこれまで行われておらず，臨床現場における効果は未解明であった．また近年では，ルチル型に加え光触媒効果の高いアナターゼ型の結晶構造を含む酸化チタンが歯ブラシへ応用可能となった．よって本研究の目的は，ルチル型＋アナターゼ型酸化チタンを内蔵した歯ブラシが介助磨きに有用であるかを検証することである．臨床研究では，酸化チタン歯ブラシを用いた介助磨きによる口腔細菌定量検査，多項目唾液検査およびプラーク指数に及ぼす影響を評価し，基礎研究では，酸化チタン電極が人工的に作製した*Streptococcus mutans* バイオフィルムに及ぼす影響を検討することとした．

【材料および方法】

1. 臨床研究：プラセボ対照ランダム化二重盲検比較クロスオーバー試験を用いた介助磨きによる酸化チタン歯ブラシが及ぼす影響の評価

本研究は大阪大学大学院歯学研究科倫理審査委員会の承認を得て（R5-E3），jRCT（jRCT1050230142）に登録の上，実施した．

1.1 対象者

特別養護老人ホームの利用者（70名）を対象とした．残根を除く残存歯が1本以上あり，介助磨きおよび試験期間中の検査が可能で，家族から書面によるインフォームドコンセントが得られた40名に対し，介助磨きを実施した．

1.2 クロスオーバー試験

ブラッシング期間1（2週間），ウォッシュアウト期間（2週間），ブラッシング期間2（2週間）の合計6週間で構成した．対象者をA群とB群に分け，ブラッシング期間1ではA群にルチル型＋アナターゼ型酸化チタン内蔵歯ブラシ（酸化チタン歯ブラシ）を用いて，B群に対照としてステンレス内蔵歯ブラシ（ステンレス歯ブラシ）を用いて介助磨きを実施した．次のウォッシュアウト期間における介助磨きは施設職員により1日1回行われ，対象者が普段使用する歯ブラシが用いられた．ブラッシング期間2では，B群に酸化チタン歯ブラシを用いて，A群にステンレス歯ブラシを用いて介助磨きを行なった．

1.3 介助磨きの方法

使用歯ブラシについて，ルチル型＋アナターゼ型酸化チタンを内蔵し，長さ50 mm，幅10 mm，厚さ1 mm の太陽電池を2枚並列接続（電圧4.8 V）で配置した市販の酸化チタン歯ブラシと，対照として，同一の外観であるが内部回路を意図的に切断し，電子の移動が生じないステンレス歯ブラシを使用した．ブラッシング期間1および2では，毎日午前中に1回，同一の歯科医師1名が，スクラビング法で介助磨きを行なった．介助磨き場所の照明には，すべて白色LEDが使用されていた．介助磨き中は，対象者の指と歯ブラシの柄を配線（研究用炭素配合コード，株式会社シケン，大阪）した．これにより，酸化チタン歯ブラシを使用して介助磨きを行った際には，対象者の体内で電気回路が形成された．回路形成により対象者内に流れる電流値は，約40 μA であった．

1.4 介助磨き効果の評価

ブラッシング期間1および2の介助磨き開始前日と終了日に，口腔内細菌カウンタ（NP-BCM01-A，パナソニック株式会社，東京）を用いた口腔細菌定量検査，多項目・短時間唾液検査システム（Salivary Multi Test（SMT），ライオン歯科材株式会社，東京）を用いた唾液中のう蝕病原菌量（CFU/ml），酸性度（pH），緩衝能（pH），白血球量

(U/l), タンパク質量 (mg/dl), アンモニア量 ($\mu\text{g/dl}$) 測定およびRustogi Modified Navy Plaque Index (RMNPI) を用いたプラーク指数評価を行なった。

1.5 統計学的分析

統計学的分析はEZR (based on R Project for Statistical Computing, RRID:SCR_001905) を用い、混合効果モデルで検定した。対象者の口腔細菌定量検査、多項目唾液検査およびプラーク指数における酸化チタン歯ブラシとステンレス歯ブラシの比較については、固定効果を歯ブラシ (酸化チタン歯ブラシまたはステンレス歯ブラシ)、変量効果を対象者とした。また対象者のプラーク指数の比較においては、固定効果を歯ブラシ、変量効果を対象者とした。統計学的有意水準を0.05とした。

2. 基礎研究：酸化チタン電極が*Streptococcus mutans* のバイオフィームに及ぼす影響の評価

2.1 使用菌株とバイオフィーム形成方法

Streptococcus mutans (*S. mutans*) MT8148株を使用した。バイオフィームは、6ウェルプレートの各ウェルに設置したカバーガラス上に、Brain Heart Infusion (BHI) 液体培地で対数期まで培養した*S. mutans* 菌液と、0.25% (w/v) スクロース添加BHI液体培地を混和したものを分注し、37°Cで5時間培養して形成させた。

2.2 電極の設置およびバイオフィーム量の測定方法

(-) 極にステンレスまたはルチル型+アナターゼ型酸化チタン電極を、(+) 極に白金電極を用い、バイオフィームを形成させたカバーガラスが浸漬されているウェル内に設置した。光源は8 Wの昼光色器具一体型LED蛍光灯 (白色LED) (RE-BLIS04-60F, リュウド株式会社, 新潟) を使用した。太陽電池は、長さ50 mm, 幅10 mm, 厚さ1 mmのものを2枚並列に設置し、電気回路内に接続した場合を「通電あり」、接続しなかった場合を「通電なし」とした。通電ありでは、電流値が35~45 μA となるよう、光源の位置を調整した。光源下での反応は5分間または10分間とした。また、歯ブラシによる機械的刺激を再現するため、光源下での反応後、6ウェルプレートを振動攪拌機 (MS1 Minishaker, IKA, Germany) 上に固定し、600 rpmで10秒間機械的刺激を与えた実験も行った。反応後のバイオフィーム量は、クリスタルバイオレット染色液 (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) で染色し、99.5% (v/v) エタノール (Merck KGaA) で脱色した溶液の吸光度 A_{600} を測定することで求めた。

2.3 統計学的分析

統計学的分析はEZRを用いて行なった。バイオフィーム量における電極間の比較には、ANOVAを適用し有意性が確認された場合、事後検定としてTukey HSD検定にて多重比較を行った。統計学的有意水準を0.05とした。

【結果】

臨床研究において、口腔細菌定量検査および多項目唾液検査では、酸化チタン歯ブラシ使用群 (T群) とステンレス歯ブラシ使用群 (S群) の間で統計学的な有意差を認めなかった。一方プラーク指数は、T群のほうがS群と比較して有意に低くなっており、部位別では、下顎や舌側、歯頸部においてプラーク残存部位が少なくなっていた。

基礎研究において、白色LED下で5分間反応させた場合、通電なしでは、酸化チタン電極を使用し機械的刺激を与えた群 (T_v群) は、ステンレス電極を使用し機械的刺激を与えた群 (S_v群) と比較して、バイオフィーム量が有意に少なかった。通電ありおよび通電なしのT_v群は、通電し酸化チタン電極を使用して光源下で反応のみさせた群 (T群) と比較してバイオフィーム量が有意に少なかった。また、白色LED下で10分間反応させた場合、いずれの条件下での比較においてもバイオフィーム量に統計学的な有意差は認められなかった。

【考察】

本研究では、ルチル型+アナターゼ型酸化チタンを内蔵した歯ブラシが介助磨きに有用であるかを臨床的なRCTおよび基礎研究から検証した。その結果、プラーク指数 (RMNPI) を用いた評価において、酸化チタン歯ブラシ使用群ではプラークの残存する部位が有意に少なくなり、ステンレス歯ブラシと比較してプラーク除去効果が高いことが示された。さらに、そのメカニズムの一因として酸化チタンの光触媒反応が関与し、バイオフィームの接着を脆弱化させる可能性が示唆された。これらの知見から、酸化チタン歯ブラシは、要介護高齢者など介助磨きを必要とする人々の口腔健康管理に新たな選択肢を提供できる可能性がある。

【結論】

臨床研究において、ルチル型+アナターゼ型酸化チタン歯ブラシを使用した介助磨きにより、プラークが残存する部位の減少を示した。口腔細菌定量検査および多項目唾液検査では改善を認めなかった。基礎研究において、短時間ではルチル型+アナターゼ型酸化チタン電極がバイオフィームの接着を脆弱化させる傾向を認めた。これらの結果から、酸化チタンの光触媒効果と機械的刺激の交互作用によるバイオフィーム除去の可能性が示唆された。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (新 居 田 真 衣)			
論文審査担当者	(職)		氏 名
	主 査	准教授	秋山 茂久
	副 査	教授	池邊 一典
	副 査	教授	田熊 一敏
	副 査	講師	高橋 雄介
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>本研究は、太陽電池を付加した酸化チタン内蔵歯ブラシでの介助磨きの有用性について検討したものである。臨床研究では介助磨きにおけるプラークの除去効果等について評価を行い、基礎研究では酸化チタン電極が <i>Streptococcus mutans</i> バイオフィルムへ及ぼす影響について検討した。</p> <p>その結果、酸化チタン歯ブラシは介助磨きにおいて有意なプラーク除去効果を示し、酸化チタンは <i>Streptococcus mutans</i> バイオフィルムの接着を脆弱化させる傾向を示した。</p> <p>本研究の結果は、より効果的な介助磨きを確立する上で臨床的意義は大きい。よって、博士(歯学)の学位論文として価値のあるものと認める。</p>			