

Vol. 98 No. 1 June 2024

日大歯学

Nihon University Dental Journal

日本大学歯学会

NIHON UNIVERSITY SOCIETY OF DENTISTRY

日大歯学
Nihon Univ.
Dent. J.

ISSN 0385-0102

日 大 歯 学

第 98 卷 1 号 令和 6 年 6 月

目 次

特別依頼原稿

第75回日本大学歯学会特別講演寄稿

物理学の歯科医学への応用

“歯科用医療機器開発への挑戦”

山 岡 大 1

原 著

マウス舌神経損傷による舌神経障害性疼痛の性差に対する中枢神経系免疫細胞の役割

坂 梨 公 亮 10

イオン徐放性フィラー含有ゲルが象牙質の再石灰化に及ぼす影響に関する超音波測定による検討

鈴 木 美 穂ほか 18

歯科用コーンビームCTを用いた矯正歯科治療前後の舌位に関する研究

和 氣 清 尊 25

アライナー型矯正装置に使用するアタッチメント装着時の分離材による影響

嘉 悦 峻 34

がん専門病院と医学部附属病院における周術期等口腔機能管理の現状とその比較

内 山 貴 夫 41

日本大学歯学会会則

日本大学歯学会表彰規定

「日大歯学」投稿の手引き - 投稿申込用紙, 確認書, チェックリスト, 承諾書 -

Nihon University Dental Journal

Vol.98, No.1

June 2024

CONTENTS

Special Contribution Paper

The 75th Nihon University Society of Dentistry Special Lecture

Application of Physics to Dentistry

“Challenge to Development of Dental Devices”

Masaru Yamaoka 1

Original Article

Immune cells in central nervous system contributes to the sex difference in tongue neuropathic pain caused by lingual nerve injury in mice

Kosuke Sakanashi 10

Influence of ion-releasing filler-containing gel application on dentin remineralization by using ultrasonic velocity measurement

Miho Suzuki and others 18

Evaluation of tongue position before and after orthodontic treatment using dental cone-beam computed tomography

Kiyotaka Wake 25

Effect of separating material on attachments used for aligner-type orthodontic appliances

Ryo Kaetsu 34

Comparison of contents of perioperative oral management between the cancer special hospital and the university of faculty of medicine hospital

Takao Uchiyama 41

Nihon University Dental Society Constitution

Nihon University Society of Dental Award Regulations

" Nihon University Dental Journal " Submission Guide

-Submission Application Form, Confirmation, Checklist, Consent Form-

第75回日本大学歯学会特別講演寄稿

物理学の歯科医学への応用
“歯科用医療機器開発への挑戦”

山岡 大

日本大学歯学部基礎自然科学分野

要旨：現代の物理学は、歯科医学と密接に関連し、その基礎知識が歯科用医療機器に応用されている。著者はこれまで現代物理学の力学、電磁気学、量子力学分野の基礎知識に基づいて、歯科用医療機器の開発や診断法に関する基礎研究を行ってきた。

この基礎研究では、1984年には電氣的根管長測定法に相対値法を提唱し、この原理に基づく根管長測定器を開発して臨床に導入した。その後、電気化学的知見を根管長測定器に使用されるリーマー電極の分析に応用することで、口腔内のインプラント材や上部構造である異なる金属が接触することで生じるガルバニー疼痛の原因となるガルバニー電流値の測定法を確立した。また、力学分野では、歯の動揺度を客観的に判断するための非接触型電磁式動揺度診断装置を開発した。さらに、量子力学分野では、歯科用CTから得られるDICOMデータを用いた3Dプリンターによる下顎骨モデルの成形や、本分野で発展した有限要素法を用いた下顎骨の応力解析など、口腔外科手術における術前計画の支援システムの開発を進めている。

キーワード：歯科用医療機器, 異種金属, 歯の動揺度, 口腔外科手術支援システム, 3Dプリンター

Application of Physics to Dentistry
“Challenge to Development of Dental Devices”

Masaru Yamaoka

Department of Physics, Nihon University School of Dentistry

Abstract: The present-day physics mainly comprises the following five fields: mechanics, thermodynamics, wave mechanics, electromagnetism and quantum mechanics. Each of these fields is closely related to dentistry and the basic knowledge in all these fields have been applied to dental devices. In our research, we have especially applied the knowledge of mechanics, electromagnetics and quantum mechanics to the development of dental devices and diagnostic methods.

In the field of electromagnetism, we proposed the relative value method as a method to electrically measure the root canal length in 1984, and then the device based on the principle of our method was put into practical use. Subsequently, extending the electrochemical findings of the reamer electrodes studied during the development of our device, we invented the method to quantitatively analyze elicitation of galvanic pain caused by contact between different metals, i.e. implant materials and superstructures in the oral cavity. In the field of mechanics, we developed the method to objectively measure tooth mobility. Finally, in the field of quantum mechanics, we are developing a preoperative planning support system in oral surgery, for example, a system to make mandibular models using a three-dimensional printer on the bases of digital imaging and communications in medicine (DICOM) data from dental computed tomography (CT) imaging, a stress analysis system of the mandible using the finite element method, etc.

In this paper, our work on the development of dental devices and our basic research on diagnostic methods are introduced.

Keywords: dental devices, dissimilar metal, tooth mobility, preoperative planning support system, three-dimensional printer

(受付：令和6年3月4日)

責任著者連絡先：山岡 大

日本大学歯学部基礎自然科学分野

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台1-8-13

TEL : 03-3219-8153

FAX : 03-3219-8330

E-mail : yamaoka.masaru@nihon-u.ac.jp

はじめに

現代の物理学は、主に力学、熱学、波動、電磁気学、そして量子力学の5本柱の学問分野で成り立っている。これら分野は歯科医学と深い関わりを持ち、その基礎知識は歯科医療の現場で導入されている歯科用医療機器に広く応用されていることは周知のとおりである。著者は、この物理学の5本柱の中で力学、電磁気学、量子力学の3つの分野の基礎知識に基づいて、歯科用医療機器の開発および診断法の基礎研究を行ってきた。1984年には電磁気学分野において、電氣的根管長測定法に相対値法を提唱し、その原理による根管長測定器を開発して歯科医療に導入した。その後、根管長測定器の開発時に研究対象となったリーマーの電気化学的な知見を発展させて、口腔内のインプラント材と上部構造物との異種金属が接触することで生じるガルバニー疼痛の惹起および腐食・変色の加速などを定電位法による分極曲線を測定することで定量的に分析できることを明らかにした。また、力学分野においては、これまでの術者の視覚による主観的で個人差が生じやすい歯の動揺度の評価を客観的に判定する歯の動揺度測定法の開発を行った。この開発では、対象歯に強磁場の磁石を固着し、その磁石に交番磁界を印加して強制的に振動させ、その振動の状態をレーザー変位計によって非接触で測定する方法を考案した。そして、強制振動させる振動数を変化させた周波数応答特性から共振周波数、弾性定数および粘性抵抗を導出し、その値から対象歯を支える周囲の性状を判別できることを明らかにした。そして、量子力学分野では、当該分野で発展を成し遂げた歯科用CTを利用し、下顎骨等のDICOMデータからの3Dプリンターによる実体模型の成形や、その下顎骨に対する有限要素法での応力解析など、口腔外科学の術前計画をサポートする支援システムの開発を行っている。

本稿では、現在まで挑戦してきた歯科用医療機器の開発および診断法の基礎研究について紹介する。

1. 電氣的根管長測定器 (EMR) APIT の開発

根管治療での根管長を測定する方法は、術者の手指の感覚による方法、X線写真を利用する方法が主であった。このうち「術者の手指の感覚による方法」は、手指の感覚で根尖狭窄部を触知することで根尖狭窄部を検知した後にリーマーあるいはファイル長を計測する方法である。また、「X線写真を利用する方法」は、既知の長さの測定針を根管内に挿入した状態でX線写真を撮影し、画像の伸縮を比例計算で補正して歯の長さを求める方法である。これらの方法には、手指の感覚においては熟練を要し、客観的な診断ではないことや、X線においては対象歯によっては複数回の撮影が必要となり、その結果、X線の被曝する線量が多くなるという問題があった。この問題を解決するために考案されたのが電氣的根管長測定法である。この方法

の考案者は、世界的には1918年にイオン導入を応用した電氣的根管長測定法を報告したCuster¹⁾であるが、本邦では「根管内に挿入したリーマーの先端が、歯根膜に到達したとき、リーマーと歯根膜との間の電気抵抗は、患者の年齢、歯種、根管の太さにかかわらず、ほぼ一定の値をとる」という論文²⁾で紹介された東京医科歯科大学の砂田が著明である。現在ではこの電気抵抗は交流電流の流れ難さの程度を表すインピーダンスとして表現されている³⁾。この理由としては、砂田が最初に発表した根管長測定器は直流電流を用いていたため、その直流電流によってリーマー電極の界面に電気化学的分極が生じ、それが大きな誤差要因であることが判明したため、これを回避するために直流電流から交流電流による測定としたことによる。したがって、これ以降の根管長測定器はリーマーが進んだ時のその位置でのインピーダンスの変化に対応した交流電流によって歯根膜に到達した位置を知るもので、この交流電流が単一周波数を利用していることから絶対値法による根管長測定器といえる。この絶対値法による根管長測定器では、電気化学的分極による測定誤差は解消されたが、依然として根管内に血液や薬剤が存在することで著しい測定誤差が生じることが問題となっていた。その問題を回避するために、リーマーにエンドテープを巻いて薬剤等と接触しないようにするなどの工夫⁴⁾がされたが根本的な解決には至らなかった。その後、山岡はこの根管内に血液や薬剤が存在することで生じる測定誤差が電解液とリーマーとの界面の接触で生じる界面インピーダンスの存在に起因すると考えた。このリーマー電極の界面インピーダンスの存在を確かめるため、電気化学的手法のコールコールプロット⁵⁾によってリーマー電極の界面に電気二重層容量が存在することを突き止めた。この存在がまさしく界面インピーダンスの正体であり、この界面インピーダンスが絶対値法の根管長測定器の誤差の原因であることを明らかにした。そして、リーマー電極と対極（排唾管等）間のインピーダンス（以下、管内インピーダンス）は「界面インピーダンス」と「根管の形状に由来するインピーダンス」から構成されていることも実験から確認し、それら2つのインピーダンスは電流の流れ方から和で構成される直列接続の合成インピーダンスで、管内インピーダンスは界面インピーダンスに大きく依存していることを実験的に立証した。そこで、この界面インピーダンスを除去することで検出精度の高いEMRが実現可能であると考え、1984年に相対値法による電氣的根管長測定法を提唱した⁶⁾。その後、この管内インピーダンスの分析では、界面インピーダンスと根管の形状に由来するインピーダンスで構成される管内インピーダンスが交流電流の周波数によって変化する周波数依存性を示し、界面インピーダンスが1 kHzと5 kHzの周波数ではほぼ同じ値で、根管の形状に由来するインピーダンスでは1 kHzと5 kHzで顕著な違いがあることを実験

$$Z_R = Z_I + Z_S$$

Z_R : 根管内インピーダンス
 Z_I : 界面インピーダンス
 Z_S : 根管の形状に由来するインピーダンス

根管内インピーダンスは界面インピーダンスに大きく依存

周波数(1 kHz, 5 kHz)に依存する根管内インピーダンス

$$Z_{R(1k)} = Z_{I(1k)} + Z_{S(1k)} \quad Z_{R(5k)} = Z_{I(5k)} + Z_{S(5k)}$$

$Z_{I(1k)} \div Z_{I(5k)} \quad Z_{S(1k)} > Z_{S(5k)}$ 実験で確認された条件

相対的变化量(差分)

$$Z_{R(1k)} - Z_{R(5k)} = (Z_{I(1k)} + Z_{S(1k)}) - (Z_{I(5k)} + Z_{S(5k)})$$

差分で界面インピーダンスが除去

$$= Z_{S(1k)} - Z_{S(5k)}$$

根管の形状に由来するインピーダンスの周波数に依存した相対的变化量

図1 相対的变化量(差分)による界面インピーダンスの除去



図2 相対値法による根管長測定器 APIT

で確認した。そして、その実験結果から界面インピーダンスの除去は図1に示す相対的变化量として差分を取ることで実現できることを明らかにした。この結果に基づいて開発されたのが、図2に示す相対値法による根管長測定器 APIT である。APIT は、根尖孔の大きさの影響、リーマー(ファイル)径の影響、根管内溶液の濃度による影響および測定電流による影響の検証実験から、高性能で臨床でも高い評価を得られるようになった⁷⁻⁹⁾。

2. 異種金属接触による腐蝕の解明

異種金属接触による腐蝕の解明は、APIT の測定電流値の安全性の根拠をガルバニー疼痛の原因となるガルバニー電流値について検討したことに端を発する。すなわち、口腔内で生じるガルバニー電流で発症する様々な症状の最小の電流値よりも APIT の測定電流値を小さい値とすれば測定電流による為害性はないと考え、ガルバニー電流による疼痛等の検討を開始した。

口腔内で起こる異種金属の接触については歯科領域でも古くから検討され¹⁰⁾、ガルバニー電流を測定したものとし

表1 供試電極

METAL	CODE	MANUFACTURER	BATCH No.
Au alloy	PGA	ISHIFUKU	96118
Au-Ag-Pd alloy	PLT	SANKIN	PT 1-12
Conventional amalgam alloy	HA	GC	JC 23
High-copper amalgam alloy	SD	SHOFU	98284
Co-Cr alloy	SM	SANKIN	100010
Ni-Cr alloy	SU	SANKIN	F 90049
Ni-Ti alloy	NiTi	NITTOKOGYO	-
Titanium	Ti	FUCHIKAWA RARE METAL	-

CODE	COMPOSITION (wt%)*											AREA (cm ²)	
	Au	Pt	Pd	Hg	Ag	Cu	Sn	Ni	Co	Cr	Ti		other
PGA	70	3	2		5	20							0.07
PLT	12		20		50	15						3	0.28
HA				43	40	2	15						0.13
SD				46	33	7	12					2	0.13
SM							6	57	23			14	0.20
SU								86		10		4	0.20
NiTi								55			45		0.20
Ti											99	1	0.20

*Cited from the manufacturer's instructions.

表2 接触電流 (i_{cont}) と腐蝕電位差 (ΔE)

Electrode	Ti	NiTi	SU	SM	SD	HA	PLT
PGA	0.92 24	2.0 211	8.0 200	2.4 179	2.4 178	26.0 195	1.9 21
PLT	0.42 3	2.2 232	6.6 221	2.4 200	2.5 199	42.0 216	-
HA	7.6 219	0.18 16	0.58 5	0.35 16	1.3 17	-	-
SD	1.9 202	0.25 33	0.76 22	0.043 1	-	-	-
SM	2.2 203	0.23 32	0.40 21	-	-	-	-
SU	3.4 224	0.17 11	-	-	-	-	-
NiTi	1.7 235	-	-	-	-	-	-

upper: i_{cont} ($\mu A/cm^2$)
 lower: ΔE (mV)

ては1970年代に Bergman ら¹¹⁾が口腔内に愁訴を持つものと持たないものとの原因を判別するためにガルバニー電流を測定した報告がある。また、Lain¹²⁾は、テスターを用いて歯科用金属間のガルバニー電流を直接測定し、4~10 μA で舌の潰瘍や白板症が生じるとの報告をしている。その後、藤原ら¹³⁾は難治性の舌炎や不定愁訴で、 $4.6 \pm 1.4 \mu A$ のガルバニー電流が生じており、症状の原因としてガルバニー電流の関与があるとしている。これらのことから、ガルバニー電流に起因する口腔内の様々な症状は3 μA 程度を最小値とすることが考えられた。また、ガルバニー電流は直流電流であるが、APIT の測定電流は1 kHz と5 kHz の交流電流で、生体では交流電流の周波数が大きくなると最小感知電流が増大する¹⁴⁾との知見を考慮すれば、APIT の測定電流を2 μA 以下とすることで測定電流による疼痛はないと結論づけた。そして、この電流値を APIT の測定電流値として採用することにした。

過去のガルバニー電流を検討した報告では、ガルバニー

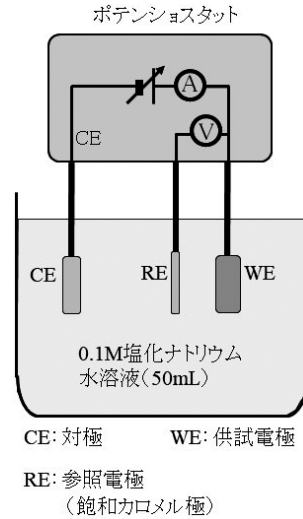


図3 定電位分極曲線測定法(ポテンシostat)による各種金属の分極曲線の測定

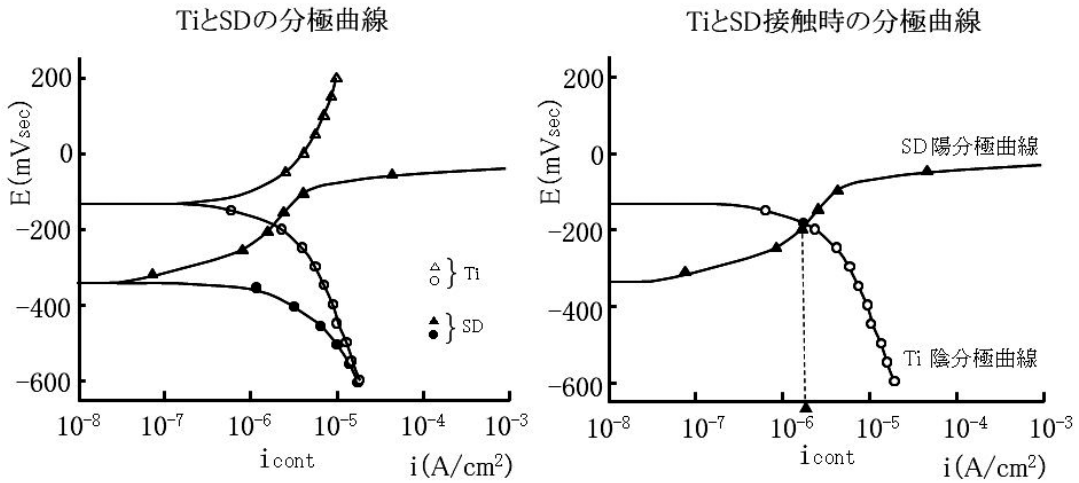


図4 異種金属接触時の腐蝕電流値

電流の測定に関して定型的な方法がないことが伺われた。そこで我々は、ガルバニー電流についてより精査するためにはより確実性のあるガルバニー電流の測定法を確立する必要があると考えた。本来、ガルバニー電流は異種金属の接触で生じる腐蝕電流である^{13, 15, 16)}。この接触時の状態は電気化学的に当該金属の分極曲線の交点で示されると考えられているが¹⁷⁻¹⁸⁾、当時、分極曲線を測定することによって異種金属接触の疼痛の惹起、金属の腐蝕、変色の加速などの問題を検討した研究は著者の研究を除きほとんどなかった。そこで、表1に示す歯冠修復材やインプラント材および上部構造物として用いられていた金合金やニッケルチタン合金(以下、NiTi)および純チタン(以下、Ti)などの8種類の金属について電気化学的手法の定電位分極曲線測定法(ポテンシostat)によって分極曲線を測定し、それら各種金属の組合せで接触時の腐蝕電位と腐蝕電流(ガルバニー電流)を測定する測定法の確立を企図し

た。

図3に供試した金属のうち高銅型アマルガム(図4中、SD)とTiとの接触で生じる腐蝕電流の測定法を示す。測定では、はじめに高銅型アマルガム合金とTiの分極曲線を測定した後、開路電位が貴なTiの陰分極曲線と高銅型アマルガム合金の陽分極曲線を重ね合わせる。この重ね合わせたときの陰分極曲線と陽分極曲線の交点が高銅型アマルガム合金とTiが接触したとき時の腐蝕電流と腐蝕電位差となる。また、当該金属の分極曲線の測定結果から分極曲線では同一電位における電流密度が電極面積に依存しないため、接触する金属間の面積比が異なる場合でも腐蝕電流と腐蝕電位差を求められることが明らかになった¹⁹⁾。そして、この腐蝕電流値を用いれば溶出した金属イオンの定量および腐蝕の進行の特定が可能となることを確認した。表2に8種類全ての分極曲線から得た腐蝕電流および腐蝕電位差の結果を示す。金銀パラジウム合金と従来型アマル

ガム合金の組合せでは、 $42.0 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ と最も大きな腐蝕電流であることがわかる。これに対してインプラント材として多用される Ti および NiTi と他の金属との組合せでは、従来型アマルガムと Ti との組合せを除き $3.4 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ 以下の電流値であった。また、当時、口腔内等の金属アレルギーの原因として問題視されていた NiTi については、上部構造物として用いられることが多い金合金や金銀パラジウム合金の組合せでは腐蝕電流値が約 $2 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ であった。この電流値は NiTi の表面上で生成される不動態皮膜の保持電流と考えられるが、この電流値がすべて Ni イオンの溶出だと仮定すれば計算から一日あたりの溶出量は $0.015 \mu\text{g}$ となる。この溶出量は、食品からの Ni の摂取量が一日あたり $300\sim 500 \mu\text{g}$ であると推定されている²⁰⁾ことを考慮すると、金属アレルギーの原因とはならず、インプラント材としての腐蝕の観点からも影響を与えない値であることがわかる。

このように APIT の開発過程の電気化学的知見から得られた異種金属接触による腐蝕の解明では、口腔内で使用する異種金属の接触に伴うガルバニー疼痛および腐蝕は、接触する各金属の分極曲線の組合せの交点の電流値であることを明らかにした。

3. 歯の動揺度の診断装置の開発

歯の動揺度の診断は、一般的には歯をピンセットで挟んで揺らし、術者の目測での変位量を Miller の分類²¹⁾に対応させておこなわれている。しかし、この方法では客観性がなく、術者によって結果がばらつく問題があった。この問題を解消するために Schulte ら²²⁾は一定速度で歯面を金属ロッドで槌打して被験歯の周囲組織の反応を測定する動的診断装置のペリオテストを開発した。その後、電磁力式の非接触加振によって共鳴振動周波数を検出量とするオステルが開発されている²³⁾。現在、この槌打式の接触加振のペリオテストと電磁力式の非接触加振のオステルが臨床で多く利用されている。この2つの診断装置では、歯の変位や共鳴振動周波数のみの検出では歯を植立させている周囲組織の性状を精査できない問題がある。そこで我々は、この点に着目し、歯およびその周囲組織を粘弾性体モデルとして捉えることで周囲組織の性状を定量的に検討する方法の確立を試みることにした。

歯およびその周囲組織を粘弾性体として捉えた研究としては、八島²⁴⁾が開発したベクトル・ローカス法による歯の機械インピーダンス測定器で測定した報告が著明である。この報告では、歯と歯周組織の支持様式を集中単一定数系とみなして歯周組織の弾性定数と粘性抵抗の検討がなされている。また、三嶋²⁵⁾は八島の方法に従って歯周組織の病態との関係について検討を行っている。この両者の報告は、当時としては工学的見地からしても非常に画期的な研究と考える。しかし、臨床への導入という点で八島の測定器は物理的に大きく、口腔内で機械インピーダンスを測定

することが非常に困難であると共に被験歯が上下顎中切歯に限定され、さらに歯との接触定位が一定でないことから測定誤差が生じやすい難点があった。また、粘弾性機械モデルにおいて、マックスウェル体、フォークト体、ケルビン体²⁶⁾のどれと対応するかについて検討が行われていない。このため、我々はまず歯および周囲組織の振動モデルがマックスウェル体、フォークト体、ケルビン体のどれに対応するかについて検討を行った。歯の振動の測定を考える場合、歯を支える歯周組織の他に下顎骨の振動を考慮する必要がある。この下顎骨の振動については、顎を固定して測定することで、その影響を考慮する必要がないと考えた。また、歯を支持する周囲組織が主に歯根膜であるとして、そのシャーピー繊維の特徴から歯周組織に加わる振動全体の力がモデルの各要素に加わって変形する量が等しいとの考えから、フォークト体の粘弾性機械モデルに対応するとした。このフォークトモデルでは、強制振動における周波数応答特性から共振周波数、弾性定数および粘性抵抗の力学パラメータを求めることができる^{27,28)}ため、これら力学パラメータから周囲組織の性状の定量的診断を試みることにした。

図5に力学的パラメータを測定する非接触型電磁式動揺度診断装置の構成図を示す。加振部は模擬歯に強磁力のマグネットを固着し、電磁石による磁力によって非接触で強制的に加振を行い、さらに周波数を可変して加振できる装置とした。加振された模擬歯の変位はレーザー変位計で測定し、その出力をFFTアナライザに入力して周波数応答特性を得た後、周波数応答特性からPCによって力学的パラメータを求める構成となっている。動揺度診断装置の精度の検証は、粘弾性体である歯周組織の性状変化を再現する模型を用いて行った。また、模擬歯、模擬歯根膜および模擬歯槽骨を症状別にみたてた模型を作製して検証を行った。その結果を図6に示す。各模型の共振周波数、弾性定

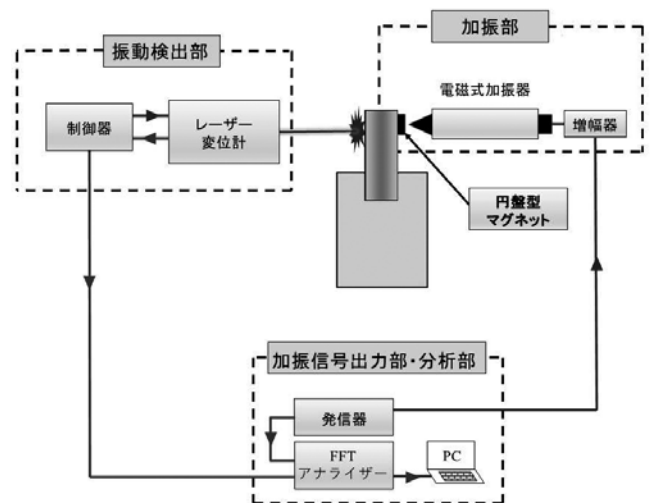


図5 非接触型電磁式動揺度診断装置の構成図

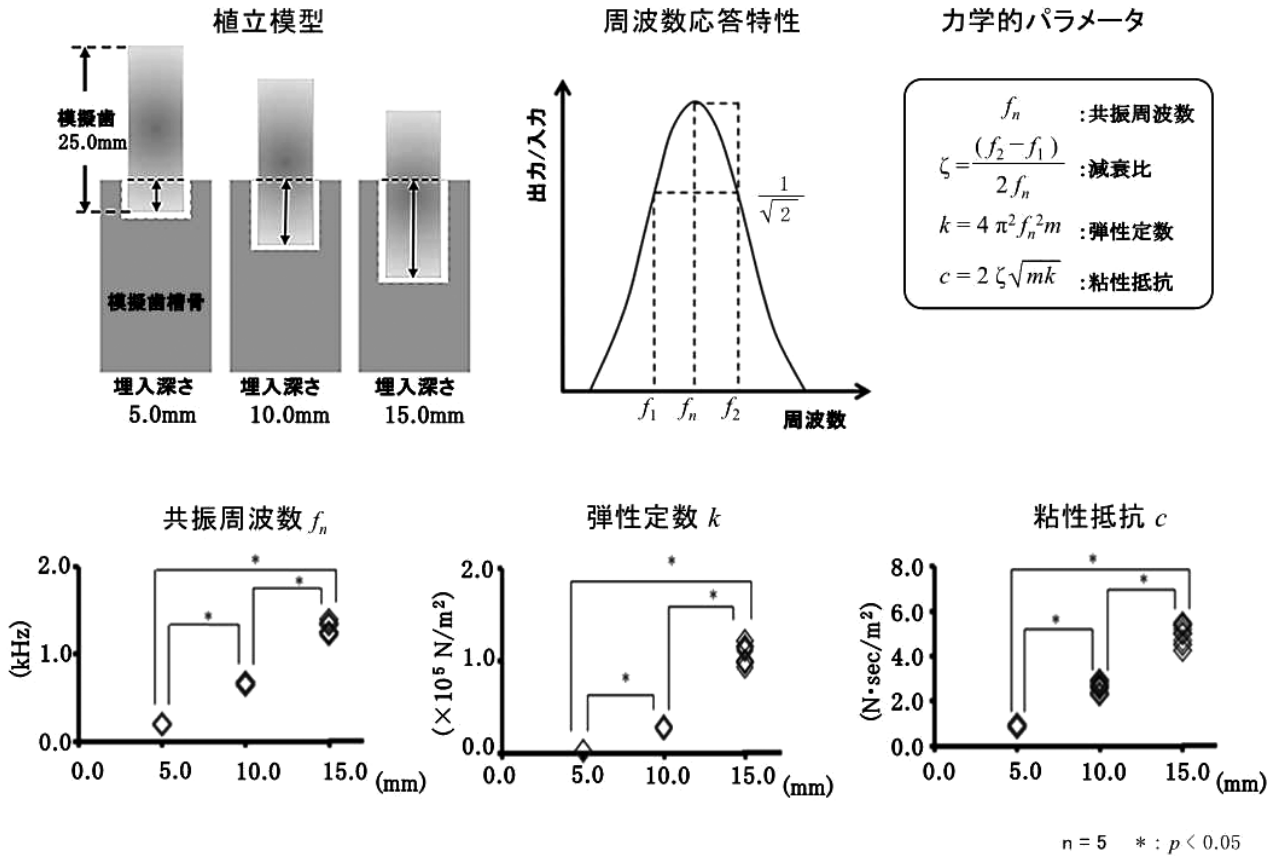


図6 植立模型による動揺度診断装置の精度の検証

数および粘性抵抗の力学的パラメータにおいて、いずれも統計学的に有意な差が得られ、共振周波数、弾性定数および粘性抵抗の力学的パラメータから模擬歯根膜の性状の変化を捉えられることが可能であった²⁹⁻³¹。また、模擬歯槽骨の材質をウレタンと発泡ウレタンに変えたところ、その骨様相をも検出できることも明らかとなった³²。この開発した動揺度診断装置は非接触の測定であるため、加振による疼痛はなく、変位の測定にレーザー変位計を採用しているため、狭小な口腔内での計測も可能で、パリオテストとオステルの問題を解決できる成果と考える。

4. 口腔外科手術支援システムの開発

現代の半導体を利用する電子機器の設計など微細、微小な領域に関するテクノロジーのほとんどは、量子力学をその技術の基盤的理解として成立している。この量子力学を基盤とする工学上の応用例として最も有名なものはコンピュータやレーザー等であり、特にコンピュータの発達は歯科医療でも多用されている Computed Tomography (以下、CT) を世の中に登場させたと言っても過言ではない。このCTの登場は画像診断に革命をもたらし、これを契機に診断の分野でも3次元画像の利用についての研究が多く成されてきた³³⁻³⁷。また、3D画像技術の研究過程では1981年に小玉³⁸)によって3Dプリンターの基本コンセプトが発

表され、それ以後3Dプリンターが登場することになる。このCT等の3D画像技術の進歩によって、医療現場でも画面上で立体表示ができるようになったが、形態や大きさを把握するには画面上で多方向からの観察と奥行きの距離等を繰り返し計測しなければならない煩雑さがあり、経験の浅い医師では実体化への認識に時間を要する困難さがあった。しかし、3Dプリンターの登場によって画面上の立体表示が実体化され、実際に触れることが可能になるなど臨床ではもちろんのこと医学教育への利用も広がっている³⁹⁻⁴⁴。3Dプリンターの歯科医療での利用における利点は、個々の症例の解剖や疾患の形態の特徴に即した模型を容易に作成でき、対象臓器の形態・大きさを立体的に視覚と触覚の情報として得られ、正確な治療計画や手術のシミュレーションを行うことができる点である。また、医師、歯科医師、コメディカルとの情報共有に役立ち、患者・家族へのインフォームド Consent 時の説明が容易で、若手医師のトレーニングや医科・歯科医学教育などに応用できることもあげられる。著者等は、特にこの対象臓器の形態・大きさを立体的に視覚と触覚で得られる情報によって、緻密な治療計画や正確な手術のシミュレーションを立案することに着目し、口腔外科手術支援システムの開発を企図することにした。

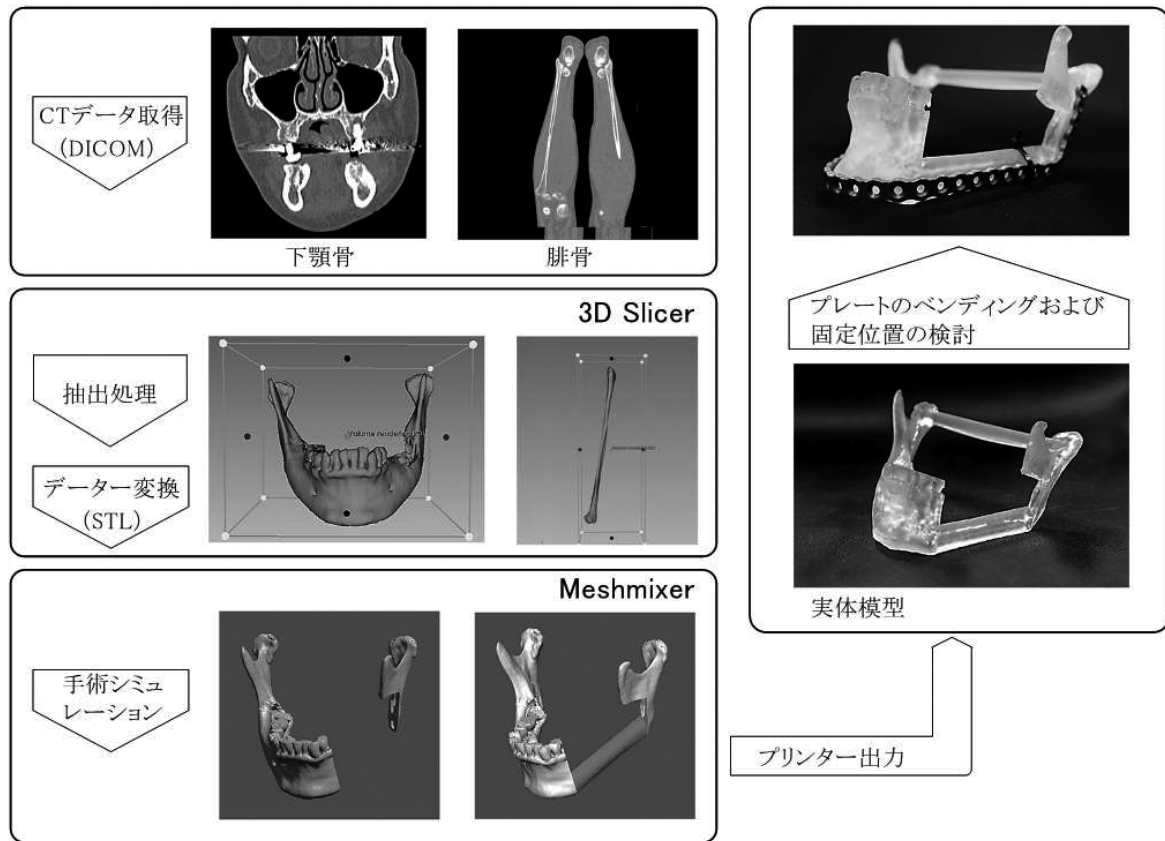


図7 3D 模型の作製過程

現在、3D 模型による術前のシミュレーションの検討から研究を開始している。3D 模型の作製過程を図7に示す。作製では、患者のCT データ、いわゆる DICOM データを入手し、この DICOM データを3D スライサー (The Slicer Community: Open Source) のアプリケーション上で必要とする部分の抽出を行う。ここでは左下顎骨の腫瘍部分の切除後に腓骨を移植する抽出結果を示す。抽出の手順は、対象部分の下顎骨と移植する腓骨のみの抽出を行った後、3D スライサー上で3D プリンターの出力用である STL データに変換する。つぎに、Autodesk Meshmixer (Autodesk 社製) で腫瘍部分の切除や移植後の形態などの手術シミュレーションを行い、3D プリンターで出力条件を設定した後にプリンターで出力して実体模型を作製する。

出力した実体模型による術前のシミュレーションでは、腓骨の切除位置および移植位置の検討や、移植した腓骨の固定用プレートのベンディングと固定位置の検討など、立体的に視覚と触覚で情報を得ることで術前計画を行っている。今後、抽出した当該骨に有限要素法を適用した下顎骨強度の術前検討や移植骨の切除後の骨強度の追加要件を加えていき、口腔外科手術支援システムとしての完成度を向上していきたいと考えている。

おわりに

著者は、物理学の基礎知識に基づいて歯科用医療機器の開発や診断法の研究活動を行い、その成果を歯科医療に導入してきた。この研究活動では、理工学分野の研究者と歯科医学分野の研究者の協働で推進することが必須である。しかし、歯科用医療機器を製品化するに至っては、知財、マーケティング、薬機法等の多くの知識が必要であり、とても両分野の研究者だけでは製品化を実現することは困難で、製品化に至らないことがほとんどである。研究成果を歯科用医療機器として製品化するには、企業、技術研究者等を含めた関連する多くの分野の研究者によるチームでの開発・研究が必要不可欠である。このチームによって、歯科医学分野の研究者が理工学分野の研究者、企業および技術研究者の間にある言葉・文化・思考・目標の違いを橋渡しできるようになれば今までの発想に囚われない新たな歯科用医療機器が登場し、歯科医療の発展につながると考える。

本総説に関して、開示すべき利益相反はない。

稿を終えるにあたり、これまでご指導・ご協力をいただいた日本大学歯学部名誉教授斎藤毅先生ならびに日本大学歯学部歯内療

法学講座医局員、口腔外科学第 II 講座医局員、研究へのご助言をいただいたすべての方々に深く感謝申し上げます。なお、本研究の口腔外科手術支援システムの開発は日本大学歯学部倫理委員会の承認（許可番号 EP22D008）を得て実施した。

参考文献

- 1) Custer LE (1918) Exact methods of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc.* 5, 815-819.
- 2) 砂田今男 (1958) 根管長の新しい測定法について. *口病誌* 25, 161-171.
- 3) 興地隆史 (2018) 根管長測定法と作業長の決定. *歯内治療学*. 5 版, 勝海一郎, 興地隆史, 石井信之, 中田和彦, 医歯薬出版, 東京, 122-123.
- 4) 長谷川清 (1984) エンドケーターとエンドテープ法. *DE* 69, 30-33.
- 5) 田頭 功, 松尾正之 (1972) 生体用金属電極の交流特性 - 生理食塩水中の金, 白金, 銀電極の電気二重層容量の検討 -. *医用電子と生体工学* 10, 222-230.
- 6) 山岡 大, 山本 寛, 田中正一, 鈴木 薫, 永井 敏, 齋藤毅 (1984) 根管長電子計測法の基礎的研究 - (3) 相対値法を用いた根管長測定器の試作 -. *日本歯科保存学会1984年度秋期学会* 19, (抄録).
- 7) 齋藤 毅, 山下 豊, 山岡 大 (1991) 湿潤下電氣的根管長測定器 オサダアピットの改良とその臨床応用. *ZOOM-UP* 74, 6-11.
- 8) 阿部清一郎, 福田裕文, 山岡 大, 小島弘光, 山口和男, 藤井孝文, 大内章嗣, 齋藤 毅 (1994) 湿潤状態で測定する市販の電氣的根管長測定器, 2 機種の評価 (第 1 報) とくに根管内環境変化に対する基礎的検討. *日歯保誌* 37, 1017-1022.
- 9) 小森規雄, 久保和彦, 紙本 篤, 唐澤竜祐, 竹島光栄, 鈴木亮, 日澤修二, 齋藤 毅 (1994) 湿潤根管で測定する市販の電氣的根管長測定器, 2 機種の評価 (第 2 報) 臨床評価とアンケート調査について. *日歯保誌* 37, 1023-1028.
- 10) Chase HS, (1878) Some Observtions and Experiments Connected with Oral Electricity. *Am J Dent* 12, 18-23.
- 11) Bergman M, Ginstrup O, Nilner K (1978) Potential and polarization measurements in vivo of oral galvanism. *Scand J Dent Res* 86, 135-145.
- 12) Lain ES, Caughron GS (1936) Electrogalvanic phenomena of the oral cavity caused by dissimilar metallic restorations. *J Am Dent Assoc* 23, 1641-1652.
- 13) 藤原裕美, 青木正則, 川口和幸, 工田昌也, 平川勝洋, 原田康夫 (1991) ガルバニー電流によると思われた舌炎症例. *耳鼻臨床* 84, 1267-1272.
- 14) 齋藤正男 (1980) 安全性と信頼性. *生体と ME*. 第 1 版, 坂本捷房, 齋藤正男, 東京電機大学出版, 東京, 287-289.
- 15) 大久保勝夫 (1986) 全面腐食と局部腐食. *材料* 35, 1438-1445.
- 16) 馬飼野信一 (1988) 金属の腐食はいかに進行するか. *実務表面技術* 35, 190-195.
- 17) 宮瀬 淳 (1964) 金属の腐食. *生産と技術* 16, 1-5.
- 18) 野元成晃, 柴 忠一, 宮木 了, 篠原和子, 勝又徳昭 (1980) 歯科用金属の電気化学的側面に関する文献ノート (Ⅲ) - 異種金属の接触および電流時間曲線 -. *日大歯紀要* 8, 53-65.
- 19) 山岡 大 (1994) 異種金属接触に関する電気化学的検討 - 各種金属の接触電位と接触電流 -. *日大歯学* 68, 390-401.
- 20) 錫村 満 (1983) ニッケル. *金属中毒学*. 1 版, 土屋健三郎, 医歯薬出版, 東京, 419-429.
- 21) 木村裕一 (2018) 診査・検査. *歯内治療学*. 5 版, 勝海一郎, 興地隆史, 石井信之, 中田和彦, 医歯薬出版, 東京, 32.
- 22) Schulte W, d'Hoedt B, Lukas D, Mühlbrandt L, Scholz F, Bretsch J, Frey D, Gudat H, König M, Markl M, Quante F, Schief A, Topkaya A (1983) Periotest - a new measurement process for periodontal function. *Zarnärztl Mitt* 73, 1229-1240.
- 23) Meredith N, Alleyne D, Cawley P (1996) Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implants Res* 7, 261-267.
- 24) 八島輝明 (1971) 歯の機械インピーダンスの測定 (歯の動揺に関係する歯周組織の粘性と弾性の定量法). *口病誌* 38, 556-573.
- 25) 三嶋順一 (1973) 歯周組織の粘性と弾性に関する臨床的研究 (歯周疾患の病態と歯周組織の粘性・弾性との関係について). *口病誌* 40, 367-388.
- 26) Herman IP (2007) *Physics of the Human Body: Biological and Medical Physics*, Biomedical Engineering, 1st ed, Springer, NY, 236-242.
- 27) 大門静史郎, 佐藤利和, 石川正臣 (1990) 制振性能測定技術の最近の動向. *舶機誌* 25, 585-592.
- 28) 高橋利衛 (1964) *振動工学演習 (I)*. 2 版, オーム社, 東京, 141-154.
- 29) Yamane M, Yamaoka M, Hayashi M, Furutoyo I, Komori N, Ogiso B (2008) Measuring tooth mobility with a no-contact vibration device. *J Periodont* Re 43, 84-89.
- 30) Hayashi M, Kobayashi C, Ogata H, Yamaoka M, Ogiso B (2010) A no-contact vibration device for measuring implant stability. *Clin. Oral Impl. Res* 21, 931-936.
- 31) Kobayashi C, Hayashi M, Yamaoka M, Hashimoto K, Kato T, Komori N, Ogiso B (2012) Assessing qualitative changes in simulated periodontal ligament and alveolar bone using a non-contact electromagnetic vibration device. *Clin Oral Investig* 16, 1161-1169.
- 32) Kobayashi H, Yamaoka M, Hayashi M, Ogiso B (2016) Use of a laser displacement sensor with a non-contact electromagnetic vibration device for assessment of simulated periodontal tissue conditions. *J Oral Sci* 58, 93-99.
- 33) 曾山 豊, 安田孝美, 横井茂樹, 鳥脇純一郎, 泉田良一, 藤岡睦久 (1989) 3 次元画像を利用した股関節手術計画支援システム. *ME 誌* 27, 70-78.
- 34) 松尾導昌 (1990) 医用三次元画像の臨床的有用性 - MR 画像を中心として -. *MIT* 8, 81-86.
- 35) 榎本 潤, 堀 雅敏, 佐藤嘉伸, 村上卓道, 上甲 剛, 中村仁信, 田村進一 (2001) マルチスライス CT 画像からの肝臓領域自動抽出. *信学論 (D-II)* J84-D-2, 2150-2161.
- 36) 網島 均, 山田鮎太, 金成穂積, 新井嘉則 (2004) 3DX Multi Image Micro CT における三次元画像再構成. *日本大学生産工学部研究報告 A* 37, 1-11.
- 37) 後藤良洋 (2004) 最近の医用 3D 画像. *電学誌* 124, 349-352.
- 38) 小玉秀男 (1981) 立体図形作成装置. *特開昭和56-144478*.
- 39) 木原朝彦, 田中裕子, 平林慎一 (1994) ヘリカルスキャンを用いた光造形法による精密下顎骨モデルの作成. *MIT* 12, 716-726.
- 40) 木原朝彦, 田中裕子, 古旗賢太郎, 繁村 直, 大串啓子, 中島龍夫, 中西雄二, 平林慎一, 高戸 毅, 小野一郎, 古森孝英 (1995) 3 次元実体モデルの外科手術応用 - その利点, 応用分類と効果 -. *MIT* 13, 865-884.
- 41) 秋葉直志, 仲田健男, 矢部三男 (2016) 3D プリンターで作成した臨床教育用肺縦隔モデル. *日呼外会誌* 30, 123-126.

- 42) 森 健策 (2017) 3D プリンタの医療応用. 医画情誌 34, 1-6.
- 43) 森 健策 (2017) 3D プリンターの基礎と医療応用. 心臓 49, 1104-1113.
- 44) 渡邊 毅, 松本桂太郎, 松尾直門, 永安 武, 熊井良彦, 金子賢一, 浜田久之 (2020) 3D プリンターで作成した臨床教育用鼻腔副鼻腔モデルの使用経験. 日鼻誌 59, 335-341.

マウス舌神経損傷による舌神経障害性疼痛の性差に対する 中枢神経系免疫細胞の役割

坂 梨 公 亮

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻 口腔構造機能学分野

日本大学歯学部 生理学講座

(指導: 篠田雅路 教授, 坪井美行 専任講師)

要旨

【目的】 近年, 上行性侵害情報伝達系およびその可塑的变化メカニズムに性差があることが報告されているが, 舌神経障害性疼痛の発症メカニズムに性差があるかどうか不明である。本研究では, 舌神経損傷モデルマウスを用いて, 舌神経損傷後の舌機械アロディニアおよび熱痛覚過敏の性差に対する中枢神経系の免疫細胞の役割を解明することを目的とした。

【方法】 雄性および雌性マウスの左側舌根部粘膜を切開して舌神経を露出した後, 30g で30秒間舌神経を圧迫し, 舌神経損傷 (LNI) モデルマウスを作製した。LNI 前およびLNI 後1日目から15日目まで, 浅麻酔下にて舌尖部に機械または熱刺激を加え, それぞれの頭部逃避反射閾値 (HWRT) を1日おきに測定した。LNI 後3日目, 大槽内にミクログリア活性化阻害薬であるミノサイクリンまたはT細胞に発現するペルオキシソーム増殖因子活性化受容体 γ アゴニストであるピオグリタゾン投与し, 投与0.5, 1, 2および24時間後の機械または熱刺激に対するHWRTを測定した。

【結果】 LNI 後1日目より9日目まで, 雄性および雌性マウスともに機械または熱刺激に対するHWRTが有意に低下した。LNI 後1, 5, 7および9日目において, 雄性マウスの機械刺激に対するHWRTは雌性マウスと比較して有意に低かった。LNI 後, 両性間で熱刺激に対するHWRTに差は認められなかった。大槽内ミノサイクリン投与後, LNI 後の機械または熱刺激に対するHWRT低下の抑制が雄性マウスでのみ認められた。一方, 大槽内ピオグリタゾン投与後, LNI 後の機械または熱刺激に対するHWRT低下の抑制が雌性マウスでのみ認められた。

【結論】 舌神経損傷後の舌神経障害性疼痛の性差には, 上行性侵害情報伝達系の興奮性を調節する免疫細胞の相違が関与することが示唆された。

キーワード: 舌神経損傷, 舌神経障害性疼痛, ミノサイクリン, ピオグリタゾン, マウス

Immune cells in central nervous system contributes to the sex difference in tongue neuropathic pain caused by lingual nerve injury in mice

Kosuke Sakanashi

Nihon University Graduate School of Dentistry, Division of Functional Morphology

Nihon University School of Dentistry, Department of Physiology

(Directors: Prof. Masamichi Shinoda and Assist. Prof. Yoshiyuki Tsuboi)

Abstract

【Purpose】 Recently, it has been reported that there is sex difference in the ascending nociceptive pathway and its plastic change mechanism, but it is unclear whether there is sex difference in the mechanism of tongue neuropathic pain. The purpose of this study was to assess potential sex difference in the role in immune cells in the central nervous mechanism in tongue mechanical allodynia and heat hyperalgesia after lingual nerve injury in mice.

【Methods】 After exposing the lingual nerve in male and female mice, lingual nerve injury (LNI) was performed by the compression of the lingual nerve for 30 seconds at 30 g. Before LNI and 1-15 days after LNI, mechanical or heat stimulation was applied to the tip of the tongue under light anesthesia, and the head withdrawal reflex threshold (HWRT) was measured once every two days. On day 3 after LNI, minocycline which is a microglial activation inhibitor or pioglitazone which is an agonist of peroxisome proliferator-activated receptor γ expressed in T cells was administered into the cisterna magna. HWRT to mechanical or heat stimulation was measured 0.5, 1, 2 and 24 h after the administration.

【Results】 From day 1 to day 9 after LNI, HWRT to mechanical or heat stimulation was significantly decreased in male and female mice. On days 1, 5, 7 and 9 after LNI, HWRT to mechanical stimulation was significantly lower in male mice than that of female mice. After LNI, there was no significant difference in HWRT to heat stimulation between both sexes. After minocycline administration, the decrease of HWRT to mechanical or heat stimulation by LNI was suppressed only in male mice. On the other hand, after pioglitazone administration, the decrease of HWRT to mechanical or heat stimulation by LNI was suppressed only in female mice.

【Conclusion】 These results suggested that sex difference in tongue neuropathic pain after lingual nerve injury involves the difference in immune cells existing in the central nervous system and regulating the ascending nociceptive pathway.

Keywords: lingual nerve injury, tongue neuropathic pain, minocycline, pioglitazone, mouse

(受付: 令和5年11月13日)

責任著者連絡先: 坂梨公亮

日本大学歯学部生理学講座

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台1-8-13

TEL: 03-3219-8122

FAX: 03-3219-8341

E-mail: deko18017@g.nihon-u.ac.jp

緒 言

舌は筋線維が縦横に走行し多彩な運動ができる運動器であり、特殊感覚である味覚の受容器¹⁾と体性感覚である痛覚や触覚の受容器を配する感覚器でもある。舌に存在する自由神経終末に Transient receptor potential vanilloid 1 (TRPV1) の発現が認められ、TRPV1が舌の痛覚に関与していることが報告されている^{2,3)}。さらに、舌癌^{4,5)}、舌炎^{6,7)}や舌乾燥⁸⁾は、舌からの侵害情報の三叉神経感覚核における処理機構の変調を惹き起こし、舌痛を発症すると報告されている。しかし、舌からの侵害情報の三叉神経感覚核における処理機構の性差に関する研究はほとんどない。

歯科臨床において、口腔内灼熱症候群 (BMS) 患者は、臨床的に明らかな原因を認めず、1日に2時間以上で3カ月以上続く舌痛またはピリピリした不快な舌異常感覚を訴え⁹⁾、食事の際には香辛料や熱い食物で痛みが増悪することが知られている¹⁰⁾。また、BMSは全人口の0.7~3%に発症するとされており、患者の男女比は1:8~1:10で、特に更年期の女性に多く発症する¹¹⁻¹⁵⁾。BMS患者は女性が多く、舌に原因となる器質的変化が無いことから、BMSは中枢神経系の変調によって発症し、その発症機構には性差があることが示唆される。

近年、Sorgeら¹⁶⁾はマウスの坐骨神経損傷後や足底の炎症によって惹起される疼痛の強度および中枢神経系の機能的変化には性差があることを報告した。その報告では、雄性マウスではミクログリア、雌性マウスではT細胞の中枢神経系における機能的変化が異常疼痛強度の変調に関与することが示唆されている。さらに雌性マウスにおいて、T細胞に発現するペルオキシソーム増殖因子活性化受容体2 γ (PPAR2 γ) シグナルを介した Interleukin-17A (IL-17A) の産生抑制が異常疼痛発症を抑制している。この結果から、中枢神経系における機能的変化による異常疼痛強度の変調には性差があることが強く示唆され、ミクログリア活性化阻害薬であるミノサイクリン投与および PPAR2 γ アゴニストであるピオグリタゾン投与による異常疼痛強度の変調には性差があることが予測される。

本研究では、雄性および雌性マウスを用いて、舌神経の圧迫による舌神経損傷 (LNI) 後の舌への機械刺激および熱刺激による頭部逃避反射閾値 (HWRT) 低下に対するミノサイクリンおよびピオグリタゾン大槽内投与の効果を検討し、LNI後の舌痛発症の性差に関わる中枢神経系における免疫細胞の役割を解明することを目的とした。

材料および方法

1. 実験動物

Institute of cancer research系マウス (雄性マウス, n=47, 7-12週齢; 雌性マウス, n=46, 7-12週齢, 日本エ

スエルシー, 浜松) を実験に用いた。マウスは明 (7-19時)/暗 (19-7時) サイクルの環境下で、自由に水・餌が摂取できる状態で飼育された。雌性マウスにおいては、全身麻酔下 (導入4%, 維持2.5%イソフルラン吸入, ヴィアトリス製薬, 東京) でインピーダンスチェッカー (MK-11, 室町機械, 東京) のプローブを脛に挿入して測定したインピーダンスにより性周期を判断し¹⁷⁾、性周期に偏りがないように実験開始時期を設定した。本研究は、日本大学歯学部動物実験委員会の審査後、学部長の承認を得て行われた (承認番号: AP20DEN003-4)。「日本大学動物実験実施規定」に従って実験を行い、被験動物の苦痛軽減および使用動物数の低減に努めた。

2. LNI モデルマウスの作製

LNIモデルの作製は、Katagiriら¹⁸⁾の方法を参考にした。全身麻酔下 (導入4%, 維持2.5%イソフルラン吸入) で、左側の舌根部粘膜を切開して舌神経を露出し、ポリカーボネート樹脂クリップ (夏目製作所, 東京) を用いて舌神経を30秒間30gの強さで圧迫した。圧迫後、切開部を8-0ポリアミド縫合糸 (ジーシーソフトレッチ, ジーシー, 東京) で縫合した。舌神経の圧迫のみを施行せず、上記と同様の処置を行った群を Sham 処置群とした。

3. 舌の HWRT 測定

マウスに十分な全身麻酔 (導入4%, 維持2%イソフルラン吸入) を行った後、イソフルラン吸入を0.5%に維持した。足底に対する200g以下のピンチ刺激 (Rodent pincher - analgesia meter, BIOSEB, Vitrolles, France) で足ひっこめ反射が起こり、呼吸数が毎分180~200回となる麻酔レベルに達したことを確認した後すぐに、舌尖より3mmの左側舌部を Rodent pincher - analgesia meter を用いて機械刺激 (0-110g, 5g/sec, cut off: 110g)、または接触型熱刺激装置 (6×6mm, インタークロス, 東京) を用いて熱刺激 (30-52°C, 1°C/sec, cut off: 52°C) を加え、舌への上記の機械刺激または熱刺激に対する HWRT を測定した。それぞれ2回測定し、その平均値を各マウスの HWRT とした。刺激間隔は3分以上とした。

1週間の飼育室での馴化の後、1日おきに2回、舌への機械刺激または熱刺激に対する HWRT を測定した。その後、LNIまたは sham 処置を行った。処置後、1, 3, 5, 7, 9, 11, 13および15日目に機械刺激および熱刺激に対する HWRT を測定した。

4. 大槽内投与

LNIまたは Sham 処置後3日目に機械刺激および熱刺激に対する HWRT を測定後、深麻酔下 (導入4%, 維持2%イソフルラン吸入) にて、マウス頭部を前屈した状態で後頭部皮膚より、SP10チューブ (夏目製作所, 東京)

とハミルトンシリンジが接続された31Gの歯科用注射針（クルツァージャパン，東京）を大槽内に刺入した。ハミルトンシリンジを用いて，ミノサイクリン（60.7 mM: minocycline hydrochloride in saline, Merck, Darmstadt, Germany），ピオグリタゾン（76.2 mM: pioglitazone hydrochloride in dimethyl sulfoxide (DMSO), 東京化成工業，東京），生理食塩水（0.9%, 大塚製薬，東京）またはDMSOを10 μ l大槽内投与した。各薬物の濃度設定は，Sorgeら¹⁶⁾の報告を参考にした。投与0.5, 1, 2および24時間後に機械刺激および熱刺激に対するHWRTを測定した。

5. 統計学的解析

測定した各群におけるHWRTが，等分散性および正規性を満たしていることを確認した。各群のHWRTは平均値 \pm 標準誤差で表した。有意差検定には，繰り返しのある二元配置分散分析およびそれに続くBonferroni testによる多重比較検定を用いた。統計学的解析には，SigmaPlot version 14.0 (Systat Software, Palo Alto, CA, USA)を使用した。有意水準は $p < 0.05$ とした。

結 果

1. LNIによるHWRTの変化とその性差

図1AにLNI後の舌への機械刺激に対するHWRTの変化を示す。雄性マウスおよび雌性マウスにおいて，LNI後1, 3, 5, 7および9日目のHWRTが，LNI前のHWRT（雄性マウス：96.5 \pm 5.9 g, 雌性マウス：101.9 \pm 2.2 g, $n = 8$ in each）やSham処置群のHWRT（sham処置後1日目，雄性マウス：77.8 \pm 3.8 g, $n = 7$; 雌性マウス：86.6 \pm 4.8 g, $n = 8$ ）と比較して有意に低下した（ $p < 0.05$ ）。雄性マウスではLNI後1日目（30.3 \pm 2.0 g）に，雌性マウスではLNI後3日目（40.6 \pm 5.1 g）に，HWRTが最も低下した。処置後1, 5, 7および9日目，雄性マウスのHWRTは雌性マウスと比較して有意に低かった（ $p < 0.05$ ）。

図1BにLNI後の舌への熱刺激に対するHWRTの変化を示す。雄性マウスにおいて，LNI後1日目にHWRT（47.0 \pm 0.7 $^{\circ}$ C）が最も低下し，LNI後1, 3, 5, 7および9日目のHWRTはLNI前のHWRT（50.5 \pm 0.2 $^{\circ}$ C）やSham処置群のHWRT（sham処置後1日目，49.7 \pm 0.9 $^{\circ}$ C）と比較して有意に低下した（ $p < 0.05$ ）。一方，雌性マウスでは術前のHWRT（50.4 \pm 0.9 $^{\circ}$ C）と比較してLNI後1, 3日目でHWRTが有意に低下した（ $p < 0.05$ ）。また，LNI後1, 3, 5および7日目でSham処置群（sham処置後1日目，50.8 \pm 0.3 $^{\circ}$ C）と比較して有意にHWRTが低下した（ $p < 0.05$ ）。LNI後15日目まで，雌雄間でHWRTの有意な差はなかった。

2. ミノサイクリンの効果

図2Aに機械刺激によるHWRTの変化に対するミノサイクリンの効果を示す。雄性マウスでは，LNI前のHWRT（100.7 \pm 2.0 g）と比較し，LNI後3日目において，HWRT（33.2 \pm 5.1 g）が有意に低下した（ $p < 0.01$, $n = 6$ in each）。さらにLNI後3日目におけるミノサイクリン大槽内投与0.5, 1および2時間後のHWRT（0.5時間後：88.0 \pm 7.5 g, 1時間後：87.7 \pm 7.2 g, 2時間後：46.1 \pm 3.6 g）は，LNI後生理食塩水投与群と比較して有意に上昇した（ $p < 0.01$ ）。ミノサイクリン大槽内投与後の機械刺激に対するHWRTは，LNI後生理食塩水投与群のHWRTと比較して差は認められなかった。雌性マウスでは，LNI後3日目のHWRTはLNI前と比較して有意に低下した（LNI前：96.1 \pm 3.7 g, LNI後3日目：30.3 \pm 4.3 g, $n = 6$ in each, $p < 0.01$ ）。

図2Bに熱刺激によるHWRTの変化に対するミノサイクリンの効果を示す。雄性マウスでは，LNI前のHWRT（49.4 \pm 0.7 $^{\circ}$ C）と比較し，LNI後3日目のHWRT（45.5 \pm 0.7 $^{\circ}$ C）が有意に低下した（ $p < 0.05$, $n = 6$ in each）。また，術後3日目におけるミノサイクリン大槽内投与0.5, 1時間後のHWRT（0.5時間後：51.7 \pm 0.3 $^{\circ}$ C, 1時間後：50.8 \pm 1.0 $^{\circ}$ C, $n = 5$ in each）は，LNI後生理食塩水投与群と比較して有意に上昇した（ $p < 0.01$ ）。ミノサイクリン大槽内投与後の熱刺激に対するHWRTは，LNI後生理食塩水投与群のHWRTと比較して差は認められなかった。雌性マウスでは，LNI後3日目のHWRTはLNI前と比較して有意に低下した（LNI前：50.1 \pm 0.2 $^{\circ}$ C, LNI後3日目：45.2 \pm 1.0 $^{\circ}$ C, $p < 0.01$ ）。

3. ピオグリタゾンの効果

図3Aに機械刺激によるHWRTの変化に対するピオグリタゾンの効果を示す。雄性マウスでは，LNI前と比較してLNI後3日目のHWRTが有意に低下した（LNI前：89.5 \pm 2.5 g, LNI後3日目：25.3 \pm 2.0 g, $p < 0.01$, $n = 6$ in each）。ピオグリタゾン大槽内投与はLNI後3日目に低下したHWRTを変化させなかった。雌性マウスでは，LNI前と比較してLNI後3日目にHWRTは有意に低下した（LNI前：91.5 \pm 3.4 g, LNI後3日目：32.0 \pm 0.7 g, $p < 0.01$, $n = 6$ in each）。LNI後3日目に低下したHWRTはピオグリタゾン大槽内投与0.5, 1および2時間後，LNI後DMSO投与群と比較して有意に回復した（ピオグリタゾン大槽内投与群，0.5時間後：77.1 \pm 6.9 g, 1時間後：82.7 \pm 9.9 g, 2時間後：52.6 \pm 4.2 g, $p < 0.01$, $n = 5$ in each）。

図3Bに熱刺激によるHWRTの変化に対するピオグリタゾンの効果を示す。雄性マウスでは，LNI後3日目にLNI前と比較して有意にHWRTは低下した（LNI前：49.0 \pm 0.9 $^{\circ}$ C, LNI後3日目：44.8 \pm 0.6 $^{\circ}$ C, $p < 0.01$, $n = 6$ in each）。LNI後3日目に低下したHWRTは，ピオグリタゾン大槽内投与により変化しなかった。雌性マウスで

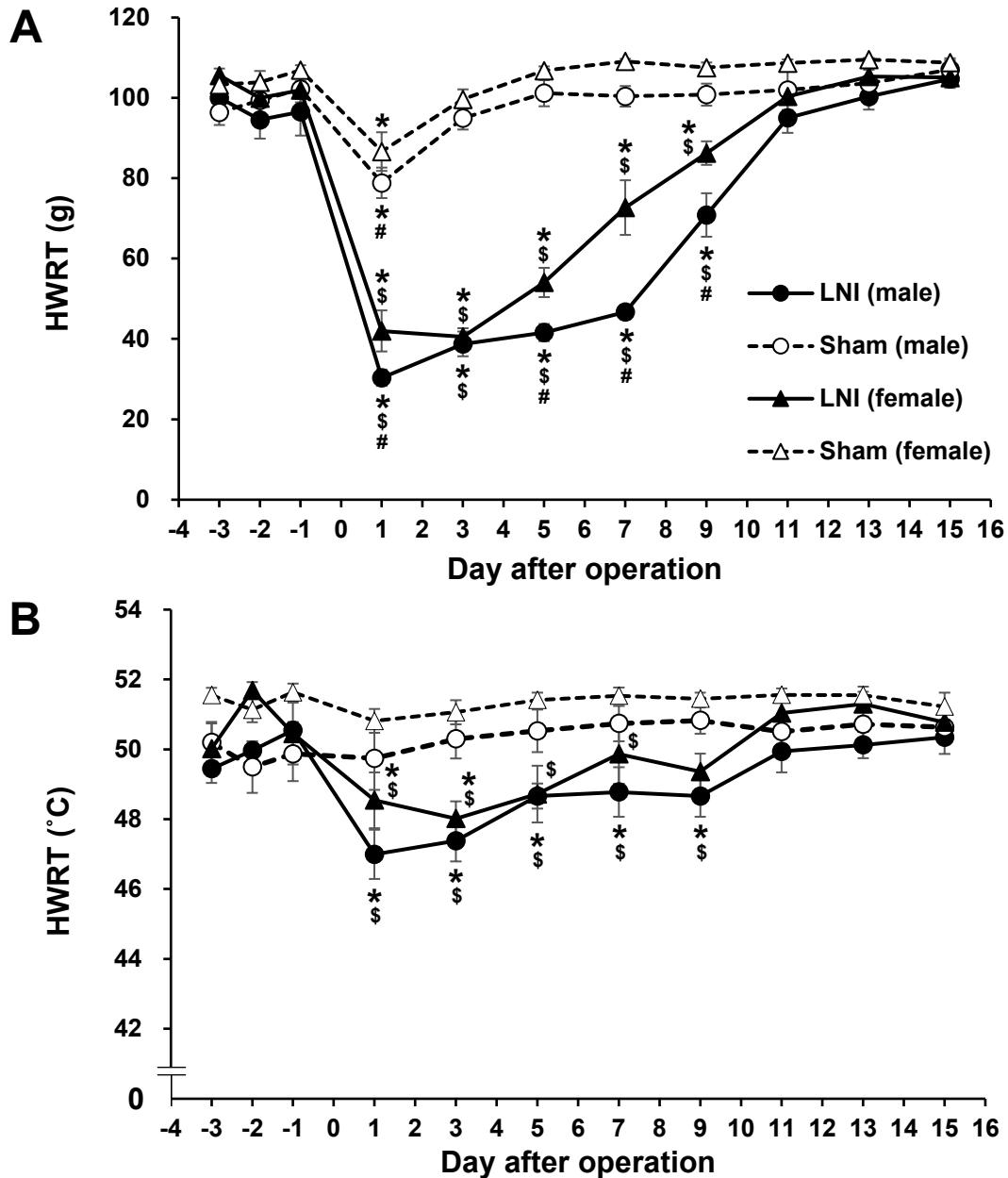


図1 LNI後の舌への機械または熱刺激に対するHWRTの変化
 (A) 舌への機械刺激に対するHWRT。(B) 舌への熱刺激に対するHWRT。*p < 0.05 vs. HWRT on Day -1。
 \$p < 0.05 vs. HWRT in Sham。# p < 0.05 vs. HWRT in female。

は、LNI後3日目、LNI前と比較して有意にHWRTが低下した(LNI前: 50.3 ± 0.6 °C, LNI後3日目: 45.2 ± 0.7 °C, $p < 0.05$, $n = 6$ in each)。DMSO大槽内投与と比較して、ピオグリタゾン大槽内投与0.5および1時間後、LNI後3日目に低下したHWRTは有意に回復した(ピオグリタゾン大槽内投与群, 0.5時間後: 50.3 ± 0.8 °C, 1時間後: 49.7 ± 1.2 °C, $p < 0.05$, $n = 5$ in each)。

考 察

Katagiriら¹⁸⁾は、SD系雄性ラットにおいて、LNI後1

日目より舌への機械および熱刺激に対するHWRTが有意に低下し、そのHWRT低下は三叉神経節(TG)ニューロンの細胞体周囲のsatellite glial cellsに発現するATP receptorであるP2Y₁₂ receptorを介したシグナルが関与していることを明らかにした。また、舌痛覚にはTRPV1が関与することが報告されている。TRPV1はヒトTGニューロンの約31%に発現していること¹⁹⁾、舌痛が発症した動物ではTGニューロンに発現するTRPV1の増加および活性化が生じていることが報告されている²⁰⁻²²⁾。雄性C57BL/6マウス舌への2, 4, 6-trinitrobenzene sulfonic acid

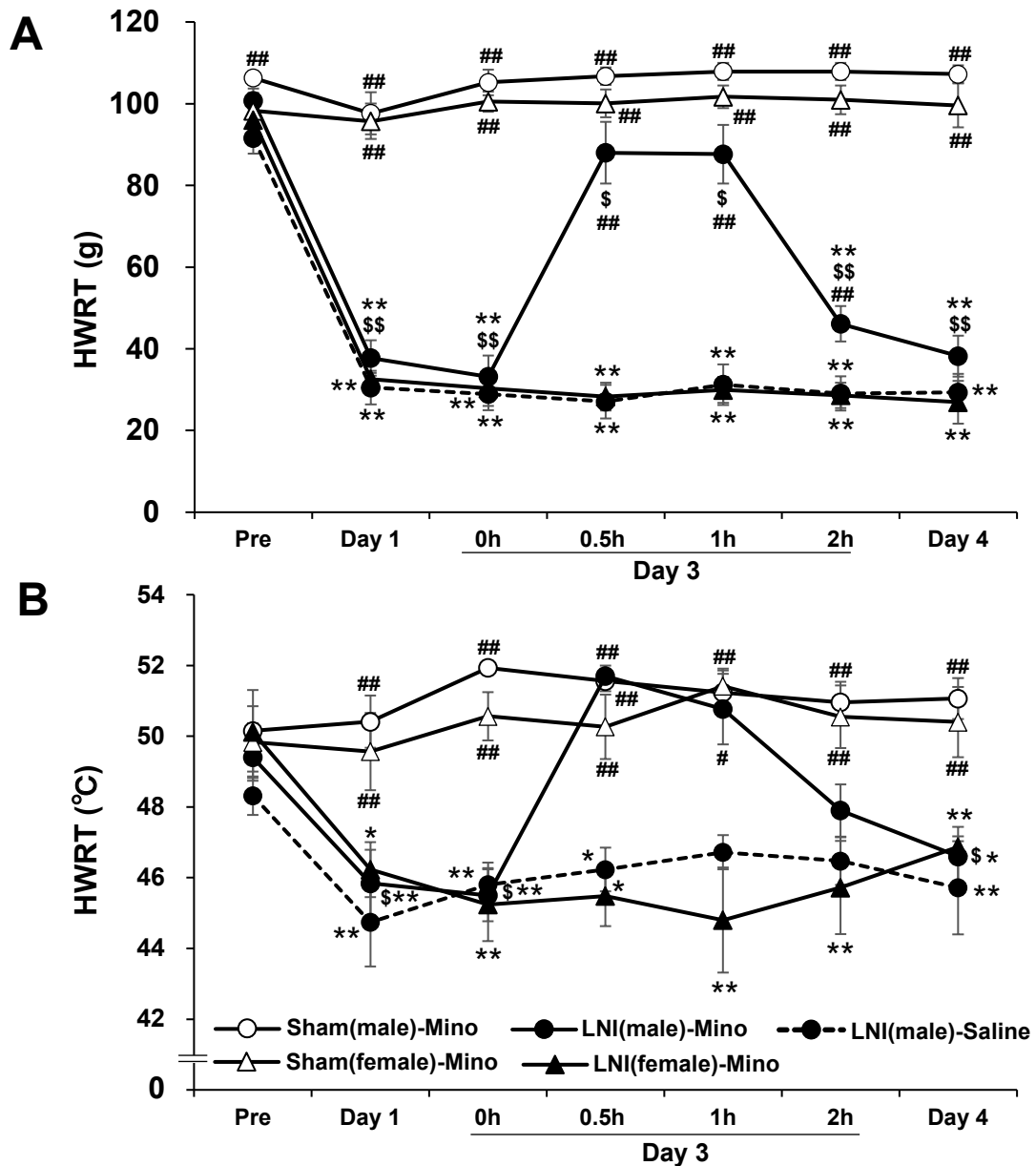


図2 LNI後のHWRT低下に対するミノサイクリンの効果

(A) 舌への機械刺激に対するHWRT。(B) 舌への熱刺激に対するHWRT。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ vs. HWRT on Pre。
\$ $p < 0.05$, \$\$ $p < 0.01$ vs. Sham(male)-Mino。# $p < 0.05$, ## $p < 0.01$ vs. LNI (male)-Saline。Mino: ミノサイクリン。

塗付によるBMSモデルに発症する舌熱痛覚過敏は、舌粘膜アルテミン遺伝子の過剰発現やTGニューロンのp38シグナルカスケード促進によってTGニューロンに発現するTRPV1感受性が増強し、舌を支配するTGニューロンの興奮性が増大することにより惹き起こされることが報告されている^{23, 24)}。本研究では、Katagiriら¹⁸⁾の報告と同様にICR系マウスのLNIモデルにおいても、舌機械アロディニアおよび舌熱痛覚過敏が認められた。よって、ICR系雄マウスおよび雌マウスにおけるLNI後の舌機械アロディニアおよび舌熱痛覚過敏もsatellite glial cellsに発現する

P2Y₁₂ receptorを介したシグナルや舌を支配するTGニューロンにおけるTRPV1の感受性の変化が関与している可能性が考えられる。

舌感覚の性差に関する研究は少ないが、発情前の雌性ラットは、ショ糖の摂取量が雄性ラットより多く、苦みに対する嫌悪反応は雄性ラットより有意に少ないことが報告されていることから、ラットにおける味覚応答性の調節に対する性腺ホルモンの関与が示唆される²⁵⁾。また、口腔顔面領域の痛みの性差に関する研究は、有痛性顎関節症患者や顎関節痛モデル動物を用いて行われている。有痛性顎関

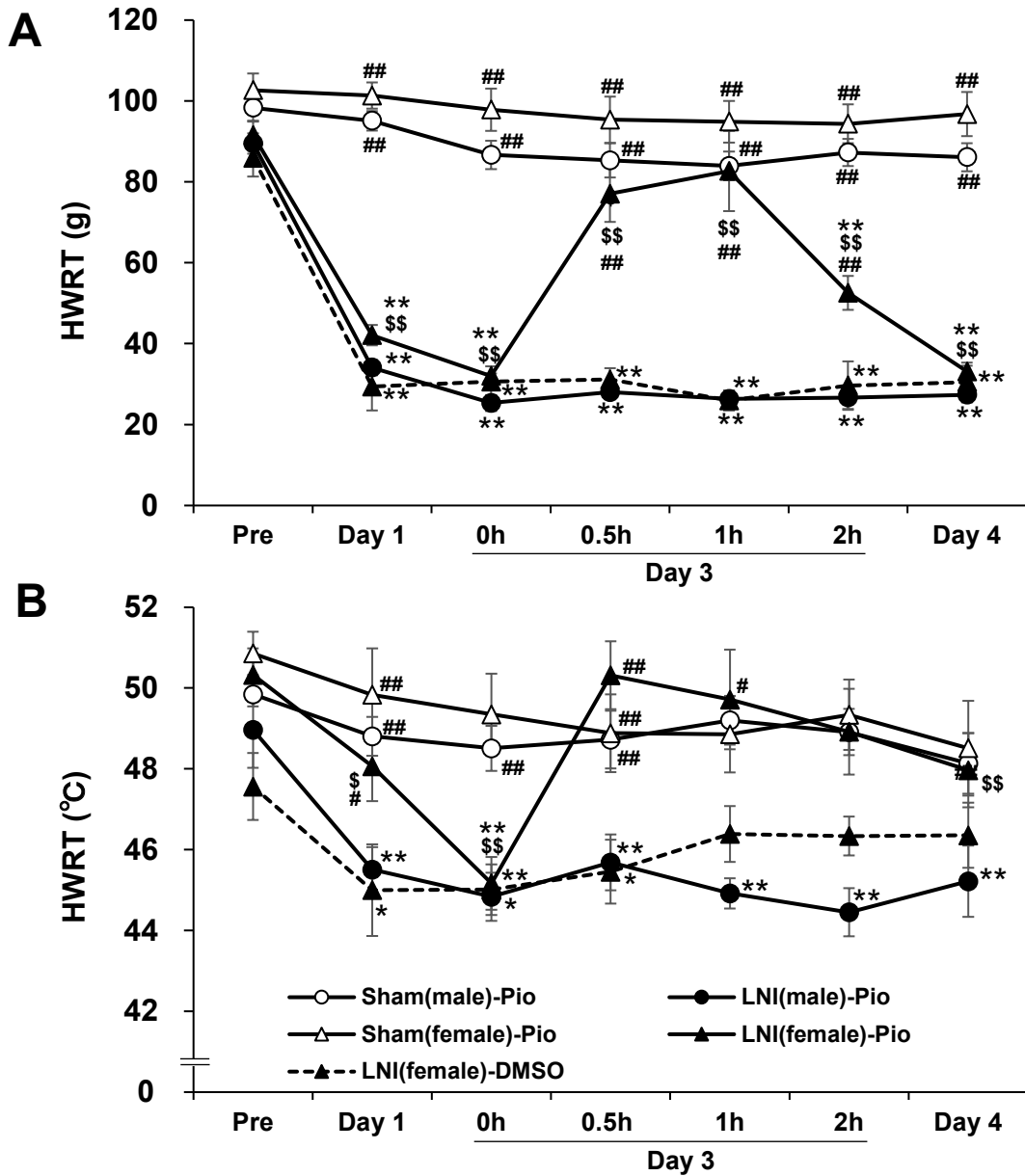


図3 LNI後のHWRT低下に対するピオグリタゾンの効果
 (A) 舌への機械刺激のHWRT。(B) 舌への熱刺激のHWRT。* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ vs. HWRT on Pre. \$ $p < 0.05$, \$\$ $p < 0.01$ vs. Sham(female)-Pio. # $p < 0.05$, ## $p < 0.01$ vs. LNI(female)-DMSO。Pio: ピオグリタゾン。

節症は男性よりも女性の方が多く²⁶⁻²⁸⁾、その疼痛強度は月経周期によって変化することから、性ホルモンが顎関節痛強度に関与する可能性が高いと考えられている^{29, 30)}。顎関節痛モデル動物を用いた研究において、エストロゲンが顎関節痛に関連する三叉神経脊髄路核尾側亜核 (Vc) ニューロンの活動性を調節していることが報告されている³¹⁾。Bereiter ら³²⁾はエストロゲンの1つであるエストラジオールがVcニューロンで産生分泌されること、卵巣摘出後の顎関節への侵害刺激による逃避反射の増強がVcにおけるエストラジオール産生阻害により抑制されることを見出し

た。一方、卵巣摘出後の顎関節への侵害刺激によるVcニューロン活動はエストロゲン受容体作動薬投与により減少することも報告されており、エストロゲンのVc内での作用機序はいまだ不明な点が多い³³⁾。本研究で使用したLNIモデルにおけるHWRTの変化に対するエストロゲンの役割を検討する必要があるかもしれない。

Calcitonin gene-related peptideのTG内への投与による眼窩周囲皮膚の機械アロディニアは、雄マウスにおいてのみミクログリア活性化阻害薬のTG内への投与によって抑制された³⁴⁾。三叉神経の損傷を受けた雄マウスにおける

顔面部の機械アロディニアは高濃度のピオグリタゾンの腹腔内投与によって抑制されたが、低濃度ではその抑制効果は認められなかった^{35, 36)}。本研究では、雄 LNI マウスにおける舌機械アロディニアはピオグリタゾン (10 μ l, 76.2 mM) の大槽内投与によって抑制されなかったが、異なった投与量および投与方法における抑制効果は検討していない。したがって、高濃度のピオグリタゾン投与が雄 LNI マウスにおける舌機械アロディニアを抑制する可能性は否定できない。

中枢神経系に存在する各種免疫細胞が、侵害情報伝達系の性差に関与すると報告されている¹⁶⁾。その報告では、末梢神経損傷後に生じる中枢神経系における侵害情報伝達系の可塑的变化には、雄マウスではミクログリアが、雌マウスでは T 細胞が関与することが示唆されている。また、末梢神経損傷後に生じる異常疼痛強度は、男性ホルモンであるテストステロン依存性であることも報告されている¹⁶⁾。雄マウスで生じる顔面部異常疼痛は、延髄ミクログリアの活性化を阻害することにより抑制される³⁷⁾。一方、雌マウスで生じる異常疼痛は、T 細胞に発現している PPAR2 γ のアゴニスト投与で抑制されるが、テストステロン投与により PPAR2 γ が減少し、疼痛抑制効果が減弱する¹⁶⁾。本研究において LNI 後の異常疼痛は、雄マウスではミクログリア活性化阻害薬であるミノサイクリン投与により、雌性マウスでは PPAR2 γ アゴニストであるピオグリタゾン投与により抑制された。したがって、雄マウスではミクログリアを介したシグナル、雌マウスでは T 細胞に発現する PPAR2 γ を介したシグナルが異常疼痛発症に関与していると考えられる。この違いが、本研究で用いた LNI モデルに発症する舌異常疼痛の性差に関与する可能性がある。

結 論

本研究では、LNI モデルマウスに発症する舌機械アロディニアおよび熱痛覚過敏の性差に対するミクログリアおよび T 細胞の役割について、行動薬理的に詳細な検討を加え、以下の結論を得た。

1. 雌雄マウスにおいて、LNI 後に舌機械アロディニアおよび熱痛覚過敏が発症した。
2. ミノサイクリン大槽内投与は、雄マウスに発症する LNI 後の舌機械アロディニアおよび熱痛覚過敏を抑制した。
3. ピオグリタゾン大槽内投与は、雌マウスに発症する LNI 後の舌機械アロディニアおよび熱痛覚過敏を抑制した。

以上より、舌神経損傷後の舌神経障害性疼痛の性差には、上行性侵害情報伝達系の興奮性を調節する免疫細胞の相違が関与することが示唆された。

本研究を行うにあたり、格別なるご指導およびご校閲を賜りま

した日本大学歯学部生理学講座の篠田雅路教授ならびに坪井美行専任講師に心より感謝申し上げます。また、本論文作成にあたり、的確な助言を頂いた日本大学歯学部生理学講座の皆様と丁寧な動物飼育管理を行っていただいた三協ラボサービスの方々に深く感謝いたします。

本研究は JSPS 科研費 (基盤研究 (C) 20K07746) の助成を受けて行われた。

本研究に関して、開示すべき利益相反はありません。

文 献

- 1) Behrens M, Meyerhof W (2013) Bitter taste sensibility in humans and chimpanzees. *eLS*, John Wiley & Sons, Hoboken, 1-9.
- 2) Tominaga M, Caterina MJ, Malmberg AB, Rosen TA, Gilbert H, Skinner K, Raumann BE, Basbaum AI, Julius D (1998) The cloned capsaicin receptor integrates multiple pain-producing stimuli. *Neuron* 21, 531-543.
- 3) Kido MA, Muroya H, Yamaza T, Terada Y, Tanaka T (2003) Vanilloid receptor expression in the rat tongue and palate. *J Dent Res* 82, 393-397.
- 4) Tamagawa T, Shinoda M, Honda K, Furukawa A, Kaji K, Nagashima H, Akasaka R, Chen J, Sessle BJ, Yonehara Y, Iwata K (2016) Involvement of microglial P2Y₁₂ signaling in tongue cancer pain. *J Dent Res* 95, 1176-1182.
- 5) Koyama R, Iwata K, Hayashi Y, Hitomi S, Shibuta I, Furukawa A, Asano S, Kaneko T, Yonehara Y, Shinoda M (2021) Pannexin 1-mediated ATP signaling in the trigeminal spinal subnucleus caudalis is involved in tongue cancer pain. *Int J Mol Sci* 22, 11404.
- 6) Carstens E, Saxe I, Ralph R (1995) Brainstem neurons expressing c-Fos immunoreactivity following irritant chemical stimulation of the rat's tongue. *Neurosci* 69, 939-953.
- 7) Sugiyo S, Uehashi D, Satoh F, Abe T, Yonehara N, Kobayashi M, Takemura M (2009) Effects of systemic bicuculline or morphine on formalin-evoked pain-related behaviour and c-Fos expression in trigeminal nuclei after formalin injection into the lip or tongue in rats. *Exp Brain Res* 196, 229-237.
- 8) Nakaya Y, Tsuboi Y, Okada-Ogawa A, Shinoda M, Kubo A, Chen JY, Noma N, Batbold D, Imamura Y, Sessle BJ, Iwata K (2016) ERK-GluR1 phosphorylation in trigeminal spinal subnucleus caudalis neurons is involved in pain associated with dry tongue. *Mol Pain* 12, 1744806916641680.
- 9) 国際頭痛学会・頭痛分類委員会 (2018) 国際頭痛分類. 日本語版第3版, 医学書院, 東京, 181.
- 10) Coculescu EC, Radu A, Coculescu BI (2014) Burning mouth syndrome: a review on diagnosis and treatment. *J Med Life* 7, 512-515.
- 11) Bergdahl J, Anneroth G, Perris H (1995) Personality characteristics of patients with resistant burning mouth syndrome. *Acta Odontol Scand* 53, 7-11.
- 12) Scala A, Checchi L, Montevicchi M, Marini I, Giamberardino MA (2003) Update on burning mouth syndrome: overview and patient management. *Crit Rev Oral Biol Med* 14, 275-291.
- 13) Suarez P, Clark GT (2006) Burning mouth syndrome: an update on diagnosis and treatment methods. *J Calif Dent Assoc* 34, 611-622.

- 14) Netto FOG, Diniz IMA, Grossmann SMC, de Abreu MH, do Carmo MA, Aguiar MC (2011) Risk factors in burning mouth syndrome: a case-control study based on patient records. *Clin Oral Investig* 15, 571-575.
- 15) Imamura Y, Shinozaki T, Okada-Ogawa A, Noma N, Shinoda M, Iwata K, Wada A, Abe O, Wang K, Svensson P (2019) An updated review on pathophysiology and management of burning mouth syndrome with endocrinological, psychological and neuropathic perspectives. *J Oral Rehabil* 46, 574-587.
- 16) Sorge RE, Mapplebeck JC, Rosen S, Beggs S, Taves S, Alexander JK, Martin LJ, Austin JS, Sotocinal SG, Chen D, Yang M, Shi XQ, Huang H, Pillon NJ, Bilan PJ, Tu Y, Klip A, Ji RR, Zhang J, Salter MW, Mogil JS (2015) Different immune cells mediate mechanical pain hypersensitivity in male and female mice. *Nat Neurosci* 18, 1081-1083.
- 17) Taradach C (1982) Monitoring of the oestrus cycle in the rat by measurement of vaginal impedance. *Arch Toxicol Suppl* 5, 184-186.
- 18) Katagiri A, Shinoda M, Honda K, Toyofuku A, Sessle BJ, Iwata K (2012) Satellite glial cell P2Y₁₂ receptor in the trigeminal ganglion is involved in lingual neuropathic pain mechanisms in rats. *Mol Pain* 8, 23.
- 19) Quartu M, Serra MP, Boi M, Poddighe L, Picci C, Demontis R, Del Fiacco M (2016) TRPV1 receptor in the human trigeminal ganglion and spinal nucleus: immunohistochemical localization and comparison with the neuropeptides CGRP and SP. *J Anat* 229, 755-767.
- 20) Elitt CM, Malin SA, Koerber HR, Davis BM, Albers KM (2008) Overexpression of artemin in the tongue increases expression of TRPV1 and TRPA1 in trigeminal afferents and causes oral sensitivity to capsaicin and mustard oil. *Brain Res* 1230, 80-90.
- 21) Kanazawa T, Matsumoto S (2014) Expression of transient receptor potential vanilloid 1 and anoctamin 1 in rat trigeminal ganglion neurons innervating the tongue. *Brain Res Bull* 106, 17-20.
- 22) Neupane S, Jung HG, Sohn WJ, Yamamoto H, Kim JY, Byun JS, Lee Y, Bae YC, Choi JK, Kim JY, Jung JK (2019) Focal localization of inflammatory cytokines and neurotrophins in a tongue chronic injury model. *Arch Oral Biol* 99, 22-30.
- 23) Shinoda M, Takeda M, Honda K, Maruno M, Katagiri A, Satoh-Kuriwada S, Shoji N, Tsuchiya M, Iwata K (2015) Involvement of peripheral artemin signaling in tongue pain: possible mechanism in burning mouth syndrome. *Pain* 156, 2528-2537.
- 24) Maruno M, Shinoda M, Honda K, Ito R, Urata K, Watanabe M, Okada S, Lee J, Gionhaku N, Iwata K (2017) Phosphorylation of p38 in Trigeminal Ganglion Neurons Contributes to Tongue Heat Hypersensitivity in Mice. *J Oral Facial Pain Headache* 31, 372-380.
- 25) Clarke SN, Ossenkopp KP (1998) Taste reactivity responses in rats: influence of sex and the estrous cycle. *Am J Physiol* 274, 718-724.
- 26) Bush FM, Harkins SW, Harrington WG, Price DD (1993) Analysis of gender effects on pain perception and symptom presentation in temporomandibular pain. *Pain* 53, 73-80.
- 27) LeResche L (1997) Epidemiology of temporomandibular disorders: implications for the investigation of etiologic factors. *Crit Rev Oral Biol Med* 8, 291-305.
- 28) Stohler CS (1997) Masticatory myalgias: Emphasis on the nerve growth factor-estrogen link. *Pain Forum* 6, 176-180.
- 29) Isselée H, De Laat A, De Mot B, Lysens R (2002) Pressure-pain threshold variation in temporomandibular disorder myalgia over the course of the menstrual cycle. *J Orofac Pain* 16, 105-117.
- 30) LeResche L, Mancl L, Sherman JJ, Gandara B, Dworkin SF (2003) Changes in temporomandibular pain and other symptoms across the menstrual cycle. *Pain* 106, 253-261.
- 31) Okamoto K, Tashiro A, Hirata H, Bereiter DA (2005) Differential modulation of TMJ neurons in superficial laminae of trigeminal subnucleus caudalis/upper cervical cord junction region of male and cycling female rats by morphine. *Pain* 114, 203-211.
- 32) Bereiter DA, Thompson R, Rahman M (2019) Sex differences in estradiol secretion by trigeminal brainstem neurons. *Front Integr Neurosci* 13, 3.
- 33) Tashiro A, Okamoto K, Bereiter DA (2012) Rapid estrogenic effects on TMJ-responsive brainstem neurons. *J Dent Res* 91, 210-214.
- 34) Araya EI, Turnes JM, Barroso AR, Chichorro JG (2020) Contribution of intraganglionic CGRP to migraine-like responses in male and female rats. *Cephalalgia* 40, 689-700.
- 35) Lyons DN, Zhang L, Danaher RJ, Miller CS, Westlund KN (2017) PPAR γ agonists attenuate trigeminal neuropathic pain. *Clin J Pain* 33, 1071-1080.
- 36) Lyons DN, Zhang L, Pandya JD, Danaher RJ, Ma F, Miller CS, Sullivan PG, Sirbu C, Westlund KN (2018) Combination drug therapy of pioglitazone and D-cycloserine attenuates chronic orofacial neuropathic pain and anxiety by improving mitochondrial function following trigeminal nerve injury. *Clin J Pain* 34, 168-177.
- 37) Ma F, Zhang L, Lyons D, Westlund KN (2012) Orofacial neuropathic pain mouse model induced by trigeminal inflammatory compression (TIC) of the infraorbital nerve. *Mol Brain* 5, 44.

Influence of ion-releasing filler-containing gel application on dentin remineralization by using ultrasonic velocity measurement

Miho Suzuki¹, Hiroyasu Kurokawa², Taketo Okuwaki², Toshiki Takamizawa², Atsushi Kamimoto³, Koji Komoriya², Ryo Ishii², Masashi Miyazaki²

¹Kichijoji Orthodontic Clinic

²Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry

³Department of Comprehensive Dentistry and Clinical Education, Nihon University School of Dentistry

Abstract. *Purpose:* The main objective of this study was to investigate the efficacy of S-PRG filler-containing gel application in promoting dentin remineralization using ultrasonic velocimetry.

Methods: Root dentin slabs of bovine teeth were sliced and formed into rectangles, treated with 0.1 M lactate buffer (pH 4.75) for 10 min, and then immersed in artificial saliva (pH 7.0). This treatment was repeated three times a day for 28 days. S-PRG filler-containing gel (PRG) and high-fluorine concentration silver diamine fluoride (SDF) solution were used. The treatment methods were: 1) untreated group, 2) PRG one-off application group, 3) SDF one-off application group, 4) PRG frequent-time application group, and 5) SDF frequent-time application group. After treatment, dentin slabs were soaked in 0.1 M lactate buffer solution and dipped in artificial saliva. This treatment was repeated 3 times a day for 28 days.

Results: The ultrasonic velocity of the untreated samples decreased slightly during the experimental period. In the one-off application group, ultrasonic velocities of SDF and PRG increased rapidly on day 7 and then decreased slightly during the experimental period. In the frequent-time application group, ultrasonic velocities of SDF and PRG increased during the experimental period; specimens treated with SDF had significantly higher ultrasonic velocities on each measurement day compared to specimens treated with PRG.

Conclusion: From the results of this experiment, it was concluded that the S-PRG filler-containing gel and silver diamine fluoride solution appear to promote remineralization and inhibit dentin demineralization.

Keywords: S-PRG filler, dentin, remineralization, ultrasonic measurement

イオン徐放性フィラー含有ゲルが象牙質の再石灰化に及ぼす影響に関する超音波測定による検討

鈴木美穂¹ 黒川弘康² 奥脇岳人² 高見澤俊樹²
紙本篤³ 小森谷康司² 石井亮² 宮崎真至²

¹吉祥寺矯正歯科クリニック

²日本大学歯学部保存学教室修復学講座

³日本大学歯学部総合歯科学分野

要旨: 目的: S-PRG フィラー含有ゲル塗布による象牙質の再石灰化促進効果を超音波流速計を用いて検討した。

方法: ウシ歯根部象牙質板を長方形にスライスし, 0.1 M 乳酸緩衝液 (pH 4.75) で10分間処理した後, 人工唾液 (pH 7.0) に浸漬した。この処理を1日3回, 28日間繰り返した。試片の処理は, S-PRG フィラー含有ゲル (PRG) とフッ化ジアンミン銀 (SDF) 溶液を用い, 1) 未処理群, 2) PRG 単回塗布群, 3) SDF 単回塗布群, 4) PRG 頻回塗布群および5) SDF 頻回塗布群とした。処理後, 象牙質板を0.1M 乳酸緩衝液に浸漬し, 人工唾液に保管した。この処置を1日3回, 28日間繰り返した。

成績: 未処理試料の超音波速度は, 実験期間中にわずかに低下した。単回塗布群では, SDF と PRG の超音波速度は7日目に急激に上昇し, その後実験期間中にわずかに低下した。頻回塗布群では, SDF と PRG の超音波速度は実験期間中に増加した。SDF で処理した試料は, PRG で処理した試料と比較して各測定日の超音波速度が有意に高かった。

結論: 本実験の結果から, S-PRG フィラー含有ゲルおよびフッ化ジアンミン銀溶液は再石灰化を促進し, 象牙質の脱灰を抑制することが示された。

キーワード: S-PRG フィラー, 象牙質, 再石灰化, 超音波測定

(受付: 令和5年11月20日)

Corresponding author: Hiroyasu Kurokawa
Department of Operative Dentistry, Nihon University School of
Dentistry
1-8-13, Kanda-Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8310, Japan

TEL: +81-3-3219-8141
FAX: +81-3-3219-8347
E-mail: kurokawa.hiroyasu@nihon-u.ac.jp

Introduction

Evidence-based root surface caries prevention guidelines have been proposed for the management of root surface caries, including control of dietary carbohydrate intake, improvement of oral hygiene, antibacterial agents, fluoride-containing dentifrice, casein phosphopeptide-stabilized amorphous calcium phosphate, and application of bioactive glasses¹⁾. It is believed that the use of fluoride is a noninvasive and effective treatment to control root surface caries²⁾. Mechanical tooth cleaning with the use of fluoridated gels is a cost-effective means of cleaning the tooth surface because it combines the mechanical destruction of dental biofilm with the addition of fluoride. Root surfaces have a higher affinity for fluoride uptake than enamel, but dentin is more easily dissolved in the acidic environment of cariogenic plaque than enamel, with the critical pH of cementum and dentin being 6.0 to 6.8 rather than 5.2 for enamel³⁾.

Root surface caries can occur in young adults but is more frequent in the populations⁴⁾. This is the result of a longer lifespan that presents favorable conditions for the maintenance of natural teeth. Furthermore, root surface caries is often related to gingival recession. Due to the rough, retentive anatomy of the root surface and the difficulty of adequate cleaning, biofilm can easily accumulate, which may increase the risk of root surface caries development and progression⁵⁾. Fluoride plays an essential role in preventing demineralization, and fluoride-containing products such as dentifrice, gels, mouthwashes, coatings, and sealants are widely used.

Silver diamine fluoride (SDF) has been employed in dentistry for more than 50 years, and studies on its efficacy are promising; SDF solutions have been reported to be an effective treatment to arrest dental caries and are usually recommended for children at high risk of developing caries⁶⁾. According to a recent systemic review, annual application of 38% SDF in aged patients reduced incidences of new caries on exposed root surfaces by at least 50%, and longer-term interventions were more effective⁷⁾. In clinical trials, various concentrations were applied and it was found that the 38% solution was significantly more effective in arresting caries than the 12% SDF or no application⁸⁾. It was found that when SDF was applied to teeth, it penetrated the enamel and dentin and provided two to three times more fluoride storage under the tooth surface than with other fluoride

solutions⁹⁾. However, one of the main drawbacks of SDF is that it discolors the tooth surface. The use of biofunctional materials, especially those containing calcium and phosphate ions, has been introduced as a strategy to facilitate remineralization and improve fluoride uptake in dental substrates¹⁰⁾. Surface-reaction prereacted glass ionomer (S-PRG) filler is prepared by acid-base reaction of fluoroboronaluminosilicate glass with polyacrylic acid in the presence of water, the preliminary product being a stable glass ionomer phase within the glass particles. It is reported that the S-PRG inhibits tooth demineralization and plaque formation by releasing fluoride (F^-), borate (BO_3^{3-}), strontium (Sr^{2+}), silica (SiO_3^{2-}), sodium (Na^+), and aluminum (Al^{3+}) ions. As a matter of fact, compared to fluoroaluminosilicate glass fillers, resin composites with SPRG fillers were shown to release F^- at a higher rate¹¹⁾. In the previous report¹²⁾, S-PRG filler also has the effect of modulating the acidity of the oral cavity, making the pH of the surrounding environment slightly alkaline upon contact with water or acidic solutions. It is thought that this effect is mediated by ions released from the S-PRG filler¹³⁾.

There are individual reports of effects on tooth remineralization using fluoride-containing agents, but few reports have compared them. The principal purpose of this study was to demonstrate the efficacy of S-PRG filler-containing gel application on the prevention of dentin remineralization by using ultrasonic measurement method. The null hypothesis tested was that there were no differences among the samples treated with the S-PRG filler containing gel and the SDF solution.

Materials and Methods

1. Specimen preparation

In this study, oral gel containing S-PRG filler (PRG; PRG Pro-Care Gel; Shofu, Kyoto, Japan) and a high fluoride concentration SDF solution (Saforide; Toyo Pharmaceutical, Osaka, Japan) were used (Table 1).

Incisor of freshly extracted bovine teeth were cleaned and stored in physiological saline solution for up to 2 weeks. About two-thirds of the root apex structure of each tooth was removed using a diamond-impregnated disk in a low-speed saw (IsoMet 1000 Precision Sectioning Saw; Buehler, Lake Bluff, IL, USA). Surfaces of root dentin were polished with wet #240-grit silicon carbide (SiC) paper (Fuji Star Type DDC; Sankyo Rikagaku, Saitama, Japan) to expose flat dentin surfaces. Dentin blocks were shaped carefully into rectangles ($4 \times 4 \times$

Table 1 Materials used in this study and their compositions

Material (Lot No.)	Code	Composition	Manufacture
Saforide (808RA)	SDF	38% silver diamine fluoride	Toyo Pharmaceutical, Osaka, Japan
PRG Pro-Care Gel (4G0011)	PRG	hydrated silica, S-PRG filler, glycerol, carboxymethylcellulose sodium, sorbitol, sodium dodecyl sulfate, mint flavoring	Shofu, Kyoto, Japan

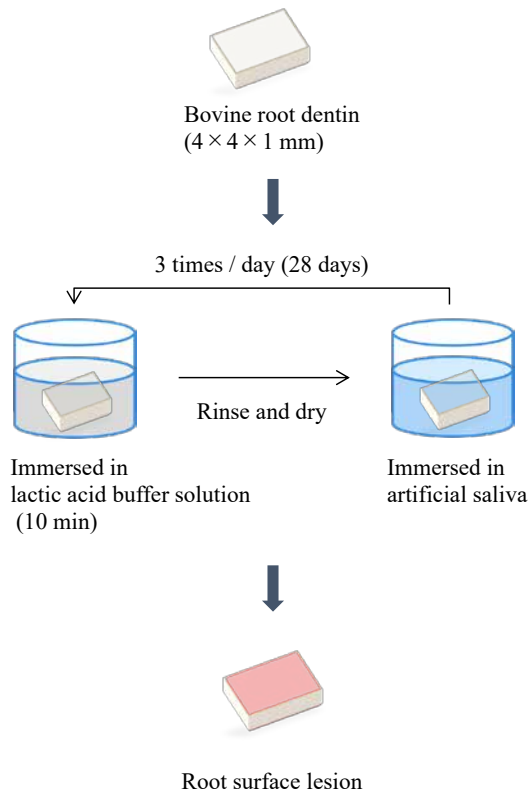
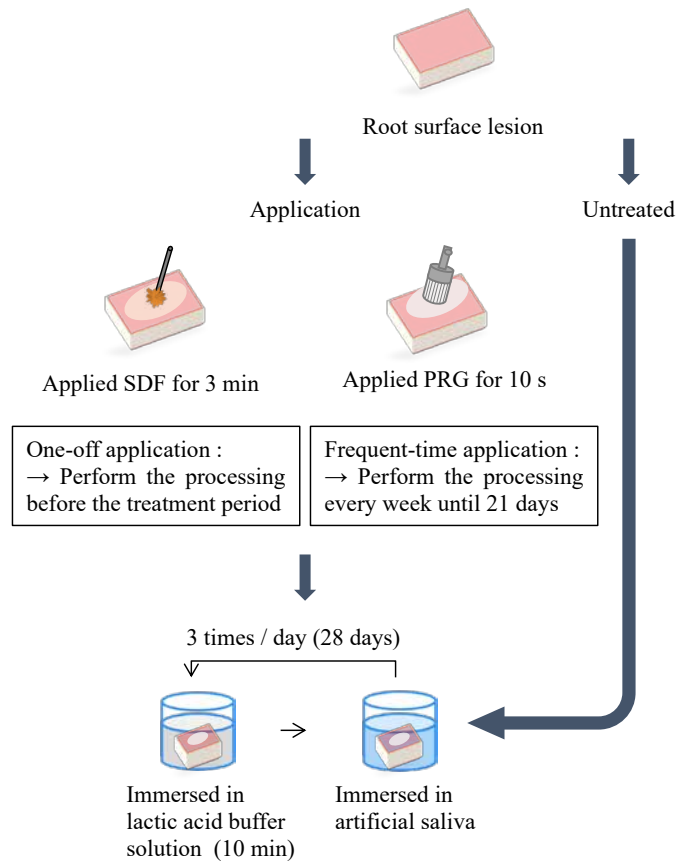
Create a root surface lesion*Treatment steps of root surface lesion*

Fig 1. Specimen preparation and study design of the experiment.

1mm) using a super-fine diamond point (SF106RD; ISO #021a, Shofu). The surfaces of the specimens were successively polished with #600, #1,200, and #2,000 grit size wet SiC paper. The thickness and size of the specimens were measured using a dial gauge micrometer (CPM15-25DM; Mitutoyo, Tokyo, Japan) and covered with wax except for the labial side of the dentin slab on the treated surface.

All specimens were treated with undersaturated 0.1 M lactic acid buffer solution (pH 4.75, 0.75 mM $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, and 0.45 mM KH_2PO_4) for 10 min and then placed in artificial saliva (pH 7.0, 14.4 mM NaCl, 16.1 mM KCl, 0.3 mM $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 2.0 mM K_2HPO_4 , 1.0 mM $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,

and 0.10 g/100 mL sodium carboxymethyl cellulose) at 37°C. These procedures were conducted three times daily (with an 8 h interval time) over 28 days. The specimens were then divided into five different treatment groups of 10 specimens each (Fig. 1).

- 1) Untreated: The cells were treated with 0.1 M lactate buffer for 10 min and then immersed in artificial saliva. This procedure was repeated three times. The specimens were then subjected to acid challenge for the duration of the experiment.
- 2) One-off application with PRG: PRG was applied with a soft brush for 10 s, rinsed with tap water, and dipped in artificial saliva. The specimens were then subjected

to acid challenge for the duration of the experiment.

- 3) One-off application with SDF: SDF was applied with a microbrush, allowed to stand for 3 min, rinsed with tap water. The specimens were then subjected to acid challenge for the duration of the experiment.
- 4) Frequent-time application with PRG: PRG was applied with a soft brush for 10 s, rinsed with tap water. This procedure was repeated once a week during the acid challenge experiment.
- 5) Frequent-time application with SDF: SDF was applied with a microbrush, allowed to stand for 3 min, rinsed with tap water. This procedure was repeated once a week during the acid challenge experiment.

PRG was applied using a micromotor handpiece (Torq tech CA-DC; J. Morita Mfg. Co., Ltd., Kyoto, Japan) and a soft brush (Merssage Brush Soft; Shofu) with a digital balance (AT200; Mettler-Toledo, Greifensee, Switzerland). The process was performed at 1,000 rpm and a constant pressure of 0.1 N while monitoring. These operations were performed by a single operator to ensure accuracy.

2. Ultrasonic velocity measurement

Ultrasonic velocity measurements were performed using a system comprising a pulse receiver (5900PR; Panametrics, Waltham, MA, USA), a longitudinal wave transducer (V112; Panametrics), and an oscilloscope (Waverunner LT584; LeCroy, Chestnut Ridge, NY, USA) (Figure 2). The instruments were initially calibrated by standard procedures using a 304 stainless steel calibration block (2211M; Panametrics, Inc.). Measurements were taken before the start of the study and on days 1, 7, 14, 21, and 28. All measurements were performed at $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $50\% \pm 5\%$ relative humidity.

Ultrasonic waves travel through the transducer into the sample and are either reflected at the surface or transmitted through the sample. The reflected wave that reaches the probe is termed the surface echo (S echo), while the transmitted wave reflected at the interface between the air and the back surface of the sample is termed the back surface echo (B echo). The time difference between the S and B echoes represents the time it takes for the wave to propagate through the sample (Figure 3). When the specimen thickness (T) is known, the acoustic velocity (C) can be calculated by measuring the difference time (Δt) between the S and B echoes using the following equation:

$$C = 2T/\Delta t$$

where C: acoustic velocity

T: thickness of the specimen

Δt : round trip transit time

Three measurement points were selected for each sample, and the average value was used as the specimen's ultrasonic velocity.

3. Statistical analysis

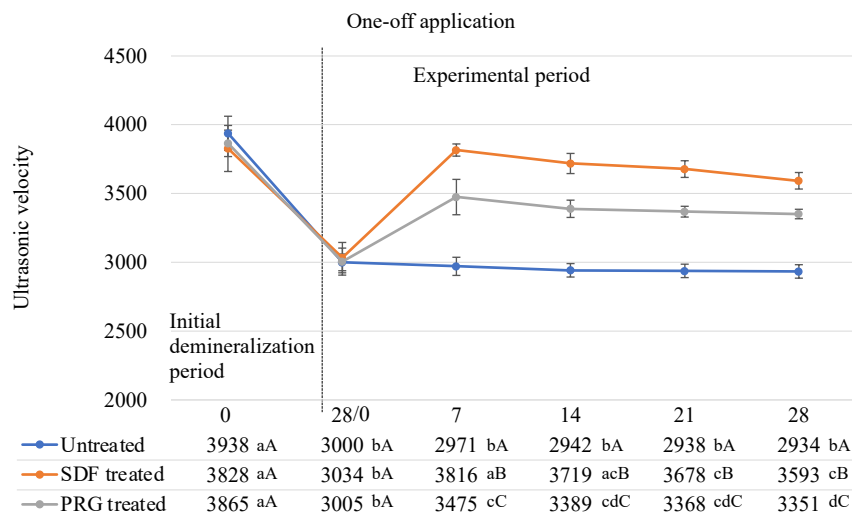
Data were analyzed using commercially available statistical software (Sigma Plot Ver. 13; Systat Software, Chicago, IL, USA). Data for each group were first tested for homogeneity of variance using the Bartlett test, tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov test, and then analyzed using repeated measures analysis of variance and the Tukey-Kramer post hoc multiple comparison test. The significance level was set at $\alpha = 0.05$.

Results

The average ultrasonic velocities in different treatment groups are shown in Figs. 2, 3. During the initial demineralization period, the ultrasonic velocities of all groups decreased. The differences in storage periods were greater than expected by chance after allowing for the effects of storage conditions, so multiple comparisons were done on the data. The average ultrasonic velocities of all groups in the initial demineralization period decreased from 3938 to 3000 m/s. During the experimental period, ultrasonic velocity of untreated group gradually decreased from 2971 to 2934 m/s. In the one-off application specimens, the ultrasonic velocities of SDF and PRG increased dramatically on day 7 and then slightly decreased during the experimental period. For the frequent-time application specimens, the ultrasonic velocities of SDF and PRG increased during the experimental period. Specimens treated with SDF had a significantly higher ultrasonic velocity on each measurement day when compared with those treated with PRG.

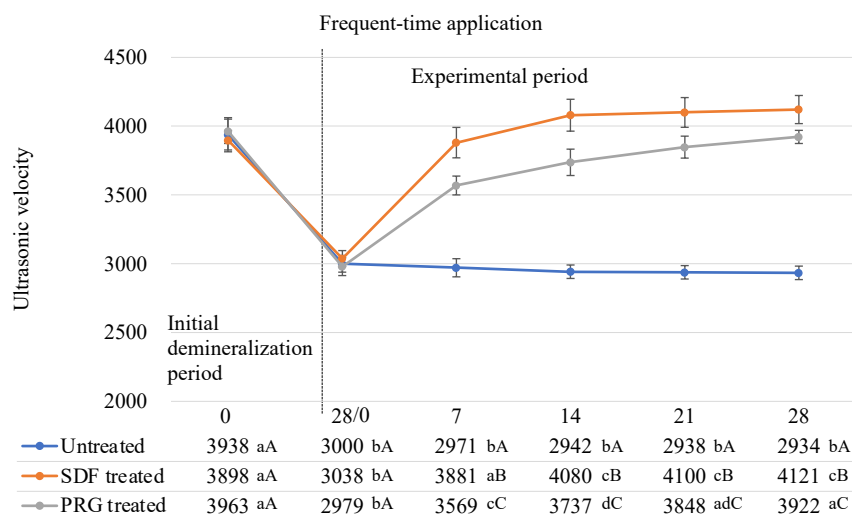
Discussion

Dentin has a complex structure and comprised two major components, namely, collagen-based organic matrix and hydroxyapatite crystal. Collagen fibrils are woven and lie perpendicular to the tubules, whereas apatite crystals tend to be parallel to the long axis of the collagen fibrils. Regarding root surface lesions, it has been suggested that the anticaries effect of combining with fluoride is related to the intrinsic mineral and organic composition



Unit: m/s, n = 10 teeth per group.
 Within groups, means with the same lower-case letter are not significantly different ($p \geq 0.05$).
 Between groups at the same periods, means with the same upper-case letter are not significantly different ($p \geq 0.05$).

Fig 2. Changes in the ultrasonic velocity of one-off application groups.



Unit: m/s, n = 10 teeth per group.
 Within groups, means with the same lower-case letter are not significantly different ($p \geq 0.05$).
 Between groups at the same periods, means with the same upper-case letter are not significantly different ($p \geq 0.05$).

Fig 3. Changes in the ultrasonic velocity of frequent-time application groups.

comprising the root surface. Both clinical and laboratory studies have shown the role of fluoride in enhancing the resistance to or preventing cervical lesions ¹⁾. Fluoride suppresses mineral loss from dentin during the acid dissolution process and enhances remineralization in a similar physicochemical manner as occurs in enamel. The availability of fluoride in saliva and plaque fluid is essential, even at low levels, to maintain the surface integrity of teeth and avoid the formation of subsurface caries ¹⁴⁾.

Ultrasonic imaging is a non-invasive technique that offers considerable potential for diagnosis, as well as being a valuable research tool. Ultrasonic devices are also used to detect dentin demineralization ¹⁵⁾, and to measure dentin thickness between the tooth surface and the pulp chamber ¹⁶⁾. Because the speed of sound (V) is sensitive to the viscoelastic properties of materials ¹⁷⁾, ultrasonic devices can be used to monitor the setting process of resin cements. This method might also result in less variation than the visual-examination method, depending

upon the examiner¹⁸⁾.

The results of this study indicated that the ultrasonic velocities of the SDF- and PRG-applied samples were faster than those measured in the untreated group. These changes might be due to the presence of SDF-derived F- and PRG filler-derived ions in the gels, which strengthened the eroded dentin surface and enhanced calcification¹²⁾. Although both PRG and SDF were effective in increasing sound velocity, SDF had a predominantly greater effect. Thus, the null hypothesis tested was that there was no difference between the PRG and SD treated samples was rejected.

It has been shown that SDF confers remineralizing properties to dentin through preservation and protection of the collagen matrix¹³⁾. SDF showed a greater protective effect against dentin demineralization compared to untreated samples, as detected by ultrasonic velocimetry, which further support the findings. Because SDF contains high concentrations of fluoride and silver, it is expected to be highly effective in preventing caries in root surface dentin. In addition to its anti-decalcification effect on the mineral phase, SDF has been reported to have a significant effect on dentin collagen fibers and may inhibit their degradation in an acidic environment¹⁾. SDF also exhibits very effective antimicrobial activity against cariogenic biofilms¹⁴⁾. A systematic review consistently supports the effectiveness of SDF in preventing coronal caries in the deciduous dentition and in preventing and arresting root surface caries in the elderly¹⁹⁾. In contrast, because dentistry is concerned with esthetics, the potential drawbacks of SDF need to be taken into account. Among its main drawbacks is that it causes discoloration, which occurs when silver ions in the composition of SDF are transformed into metallic silver in the presence of light and spread deep into the tooth²⁰⁾. A report evaluating how dental staining associated with SDF affects acceptance of this treatment among parents with young children²¹⁾. The results suggest that many parents are willing to compromise esthetics in favor of less invasive treatment options when patients are not cooperating with conventional treatment methods. In adult patients, dentists and dental hygienists may be concerned about the esthetic consequences of stained lesions because dentin unaffected by caries does not stain.

The S-PRG filler behaves as a fluoride-releasing substance, and the combination of strontium and fluoride ions enhances the crystallinity of carbonated hydroxyapatite. The fluoride ions and silica ions released from the S-PRG

filler in the gel may have contributed to the promotion of dentin remineralization. To promote tooth remineralization and prevent acid attack, fluoride uptake from the outer surface of the tooth is essential. Silica, among other ions released from S-PRG filler, may play an important role in dentin mineralization by promoting hydroxyapatite formation via induction of hydroxyapatite nucleation²²⁾. In aqueous environments, sodium ions (Na⁺) with hydrogen cations (H⁺ or H₃O⁺) are exchanged rapidly from the solution. The migration of Ca²⁺ and PO₄³⁻ groups to the S-PRG fillers formed a CaO-P₂O₅-rich layer on the dentin surface that crystallized into hydroxycarbonate apatite²³⁾. Chemical reactions that promote apatite formation have been suggested to stimulate remineralization and possibly prevent demineralization of dentin²⁴⁾. Hence, the combination of fluoride and silica ions can inhibit the dissolution of dental minerals by acids produced by cariogenic bacteria. In addition, strontium acts as a substitute for calcium during precipitation and is thought to have a synergistic caries-inhibiting effect with fluoride²⁵⁾. Furthermore, reportedly, BO₃³⁻ and F⁻ released from resin composite containing S-PRG fillers exhibit inhibitory effects on the metabolic activities of *Streptococcus mutans* at concentrations lower than those that inhibit *S. mutans* growth¹¹⁾.

Conclusions

Under the current experimental condition, using dentifrices containing PRG and SDF solution appear to promote remineralization of the dentin. For people with a low risk of caries, avoiding preventative effects may be most cost-effective, daily use of gel containing S-PRG filler might be suitable. Application of SDF is indicated for patients with extremely higher caries risk, those who cannot tolerate conventional dental treatment, patients who are medically compromised, and those in disparity populations with little access to care.

Acknowledgements

This work was supported in part by JSPS KAKENHI through grant numbers 21K09900, 22K17047, and 22K10006. This project was also supported in part by the Sato Fund and by a grant from the Dental Research Center of the Nihon University School of Dentistry, Japan.

Conflict of Interest

The authors of this manuscript certify that they have

no proprietary, financial, or other personal interest of any nature or kind in any product, service, and/or company that is presented in this article.

References

- 1) Urquhart O, Tampi MP, Pilcher L, Slayton RL, Araujo MWB, Fontana M, Guzmán-Armstrong S, Nascimento MM, Nový BB, Tinanoff N, Weyant RJ, Wolff MS, Young DA, Zero DT, Brignardello-Petersen R, Banfield L, Parikh A, Joshi G, Carrasco-Labra A (2019) Nonrestorative treatments for caries: Systematic review and network meta-analysis. *J Dent Res* 98, 14-26.
- 2) McReynolds D, Duane B (2018) Systematic review finds that silver diamine fluoride is effective for both root caries prevention and arrest in older adults. *Evid Based Dent* 19, 46-47.
- 3) Lussi A, Schlueter N, Rakhmatullina E, Ganss C (2011) Dental erosion-An overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries Res* 45, 2-12.
- 4) Hariyani N, Setyowati D, Spencer AJ, Luzzi L, Do LG (2018) Root caries incidence and increment in the population - A systematic review, meta-analysis and meta-regression of longitudinal studies. *J Dent* 77, 1-7.
- 5) Zhang J, Leung KCM, Sardana D, Wong MCM, Lo ECM (2019) Risk predictors of dental root caries: A systematic review. *J Dent* 89, 103166.
- 6) Horst JA (2018) Silver fluoride as a treatment for dental caries. *Adv Dent Res* 29, 135-140.
- 7) Oliveira BH, Cunha-Cruz J, Rajendra A, Niederman R (2018) Controlling caries in exposed root surfaces with silver diamine fluoride: A systematic review with meta-analysis. *J Am Dent Assoc* 149, 671-679.e1.
- 8) Sharma G, Puranik MP, Sowmya KR (2015) Approaches to arresting dental caries: An update. *J Clin Diagn Res* 9, ze08-ze11.
- 9) Rosenblatt A, Stamford TC, Niederman R (2009) Silver diamine fluoride: A caries "silver-fluoride bullet". *J Dent Res* 88, 116-125.
- 10) Shimazu K, Ogata K, Karibe H (2011) Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler. *Dent Mater J* 30, 923-927.
- 11) Kitagawa H, Miki-Oka S, Mayanagi G, Abiko Y, Takahashi N, Imazato S (2018) Inhibitory effect of resin composite containing S-PRG filler on *Streptococcus mutans* glucose metabolism. *J Dent* 70, 92-96.
- 12) Fujimoto Y, Iwasa M, Murayama R, Miyazaki M, Nagafuji A, Nakatsuka T (2010) Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. *Dent Mater J* 29, 392-397.
- 13) Kaga N, Toshima H, Nagano-Takebe F, Hashimoto M, Nezu T, Yokoyama A, Endo K, Kaga M (2019) Inhibition of enamel demineralization by an ion-releasing tooth-coating material. *Am J Dent* 32, 27-30.
- 14) García-Godoy F, Hicks MJ (2008) Maintaining the integrity of the enamel surface: the role of dental biofilm, saliva and preventive agents in enamel demineralization and remineralization. *J Am Dent Assoc* 139, 25s-34s.
- 15) Rodriguez-Sendra J, Torres I, Jimenez N, Sauro S, Camarena F (2021) Ultrasonic monitoring of dentin demineralization. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* 68, 570-578.
- 16) Murayama R, Kurokawa H, Fischer NG, Jurado CA, Tsujimoto A, Takamizawa T, Miyazaki M, Garcia-Godoy F (2020) Ultrasonic measurement of remaining dentin thickness using a pencil-type transducer. *Am J Dent* 33, 320-324.
- 17) Yamaguchi K, Miyazaki M, Takamizawa T, Inage H, Kurokawa H (2007) Ultrasonic determination of the effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate paste on the demineralization of bovine dentin. *Caries Res* 41, 204-207.
- 18) Kurokawa H, Shiratsuchi K, Suda S, Nagura Y, Suzuki S, Moritake N, Yamauchi K, Miyazaki M (2018) Effect of light irradiation and primer application on polymerization of selfadhesive resin cements monitored by ultrasonic velocity. *Dent Mater J* 37, 534-541.
- 19) Seifo N, Cassie H, Radford JR, Innes NPT (2019) Silver diamine fluoride for managing carious lesions: an umbrella review. *BMC Oral Health* 19, 145.
- 20) Sayed M, Matsui N, Hiraishi N, Nikaido T, Burrow MF, Tagami J (2018) Effect of glutathione bio-molecule on tooth discoloration associated with silver diammine fluoride. *Int J Mol Sci* 19, 1322.
- 21) Crystal YO, Janal MN, Hamilton DS, Niederman R (2017) Parental perceptions and acceptance of silver diamine fluoride staining. *J Am Dent Assoc* 148, 510-518.e4.
- 22) Skrtic D, Antonucci JM, Eanes ED, Brunworth RT (2002) Silica- and zirconia-hybridized amorphous calcium phosphate: effect on transformation to hydroxyapatite. *J Biomed Mater Res* 59, 597-604.
- 23) Philip N (2019) State of the art enamel remineralization systems: The next frontier in caries management. *Caries Res* 53, 284-295.
- 24) Arifa MK, Ephraim R, Rajamani T (2019) Recent advances in dental hard tissue remineralization: A review of literature. *Int J Clin Pediatr Dent* 12, 139-144.
- 25) Koletsi-Kounari H, Mamai-Homata E, Diamanti I (2012) An in vitro study of the effect of aluminum and the combined effect of strontium, aluminum, and fluoride elements on early enamel carious lesions. *Biol Trace Elem Res* 147, 418-427.

歯科用コーンビーム CT を用いた矯正歯科治療前後の舌位に関する研究

和 氣 清 尊

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻口腔構造機能学分野
日本大学歯学部歯科矯正学講座
(指導: 本吉 満 教授, 内田靖紀 専任講師)

要旨

【目的】 歯科用コーンビーム CT (CBCT) と側面セファログラム (Cep) を用いて矯正歯科治療 (矯正治療) 前後の舌位の評価を行い, 前歯の後退量との相関について比較検討した。

【方法】 治療前 (T1), 治療後 (T2) の Cep と CBCT を撮影した患者で, 矯正治療に際して小臼歯抜歯を伴う17名, 抜歯を伴わない5名を対象とし, CBCT 画像上で舌体長 (舌骨体上縁から舌尖の距離), 舌背高 (舌骨体上縁から舌尖を結んだ線から舌背までの垂直距離の最大値), PNS - 舌骨間距離 (口蓋骨後鼻棘から舌骨体上縁までの距離) および, 舌背 - 口蓋間距離 (TPD) 等を計測した。TPD は, 上顎側切歯 - 犬歯間中央を TPD I, 上顎第1または第2小臼歯 - 第1大臼歯間中央 (非抜歯症例は上顎第1小臼歯 - 第1大臼歯間中央) を TPD II, 上顎第1 - 第2大臼歯間中央を TPD III, 上顎第2大臼歯後部を TPD IVとした。Cep 画像上で ANB, FMA, Palatal to mandibular 等を計測し, 舌位との相関を比較検討した。

【結果】 Cep 計測値の比較では, U1 to NA, L1 to NB は術後に有意に小さくなり ($p < 0.01$), 術後に前歯が舌側へ移動したことを示した。Cep 計測値と矢状断 CBCT 計測値の相関は, ANB (T1) と舌背高 (T2) との間に負の相関 ($p < 0.01$) を示し, 術前に上顎前突傾向であると術後に舌背高が低位となった。Cep 計測値と前頭断 CBCT 計測値の相関は, Palatal to mandibular (T1) と TPD I (T2-T1) との間に負の相関 ($p < 0.05$) を認めた。また, 前歯の後退量と CBCT 計測値の相関は, L1 to NB (T2-T1) と, 舌体長 (T2-T1) および PNS - 舌骨間距離 (T2-T1) との間に負の相関 ($p < 0.05$) を示し, 下顎前歯の舌側への後退量が大いとい, 術後舌体長は大きくなり, 舌骨は後下方に下がった。ただし, 舌体長の術前後の差の平均は負の値を取り, ほとんどの症例で舌体長は術後小さくなった。また, U1 to NA (T2-T1) と TPD I (T2) との間に正の相関 ($p < 0.05$) を認め, 上顎前歯の舌側への後退量が大いとい, 術後の舌前部は口蓋に近接した。しかし TPD II, TPD III, TPD IVについては前歯の移動量との相関は認められなかった。

【結論】 下顎前歯の舌側への後退量が著しく大いとい, 舌骨は後下方へと移動する傾向が認められた。術前に上顎に対する下顎の開大度が大いとい, 舌前部は口蓋に近接した。しかしながら, 上下顎前歯の舌側への後退量と小臼歯から大臼歯部の低位舌との相関は認められなかった。

キーワード: 歯科用コーンビーム CT, 側面セファログラム, 舌位, 口蓋, 舌骨

Evaluation of tongue position before and after orthodontic treatment using dental cone-beam computed tomography

Kiyotaka Wake

Department of Oral Structural and Functional Biology, Nihon University Graduate School of Dentistry
Department of Orthodontics, Nihon University School of Dentistry
(Directors: Prof. Mitsuru Motoyoshi and Assist. Prof. Yasuki Uchida)

Abstract

【Purpose】 This study aimed to evaluate tongue positions before and after orthodontic treatment using dental cone beam CT (CBCT) and lateral cephalogram (Cep), and the correlation between tongue position and the amount of retraction of anterior teeth.

【Methods】 In total 22 subjects consisted of 17 patients with premolar extraction and 5 patients with non-extraction who underwent Cep and CBCT imaging at pre-treatment (T1) and post-treatment (T2). TGL (distance from hyoid bone to tip of tongue), TGH (maximum vertical distance from TGL to tongue dorsum), PNS-hyoid distance (distance from PNS to hyoid bone) and TPD (distance from tongue dorsum to palate) on CBCT, and on Cep such as ANB, FMA, Palatal to mandibular were measured. TPD was classified into TPD I in middle between maxillary lateral incisors and canines, TPD II in middle between first or second premolars of maxillary and first molars (in non-extracted cases, middle between first premolars and first molars), TPD III in middle of first and second molars of maxillary and TPD IV in posterior part of second molars of maxillary. Correlations among them were calculated.

【Results】 U1 to NA and L1 to NB in T2 were significantly small ($p < 0.01$), indicating that anterior teeth were moved to lingual side. Correlation between Cep and CBCT on sagittal section, indicated negative correlation ($p < 0.01$) between ANB (T1) and TGH (T2). On frontal CBCT section indicated a negative correlation between Palatal to mandibular (T1) and TPD I (T2-T1, $p < 0.05$). L1 to NB (T2-T1) showed negative correlations with TGL and PNS-hyoid distance (T2-T1, $p < 0.05$), respectively, the larger mandibular incisors move to lingual side, the lower hyoid bone locate, and the larger TGL. However, in most cases the TGL decreased at T2. The amount of retraction of maxillary incisors showed a positive correlation with TPD I (T2, $p < 0.05$). However, TPD II, TPD III and TPD IV had no correlation with the amount of retraction of anterior teeth.

(受付: 令和5年12月15日)

責任著者連絡先: 和氣清尊

日本大学歯学部歯科矯正学講座

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台1-8-13

TEL: 03-3219-8105

FAX: 03-3219-8365

E-mail: deki20024@g.nihon-u.ac.jp

[Conclusion] Lager the amount of retraction of mandibular incisors excessively, hyoid bone tended to be pushed downward. The lager the mandibular angle relative to the palatal plane became, the more anterior part of tongue showed a tendency to proximity to the palate. However, there was no correlation between the amount of retraction of incisors and the low tongue in the area from premolars to molars.

Keywords: cone-beam computed tomography (CBCT), lateral cephalogram, tongue position, palate, hyoid bone

緒 言

材料および方法

矯正歯科治療（矯正治療）において、保定装置の使用状況や適合が良好であるにもかかわらず、咬合状態が悪化する症例を経験することがある。咬合安定の一要因として舌の関与が指摘されており¹⁻³⁾、また Liégeois ら⁴⁾は、舌の形態、位置、可動域が歯列弓形態と咬合に関連していることを報告している。矯正治療により咬合状態が改善しても舌機能に異常が残る場合には、これが不安定要素として影響し、良好な咬合状態の維持を妨げているのではないかと考えられる。

一方、舌骨は他の骨と関節を構成しておらず、上方および下方から筋が付着している骨である。さらに舌骨は下顎骨に付着する筋や舌筋に影響を受けており、舌位に関与していると考えられている⁵⁾。Kan ら⁶⁾は、繰り返し後戻りを生じる症例では、舌そのものの大きさによる影響だけでなく、舌尖や舌背および舌根部の口蓋に対する近接状況や舌骨の位置が、舌位との間に関連性を有し影響を受けていると報告している。

また Chen ら⁷⁾は、骨格性上顎前突症の患者が、骨格に異常の無い患者と比べ舌位と舌骨の位置が低位であったことから、舌位は骨格の影響を受けるとしている。さらに Sharma ら⁸⁾は、上下顎前突症患者を対象とし、側面セファログラム (Cep) 画像を用いて評価を行った結果、小臼歯抜歯を試みた矯正治療によって前歯を後退させると、舌骨が後下方向に移動し、咽頭気道が狭くなる傾向があることを示した。さらに、抜歯症例においては、舌位や舌骨の位置や気道の狭窄へも影響していたと結論付けている。このように、舌位や舌骨の位置は気道にも影響しており、咬合の安定だけでなく、呼吸に対しても影響を及ぼす要因となると考えられている。この観点から舌を三次元的に観察することが可能である歯科用コーンビーム CT (CBCT) を用いて矯正治療前後の舌位の変化について評価することで、術後の不適切な舌の位置づけによる後戻りや咬合状態の悪化を予測できると考えた。

そこで本研究は、CBCT 画像を用いて矯正治療前後における舌と口蓋の近接状況の変化や、舌の長さや高さ、舌骨の位置がどのように変化するかを評価した。また、Cep 画像から得た前歯の舌側への移動量との関係性について比較検討することを目的とした。

1. 対象

2011年7月から2023年12月までに、日本大学歯学部付属歯科病院歯科矯正科に矯正治療を目的として受診した永久歯列期の患者のうち、顎矯正手術を伴う治療が必要な患者を除外し、以前に矯正治療を受けた既往がなく、治療開始前 (T1) および治療後 (T2) に Cep と CBCT を撮影した患者を対象とした。本研究資料の Cep 画像と CBCT 画像は矯正治療の診断を目的として撮影されたものである。

本研究は、日本大学歯学部倫理委員会の承認を得ており (倫理許可番号: EP23D005)、研究参加の前に対象としたすべての被験者に対して十分な説明と同意を得たうえで行われた。

2. 撮影条件

1) Cep 画像

Cep の撮影は、被写体の頭部の固定にイヤードを用い、フランクフルト平面 (眼耳平面) と床面とを平行にして、パノラマ・セファロ X 線撮影装置 (Veraviewepocs: モリタ, 京都) を用いて、管電圧 70~76 kV、管電流 6~8 mA、照射時間 2.2 s の条件で行った。

2) CBCT 画像

CBCT の撮影は、頭部用 X 線 CT 装置 (3D Accuitomo: モリタ) を用いて、管電圧 80~90 kV、管電流 5.5~8.0 mA、ボクセルサイズ 0.125×0.125×0.125 または 0.160×0.160×0.160 mm³ の条件で行った。

3. 計測項目

1) Cep 上の計測項目

得られた Cep 画像をトレースし、以下の項目について計測を行った (図 1)。

- (1) ANB (°)
- (2) FMA (°) (Frankfort-mandibular plane angle)
- (3) Palatal to mandibular (°) (Palatal plane to mandibular plane angle)
- (4) U1 to NA (mm)
- (5) L1 to NB (mm)

2) CBCT 画像上の計測項目

CBCT 画像上の各項目の計測は、三次元画像ビューワー (One Volume Viewer, ver. 2.855.635.4543:

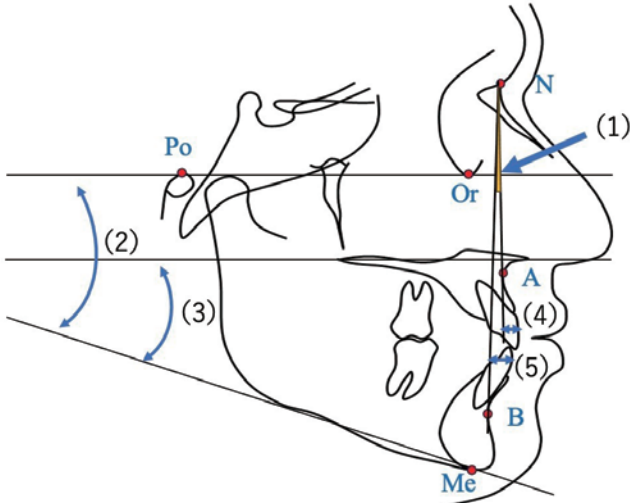


図1 側面セファログラム上の計測項目

(1) ANB：直線NA（NasionとA点を結ぶ線）と直線NB（NasionとB点を結ぶ線）がなす角度，(2) FMA：フランクフルト平面と下顎下縁平面のなす角度，(3) Palatal to mandibular：口蓋平面と下顎下縁平面のなす角度，(4) U1 to NA：直線NA（NasionとA点を結ぶ線）と上顎中切歯（U1）の最外側との距離，(5) L1 to NB：直線NB（NasionとB点を結ぶ線）と下顎中切歯（L1）の最外側との距離。

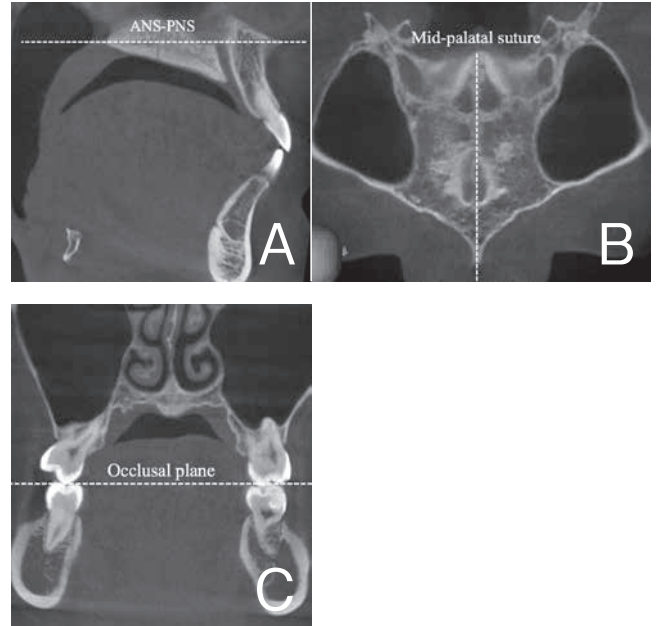


図2 CBCT 画像上での計測部位の位置づけ

矢状断では水平方向のカーソルが ANS-PNS と平行となるように (A)，水平断では垂直方向のカーソルが正中口蓋縫合と平行となるように (B)，前頭断では水平方向のカーソルが咬合平面と平行となるように (C) 計測部位を固定した。

モリタ) 上の計測機能を使用して1名の術者が行った。CBCT 画像上での計測部位の位置づけの条件は，矢状断では水平方向のカーソルが ANS-PNS と (図2A)，水平断では垂直方向のカーソルが正中口蓋縫合と (図2B)，前頭断では水平方向のカーソルが咬合平面と平行となるように固定した (図2C)。

矢状断画像 (図3) では，以下の (1) から (4) の計測を行った。

- (1) PNS - 舌骨間距離 (PNS to HU : Posterior Nasal Spine to Hyoid body Upper edge) : 口蓋骨後鼻棘から舌骨体上縁までの直線距離
- (2) B - 舌骨間距離 (B to HU : B point to Hyoid body Upper edge) : B 点から舌骨体上縁までの直線距離
- (3) 舌体長 (TGL : Tongue Length) : 舌骨体上縁 (HU : Hyoid body Upper edge) から舌尖 (TT : Tip of Tongue) までの直線距離
- (4) 舌背高 (TGH : Tongue Height) : 舌骨体上縁から舌尖を結んだ線から舌背 (TD : Tongue Dorsum) までの垂直距離の最大値

前頭断画像 (図4A と B) では，舌背 - 口蓋間距離 (TPD : Tongue-Palate Distance) を以下の4つの位置においてそれぞれ計測した。

- (I) 上顎側切歯 - 犬歯間中央 : TPD I
- (II) 上顎第1または第2小臼歯 - 第1大臼歯間中央 : TPD II

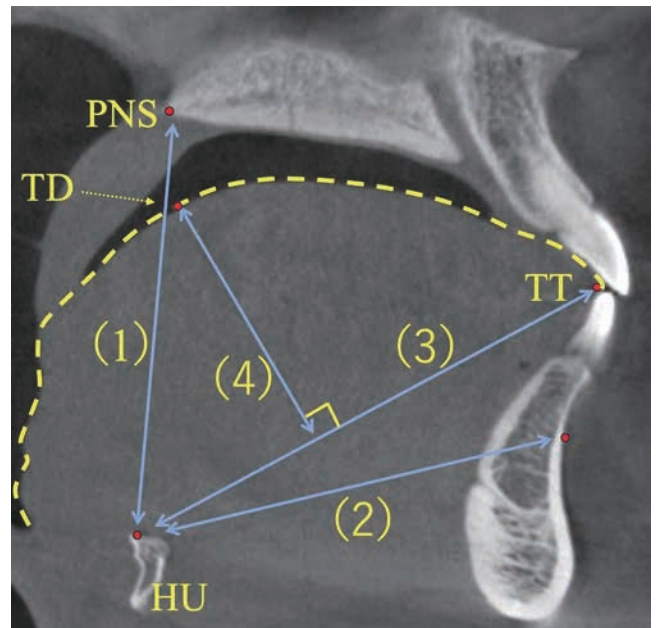


図3 矢状断CBCT 画像における計測項目

(1) PNS to HU (PNS - 舌骨間距離, posterior nasal spine to hyoid body upper edge) : 口蓋骨後鼻棘から舌骨体上縁までの直線距離，(2) B to HU (B - 舌骨間距離, B point to hyoid body upper edge)，(3) TGL (舌体長, tongue length) : 舌骨体上縁 (HU, hyoid body upper edge) から舌尖 (TT, tip of tongue) までの距離，(4) TGH (舌背高, tongue height) : 舌骨体上縁から舌尖を結んだ線から舌背 (TD, tongue dorsum) までの垂直距離の最大値

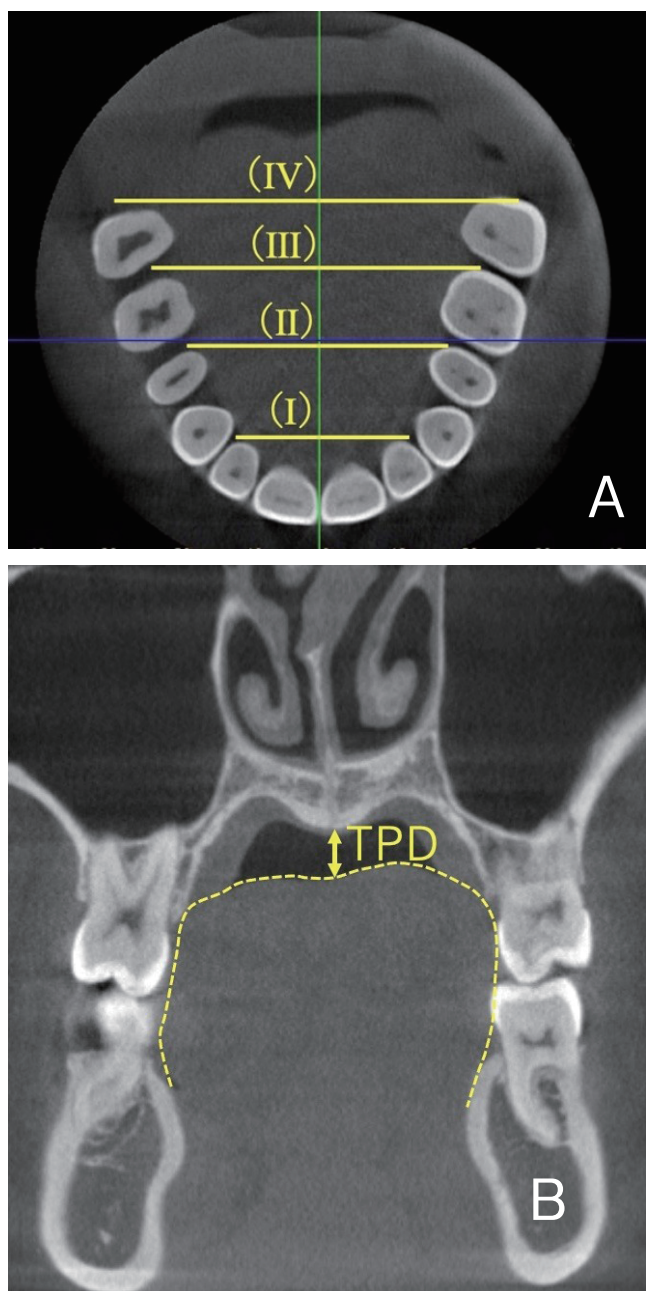


図4 前頭断CBCT画像における舌背-口蓋間距離の計測項目
舌背-口蓋間距離 (TPD, tongue-palate distance) は水平断面画像 (A) において、前後的に以下の4つのセクションに分け、前頭断画像上 (B) にて舌背から口蓋までの距離の計測を行った。
TPD I: 上顎側切歯-犬歯間の中央相当部 (I), TPD II: 上顎第1または第2小臼歯-第1大臼歯間の中央相当部 (非抜歯症例は上顎第1小臼歯-第1大臼歯間の中央相当部) (II), TPD III: 上顎第1大臼歯-第2大臼歯間中央相当部 (III), TPD IV: 上顎第2大臼歯後方相当部 (IV)

(※ただし、非抜歯症例は上顎第1小臼歯-第1大臼歯間中央を計測)

(III) 上顎第1大臼歯-第2大臼歯間中央: TPD III

(IV) 上顎第2大臼歯後方部: TPD IV

すべての計測項目の T1, T2 および矯正治療前後の変化量 (T2-T1) について、それぞれ3回ずつ計測を行い、その平均値を計測値とした。

4. 統計処理

統計分析は、SPSS ソフトウェア (ver. 23.0: IBM SPSS Statistic, 東京) を用いた。各計測値において Kolmogorov-Smirnov の正規性の検定を行った。正規性を確認した後、対応のある t 検定を行った。また、Cep 画像上の計測項目と CBCT 画像上で計測された各計測項目との間の関係性について、計測されたデータ間の相関関係を Pearson の積率相関係数を用いて分析した。なお、統計学的な有意水準は 5% とした。

結 果

本研究における選択基準によって選択された資料 (22 名) の内分けは、男性 8 名、女性 14 名、初診時年齢 21.8 ± 7.4 歳、Min 11 歳、Max 46 歳であった。また、抜歯症例 17 例、非抜歯症例 5 例で、非抜歯症例のうち、2 例は歯科矯正用アンカースクリュー (アンカースクリュー) で下顎歯列の遠心移動を行った症例であった。

Cep 画像上の計測結果を表 1 に、CBCT 画像上の各計測値を表 2 と表 3 に示す。また、Cep 画像上の計測結果と CBCT 画像上の各計測値の相関関係を表 4 と表 5 に示す。

1. Cep 上の分析項目の計測値と術前後の比較

ANB (T2-T1) の平均値は $0.1 \pm 1.2^\circ$ 、FMA (T2-T1) の平均値は $0.8 \pm 1.9^\circ$ 、Palatal to mandibular (T2-T1) の平均値は $0.1 \pm 1.9^\circ$ であり、術前後に有意差は認められず、骨格の変化はほとんど認められなかった (表 1)。

しかし、U1 to NA (T2-T1) の平均値は -3.8 ± 3.5 mm、L1 to NB (T2-T1) の平均値は -3.8 ± 3.0 mm であり、U1 to NA, L1 to NB は術前に比較して術後に有意に小さくなり ($p < 0.01$)、術後に前歯が舌側へ移動したことを示した。

2. CBCT 画像上の各計測項目の計測値と術前後の比較

PNS to HU (T2-T1) の平均値は 1.45 ± 3.84 mm で、B to HU (T2-T1) の平均値は -0.08 ± 4.74 mm であり、術前後に有意差は認められず、舌骨の位置の変化は軽微なものであった (表 2)。また、TGL (T2-T1) の平均値は -1.53 ± 4.72 mm で、TGH (T2-T1) の平均値は -0.13 ± 4.71 mm で短縮傾向にあり、術前後に有意差は認められず、舌の長さ高さについても変化は軽微なものであった (表 2)。

表 1 側面セファログラム上の分析項目の計測値と術前後の比較

	ANB (°)	FMA (°)	Palatal to mandibular (°)	U1 to NA (mm)	L1 to NB (mm)
T1	3.6 ±2.3	26.9 ±6.0	27.2 ±6.8	7.9 ±2.8	9.3 ±2.7
T2	3.7 ±1.9	27.7 ±5.5	27.3 ±5.9	4.1 ±3.0	5.5 ±2.0
T2-T1	0.1 ±1.2	0.8 ±1.9	0.1 ±1.9	-3.8 ±3.5**	-3.8 ±3.0**

N=22, Mean ± S.D., **: $p < 0.01$

表 2 矢状断 CBCT 画像上の各計測項目の計測値と術前後の比較

	(1) PNS to HU (mm)	(2) B to HU (mm)	(3) TGL (mm)	(4) TGH (mm)
T1	55.76 ±4.59	56.40 ±4.22	66.01 ±4.60	29.68 ±4.74
T2	57.22 ±5.85	56.32 ±4.45	64.47 ±5.38	29.54 ±4.04
T2-T1	1.45 ±3.84	-0.08 ±4.74	-1.53 ±4.72	-0.13 ±4.71

N=22, Mean ± S.D.

表 3 前頭断 CBCT 画像上の各計測項目の計測値と術前後の比較

	TPDI (mm)	TPDII (mm)	TPDIII (mm)	TPDIV (mm)
T1	1.82 ±3.37	3.00 ±5.44	2.66 ±4.00	2.75 ±3.40
T2	2.17 ±2.43	2.54 ±3.64	2.58 ±3.48	2.79 ±3.54
T2-T1	0.36 ±3.75	-0.46 ±7.45	-0.07 ±5.87	0.04 ±4.64

N=22, Mean ± S.D.

表 4 側面セファログラム計測値と矢状断 CBCT 画像上の計測値の相関関係

相関係数 'r'	(1) PNS to HU (mm)			(2) B to HU (mm)			(3) TGL (mm)			(4) TGH (mm)		
	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1
ANB (°)(T1)	0.014	-0.043	-0.083	0.026	-0.333	0.320	0.394	0.430*	0.108	-0.141	-0.606**	-0.377
FMA (°)(T1)	-0.122	-0.008	0.133	-0.410	-0.150	0.223	-0.044	0.217	0.290	0.000	-0.221	-0.190
Palatal to mandibular (°) (T1)	-0.167	-0.086	0.069	-0.366	-0.206	0.132	-0.130	0.175	0.325	-0.084	-0.269	-0.146
U1 to NA (mm)(T2-T1)	0.348	0.253	-0.030	0.299	0.204	-0.074	-0.015	-0.330	-0.361	0.308	0.174	-0.161
L1 to NB (mm)(T2-T1)	-0.005	-0.290	-0.435*	0.060	-0.067	0.115	0.031	-0.347	-0.425*	-0.084	-0.290	-0.163

N=22, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

表 5 側面セファログラム計測値と前頭断 CBCT 画像上の計測値の相関関係

相関係数 'r'	TPD I (mm)			TPD II (mm)			TPD III (mm)			TPD IV (mm)		
	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1	T1	T2	T2-T1
ANB (°)(T1)	0.044	-0.314	-0.223	-0.163	0.150	0.192	-0.348	0.153	0.328	-0.409	-0.006	0.295
FMA (°)(T1)	0.070	-0.337	-0.256	-0.014	-0.081	-0.029	-0.064	0.058	0.078	-0.075	0.125	0.150
Palatal to mandibular (°) (T1)	0.302	-0.364	-0.449*	0.184	-0.113	-0.190	0.033	-0.023	-0.036	-0.038	0.031	0.051
U1 to NA (mm)(T2-T1)	0.033	0.447*	0.261	0.066	0.280	0.089	0.106	0.255	0.079	0.114	0.212	0.078
L1 to NB (mm)(T2-T1)	-0.207	0.245	0.300	-0.089	0.180	0.153	-0.099	0.058	0.102	-0.194	-0.154	0.025

N=22, *: $p < 0.05$

また、TPD I (T2-T1) の平均値は 0.36 ± 3.75 mm, TPD II (T2-T1) の平均値は -0.46 ± 7.45 mm, TPD III (T2-T1) の平均値は -0.07 ± 5.87 mm, TPD IV (T2-T1) の平均値は 0.04 ± 4.64 mm であり、術前後に有意差は認められず、舌背-口蓋間距離についても同様に変化は軽微なものであった (表 3)。

3. Cep 計測値と矢状断 CBCT 画像上の計測値間の相関関係

ANB (T1) と TGL (T2) との間に正の相関 ($p < 0.05$) を示し、さらに ANB (T1) と TGL (T1) との間にも同様の傾向を認め、上顎前突傾向であるほど、術後の舌体長が大きく、術前の舌体長も同様に大きい傾向を認めた (表

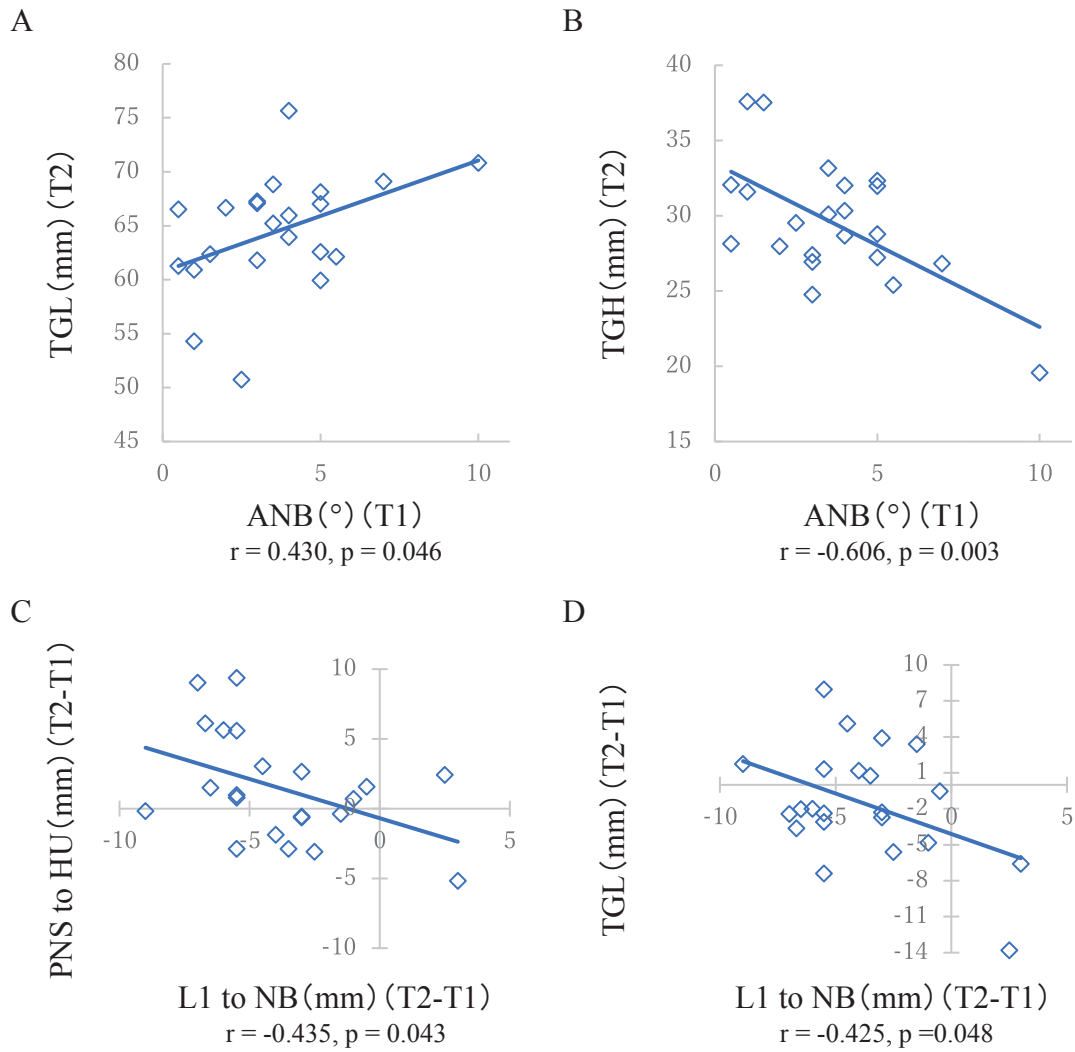


図5 側面セファログラム計測値と矢状断CBCT 画像上の計測値の相関
TGL (T2) と ANB (T1) の相関 (A), TGH (T2) と ANB (T1) の相関 (B), PNS to HU (T2-T1) と L1 to NB (T2-T1) の相関 (C), TGL (T2-T1) と L1 to NB (T2-T1) の相関 (D)

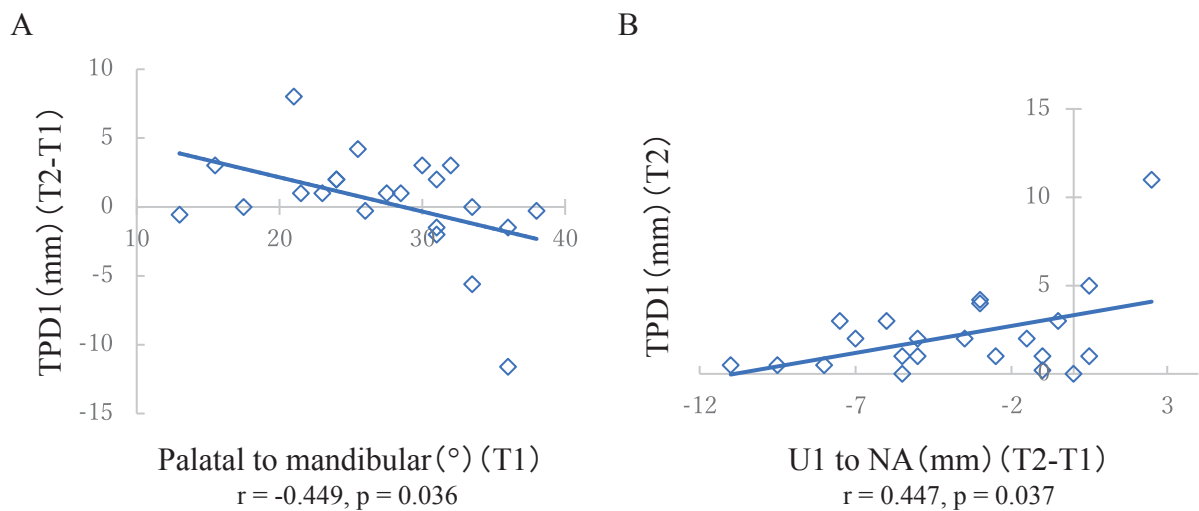


図6 側面セファログラム計測値と前頭断CBCT 画像上の計測値の相関
TPD I (T2-T1) と palatal to mandibular (T1) の相関 (A), TPD I (T2) と U1 to NB (T2-T1) の相関 (B)

4, 図5A)。

また, ANB (T1) と TGH (T2) との間に負の相関 ($p < 0.01$) を示し, さらに ANB (T1) と TGH (T2-T1) との間にも同様の傾向が認められ, 上顎前突傾向であると, 術後の舌背高が低位となる傾向を認めた (表4, 図5B)。

4. Cep 計測値と前頭断 CBCT 画像上の計測値間の相関関係

Palatal to mandibular (T1) と TPD I (T2-T1) との間に負の相関 ($p < 0.05$) を認め, 術前に上顎に対する下顎の開大度が大きいほど, 舌前方部の舌背-口蓋間距離が小さくなる傾向を認めた (表5, 図6A)。

5. 上下顎前歯部の後退量と CBCT 画像上の各計測値間の相関関係

L1 to NB (T2-T1) は, PNS to HU (T2-T1) と TGL (T2-T1) との間に有意な負の相関 ($p < 0.05$) を示し, 下顎前歯の舌側への後退量が大きいほど, 術後, 舌骨は PNS に対して後下方に下がり, 舌体長は大きくなる傾向を示した (表4, 図5C と D)。また, 被験者22名のうち2名は, 2 S.D. 以上の値で舌骨が後下方に移動していた (図5D)。

U1 to NA (T2-T1) と, TPD I (T2) との間に有意な正の相関 ($p < 0.05$) を認め, 上顎前歯の舌側への後退量が大きいほど, 術後舌の前方部は口蓋に近接する傾向を示した (表5, 図6B)。しかしながら, U1 to NA (T2-T1) と L1 to NB (T2-T1) は, TPD I, TPD II, TPD III および TPD IV の術前後の差 (T2-T1) との間に有意差は認められなかった (表5)。

考 察

Jiang ら⁹⁾や Kim ら¹⁰⁾の研究など, CBCT 画像を用いて舌位, 舌骨の位置, 気道の大きさを三次元的に評価している研究は散見されるものの, 前歯の舌側への移動量と矯正治療前後の舌位や, 舌骨の位置の相関について CBCT 画像を用いて詳細に検討している報告はこれまでにない。そこで, 本研究では Cep 画像と CBCT 画像を用い, 矯正治療前後において, 上下顎前歯の舌側への移動量の違いによって舌位や舌骨の位置がどのように変化するのか比較検討した。

1. Cep 上の分析項目の計測値と術前後の比較

表1に示すように, ANB, FMA, Palatal to mandibular の術前後の変化は軽微であり, 矯正治療前後において顎骨に大きな変化は認められなかったと考えられたが, 上下顎前歯は舌側へ有意に移動した ($p < 0.05$)。被験者全体において小臼歯抜歯を伴う矯正治療を行った被験者が22名中17名と多数であり, そのために上下顎前歯は舌側へ有意に

移動したと考えられた。

2. CBCT 画像上の各計測項目の計測値と術前後の比較

Bhatia ら¹¹⁾は, 抜歯群では前歯の舌側への移動によって舌が後方に移動することが推察されたとしているが, 本研究においては, 表2に示すように, T1 と T2 の間に舌骨の位置や, 舌の高さや長さに関するすべての項目で有意な変化は認められず, Bhatia ら¹¹⁾とは異なる結果を示した。この理由として, 彼らの研究では前歯の舌側移動量が, 上顎前歯で7.75 mm, 下顎前歯で7.15 mm であったのに対して, 本研究は3.8 mm (表1) であったことから, 約2倍大きかったことに起因したものと考えられた。

3. Cep 計測値と矢状断 CBCT 画像上の計測値間の相関関係

表4に示すように, ANB (T1) と TGL (T2) との間に有意な負の相関 ($p < 0.05$) (相関係数: 0.430) を示し, 上顎前突傾向であるほど, 術後の TGL は大きくなった。また, ANB (T1) と TGL (T1) との間には有意な相関は認められなかったものの, ANB (T1) と TGL (T2) の相関と同様の傾向 (相関係数: 0.394) を示した。これは上顎前突傾向があると, 上顎骨が前方に位置するため, 舌が長いという形態的特徴を示したのではないかと考えられた (図5A)。

Guo ら¹²⁾は, 骨格型 I 級の患者では, 小臼歯抜歯を伴う矯正治療によって舌骨の後方移動を引き起こす傾向が認められる一方, ハイアングル傾向の骨格型 II 級の抜歯症例の患者では, 中咽頭のサイズや舌骨の位置に影響を及ぼすことはなかったと報告している。一方, 本研究では, 表4に示すように, ANB (T1) と TGH (T2) との間に負の相関 ($p < 0.01$) (相関係数: -0.606) を示した。また, ANB (T1) と TGH (T2-T1) との間に有意な相関は認められなかったが, ANB (T1) と TGH (T2) との相関と同様の傾向 (相関係数: -0.377) が認められたため, 上顎前突傾向であるほど, 術後の舌背高が低位となる傾向を認めたものと考えられた (図5B)。

このことに関して, Guo ら¹²⁾は歯列弓が狭い骨格型 II 級の患者に対して歯列弓拡大を行ったとしており, これによって舌のスペースが水平的に確保されたために, 前歯の舌側移動によって口腔内の舌のスペースが減少したと考えられた。したがって, 歯列弓拡大を行っていない本研究においては, Guo ら¹²⁾の報告と異なり, 前歯の後退に伴い舌は前後的なスペースが失われたことで, 低位舌になったものと考えられた。

4. Cep 計測値と前頭断 CBCT 画像上の計測値間の相関関係

表5に示すように, 上顎に対する下顎の開大度 (Palatal

to mandibular) が大きいものほど、術後に犬歯相当部の舌の舌背-口蓋間距離 (TPD I) が小さくなる傾向 ($p < 0.05$) を示した (図 6 A)。上顎に対する下顎の開大度が大きいものは開咬の傾向を示し、舌を前方へ突出する傾向がある¹³⁾ため、前歯の後方への移動に伴い、舌前方部と口蓋との距離が小さくなる結果を示したと考えられた。

5. 上下顎前歯部の舌側への後退量と CBCT 画像上の計測値との相関関係

TGL の T2-T1 は -1.53 ± 4.72 mm で負の値を取り (表 2)、多くの症例で術後に TGL は小さくなり、さらに PNS to HU や B to HU の術前後の変化は軽微であったため、舌骨の位置は後下方へと変化していないことが考えられた。しかしながら、L1 to NB (T2-T1) と、TGL (T2-T1) と PNS to HU (T2-T1) との間には有意な負の相関 ($p < 0.05$) を示したことから、下顎前歯の舌側への後退量が著しく大きい症例であると、術後の TGL は大きくなり、舌骨は後下方に移動する傾向を示した (図 5 C および D) と考えられた。

これは Guo ら¹²⁾の報告を支持する結果となり、下顎前歯の後退量が大きいことによる、舌の後方への押し込みが要因となっていると考えられた。また、舌骨の位置が後下方に変化した要因として、舌骨を挙上する舌骨上筋群の筋力の低下が考えられ、口腔筋機能療法によって舌に関与する筋肉のトレーニングを行う必要があると考えられた。したがって今後の研究において矯正治療前後の舌圧などの舌に関与する筋力の測定を行い、舌に関する筋力が矯正治療に与える影響について検討する必要があると考えられた。

また、22名中2名の舌骨が後下方に顕著に移動し、これらの被験者は術後、FMA の開大が認められ、また、保定期間中に開咬の傾向を示した。そのうちの1症例は上下顎劣成長の傾向を示していた。治療中に FMA が開大したり、術前に上下顎劣成長を示したりした場合、舌骨が後下方に移動する可能性が考えられるが、今後さらに資料数を増やし FMA の開大と舌骨の位置の相関について、検討を重ねる必要があると考えられた。

一方、上顎前歯の舌側への後退量が大きいほど、術後の犬歯相当部の舌は口蓋に近接する傾向を示した (表 5, 図 6 B)。これは、上顎前歯の後方への移動によって舌のスペースが失われていくことで、舌の前方部が口蓋に近接する傾向を示したものと考えられた。しかしながら、小白歯部から大白歯部にかけての舌背-口蓋間距離と、上下顎前歯部の舌側への後退量との相関は認められず、舌中央から後方部の低位舌との相関は認められなかった (表 5)。したがって、TPD II, TPD III, TPD IV は、矯正治療の影響をほとんど受けないものと考えられた。

矯正治療においては、正常な咬合を構築する目的で小白

歯抜歯を伴う治療を選択することが多い。特に、上顎前突傾向やハイアングル傾向の症例において、大白歯に最大の固定を適用する場合、アンカースクリューを用いた治療計画を立案することも少なくない。これについて、Liang ら¹⁴⁾は、上顎前突の患者に対して上顎歯槽部のアンカースクリューを用いた場合、上顎大白歯の圧下に伴い、下顎骨の反時計回りの回転が起こると報告している。また LaBanc ら¹⁵⁾は、下顎骨の前方への移動によって下顎骨に付着している舌骨上筋群である顎舌骨筋や顎二腹筋などが前上方に引き上げられ、舌骨は前上方に移動することを示している。加えて、Shi ら¹⁶⁾は、下顎を反時計回りに回転させることによって、上気道は拡大すると結論付けている。

したがって、上顎前突傾向やハイアングル傾向の症例において、抜歯を伴う矯正治療を行う場合、アンカースクリューを用いた矯正治療によって下顎骨に反時計回りのメカニクスを適用することで、低位舌や舌骨の後下方への移動の抑止に寄与できると考えられる。一方でアンカースクリューを用いることによって過度な前歯の舌側移動が生じる可能性もあるため、治療前の診断時に前歯の移動量を十分に検討する必要があると考えられた。

本研究では、資料に治療開始前および治療終了時の CBCT 画像を含むため、これを満たす被験者数が少なく十分なデータを収集できなかった。また、被験者数が十分でないために抜歯群と非抜歯群の比較や年齢による比較、性差についての検討を行えなかった。さらに、本研究では、舌の静的な状態について計測を行ったが、舌の動態まで考慮しなかった。今後は、さらに詳細な比較検討を遂行できるよう被験者数を追加して検討することが課題である。

結 論

本研究では、本学付属歯科病院歯科矯正科を受診した患者22名を対象とし、矯正治療前後の側面セファログラムと歯科用コンビーム CT を用いて、前歯の舌側への移動量の違いが舌位や舌骨の位置にどのように影響するか比較、検討を行い、以下の結論が得られた。

1. 下顎前歯の舌側への移動量が著しく大きいと、舌骨は後下方へと移動する傾向が認められた。
2. 上顎に対する下顎の開大度が大きいと、術後に舌前方部は口蓋に近接する傾向が認められた。
3. 上下顎前歯の舌側への移動量と小白歯から大白歯部での低位舌との相関は認められなかった。

本研究遂行にあたり、格別なるご指導とご鞭撻を賜りました日本大学歯学部歯科矯正学講座の本吉 満 教授、内田 靖紀 専任講師ならびに同講座の皆様へ深く感謝致します。

なお、本論文に関して、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) Brodie AG (1952) Considerations of musculature in diagnosis, treatment and retention. *Am J Orthod* 38, 823-835.
- 2) Brodie AG (1954) The fourth dimension in orthodontia. *Angle Orthod* 24, 15-30.
- 3) Weinstein S, Donald C, Lightle Y, Bruce B, Hugh E (1963) On an equilibrium theory of tooth position. *Angle Orthod* 33, 1-26.
- 4) Liégeois F, Albert A, Limme M (2009) Comparison between tongue volume from magnetic resonance images and tongue area from profile cephalograms. *Eur J Orthod* 32, 381-386.
- 5) 脇田 稔, 井出吉信 (2018) 口腔解剖学. 2 版, 医歯薬出版, 東京, 117, 177-178.
- 6) Kan SG, Kawamoto T (2004) Effect of position of the hyoid bone relative to the oral cavity on occlusion and skeletal patterns. *J Osaka Dent Univ* 38, 73-81.
- 7) Chen W, Mou H, Qian Y, Qian L (2021) Evaluation of the position and morphology of tongue and hyoid bone in skeletal class II malocclusion based on cone beam computed tomography. *BMC Oral Health* 21, 475.
- 8) Sharma K, Shrivastav S, Sharma N, Hotwani K, Murrell MD (2014) Effects of first premolar extraction on airway dimensions in young adolescents. *Contemp Clin Dent* 5, 190-194.
- 9) Jiang YY (2016) Correlation between hyoid bone position and airway dimensions in Chinese adolescents by cone beam computed tomography analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 45, 914-921.
- 10) Kim SH, Choi SK (2020) Changes in the hyoid bone, tongue, and oropharyngeal airway space after mandibular setback surgery evaluated by cone-beam computed tomography. *Maxillofac Plast Reconstr Surg* 42, 27.
- 11) Bhatia S, Jayan B, Chopra SS (2016) Effect of retraction of anterior teeth on pharyngeal airway and hyoid bone position in Class I bimaxillary dentoalveolar protrusion. *Med J Armed Forces India* 72, s17-s23.
- 12) Guo R, Wang S, Zhang L, Li L, Yu Q, Huang Y, Li W (2022) Oropharynx and hyoid bone changes in female extraction patients with distinct sagittal and vertical skeletal patterns: a retrospective study. *Head Face Med* 18, 31.
- 13) 堀内彬代, 飯塚美穂, 茂木悦子, 大久保真衣, 齋藤晶子, 高田 彩, 飯島由貴, 野村真弓, 末石研二 (2015) 開咬における安静時舌位の超音波診断装置を用いた客観的評価. *歯科学報* 115, 393-399.
- 14) Liang W, Tang Y, Huang WB, Han B, Lin JX (2022) Efficacy of vertical control by using mini-implant anchorage in maxillary posterior buccal area for Angle class II extraction patients. *Journal of Peking University*, 340-345 (in Chinese).
- 15) LaBanc JP, Epker BN (1984) Changes of the hyoid bone and tongue following advancement of the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 57, 351-356.
- 16) Shi X, Chen H, Lobbezoo F, Berkhout E, de Lange J, Guo J, Aarab G (2021) Effects of miniscrew-assisted orthodontic treatment with premolar extractions on upper airway dimensions in adult patients with class II high-angle malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 159, 724-732.

アライナー型矯正装置に使用するアタッチメント装着時の分離材による影響

嘉悦 峻

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻口腔構造機能学分野
日本大学歯学部歯科矯正学講座
(指導: 本吉 満 教授, 納村泰弘 准教授, 平場晴斗 助教)

要旨

【目的】アライナー型矯正装置を用いた治療に併用するアタッチメントを歯面に付与する際に使用するテンプレートへの分離材塗布が、アタッチメントの形態や表面性状に与える影響については不明な点が多い。そこで、アタッチメント装着時の分離材の塗布が、テンプレートとアタッチメントとの間に生じる撤去力、アタッチメントの表面性状および硬さへの影響を検討した。

【方法】直方体のアタッチメント原型を用いてテンプレートを製作した。試料は、テンプレートのアタッチメント部の窪みにコンポジットレジンを入り、エッチングされたウシの切歯歯冠部エナメル質に圧接、光照射し作製した。テンプレートに対する分離材による処理は、ワセリンまたはレジン分離材をテンプレートのアタッチメント部の窪みに一層塗布した。コントロールは非塗布群とした。万能試験機を使用してテンプレート脱離までの最大力を測定し撤去力とした。共焦点レーザー顕微鏡によってテンプレート表面の性状観察と算術平均粗さ (Ra) 測定を行い、走査電子顕微鏡を用いて表面性状を観察した。微小硬さ試験機を用いて、光重合直後と24時間保管後のヌーブ硬さを測定した。測定値は、Tukey's HSD と paired *t*-test を用いて統計的に比較した。

【結果】撤去力は、ワセリン群とレジン分離材群に比べて非塗布群で有意に高く、ワセリン群とレジン分離材群は有意差が認められなかった。表面粗さは、各群間で有意差は認められなかった。共焦点レーザー顕微鏡および走査電子顕微鏡による表面性状では、ワセリン群とレジン分離材群は分離材による歪みのある表面が観察され、ワセリン群の方がより明瞭に観察された。光照射直後と照射24時間後のヌーブ硬さの比較では、非塗布群、ワセリン群、レジン分離材群の全てにおいて有意な増加が認められた。光照射直後における3群間の比較では各群間で有意差を示さなかったが、照射24時間後では非塗布群はワセリン群およびレジン分離材群に比べて有意に高かった。

【結論】アタッチメントの装着時にテンプレートに分離材を塗布することは、テンプレートの撤去を容易にする一方で、アタッチメントの表面性状や機械的性質に影響を与えることが示された。したがって、テンプレートに分離材の塗布を行う際、適正な方法で実施する必要があることが示唆された。

キーワード: アライナー型矯正装置, アタッチメント, レジン分離材, ワセリン

Effect of separating material on attachments used for aligner-type orthodontic appliances

Ryo Kaetsu

Department of Oral Structural and Functional Biology, Nihon University Graduate School of Dentistry
Department of Orthodontics, Nihon University of School of Dentistry
(Directors: Prof. Mitsuru Motoyoshi, Assoc. Prof. Yasuhiro Namura and Assist. Prof. Haruto Hiraba)

Abstract

【Purpose】 There is little information about the effects of applying separating materials to a template for bonding attachments used with aligner on the shape and surface texture of the attachments. The effects of applying the separating materials were investigated on the removal force generated between the template and the attachment, the surface texture, surface roughness, and surface hardness of the attachment.

【Method】 The template was made using a rectangular attachment prototype. The sample was prepared by filling a resin composite into the attachment cavity on the template with pressing it onto the etched enamel of a bovine incisor tooth, and curing it with light. Template were treated by applying a vaseline or a resin separating material to the attachment cavity. Control was the non-applied group. In a tensile test, a universal testing machine was used to measure the maximum force required to remove the template. The attachment surface was observed using confocal laser microscopy and arithmetic mean roughness (Ra) was measured. The surface texture was also observed using scanning electron microscopy. Using a microhardness tester, Knoop hardness was measured immediately after photopolymerization and after 24-h storage. Tukey's HSD and paired *t*-test were used to conduct comparisons statistically.

【Results】 The removal force was significantly higher for the non-applied group than for the vaseline group and the resin separator group, and no significant difference was observed between the vaseline group and the resin separator group. No significant difference in surface roughness was observed among the groups. The surfaces of the vaseline group and the resin separator group had distortions due to the separating material, more clearly observed in the vaseline group. Significant increases in Knoop hardness numbers were observed in all groups when comparing immediately after light irradiation and 24-h storage. A comparison between the three groups immediately after light irradiation showed no significant differences between each group, but non-applied group after 24-h after was significantly higher than the vaseline group and the resin separator group.

(受付: 令和6年1月19日)

責任著者連絡先: 嘉悦 峻

日本大学歯学部歯科矯正学講座

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台1-8-13

TEL: 03-3219-8105

FAX: 03-3219-8365

E-mail: dery19006@g.nihon-u.ac.jp

【Conclusion】 It was shown that applying the separating materials to the template when placing the attachment reduced the removal force of the template, and also affected the surface texture and the hardness of the attachment. Therefore, it was suggested that an appropriate method is required when applying the separating on the template.

Keywords: aligner-type orthodontic appliance, attachment, separating material, vaseline

緒 言

近年、矯正歯科治療を行う成人患者において、従来から行われてきたマルチブラケット装置を用いた治療よりもアライナー型矯正装置を用いた治療の希望が増えている¹⁾。その理由として、アライナー型矯正装置は透明なマウスピースを用いることから、マルチブラケット装置と比較して治療期間中の装置装着による違和感が少なく、快適性と審美性に優れていることが挙げられる¹⁾。また、マルチブラケット装置で必要なアーチワイヤーの屈曲や結紮などの操作がないアライナー型矯正装置は、チェアタイムの短縮という術者と患者の両者にとっての有効性も報告されている²⁾。

アライナー型矯正装置による矯正歯科治療では、正常咬合にセットアップされた患者の歯列に向かって、元の歯列から歯が移動していく過程を分割し、各ステップの歯列をもとにマウスピースを成形する。患者は、歯科医師の指示に従って逐次的に各ステップのマウスピースを口腔内に装着することによって、マウスピースと位置の異なる歯に力をかけ、移動させることで正常咬合を確立する。しかしながら、本法ではマルチブラケット装置を用いる方法と比較して歯の挺出や回転のような移動は特に困難とされている^{3, 4)}。さらに小臼歯の便宜抜去を要するような歯の移動が大きい症例においては、計画した歯の移動が達成できないことがある。

そこで、歯の移動精度と効率を向上させる目的で歯面にコンポジットレジンを用いたアタッチメントを付与する方法が用いられている⁵⁾。この方法では、歯の移動を補助するための形態を付与した径 1～4 mm の半円形または直方体のコンポジットレジンを経ナメル質に接着し、その上からアライナー型矯正装置を装着する。アタッチメントは力の伝わる方向を制御し、その形状⁶⁾ や付与する位置⁷⁾ が歯の移動に影響を与えることから、アタッチメントを付与する条件は重要となる。

アタッチメントを歯面に接着する操作では、まず、コンピュータ上で患者歯列のスキャンデータの被接着歯冠部に適切なアタッチメントを設計し配置する。このデータを用いてアタッチメントが付与された形状の樹脂製の歯列模型を製作し、その歯列模型に加圧型成形器を用いて熱可塑性樹脂製シートを軟化圧接し、アタッチメントの形状を反映させたマウスピース型テンプレートを製作する。次に、患者の被接着歯に接着前処理を行い、マウスピース型テンプレート内面のアタッチメント部にコンポジットレジン

填入し、そのテンプレートを歯列に装着し、光照射によるコンポジットレジン硬化後にテンプレートを歯列から撤去する。実際の臨床操作では、このマウスピース型テンプレートを撤去する際に、コンポジットレジン填入部の窪みによってアタッチメントの破折や脱離などが生じてしまう恐れがある。一方、アタッチメントと同種の熱可塑性樹脂製シートを用いてナイトガードやマウスガードを製作する場合には、石膏模型上のアンダーカットから撤去しやすくするために分離材を用いる方法が報告されている⁸⁾。この方法と同様に、マウスピース型テンプレートのコンポジットレジン填入部に分離材を塗布することで、テンプレート撤去時の抵抗を小さくできると考えられるが、分離材の塗布がアタッチメントの形態や表面性状に与える影響については不明な点が多い。

そこで本研究では、アタッチメント装着時のマウスピース型テンプレート内面に対する分離材の塗布が、テンプレートとアタッチメントとの間に生じる撤去力、アタッチメントの表面性状および硬さへの影響を検討した。

材料および方法

1. 材料

アタッチメントの材料としては、光重合型コンポジットレジン（オルソリー ユニバーサルボンド ボンディング、ジーシーオルソリー、東京）を使用した。アタッチメントの装着に用いるテンプレートには、厚さ 0.5 mm のグリコール変性ポリエチレンテレフタレート（G-PET）製シート（Track A, フォレストアデント・ジャパン、東京）を用いた。分離材には、ワセリン（白色ワセリン、日医工、富山）およびアルギン酸ナトリウム水溶液（以下レジン分離材；アクロセップ、ジーシー、東京）を用いた。被着体には、齶蝕や亀裂のないウシの下顎切歯を使用した。被着面に対するエッチング剤として 37% リン酸ジェル（FineEtch, Spident, Incheon, Korea）を用いた。使用した材料を表 1 に示す。

2. 試料作製

アタッチメントの形態は従来から用いられている直方体（3.0 mm × 2.0 mm, 高さ 1.0 mm）に設定した⁹⁾。常温重合アクリルレジン（トレーレジン II, 松風、京都）の平面上に光重合型コンポジットレジン（築盛）を築盛し、実験用アタッチメントの原型を製作した。その原型に対して、加圧成型器（Biostar, JM ortho, 東京）を用いて、G-PET 製シートを軟化圧接してテンプレートを製作した。テンプレート

表1 使用材料

製品名	製造会社	Lot. No.	組成
テンプレート			
Track A, 0.5 mm	フォレストアデント・ジャパン	10874	グリコール変性ポリエチレン テレフタレート
分離材			
白色ワセリン	日医工	C00700	白色ワセリン
アクロセップ	ジーシー	2210111	アルギン酸ナトリウム 3% 水 97%
アタッチメント			
オルソリー ユニバーサルボンド ボンディング	ジーシーオルソリー	2306011	ジメタクリレート Bis-MEPP シリカ微粉末 ガラスフィラー リン酸エステルモノマー 光重合開始剤
表面処理剤			
FineEtch 37%	Spident	FE22420	リン酸 37%

Bis-MEPP: 2,2-bis[4-(2-methacryloxyethoxyphenyl)] propane



図1 撤去力測定試験装置

は、アタッチメント部を中心に5 mm 四方で切断し、その一端をわずかに捲り上げ、直径1 mm の穴を付与し直径0.25 mm のステンレス鋼線を結び付けた (図1)。

被着試料の製作では、まずウシの下顎切歯の歯根を切断し、歯冠部唇側面のエナメル質が直径6~8 mm 露出するように常温重合アクリルレジン (トレージン II, 松風) にて包埋した。平坦なエナメル質表面を得るために、モデルトリマー (Y-230, ヨシダ, 東京) にて調整後、耐水研磨紙 #2,000 (Fuji Star DCCS-H, 三共理化学, 桶川) で注水研削, 研磨した。蒸留水を用いて超音波洗浄を5分間行い, 余分な研削片を除去した後, 圧縮空気乾燥させた。アタッチメント接着前の歯面処理は, 製造者指示に従

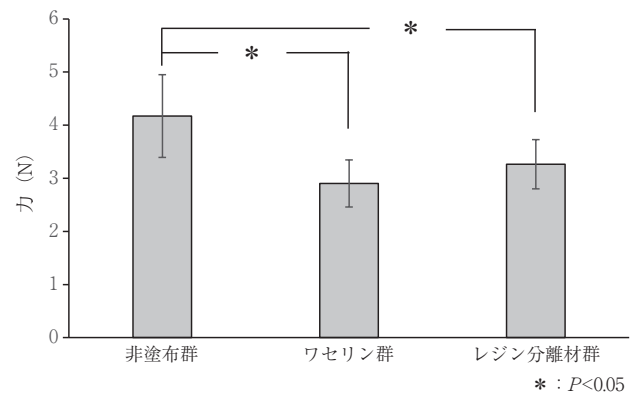


図2 各条件におけるテンプレートの撤去力

い, 37% リン酸ジェル (FineEtch, Spident, Incheon, Korea) を歯面に20秒間塗布した後, 水洗後に圧縮空気十分に乾燥した。

テンプレートに対する分離材による処理は, 分離材塗布条件としてワセリン (白色ワセリン, 日医工, 富山) またはレジン分離材 (アクロセップ, ジーシー, 東京) を, テンプレートのアタッチメント部の窪みにマイクロブラシ (マイクロアプリーケータースーパーファイン, フィード, 横浜) を用いて一層塗布し (ワセリン群, レジン分離材群), またコントロールとして分離材の塗布を行っていないものを非塗布群とした。各テンプレートのアタッチメント部の窪みにコンポジットレジン (コンポジット) を填入し, 包埋試料の歯面を被覆し圧接後, 照射器 (Optilux 501, sds Kerr, CT, USA) を用いて, 歯面に対して平行なアタッチメン

ト部の面を上面として、上面とその面の長辺方向 2 方向の計 3 方向から 20 秒間ずつ計 60 秒間光照射を行った。

3. 引張試験による撤去力の測定

引張試験は、万能試験機 (Type 5500R, Instron, MA, USA) を使用して行った。引張試験用の試料は各群 10 個とし、テンプレートの端に固定したステンレス鋼線を被着歯面に対して垂直方向にクロスヘッドスピード 1.0 mm/min で牽引し、テンプレート脱離までの最大力を測定し撤去力とした (図 1)。

4. 共焦点レーザー顕微鏡による表面粗さの測定および観察

共焦点レーザー顕微鏡 (VK-9710, キーエンス, 大阪) を用いて表面観察と算術平均粗さ (Ra) を測定した。試料は各群 10 個とし、テンプレート撤去後の試料を蒸留水にて 5 分間超音波洗浄し、乾燥後、アタッチメント上面中央部を共焦点レーザー顕微鏡にて拡大率 400 倍で走査し、表面性状を観察した。また、解析ソフト (VK analyzer, キーエンス) にて表面の Ra を計測し、各群の平均値を表面粗さとして評価した。

5. 走査電子顕微鏡 (SEM) による観察

SEM (ERA-8800FE, エリオニクス, 東京) を用いて、テンプレート撤去後のアタッチメントの表面性状を観察した。試料は、テンプレート撤去後の試料を蒸留水にて 5 分間超音波洗浄を行い、ブタノールにて脱水後、凍結乾燥機 (モデル ID-3, エリオニクス) で -20°C の条件で 30 分間乾燥した。次いでイオンコーター (Quick Coater Type SC-201, サンユー電子, 東京) で金蒸着した後、アタッチメント上面中央部を加速電圧 10 kV, 拡大倍率 50 倍, 1,000 倍の条件下で観察した。

6. ヌープ硬さの測定

ヌープ硬さの測定は、各試料のテンプレート撤去後のアタッチメント上面中央部を測定部位として行った。測定は、微小硬さ試験機 (HVM-2, 島津製作所, 京都) を用いて、負荷荷重 98.7 mN, 荷重保持時間 15 秒の条件で行った。各群 20 個の試料を作製して半分に分け、光重合直後と 36°C の

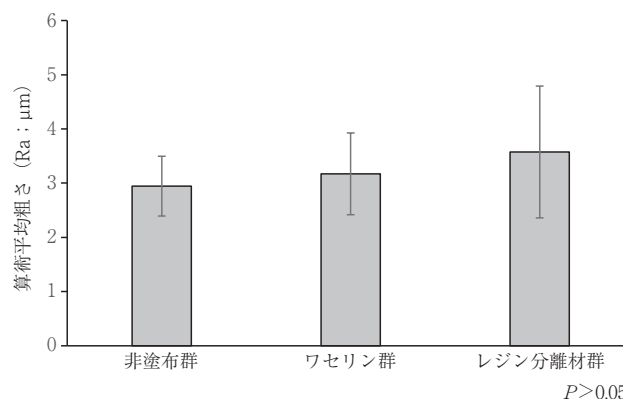


図 3 各条件における表面粗さ

蒸留水内に 24 時間保管後の 2 時点において測定した。

7. 統計分析

本研究のサンプルサイズは統計解析ソフト (G Power, University Kiel, Germany) を用いて検出力 80%, 信頼区間 95% で求めた。すべての分析は統計解析ソフト (EZR on R Commander, 自治医科大学, 埼玉) を用いて行った。Kolmogorov-Smirnov 検定で正規性が認められ, Bartlett 検定で等分散性が認められたため, パラメトリック統計法を選択した。撤去力, 平均粗さおよびヌープ硬さの結果については, Tukey's HSD を用いて各群間の多重比較を行い, 光重合直後と 24 時間後のヌープ硬さの結果については paired *t*-test を用いた。検定は有意水準 5% で判定した。

結 果

1. 撤去力

引張試験の結果を図 2 に示す。撤去力が最も大きかったのは非塗布群の 4.2 N であった。ワセリン群は 2.9 N であり, レジン分離材群は 3.3 N であった。ワセリン群とレジン分離材群に比べて非塗布群は有意に高く, ワセリン群とレジン分離材群との間には有意差が認められなかった。分離材の塗布によって撤去力が 21~31% 減少した。

2. 表面粗さ (Ra)

Ra の結果を図 3 に示す。Ra は, 非塗布群が $2.9 \mu\text{m}$, ワ

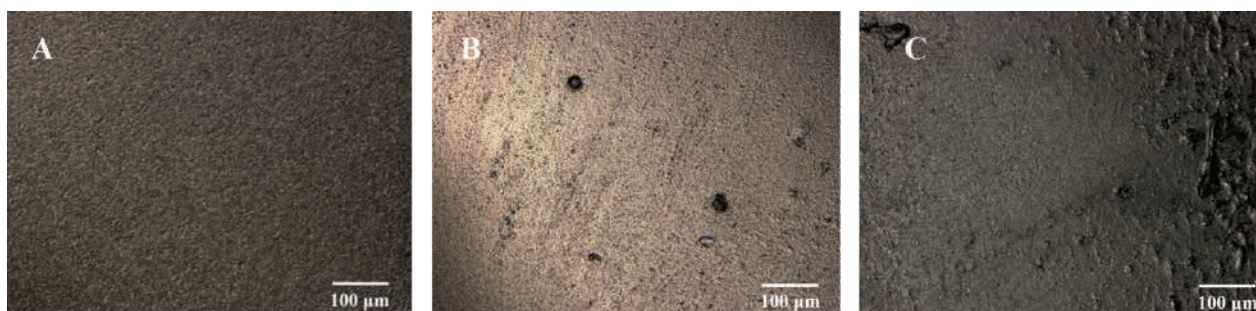


図 4 アタッチメント表面のレーザー顕微鏡画像 (A: 非塗布群, B: ワセリン群, C: レジン分離材群)

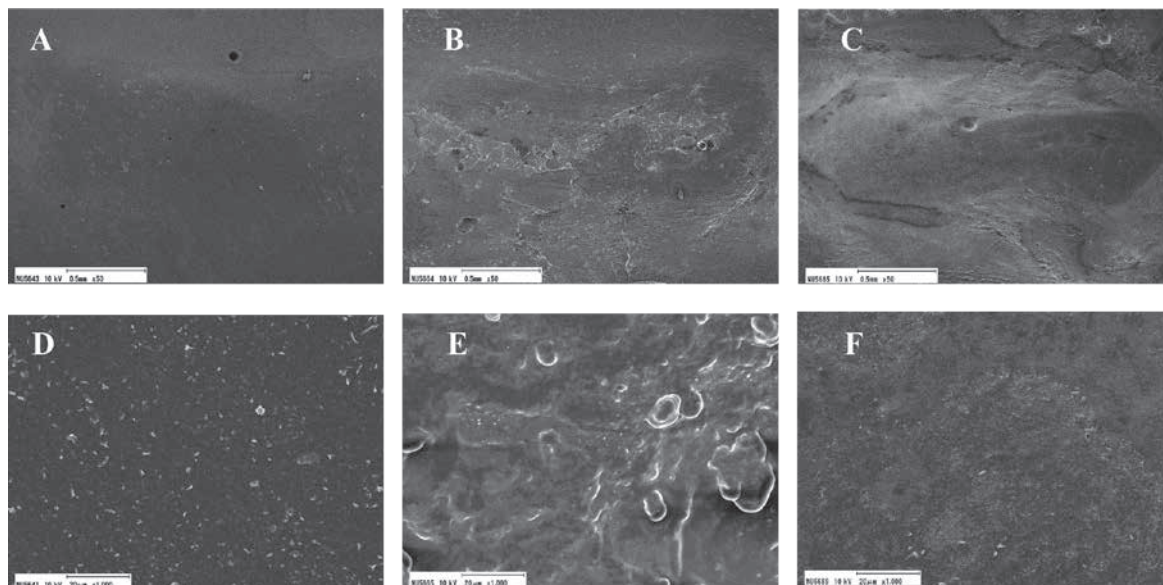


図5 アタッチメント表面の走査電子顕微鏡画像 (A, D：非塗布群, B, E：ワセリン群, C, F：レジン分離材群 [A, B, C：拡大率50倍, D, E, F：拡大率1,000倍])

表2 ヌープ硬さ (HK)

	非塗布群	ワセリン群	レジン分離材群
光照射直後	4.3 (0.6) ^{aA}	4.1 (0.5) ^{aA}	4.1 (0.4) ^{aA}
照射終了から 24時間後	5.7 (0.9) ^{aB}	4.8 (0.4) ^{bB}	4.5 (0.5) ^{bB}

()：標準偏差

上付き英小文字は、同じ計測時点での3群の多重比較の結果を表し、英大文字は各群での光照射直後と24時間後の比較を表す。異なる文字間では有意差 ($P < 0.05$) があることを示す。

セリン群が3.2 μm 、レジン分離材群が3.6 μm であった。各群間で有意差は認められなかった。

3. 共焦点レーザー顕微鏡およびSEMによる表面性状

共焦点レーザー顕微鏡による各群の代表的な観察像を図4に示す。レジン分離材群の試料表面では、他の群で認められなかった小さな隆起が観察された(図4C)。SEMを用いた各群の観察像を図5に示す。50倍の拡大像では、非塗布群はワセリン群およびレジン分離材群と比較して平滑な表面であった。また、1,000倍の拡大像では、非塗布群にはフィラーによる細かい粒子が認められ、ワセリン群とレジン分離材群は分離材による歪みのある表面が観察され、ワセリン群の方がより明瞭に観察された。

4. ヌープ硬さ

ヌープ硬さの測定結果を表2に示した。光照射直後と比較して照射24時間後のヌープ硬さは、非塗布群、ワセリン群、レジン分離材群の全てにおいて有意な増加(10~

33%)が認められた。光照射直後における3群間の比較では、非塗布群が4.3、ワセリン群が4.1、レジン分離材群が4.1であり、各群間で有意差を示さなかった。また、照射24時間後では、非塗布群が5.7、ワセリン群が4.8、レジン分離材群が4.5であり、非塗布群とワセリン群、非塗布群とレジン分離材群の間で有意差を示した。

考 察

アライナー型矯正装置を用いる矯正歯科治療において、歯の移動精度を向上させる目的でアタッチメントが併用される¹⁰⁻¹²⁾。そのため、テンプレートの撤去時にアタッチメントが変形や破折するなどの理由が必要とする形態が得られないことは、治療効果に大きく影響する。そこで、分離材塗布による撤去力に対する影響およびアタッチメントの表面性状に対する影響について検討した。

本研究では、テンプレート撤去時の力について、引張試験による歯面からの撤去力の比較を行った。その結果、撤去力は非塗布群で4.2 Nであったのに対して、ワセリン群

では 2.9 N, レジン分離材群では 3.3 N と非塗布群よりも有意に低かった。熱可塑性樹脂製シート (ポリエチレンテレフタレートおよびポリウレタン) に Bis-GMA 系の歯科矯正用接着材を用いて, ステンレス鋼またはポリカーボネート-ポリエチレンテレフタレート製歯科矯正用付加装置を接着した Pariyatdulapak ら¹³⁾ の研究においては, 1.17~7.04 MPa のせん断接着強さが報告されている。一方, 本研究において撤去したテンプレートのコンポジットレジン充填部には凝集破壊によるレジンの残渣やテンプレートの破損は認められなかった。一方, 本研究では充填したコンポジットレジン分離材塗布の有無に関係なくテンプレートに接着させていない。したがって, 分離材の塗布はテンプレート撤去時にアタッチメントにかかる力を減少させることが示唆された。

次に, 分離材塗布によるアタッチメントの表面性状への影響について検討した。テンプレート撤去後のアタッチメント表面の算術平均粗さは, ワセリン群, レジン分離材群および非塗布群の 3 群間で有意差は認められなかった。可撤性義歯製作において加熱重合レジン填入時に石膏表面に対するアルギン酸ナトリウム水溶液分離材の塗布が表面粗さに及ぼす影響を調べた研究では, 薄く塗り広げられた 1 回の分離材塗布では非塗布とレジンの表面粗さは変わらなかったと報告されている¹⁴⁾。本研究の結果からも, 分離材の塗布の有無やその種類はコンポジットレジン表面粗さに大きな影響を及ぼさないことが示唆された。Jaramillo-Cartagena ら¹⁵⁾ は, nano-hybrid および nano-filling コンポジットレジン研磨システムによる表面粗さが 0.03~0.76 μm であったと報告している。本研究での表面粗さは, 非塗布群が 2.9 μm , ワセリン群が 3.2 μm , レジン分離材群が 3.6 μm であった。本研究では非研磨であり, テンプレートのレジン填入部内面の形状や分離材の影響によって大きな値となったと考えられる。

アタッチメントの表面観察の結果から, ワセリン群, レジン分離材群において, 分離材塗布によるアタッチメント表面性状の違いが観察された。共焦点レーザー顕微鏡による観察では, レジン分離材群の表面は小さな隆起が観察された。SEM の 50 倍拡大像についても, ワセリン群とレジン分離材群で乱れた表面の像が観察された。1,000 倍の拡大像において, 非塗布群にはコンポジットレジン表面にフィラーが認められたが, ワセリン群とレジン分離材群では分離材によって生じた歪みのある表面が観察され, ワセリン群の方が顕著であった。均一な薄い層に塗布することが困難な粘性のあるワセリンは表面の形態に影響することが考えられる。レジン分離材塗布後の圧縮空気の圧力や当てる方向による分離材の厚みが, 石膏から加熱重合レジンの除去しやすさおよびレジンの表面粗さに影響すると報告されている¹⁴⁾。本研究でも, テンプレートに塗布した分離材がコンポジットレジン表面性状に影響することを示し

ていることから, 分離材塗布によってテンプレート撤去時の撤去力減少に繋がっている一方で, 過剰に分離材を塗布するとアタッチメントの表面性状に影響を与えると考えられる。

アタッチメントのヌープ硬さは, 光照射直後では, 非塗布群が 4.3, ワセリン群が 4.1, レジン分離材群が 4.1 であり, 24 時間後では, 非塗布群が 5.7, ワセリン群が 4.8, レジン分離材群が 4.5 と上昇していた。マルチブラケット装置の接着についての研究において, 本研究で用いた製品と同じコンポジットレジンヌープ硬さは, 光照射から 24 時間後で 6.2 と報告されている¹⁶⁾。また, 9 種類の歯冠修復用コンポジットレジンバルクフィルタイプのヌープ硬さを調べた研究では, 光照射後の表面は 16.2~89.4 と報告されている¹⁷⁾。このように治療後に撤去することを前提として歯科矯正で用いられるコンポジットレジンとは硬さが大きく異なっている。本研究の結果では, 光照射から 24 時間後の試料表面のヌープ硬さは, 非塗布群と比較してワセリンやレジン分離材を塗布した群で有意に小さかった。コンポジットレジン硬さは, 含有するフィラーの機械的性質や量のみならず, 重合反応に関与する二重結合の反応数の増加に伴って上昇する¹⁸⁾。また, コンポジットレジン光照射終了後も重合反応が継続し¹⁹⁾, さらに, コンポジットレジン表面の吸水量の違いが硬さや摩耗量に影響することが報告されている²⁰⁾。本研究の結果は, テンプレート除去後も水分や油分を含んでいる分離材がコンポジットレジン表面に付着した状態であったことや, コンポジットレジン表面の微細な形態の違いが水分と接する面積を増加させたことによって, 24 時間水中保管後のヌープ硬さの有意な差を生じたと考えられる。

アライナー型矯正装置に併用するアタッチメントの装着時に, テンプレートに分離材を塗布することは, テンプレートの撤去を容易にする一方で, アタッチメントの表面性状や機械的性質に影響を与えることが示された。したがって, テンプレートに分離材の塗布を行う際, 適正な方法で実施する必要があることが示唆された。

結 論

本研究において, アライナー型矯正装置のためのマウスピース型テンプレートへの分離材塗布によって, アタッチメントからの撤去力およびアタッチメントの表面性状, 硬さに及ぼす影響を比較検討した結果, 以下の結論が得られた。

- 1) テンプレートへの分離材の塗布によって, アタッチメントからテンプレートの撤去に必要な力が減少した。
- 2) テンプレートへの分離材の塗布は, アタッチメントレジン表面粗さには影響しなかった。
- 3) アタッチメントの表面観察から, テンプレートに塗布した分離材による表面性状の変化が認められた。

- 4) アタッチメントのヌープ硬さは、光照射直後には有意差はなかったが、24時間後において非塗布群と比較して、分離材を塗布した群が有意に小さかった。

稿を終えるにあたり、多大なるご指導を賜りました日本大学歯学部歯科矯正学講座本吉満教授、納村泰弘准教授、歯科理工学講座平場晴斗助教に心より感謝申し上げます。また、本研究を通じ多大なるご指導とご協力をいただきました日本大学歯学部歯科保存学第I講座高見澤俊樹准教授、歯科理工学講座掛谷昌宏専任講師を始め、日本大学歯学部歯科矯正学講座、歯科理工学講座および歯科保存学第I講座の皆様へ深く感謝申し上げます。

本論文に関して、開示すべき利益相反はありません。

文 献

- 1) Ke Y, Zhu Y, Zhu M (2019) A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health* 19, 24.
- 2) Zheng M, Liu R, Ni Z, Yu Z (2017) Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res* 20, 127-133.
- 3) Boyd RL (2008) Esthetic orthodontic treatment using the invisalign appliance for moderate to complex malocclusions. *J Dent Educ* 72, 948-967.
- 4) Rossini G, Parrini S, Castorflorio T, Deregibus A, Debernardi CL (2015) Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod* 85, 881-889.
- 5) Jones ML, Mah J, O'Toole BJ (2009) Retention of thermoformed aligners with attachments of various shapes and positions. *J Clin Orthod* 43, 113-117.
- 6) Ayidağa C, Kamiloglu B (2021) Effects of variable composite attachment shapes in controlling upper molar distalization with aligners: a nonlinear finite element study. *J Healthc Eng* 21, 5557483.
- 7) Fan D, Liu H, Yuan CY, Wang SY, Wang PL (2022) Effectiveness of the attachment position in molar intrusion with clear aligners: a finite element study. *BMC Oral Health* 22, 474.
- 8) 山田純子, 岡本守人, 前田芳信, 堀坂充広, 米畑有理, 町博之 (2002) マウスガード製作過程における作業模型表面処理の影響. *スポーツ歯学* 5, 37-40.
- 9) Dasy H, Dasy A, Asatrian G, Rózsa N, Lee HF, Kwak JH (2015) Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention. *Angle Orthod* 85, 934-940.
- 10) Gomez JP, Peña FM, Martínez V, Giraldo DC, Cardonad CI (2015) Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: a three-dimensional finite element analysis. *Angle Orthod* 85, 454-460.
- 11) Ho CT, Huang YT, Chao CW, Huang TH, Kao CT (2021) Effects of different aligner materials and attachments on orthodontic behavior. *J Dent Sci* 16, 1001-1009.
- 12) Takara Y, Haga S, Kimura H, Maki K (2022) Mechanical analysis of factors affecting clear aliner removability. *Dent Mater J* 41, 534-544.
- 13) Pariyatdulapak N, Churnjitapirom P, Sriksirin T, Viwattanatipa N (2021) Bond strength of orthodontic buttons on clear aligner materials. *Orthod Waves* 80, 224-231.
- 14) 緒方敏明 (1998) レジン床用分離材の分離効果についての研究. *日歯技工誌* 19, 32-35.
- 15) Jaramillo-Cartagena R, López-Galeano EJ, Latorre-Correa F, Agudelo-Suárez AA (2021) Effect of polishing systems on the surface roughness of nano-hybrid and nano-filling composite resins: a systematic review. *Dent J (Basel)* 9, 95.
- 16) Tezuka Y, Namura Y, Utsu A, Wake K, Uchida Y, Inaba M, Takamizawa T, Motoyoshi M (2021) Influence of pre-etched area and functional monomers on the enamel bond strength of orthodontic adhesive pastes. *Appl Sci (Basel)* 11, 8251.
- 17) Rizzante FAP, Duque JA, Duarte MAH, Mondelli RFL, Mendonça G, Ishikiriyama SK (2019) Polymerization shrinkage, microhardness and depth of cure of bulk fill resin composites. *Dent Mater J* 38, 403-410.
- 18) Comba A, Scotti N, Maravié T, Mazzoni A, Carossa M, Breschi L, Cadenaro M (2020) Vickers hardness and shrinkage stress evaluation of low and high viscosity bulk-fill resin composite. *Polymers (Basel)* 12, 1477.
- 19) Berchtold KA, Randolph TW, Bowman CN (2005) Propagation and termination kinetics of cross-linking photopolymerizations studied using electron paramagnetic resonance spectroscopy in conjunction with near IR spectroscopy. *Macromolecules* 38, 6954-6964.
- 20) 銀屋一彦 (1989) Bis・GMA-Tri・EDMA系化学重合型コンポジットレジンの摩耗に及ぼす含水量の影響. *日補綴歯会誌* 33, 1233-1246.

がん専門病院と医学部附属病院における周術期等 口腔機能管理の現状とその比較

内山 貴夫

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻 口腔構造機能学分野
日本大学歯学部口腔外科学第Ⅱ講座
(指導: 米原啓之 教授, 生木俊輔 専任講師)

要旨

【目的】 周術期における口腔の衛生管理には、誤嚥性肺炎の発症率の減少や入院日数の短縮などの効果があることが知られている。我が国では、2012年の診療報酬改定において周術期口腔機能管理が保険収載され、現在は、適応範囲の拡大と内容の拡充がなされた周術期等口腔機能管理が、主に病院歯科で運用されている。しかしながら、周術期等口腔機能管理の管理内容の標準化やガイドラインの作成は、現在なされていない。そこで、本研究では、周術期等口腔機能管理の内容の標準化を検討するための基礎的な知見を得ることを目的として、がん専門病院と総合病院である医学部附属病院における周術期等口腔機能管理の算定状況と歯科診療内容を調査、比較した。

【方法】 がん研究会有明病院歯科（がん研病院）と東京大学医学部附属病院口腔顎顔面外科・矯正歯科（東大医学部附属病院）において、2018年1月1日から2020年の12月31日までに周術期等口腔機能管理の対象となった患者（がん研病院：4,128人、男性51.7%、女性48.2%、東大医学部附属病院：1,433人、男性57.7%、女性42.2%）の診療記録から、周術期等口腔機能管理に関する各種の算定件数と歯科診療内容の情報を収集して、施設毎に集計した。

【結果】 3年間の周術期等口腔機能管理計画策定料の総件数は、がん研病院が4,128件、東大医学部附属病院が1,433件であった。周術期等口腔機能管理料（Ⅰ）、（Ⅱ）および（Ⅲ）の合計件数に占める各管理の割合は、両施設のいずれの年も周術期等口腔機能管理料（Ⅲ）が最も高かった。また、周術期等口腔機能管理料（Ⅱ）の割合は、周術期等口腔機能管理料（Ⅰ）よりも多かった。スケーリング、抜歯、マウスピース製作、暫間固定の総件数に占める各項目の割合は、両施設ともスケーリングが最も高く、同じく術後感染症の予防を目的とする抜歯を合わせた割合は両施設とも8割を超えていた。周術期等口腔機能管理計画策定料1件当たりのスケーリングと抜歯の実施数は、どちらの処置もがん研病院が東大医学部附属病院を上回り、その差はスケーリングよりも抜歯が大きかった。

【結論】 周術期等口腔機能管理の内容の標準化の検討では、各病院に共通する状況と病院の特性による違いを考慮する必要があると考えられた。

キーワード: 周術期等口腔機能管理, がん専門病院, 医学部附属病院

Comparison of contents of perioperative oral management between the cancer special hospital and the university of faculty of medicine hospital

Takao Uchiyama

Nihon University Graduate School of Dentistry, Major in Oral structural and Functional Biology,
Nihon University School of Dentistry, Department of Oral and Maxillofacial Surgery
(Directors: Prof. Yoshiyuki Yonehara, Assist Prof. Shunsuke Namaki)

Abstract

【Purpose】 The effects of oral management on the prevention of aspiration pneumonia and reduced hospital stay have been elucidated, and public health insurance has covered perioperative oral management in Japan. However, there are no guidelines regarding perioperative oral care, and the content is expected to vary depending on the characteristics of each hospital. In this study, frequencies of perioperative oral management and the contents of dental treatment during its management were investigated at the Cancer Institute Hospital of Japan Foundation for Cancer Research (Cancer Hospital) and the University of Tokyo Hospital.

【Methods】 From medical records of patients who were subjected to perioperative oral management (Cancer Hospital: 4,128 patients, 51.7% men, 48.2% women; University of Tokyo Hospital: 1,433 patients, 57.7% men, 42.2% women), the number of each oral management and the contents of dental treatment was counted.

【Results】 The total number of plans for perioperative oral management during three years was 4,128 at the Cancer Hospital and 1,433 at the University of Tokyo Hospital, respectively. At both hospitals, the number of perioperative oral management (III) conducted during radiation therapy or chemotherapy was most common, and the number of perioperative oral management (I) conducted before hospitalization and after discharge, was less common. Regarding the proportion of each item in the total number of cases of scaling, tooth extraction, mouthpiece production, and temporary fixation, scaling was the highest at both facilities. The proportion of scaling and tooth extractions, both of which was to prevent postoperative infection, was exceeded 80% in both hospitals. The number of scaling and tooth extractions per perioperative oral management plan was higher in the Cancer Hospital than in the University of Tokyo Hospital, and the differences were markedly in tooth extractions.

【Conclusion】 These results suggest that it is necessary to consider the common situations of each hospital and the differences due to hospital characteristics, when considering the standardization of the content of perioperative oral management.

Keywords: perioperative oral management, cancer special hospital, university of faculty of medicine hospital

(受付: 令和6年1月24日)

責任著者連絡先: 内山貴夫
東京大学医学部附属病院 口腔顎顔面外科・矯正歯科
〒113-8655 東京都文京区本郷7-3-1

TEL: 03-5800-8669

FAX: 03-5800-6832

E-mail: UCHIYAMAT-ORA@h.u-tokyo.ac.jp

緒 言

周術期等口腔機能管理は、医科疾患治療時の合併症予防を目的として、主に病院歯科で行われている^{1,2)}。周術期等口腔機能管理の対象疾患は、がんや心臓疾患、人工股関節置換手術などの整形外科領域疾患、臓器移植手術（肝臓、心臓、他の臓器）、造血幹細胞移植術の対象となる疾患などがある¹⁾。がん治療には、手術、化学療法、放射線治療、緩和治療などがあるが、これらの治療の完遂には、合併して生じる有害事象のコントロールも重要であり、これには様々な口腔合併症も含まれる³⁾。また、がん患者以外においても、医科疾患治療時の口腔合併症の発症は、医科治療の成否に影響を及ぼす。

口腔の衛生管理によって誤嚥性肺炎の発症率が減少することが報告⁴⁾されて以降、我が国では2000年頃よりその重要性が医療界で広く認知されるようになった。周術期においても口腔の衛生状態を管理することによって、術後の創部感染や誤嚥性肺炎などの合併症の発生リスクと術後在院日数が減少することが明らかにされている^{1,4-6)}。がん治療では、口腔の衛生管理による入院期間の短縮、術後肺炎の減少、創部感染の減少が、口腔癌^{7,8)}、食道癌⁹⁻¹²⁾、肺癌^{5,13-15)}、肝臓癌¹⁶⁾について報告されている。また、近年、口腔の衛生管理のみならず、補綴治療や保存治療による口腔機能の改善を含む口腔機能管理が、がん患者への支持療法として広く適応されている⁶⁾。さらに、心臓血管手術、人工股関節置換手術、臓器移植手術、造血幹細胞移植術の患者においても、がん患者と同様に周術期に口腔の管理が行われている。

周術期における口腔の管理は、2012年度の診療報酬改訂において周術期口腔機能管理として保険収載され、2018年度の改訂では周術期等口腔機能管理となり、その適応範囲の拡大や内容の拡充がされている³⁾。様々な領域の外科手術や放射線治療、化学療法を行う際に歯科が介入し、術前から術後に至るまでの包括的な口腔機能管理を行うことで、周術期合併症を予防することを目的として病院歯科で運用され、その有効性が報告されている^{1,17,18)}。しかしながら、周術期等口腔機能管理の内容の標準化は現在なされておらず、ガイドラインの作成に向けた知見の蓄積が求められている⁶⁾。つまり、ガイドラインが存在しない現状において、病院の特性や対象患者が異なる病院施設間で周術期等口腔機能管理の内容に差があると予測される。

そこで、本研究では、周術期等口腔機能管理の内容の標準化を検討するための基礎的な知見を得ることを目的として、がん治療中心のがん専門病院と多様な疾患に対して高度専門的な治療を行っている医学部附属病院における周術期等口腔機能管理の実施状況と歯科診療内容を調べ、特性が異なる施設間を比較、検討した。

対象および方法

1. 対象

がん研究会有明病院歯科（以下、がん研病院）と東京大学医学部附属病院口腔顎顔面外科・矯正歯科（以下、東大医学部附属病院）において、2018年1月1日～2020年12月31日の3年間に周術期等口腔機能管理が行われた患者（がん研病院：4,128人、男性51.7%、女性48.2%、東大医学部附属病院：1,433人、男性57.7%、女性42.2%）を対象とした。年齢階級別の対象者数を図1に示す。

2. 調査方法

各施設の診療システムより後述の調査項目に関するデータ抽出を行い集計した。なお、本研究は、人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に従って、がん研究会有明病院倫理委員会（審査番号2021-GB-019）と東京大学医学部附属病院倫理委員会（審査番号2021227NI）の承認を得て実施した。

3. 調査項目

1) 周術期等口腔機能管理

周術期等口腔機能管理に関して、「歯科点数表の解釈」²⁾を参考に次のように分類し集計を行った。

・周術期等口腔機能管理計画策定料

がん等に係る手術、放射線治療、化学療法もしくは緩和ケアを受ける患者に対して歯科医師が対象患者に行う口腔機能管理の治療計画を立案することで、周術期等口

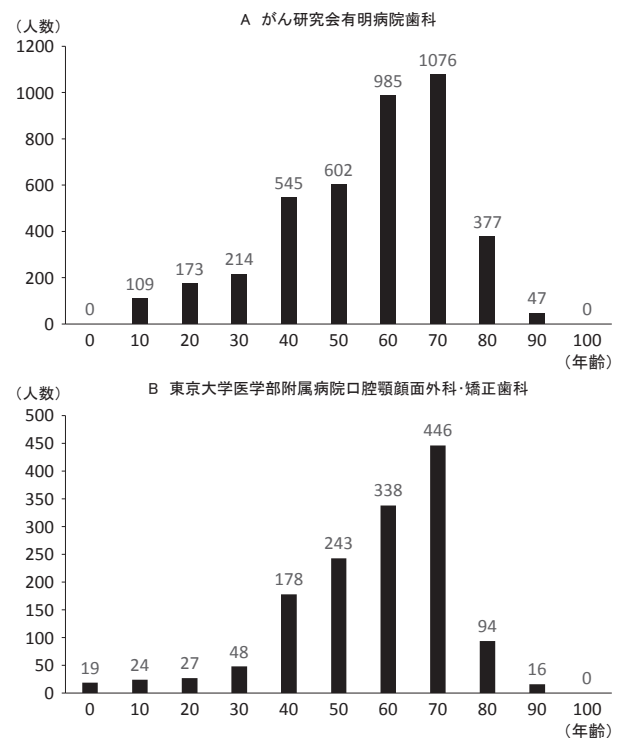


図1 年齢階級別対象者数

腔機能管理計画料を算定する。治療計画立案後、対象患者に対して口腔機能管理を行うことで、次に示す周術期等口腔機能管理料（Ⅰ）～（Ⅲ）を算定する。

- ・周術期等口腔機能管理料（Ⅰ）手術前
歯科医師が手術入院前の外来患者に対して口腔機能管理を行うこと。
- ・周術期等口腔機能管理料（Ⅰ）手術後
歯科医師が手術退院後の外来患者に対して口腔機能管理を行うこと。
- ・周術期等口腔機能管理料（Ⅱ）手術前
歯科医師が手術前の入院患者に対して口腔機能管理を行うこと。
- ・周術期等口腔機能管理料（Ⅱ）手術後
歯科医師が手術後の入院患者に対して口腔機能管理を行うこと。
- ・周術期等口腔機能管理料（Ⅲ）
歯科医師が放射線治療や化学療法を実施される患者の口腔機能管理を行うこと。
- ・周術期等専門的口腔衛生処置（1）
周術期の患者に歯科衛生士が専門的口腔衛生処置を行うこと。
- ・周術期等専門的口腔衛生処置（2）
放射線治療や化学療法を実施する患者に対して管理を行う歯科医師または歯科医師の指示を受けた歯科衛生士が粘膜に対する処置を行うこと。

2) 原疾患

周術期等口腔機能管理の対象となった患者の原疾患を、がん研病院においては、臓器毎にがんを、頭頸部がん、消化器がん、悪性リンパ腫、乳がん、膀胱がん、肺がん、卵巣がん、その他に分類、集計した。また、東大医学部附属病院においては、各種疾患が多岐に見られることから、悪性腫瘍、心臓疾患、人工股関節置換手術（変形性股関節症、関節リウマチ、大腿骨頭壊死）の対象疾患、臓器移植手術（肝臓、心臓、他の臓器）の対象疾患、造血幹細胞移植術の対象疾患、脳血管障害に分類、集計した。

3) 依頼科

両施設において周術期等口腔機能管理を歯科へ依頼した診療科を調査した。

4) 歯科診療内容

両施設において周術期等口腔機能管理の対象患者に行われた歯科診療内容として、スケーリング、抜歯、マウスピース製作、暫間固定の4項目の件数を調査した。

5) 手術件数

両施設で行われた年間手術件数を調査した。

結 果

1. 周術期等口腔機能管理

1) 周術期等口腔機能管理計画策定料

周術期等口腔機能管理の対象患者に対する治療計画を立案することで、同一症例において基本的に一度、周術期等口腔機能管理計画策定料が算定される。調査対象とした3年間の周術期等口腔機能管理計画策定料の総件数は、がん研病院が4,128件、東大医学部附属病院が1,433件であった。また、3年間に両施設で行われた手術件数は、がん研病院が25,353件、東大医学部附属病院が32,230件であった。各年毎の年間の手術件数と周術期等口腔機能管理計画策定料の件数を表1に、管理計画に基づいて実施、算定された周術期口腔機能管理料と周術期等専門的口腔衛生処置の種類別の件数を図2に示す。

2) 周術期等口腔機能管理料

術後合併症予防、歯の脱落や欠損の防止を目的として、

表1 年間の周術期等口腔機能管理計画策定料算定数と総手術件数

	2018年	2019年	2020年
がん研病院	1,477件/8,705件	1,424件/9,016件	1,257件/7,632件
東大医学部附属病院	400件/11,038件	591件/11,247件	442件/9,945件

周術期等口腔機能管理計画策定料算定数/総手術件数

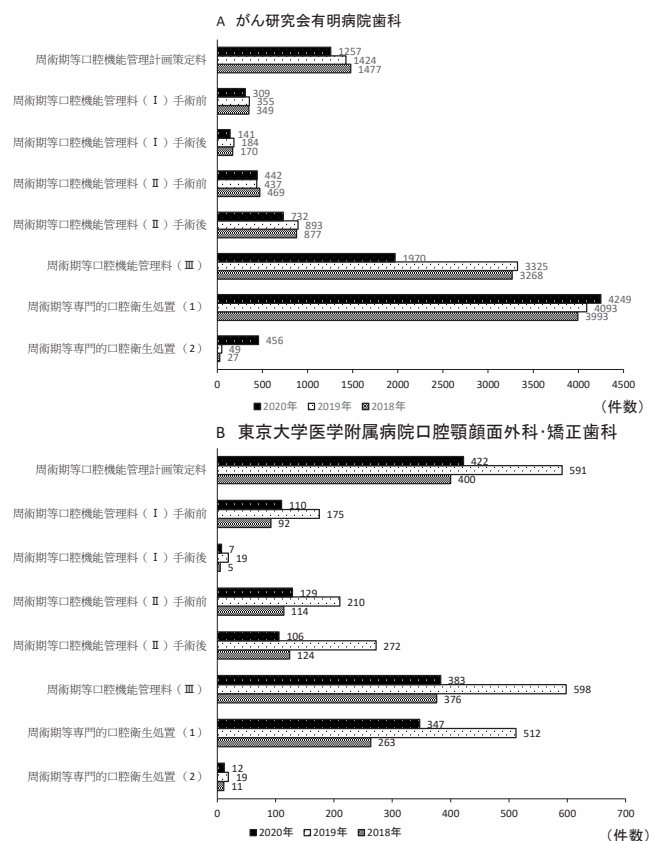


図2 周術期等口腔機能管理を実施した件数

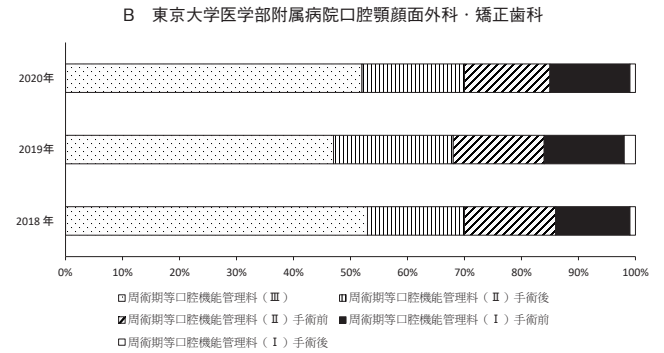
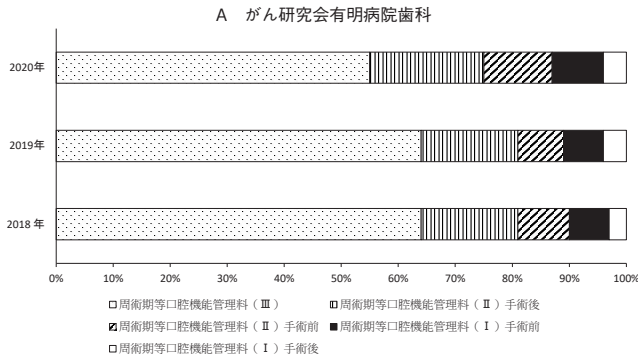


図 3 周術期等口腔機能管理料 (I) ~ (III) の割合

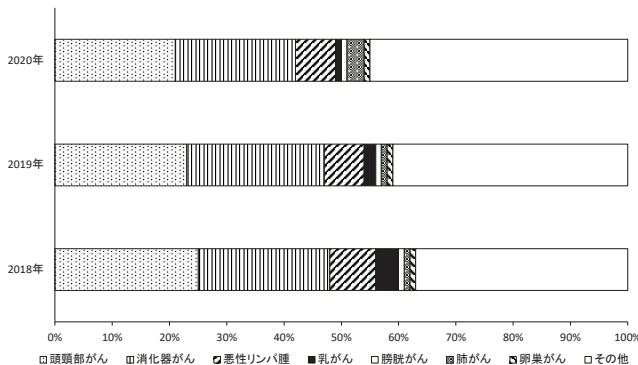


図 4 がん研究会有明病院歯科における周術期等口腔機能管理対象患者の病名の割合

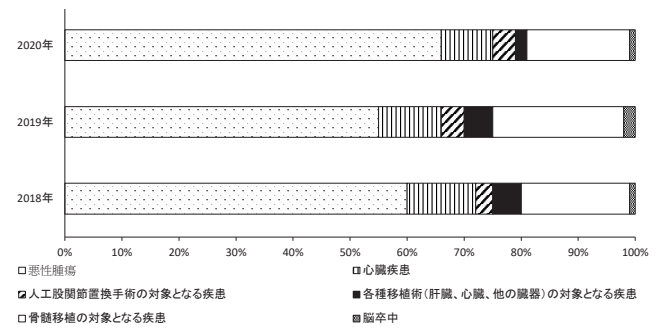


図 5 東京大学医学部附属病院口腔顎顔面外科・矯正歯科における周術期等口腔機能管理対象患者の病名の割合

主治医より依頼を受けて、歯科医師が診察を行うことで、入院前と退院後には周術期等口腔機能管理料 (I) が、入院中には周術期等口腔機能管理料 (II) が、必要に応じて算定される。各管理料の 3 年間の総件数は、がん研病院では、周術期等口腔機能管理料 (I) 手術前が 1,013 件、周術期等口腔機能管理料 (II) 手術前が 1,348 件、周術期等口腔機能管理料 (II) 手術後が 2,502 件、周術期等口腔機能管理料 (I) 手術後が 495 件であった。また、東大医学部附属病院では、周術期等口腔機能管理料 (I) 手術前が 377 件、周術期等口腔機能管理料 (II) 手術前が 453 件、周術期等口腔機能管理料 (II) 手術後が 502 件、周術期等口腔機能管理料 (I) 手術後が 31 件であった。

がん等にかかわる放射線治療、化学療法を実施またはこれを予定している患者または緩和ケアの対象となる患者に対して、主治医より依頼を受けて歯科医師が診察を行うことで、周術期等口腔機能管理料 (III) が算定される。3 年間の周術期等口腔機能管理料 (III) の総件数は、がん研病院では 8,563 件、東大医学部附属病院では 1,357 件であった。

両施設の 3 年間の周術期等口腔機能管理料 (I)、(II) および (III) の合計件数に占める各管理の件数の割合を図 3 に示す。両施設のいずれの年も周術期等口腔機能管理料 (III) の割合が最も高く、2019 年の東大医学部附属病院を除いて 50% 以上を占めていた。また、両施設とも周術期等口腔機能管理料 (II) の割合は、周術期等口腔機能管理

料 (I) よりも高かった。

3) 周術期等専門的口腔衛生処置

周術期の口腔機能管理を行っている患者に対して、管理を行う歯科医師の指示を受けた歯科衛生士が専門的口腔清掃を行った場合に周術期等専門的口腔衛生処置 (1) が算定される。3 年間の総件数は、がん研病院で 12,335 件、東大医学部附属病院で 1,122 件であった。放射線治療または化学療法を実施する患者に粘膜に対する処置を行なうことで算定される周術期等専門的口腔衛生処置 (2) の 3 年間の総件数は、がん研病院で 532 件、東大医学部附属病院で 42 件であった。がん研病院では、各年毎の周術期等専門的口腔衛生処置 (1) の件数に大きな差は無かったが、周術期等専門的口腔衛生処置 (2) は、2018 年の 456 件に対して 2019 年では 49 件、2020 年では 27 件と、大きく減少していた (図 2 A)。東大医学部附属病院では、2019 年の周術期等専門的口腔衛生処置 (2) の件数が 2018 年と 2020 年に比べてやや多く、周術期等専門的口腔衛生処置 (2) の件数に各年毎に大きな違いは認められなかった (図 2 B)。

2. 原疾患

周術期等口腔機能管理の適応となった患者の原疾患は、悪性腫瘍を臓器別に集計したがん研病院では、悪性腫瘍の総件数に占める頭頸部がんと消化器がんの割合が多かった

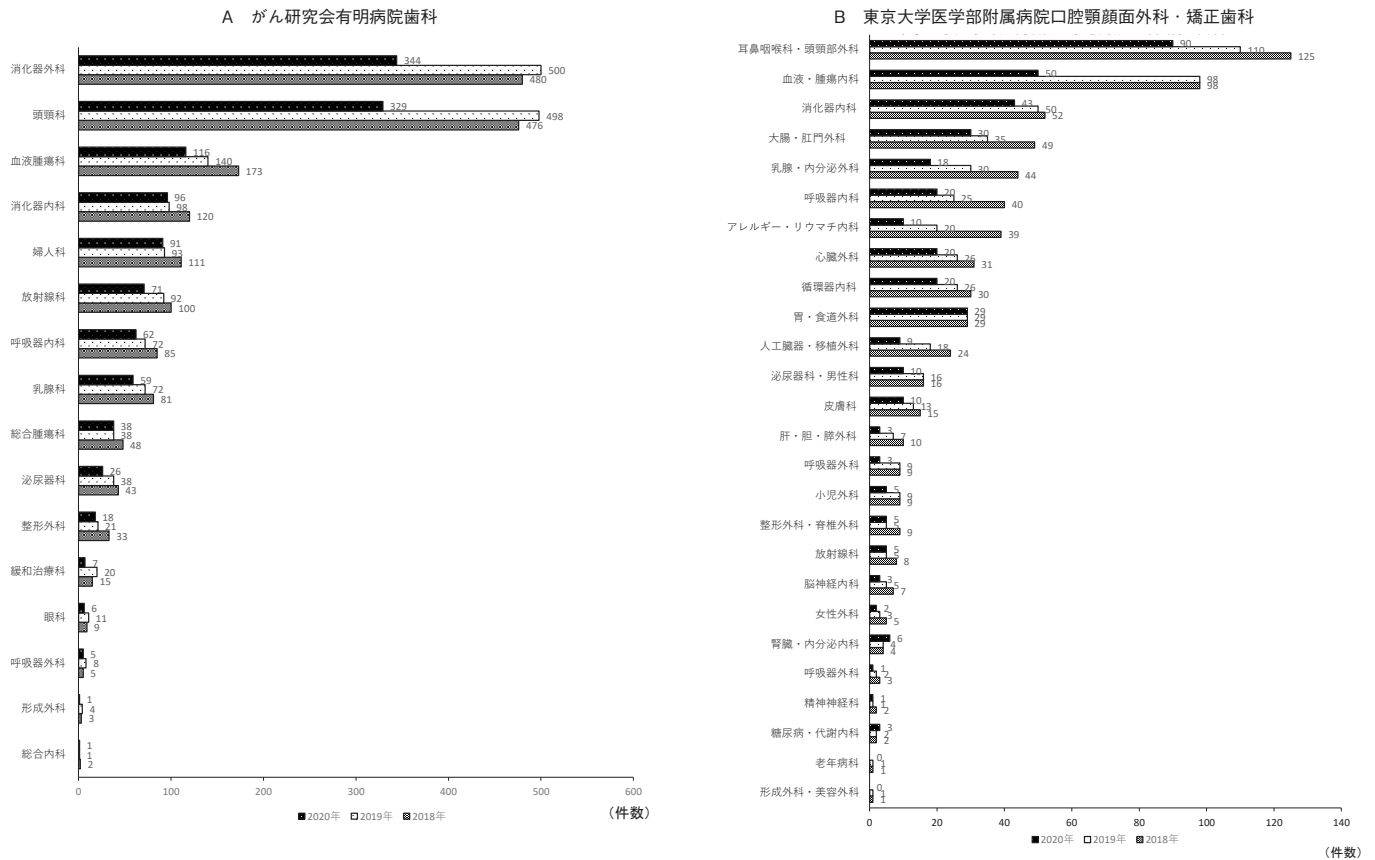


図6 依頼科別件数

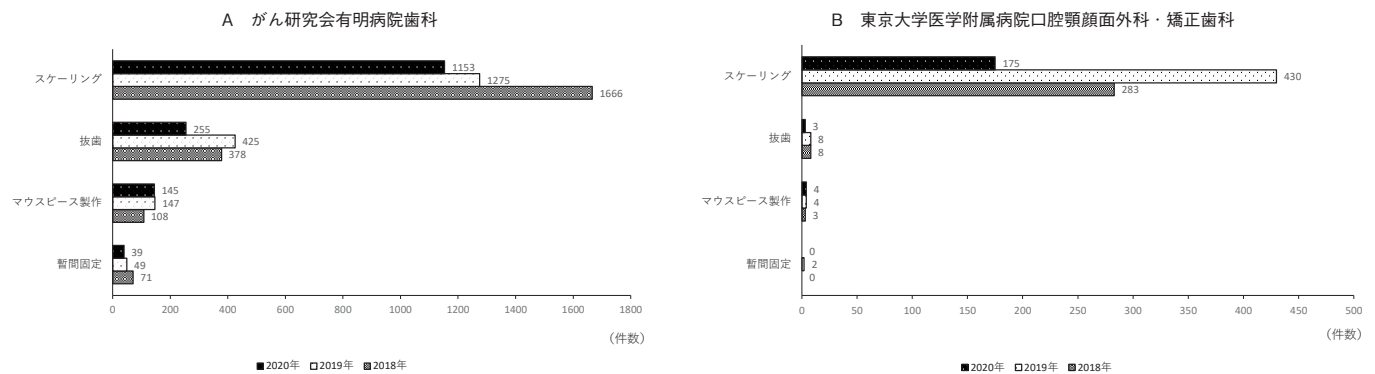


図7 歯科診療内容の件数

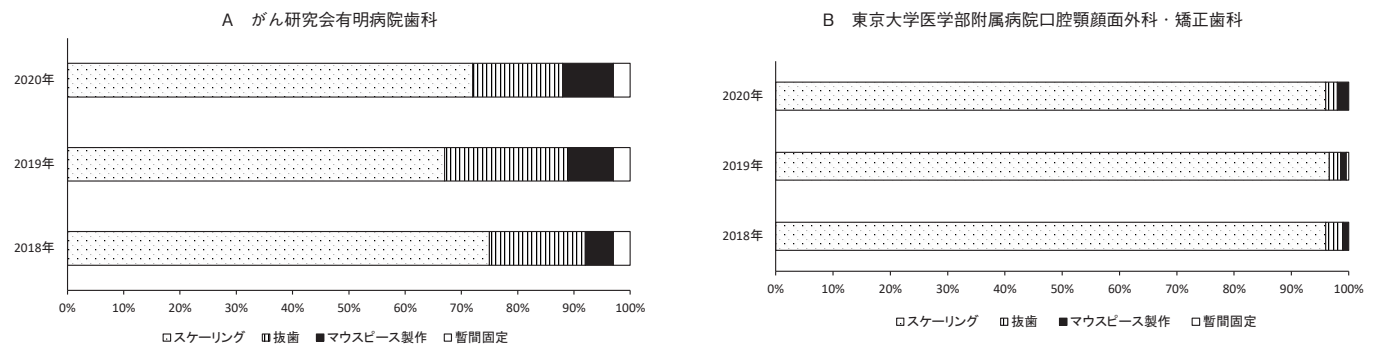


図8 診療件数の割合

表 2 3年間の周術期等口腔機能管理計画策定料の1件当たりのスケーリングと抜歯の実施数

	がん研病院	東大医学部附属病院
スケーリング	0.991件	0.441件
抜歯	0.256件	0.013件

(図4)。東大医学部附属病院では、悪性腫瘍以外に、心臓疾患、人工股関節置換手術、造血幹細胞移植術、脳血管障害と原疾患は多岐にわたり、これらの疾患の総数に占める割合では、悪性腫瘍と心臓疾患の割合が多かった(図5)。

3. 依頼科

がん研病院では消化器外科、頭頸科、血液腫瘍科(図6A)、東大医学部附属病院では耳鼻咽喉科・頭頸部外科、血液・腫瘍内科、消化器内科からの依頼件数が多かった(図6B)。

4. 歯科診療内容

歯科診療の内容別の件数は、がん研病院では、3年間でスケーリングが4,094件、抜歯が1,058件、マウスピース製作が400件、暫間固定が159件であった。また、東大医学部附属病院では、3年間でスケーリングが888件、抜歯が19件、マウスピース製作が11件、暫間固定が2件であった。両施設における各年毎のこれら歯科診療の総件数を図7に、歯科診療4項目の総件数に対する各項目の割合を図8に示す。両施設のいずれの年もスケーリングの割合が最も高く、がん研病院は年間67~75%、東大医学部附属病院は年間96~97%であった。抜歯の割合は、がん研病院で年間16~22%、東大医学部附属病院で年間2~3%、マウスピース製作の割合は、がん研病院で年間5~9%、東大医学部附属病院で年間1~2%であった。暫間固定の割合は両施設とも最も低く、いずれの年も、がん研病院で3%、東大医学部附属病院は1%未満であった。

3年間の周術期等口腔機能管理計画策定料の1件当たりのスケーリングと抜歯の実施数を表2に示す。周術期等口腔機能管理計画策定料の1件当たりの実施数は、スケーリングと抜歯のどちらの処置もがん研病院が東大医学部附属病院を上回っており、その差はスケーリングよりも抜歯で大きかった。

考 察

周術期等口腔機能管理については、各施設の実施状況の報告が散見される^{1,18)}が、異なる施設間での実施状況の違いは検討されていない。本研究において、周術期等口腔機能管理計画とそれに基づく各管理の件数は、総手術件数が少ないがん研病院が東大医学部附属病院よりも上回っていた。がん専門病院と多様な疾患に専門的な治療を行う医学部附属病院の特性の異なる病院では、口腔機能管理の実施

状況に違いがあることが明らかとなった。

周術期等口腔機能管理の種類別では、周術期等口腔機能管理料(Ⅲ)の割合が両施設とも最も多かった。周術期等口腔機能管理料(Ⅲ)の割合が多い理由としては、化学療法や放射線治療の期間が長いこと、治療による有害事象として口腔粘膜炎が認められること、および手術に加えて化学療法や放射線治療を行う症例があることなどが考えられる。また、両施設とも、周術期等口腔機能管理料(Ⅱ)の割合は手術前、手術後ともに、周術期等口腔機能管理料(Ⅰ)よりも多かった。周術期等口腔機能管理料(Ⅱ)は、入院中の患者が対象であるため歯科受診の日程や時間調整がしやすく、入院前後の管理となる周術期等口腔機能管理料(Ⅰ)よりも実施に至りやすいことなどが、両病院に共通する状況として考えられた。

周術期等口腔機能管理料(Ⅰ)と周術期等口腔機能管理料(Ⅱ)は、どちらも手術前は1回の実施、算定に限られるのに対して、手術後の実施、算定は、周術期等口腔機能管理料(Ⅰ)では3か月以内に3回、周術期等口腔機能管理料(Ⅱ)では手術後に月に2回(術後3ヵ月まで)と、必要に応じて複数回、可能である²⁾。本研究において、両施設とも周術期等口腔機能管理料(Ⅱ)手術後の割合は、同管理の手術前を上回ったのに対して、周術期等口腔機能管理料(Ⅰ)の手術後の割合は同管理の手術前を下回っていた。退院後の歯科受診に関しては、かかりつけ歯科医院への通院もしくは近隣の歯科医院に紹介受診するように指示を出すことが多いため、病院歯科における周術期等口腔機能管理料(Ⅰ)手術後の実施は手術前に比べて少ないと考えられる。しかし、退院後にかかりつけ歯科医院への通院再開が困難な場合には、病院歯科において周術期等口腔機能管理料(Ⅰ)手術後を活用して口腔を管理していく必要がある。他方、入院中よりも入院前の方が歯科的な治療に十分な時間が確保できると考えられることから、周術期等口腔機能管理料(Ⅱ)手術前だけでなく、周術期等口腔機能管理料(Ⅰ)手術前の運用を充実していくことも重要であると考えられる。

各種の周術期等口腔機能管理の件数の経年的な増加は、両施設において認められなかった。また、周術期等専門的口腔衛生処置(1)と(2)は、両施設、2019年に比べて2020年で件数が減少していた。超高齢化社会にある我が国では、周術期に口腔の管理や衛生処置が必要とされる患者は、今後も増加することが予想されている¹⁹⁾。本研究において周術期等口腔機能管理の実施に経年的な増加が認められなかった一因に、COVID-19の流行の影響が考えられる。感染症の流行が周術期等口腔機能管理の実施に及ぼす影響については、今後も検討が必要である。

周術期等口腔機能管理を依頼した科は、両施設とも口腔領域に密接に関係している頭頸部領域と消化器領域の診療科からの依頼が多かった。耳鼻咽喉科・頭頸部外科で内視

鏡下咽喉頭手術等の際には、術中マウスピースの装着が必要とされており²⁰⁾、両施設においてこれらの手術を担う科からの依頼が多いと考えられた。また、造血幹細胞移植術では、口腔粘膜炎の発生頻度が多いため²¹⁾、これを行なう診療科（がん研病院では血液腫瘍科、東大医学部附属病院では血液・腫瘍内科）からの依頼が結果に反映していると考えられた。

本研究では歯科診療項目として、スケーリング、抜歯、マウスピース製作、暫間固定の4項目の件数を調査した。口腔の衛生状態の改善に直結する歯科診療であるスケーリングが4項目中に占める割合は、東大医学部附属病院では9割を超え、がん研病院も7割近くに達していた。また、両施設の患者の性別割合は男性がやや多かったもののその差は小さく、年齢階級別の分布は広範囲であったことから、スケーリングは、病院の特性や入院患者の属性の影響が少なく実施される、周術期における基本的な歯科診療であると考えられた。抜歯は、両施設ともスケーリングに次いで多い処置であった。そこで、両施設の周術期等口腔機能管理計画策定料の1件当たりのスケーリングと抜歯の実施数を比較したところ、どちらの処置もがん研病院が東大附属歯科病院を上回っており、その差は抜歯の方が大きかった。がん研病院では、がん治療開始までに時間がなく、歯の保存治療に要する時間が確保できずに抜歯が選択される場合が、東大医学部附属病院よりも多いと考えられた。

過度な外力から歯を保護することを目的とするマウスピース製作と暫間固定は、術後感染の予防を目的に行われるスケーリングと抜歯に比べて、両施設とも実施が少なかった。また、マウスピース製作は東大医学部附属病院に比べてがん研病院が多かった。マウスピース製作は、抜歯の適応とならないが歯に動揺が認められる場合に行われる。また、耳鼻咽喉科・頭頸部外科で内視鏡下咽喉頭手術等の際には、術中マウスピースの装着が必要とされており²⁰⁾、両施設においてこれらの手術を担う科（がん研病院では頭頸科、東大医学部附属病院では耳鼻咽喉科・頭頸部外科）からの依頼でマウスピース製作をしている。本研究結果では、頭頸科からの依頼件数は、東大医学部附属病院よりもがん研病院が多く、マウスピース製作の割合に影響した可能性がある。

周術期におけるこれらの歯科診療については、現在、当該施設での判断で治療が行われているが、今後は、口腔機能管理を標準化することが必要であると考えられている²²⁾。本研究結果からは、がん専門病院と高度専門医療を幅広く提供する医学部附属病院では、周術期等口腔機能管理の実施と歯科診療の内容に、施設間で共通した状況とそれぞれの特徴が認められた。すなわち、周術期等口腔機能管理の内容の標準化の検討では、共通する事項とそれぞれの病院の特性によって生じる必要性の違いを考慮する必要がある

と考えられた。

本研究の限界としては、がん専門病院と大学医学部附属病院、それぞれ1施設に対する調査であること、患者の全身状態や現在歯数、歯周組織の状態などの口腔内の状態を調査していないこと、ならびに口腔由来の合併症予防に対する口腔機能管理の有効性を評価していないことがあげられる。今後、症例ごとの管理内容や治療必要度をよりの確に判断するための基準を確立して適切な治療時期や治療基準を設定することが、周術期における口腔管理の標準化に必要である。そのためにも、単施設・少数例の臨床報告だけでなく、多施設・多数例をもとにした臨床研究が不可欠である²³⁾。

結 論

本研究では、病院の特性が異なるがん専門病院と医学部附属病院を対象に、保険収載されている周術期等口腔機能管理と歯科処置の実施状況を調査、比較し、以下の結論を得た。

1. 周術期等口腔機能管理計画の算定数は、年間の手術件数が少ないがん専門病院において多かった。
2. 管理の種類別では、両施設とも周術期等口腔機能管理料(Ⅲ)、周術期等口腔機能管理料(Ⅱ)、周術期等口腔機能管理料(Ⅰ)の順に割合が高かった。
3. 歯科診療としては、スケーリング、抜歯、マウスピース製作、暫間固定の順に多く、術後感染の予防を目的に行われるスケーリングと抜歯の割合は、両施設とも8割を超えていた。
4. 周術期等口腔機能管理計画策定料1件当たりのスケーリングと抜歯の実施数は、医学部附属病院よりもがん専門病院で多く、その差はスケーリングよりも抜歯で大きかった。

本稿を終えるにあたり、懇切なるご指導、ご助言をいただきました日本大学大学院歯学研究科歯学専攻口腔構造機能学分野口腔外科学 米原啓之教授、生木俊輔専任講師、東京大学医学部附属病院口腔顎顔面外科・矯正歯科 星 和人教授、がん研究会有明病院 歯科 富塚 健部長、東京大学医学系研究科イートロス医学講座 米永一理特任准教授に心より御礼申し上げます。

なお、本論文に関して開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 若村祐宏, 越沼伸也, 山田友理子, 中川鈴子, 苗村真由子, 関口香奈子, 山田理人, 白井悠貴, 寺村 哲, 森 敏雄, 町田好聡, 河田優子, 望月美記代, 漆谷 真, 北川裕利, 山本学 (2021) 滋賀医科大学医学部附属病院におけるオーラルマネージメントシステムの臨床的検討. 滋賀医大誌 34, 27-32.
- 2) 鈴木俊一 (2022) 歯科点数表の解釈. 社会保険研究所, 東京, 133-137.
- 3) Epstein JB, Thariat J, Bensadoun RJ, Barasch A, Murphy BA, Kolnick L, Popplewell L, Maghami E (2012) Oral complications of cancer and cancer therapy from cancer treatment to survivorship. CA Cancer J Clin 62, 400-422.

- 4) Yoneyama T, Yoshida M, Matsui T, Sasaki H (1999) Oral care and pneumonia. *Lancet* 354, 515.
- 5) 梶原 稜, 山田慎一, 西牧史洋, 近藤英司, 鎌田孝広, 小山力, 松岡峻一郎, 竹田 哲, 三浦健太郎, 山田響子, 濱中一敏, 伊藤研一, 栗田 浩 (2018) 肺癌術後肺炎に対する周術期口腔機能管理の有効性に関する後ろ向き観察研究. *信州医誌*66, 249-256.
- 6) 山田慎一 (2019) がん支持療法としての口腔機能管理の有効性. *信州医誌* 67, 279-288.
- 7) 片岡智子, 梅田正博, 南川 勉, 尾島泰公, 小松原秀紀, 重田崇至, 古土井春吾, 澁谷恭之, 横尾 聡, 古森孝英 (2008) 口腔癌手術後肺炎に対する口腔ケアの予防効果について. *日口診誌* 21, 1-6.
- 8) Uruno H, Higo M, Komatsu S, Minakawa Y, Koike K, Yamatoji M, Nakashima D, Kasamatsu A, Endo-Sakamoto Y, Shiiba M, Uzawa K, Tanzawa H (2015) Evaluation of the effectiveness of perioperative oral care in patients with oral cancer. *Oral Sci Int* 12, 93-96.
- 9) 上嶋伸知, 坂井謙介, 長縄弥生, 波戸岡俊三, 長谷川泰久, 上田 実, 篠田雅幸 (2009) 食道癌手術患者に対する専門的口腔ケア施行の効果. *日外感染症会誌* 6, 183-188.
- 10) Hiramatsu T, Sugiyama M, Kuwabara S, Tachimori Y, Nishioka M (2014) Effectiveness of an outpatient preoperative care bundle in preventing postoperative pneumonia among esophageal cancer patients. *Am J Infect Control* 42, 385-388.
- 11) 五月女さき子, 船原まどか, 於保孝彦, 山田慎一, 栗田 浩, 山内千佳, 渋谷恭之, 兒島由佳, 長谷川巧実, 古森孝英, 梅田正博 (2016) 食道がん術後肺炎予防に対する周術期口腔機能管理の有効性 多施設共同 後ろ向き研究による検証. *日口科誌* 65, 324-329.
- 12) Soutome S, Yanamoto S, Funahara M, Hasegawa T, Komori T, Yamada S, Kurita H, Yamauchi C, Shibuya Y, Kojima Y, Nakahara H, Oho T, Umeda M (2017) Effect of perioperative oral care on prevention of postoperative pneumonia associated with esophageal cancer surgery: A multicenter case-control study with propensity score matching analysis. *Medicine (Baltimore)* 96, e7436.
- 13) 山村佳子, 滝沢宏光, 松本文博, 桃田幸弘, 青田桂子, 武川大輔, 近藤智香, 山ノ井朋子, 高野栄之, 可児耕一, 十川悠香, 河野文昭, 松尾敬志, 先山正二, 東 雅之 (2016) 胸腔鏡下肺葉切除術における周術期口腔機能管理の効果に関する検討 後ろ向き研究. *日口腔ケア会誌* 10, 106-110.
- 14) 西野豪志, 滝沢宏光, 澤田 徹, 河北直也, 坪井光弘, 梶浦耕一郎, 鳥羽博明, 吉田光輝, 川上行奎, 近藤和也, 山村佳子, 東 雅之 (2017) 肺癌手術における周術期口腔機能管理の術後肺炎予防効果. *日呼外会誌* 31, 432-438.
- 15) Iwata E, Hasegawa T, Yamada S, Kawashita Y, Yoshimatsu M, Mizutani T, Nakahara H, Mori K, Shibuya Y, Kurita H, Komori T (2019) Effects of perioperative oral care on prevention of postoperative pneumonia after lung resection: Multicenter retrospective study with propensity score matching analysis. *Surgery* 165, 1003-1007.
- 16) 相澤仁志, 嶋根 哲, 上原 忍, 鎌田孝広, 小山吉人, 栗田浩 (2016) 肝臓癌における周術期口腔機能管理の効果の検討. *日口腔ケア会誌* 11, 43-47.
- 17) 秦 浩信, 今待賢治, 新山 宗, 林 信, 上田倫弘 (2018) 周術期口腔機能管理 (がん支持療法) のこれから—都道府県がん診療連携拠点病院 がん専門病院歯科の立場から. *日口腔腫瘍会誌* 30, 80-84.
- 18) 丸岡靖史, 佐藤あや子, 山口麻子, 田下雄一, 高橋浩二, 須田玲子 (2020) 昭和大学病院での周術期口腔機能管理の現状. *昭和学生会誌*80, 382-389.
- 19) 米永一理, 星 和人 (2020) 周術期等口腔機能管理の実際がよくわかる本 デンタル&メディカルで取り組む患者サポート実践ガイド: 医科から見た周術期等口腔機能管理. *クインテッセンス*, 東京, 90-92.
- 20) 渡邊昭仁 (2019) 内視鏡下咽喉頭手術 (Endoscopic Laryngo-Pharyngeal Surgery; ELPS). *日耳鼻*122, 161-163.
- 21) 安井昭夫, 北島正一郎, 丸尾尚伸, 武井新吾, 大脇尚子, 鈴木優茉, 水谷晴美, 澤木絵美, 溝口真里子, 加藤佑奈, 小川ひかる, 河野彰夫, 大井 恵, 中根一匡, 山崎早百合, 安藤哲哉 (2016) 造血幹細胞移植患者に対する周術期口腔機能管理. *日農医誌* 65, 766-779.
- 22) 中尾紀子, 鶴飼 孝 (2020) 周術期等口腔機能管理におけるかかりつけ歯科医の役割. *保健医療科* 69, 357-364.
- 23) 五月女さき子, 船原まどか, 川下由美子, 梅田正博 (2017) 大学病院における周術期口腔機能管理 予防歯科の役割と今後の展望. *口腔衛会誌* 67, 262-269.

日本大学歯学会会則

(名称)

第1条 本学会の名称は、日本大学歯学会 (Nihon University Society of Dentistry) とし、その事務局を日本大学歯学部に置く。

(目的)

第2条 本学会は、歯科医学及びこれに関連する学術領域の進歩を図り、もって国民の健康に寄与することを目的とする。

(事業)

第3条 本学会は、次の事業を行う。

- ① 会員の研究成果を発表するため、学術大会を原則として年1回開催する
- ② 会員の研究成果を公表するため、機関誌「日大歯学」を発行し、会員に配布する
- ③ 本学会の対象とする学術領域における研究業績に対し表彰を行う。ただし、表彰規定は別に定める
- ④ その他、本学会の目的を達成するために必要な事業を行う

(会員の構成)

第4条 本学会は、次の会員で構成する。

- ① 正会員 第2条の目的に賛同する個人で、理事会において承認された者（日本大学歯学部の教員、研究講座員、研究生、研究員ならびにポスト・ドクトラル・フェロー等）
- ② 学生会員 第2条の目的に賛同する学生で、理事会において承認された者。
ただし、学生会員に関わる必要事項は別に定める
- ③ 法人会員 第2条の目的に賛同し、理事会において承認された法人または団体
- ④ 名誉会員 本学会の活動に特に功労があった理事経験者で、常任理事会で推薦され、理事会において承認された者

(入会の手続き)

第5条 本学会に入会を希望する者は、所定の申込書に必要事項を記入し、本学会事務局に申し込むものとする。

(退会等の手続き)

第6条 会員が退会を希望する場合または会員の姓名、連絡先等の届出事項に変更が生じた場合は、すみやかに本学会事務局に届け出るものとする。

2 日本大学大学院歯学研究科の大学院生の在学中の退会は認めない。

3 退会者には、納入済の当該年度会費を返還しない。

4 年度途中の退会であっても、退会年度までの年会費を納入する必要がある。

(会員資格の喪失)

第7条 正会員、学生会員及び法人会員は、次の各号のいずれかに該当する場合は、理事会で審議の上、その資格を取り消すことができる。

- ① 退会届を提出し、受理された場合
- ② 2年間以上会費を未納した場合
- ③ 第2条の本学会の目的に反する行為を行い、本学会の名誉を傷つけた場合

(再入会の手続き)

第8条 第7条第2項に基づいて退会措置となった者が再び入会を希望した場合、未納期間の年会費相当額を納付することで再入会の資格を得る。ただし、納付の上限は再入会年度の年会費を含めた5年分とする。

(役員構成)

第9条 本学会の運営を円滑にするため、次の役員を置く。

- ① 会長 1名
- ② 副会長 1名
- ③ 常任理事 若干名
- ④ 理事 若干名

- ⑤ 監事 若干名
- ⑥ 評議員 若干名
- ⑦ 幹事 若干名

(役員職務)

第10条 役員職務は以下の各項による。

- 2 会長は、本学会を代表し、会務を統括する。
- 3 副会長は、会長を補佐し、会長に事故あるときは、その職務を代行する。
- 4 常任理事は、総務、集会、会計、編集の各会務を担当する。
 - ① 総務担当常任理事は、会員の入退会に関する事項、総会ならびに役員会に関する事項、その他、本学会の運営全般に関わる会務を担当する
 - ② 集会担当常任理事は、総会ならびに学術大会の運営に関する会務を担当する
 - ③ 会計担当常任理事は、本学会の予算・決算に関する会務を担当する
 - ④ 編集担当常任理事は、編集委員会を招集し、機関誌「日大歯学」の編集・刊行に関する事項を担当する
- 5 理事は、本学会の会務に関する重要事項を審議する。
- 6 監事は、本学会の各事業および会計を監査する。
- 7 評議員は、理事会から提案された案件について、評議、決定する。
- 8 幹事は、常任理事の担当する会務を補佐する。

(役員委嘱)

第11条 役員委嘱は次のとおりとする。

- ① 会長は、歯学部長がこれに当たる
- ② 副会長は、会長が委嘱し、総会において承認する
- ③ 常任理事は、会長が委嘱し、総会において承認する
- ④ 理事は、会長が専任教授に委嘱し、総会において承認する
- ⑤ 監事は、会長が専任教授に委嘱し、総会において承認する
- ⑥ 評議員は、会長が専任教授及び専任准教授、若しくは当該講座の代表1名に委嘱し、総会において承認する
- ⑦ 幹事は会長が委嘱する

(役員任期)

第12条 役員任期は、次のとおりとする。

- ① 会長の任期は、学部長在任期間と同一とする。
- ② 常任理事および監事の任期は1年とする。ただし、副会長、編集担当常任理事および監事については再任を妨げない。
- ③ 会計・集会・総務担当常任理事については、この順序で同一の理事が1年ずつ続けて担当する。任期は最長で計3年とする。
- ④ 理事、評議員、および監事の任期は1年とする。ただし、再任を妨げない。

(会議)

第13条 本学会は第2条の目的を達成するため、次の会議を開催する。

- ① 総会
- ② 役員会
- ③ 編集委員会

(総会・学術大会)

第14条 総会・学術大会は、会長の招集により、年1回5月に開催する。ただし、会長が必要と認めるときは、臨時総会を開催することができる。

(役員会)

第15条 役員会は、常任理事会、理事会及び評議員会とし、第8条に定める役員をもって構成する。

- 2 常任理事会、理事会及び評議員会は、会長が随時召集し、総務担当常任理事がその議長を務める。

(編集委員会)

第16条 編集委員会は、投稿原稿の査読、雑誌の編集および刊行、投稿規定の作成、その他の機関誌編集に関する業務を担当する。

2 編集委員会は、常設委員会とし、その委員は編集担当常任理事が推薦し、会長が委嘱する。

(経費)

第17条 本学会の経費は、会費、寄付金およびその他の帰属収入をもって支弁する。

(会費)

第18条 会費は、正会員 年額5,000円、学生会員 年額2,000円とし、年度当初に納入する。ただし、研究講座員については入室時に一括して100,000円を納入する。なお、名誉会員の会費は免除する。

2 日本大学口腔科学会の会員は当日会費3,000円をもって、本学会において発表することができる。

(会計)

第19条 本学会の予算・決算は、理事会及び評議員会の議決を経て、総会の承認を得なければならない。

2 本学会の会計年度は、毎年4月1日から翌年3月31日までとする。

(会則の変更)

第20条 この会則を改正する場合は、理事会及び評議員会の議を経て、総会の承認を得なければならない。

附則

改正年月日

昭和32年4月1日	制定	(昭和32年4月1日施行)
平成6年5月22日	一部改正	(平成7年1月1日施行)
平成8年5月26日	改正	(平成8年4月1日施行)
平成13年11月25日	改正	(平成13年11月25日施行)
平成14年5月18日	改正	(平成14年5月18日施行)
平成15年5月18日	改正	(平成15年5月18日施行)
平成16年5月22日	改正	(平成16年5月22日施行)
平成18年5月20日	改正	(平成18年5月20日施行)
平成19年5月19日	改正	(平成19年5月19日施行)
平成22年5月15日	改正	(平成22年5月15日施行)
令和5年5月21日	改正	(令和5年5月21日施行)
令和6年5月19日	改正	(令和6年4月1日施行)

日本大学歯学会表彰規定

平成 8 年 5 月 26 日制定

令和 4 年 6 月 20 日改正

第 1 章 総則

第 1 条 日本大学歯学会会則第 3 条第 3 項に基づく、学術領域における研究業績に対する表彰または奨励（以下選奨という）に関する事項は、この定めによる。

第 2 条 選奨は次のとおりとする。

日本大学歯学会奨励賞（以下奨励賞という）

第 3 条 前条の選奨の候補者を選考するため、選考委員会を置く。

第 4 条 選奨の受賞者は選考委員会の議を経て、理事会において決定する。また、受賞者の所属、氏名、演題名を翌年の総会で公表する。

第 5 条 選奨は副賞を総会その他の適当な機会において贈呈する。

第 2 章 日本大学歯学会奨励賞

第 6 条 奨励賞は、優れた若手研究者を育成する目的で、本学会総会・学術大会において優秀な発表を行い、かつ、次の各号に該当する者に授与する。

- ① 選考の時期に本学会員である者
- ② 講演の時期において 35 歳以下の者
- ③ 過去に奨励賞を受賞していない者

第 7 条 奨励賞の受賞者は原則 5 名以内とする。ただし、理事会の議決により受賞者数を変更することができる。

第 8 条 選考の対象となる演題は、表彰の時期の前年の本学会総会・学術大会において発表されたものに限る。

第 9 条 奨励賞は副賞として 20,000 円を贈呈する。

第 3 章 選考委員会

第 10 条 第 3 条による選考委員会は、奨励賞選考委員会とする。

第 11 条 奨励賞選考委員会の委員は、会長が理事の中から若干名を指名した後、理事会の承認により決定する。

第 12 条 奨励賞選考委員会は、理事会において選奨の受賞者が決定したときをもって解散する。

第 4 章 規定の改正

第 13 条 この規定を改定する場合は、理事会において決定し、総会に報告することとする。

附則

この規定は、令和 4 年 4 月 1 日から施行する。

平成 8 年 5 月 26 日制定 平成 8 年 4 月 1 日施行

平成 19 年 5 月 19 日改正 平成 19 年 5 月 19 日施行

平成 22 年 5 月 15 日改正 平成 22 年 5 月 15 日施行

令和 2 年 5 月 7 日改正 令和 2 年 4 月 1 日施行

令和 4 年 6 月 20 日改正 令和 4 年 4 月 1 日施行

「日大歯学」投稿の手引き

2023年（令和5年）10月

日 本 大 学 歯 学 会

日大歯学編集委員会

「日大歯学」投稿の手引き

日大歯学への投稿にあたっては本誌の投稿規定ならびにこの手引きに従う。

1. 論文の形式

- 1) 原著論文は原則として和文と英文の表紙、和文と英文の要旨、本文（緒言、材料および方法、結果あるいは成績、考察、結論）、文献、図（写真）・表の説明文の順とし、表紙から通しページ番号をつける。原著論文以外の総説、症例報告なども、原則としてこれに準ずる。
- 2) 原稿はA4判用紙を用い、1頁当たり40字×20行、12ポイントの文字で印字する。余白は天地左右25mm程度とする。
- 3) 論文の形式は最新号の雑誌を参照すること。

2. 倫理規定

- 1) 人（資料・情報を含む）を対象とする臨床研究、疫学研究に関しては「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に従ったものでなければならない。研究対象者および患者からインフォームドコンセントを得ていること、また所属機関の倫理委員会の承認を得ていること（承認年月日、承認番号を含む）を明記しなければならない。また、発表資料等から研究対象者が特定されることがないように、匿名化されている情報（特定の個人を識別することができないものであって、対応表が作成されていないものに限る）にするなど、個人情報の保護を徹底すること。
- 2) ヒトゲノムあるいは遺伝子解析に関する研究の場合には、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」および「遺伝子治療臨床研究に関する指針」に従ったものでなければならない。研究対象者および患者からインフォームドコンセントを得ていること、また所属機関の倫理委員会の承認を得ていることを明記しなければならない。投稿にあたり被験者全員の同意文書を添付する。また、発表資料等から研究対象者が特定されることがないように、匿名化されている情報（特定の個人を識別することができないものであって、対応表が作成されていないものに限る）にするなど、個人情報の保護を徹底すること。
- 3) 動物を対象とする研究の場合には、「動物の愛護及び管理に関する法律」等を遵守した上で、各研究機関が定めるガイドラインに従って、動物実験等を適正に実施しなければならない。本文中に所属機関および実施機関の動物実験委員会等の承認を得ていること（承認年月日、承認番号を含む）を明記しなければならない。

3. 表紙

- 1) 和文表紙には、中央上段から表題、著者氏名、所属機関名、責任著者連絡先、40字以内のランニングタイトルを記載する。
- 2) 英文表紙には、中央上段から表題、著者氏名、所属機関名、責任著者連絡先、10 words以内のランニングタイトルを記載する。
- 3) 表題は、研究の主題を具体的かつ簡潔に表現する。また、論文を数報に分けて発表するときは、その研究の主題の次に内容を具体的に表す副題を付ける。英単語は固有名詞・略語等を除き、小文字で表記する。
- 4) 英文表題は冠詞、前置詞、接続詞などの付属語ならびに慣用の特殊語を除き、単語の先頭文字を大文字、以下を小文字で記す。また、ハイフンでつながる複合語の場合、ハイフンの後は小文字で記す。
- 5) 著者名の表記（旧字、異体字）は著者自身が指定する。また、著者の所属機関が異なる場合は氏名の右肩に数字を付け、所属の左肩にも数字を付ける。指導者が共著者に含まれない場合は（指導： ）として別に表記することができる。英文では（Director(s): ）とする。
- 6) 責任著者連絡先は、和文・英文とも著者1名の氏名、所属機関、住所、TEL、FAX、e-mailを記載する。

4. 要旨およびキーワード

- 1) 和文の要旨は、1,000字以内とし、目的、方法、結果（成績）および結論に分け、各見出しを付ける。最後に、研究の主題を的確に表現するキーワードを5個以内を記載する。
- 2) 英文のAbstractは400 words以内とし、Purpose, Methods, Results, Conclusionに分け、各見出しを付ける。最後にKey words 5つ以内を記載する。
- 3) Abstractは投稿者が十分に吟味し、必要に応じて英文校正者（歯科医学の専門知識を有することが望ましい）によるネイティブチェックを受けてから投稿すること。

5. 本文

1) 構成

- (1) 本文：原則として緒言、材料および方法、結果、考察、結論の順に記述し、付番はしない。症例報告は原則として緒言、症例の概要、治療内容と経過、考察の順に記述する。各項目の中で付番する場合は1・2・3……、1)・2)・3)……、(1)・(2)・(3)……、①・②・③……、a・b・c……、の順とする
- (2) 緒言：研究の背景や新規性、目的および研究の意義を簡潔に記述する。
- (3) 材料および方法は研究に用いた材料、方法、手順を、同一の方法で追試が行えるように詳細に記述する。製品名、製造者名を原語で示す必要がある場合は、単語の先頭文字を大文字、以下を小文字とする。原則として、和文による論文では「一般名（製品名、会社名、都市名、州名（加・米国）、国名（海外製品のみ）」、英文による論文では「一般名

- (製品名, 会社名, 都市名, 州名 (加・米国), 国名)」のように記載する。なお, ®や™などの商標登録表示は不要。
- (4) 結果 (成績) : 客観的事実のみを記述し, 著者の主観を交えたような表現を避ける。図表を含めてわかりやすく示し, 使用する図表は必要最小限にとどめる。
 - (5) 考察 : 研究から得られた結果を検討し, 新知見, 問題点, 今後への展開などを明解に述べる。緒言との重複や結果の繰り返しの記載は避ける。
 - (6) 結論 : 得られた結論のみを正確かつ簡潔に記述する。

2) 表記

- (1) 本文はひらがなまじりの口語文章体 (いわゆる「である体」) とし, 常用漢字, 現代仮名遣いを用いる。代名詞, 接続詞, 副詞, 助動詞などは仮名書きとする。
- (2) 和文では, 句読点にはカンマ (,) とマル (。) を使用する。英文では, カンマ (,) とピリオド (.) を使用する。

3) 用語・単位等

- (1) 学術用語は「文部省 学術用語集 歯学編 (増訂版)」および各学会制定の用語を使用する。数字はアラビア数字 (算用数字) を用いる。ただし, 数字を含む名詞などは漢字とする。
例) 十二指腸, 二次元, 第一大臼歯
- (2) 単位は原則として国際単位系 (SI) を使用する。
- (3) 外国語の人名は, 姓のみを記す。
- (4) 国名および地名は本文中では原則としてカタカナ, 文献欄では原綴のままとする。外国語の書名は日本語に訳さず, 原綴のままとする。
- (5) 学名二名法の場合は, 属名の単語の先頭文字を大文字, 以下を小文字とし, イタリックで記す。たびたび使用する場合は, 2 回目以後では属名を省略し, 単語の先頭文字で表してさしつかえない。
例) *Streptococcus mutans* → *S. mutans*

4) 謝辞, その他の特記事項および利益相反

- (1) 研究補助金についての記載, 謝辞およびその他の特記事項は結論の末尾に付記する。
- (2) 利益相反 (COI) が存在する場合, 文献の前に利益相反と項目立てその旨を記載する。COIがない場合も「本論文に関して, 開示すべき利益相反はない。」などと記載する。

5) 英文による論文

英文による論文には, 英文校正者 (歯科医学の専門知識を有することが望ましい) によるネイティブチェックを受けたことを示す英文校正証明書を添付する (書式は問わない)。

6. 文献

- 1) 文献は本文中の引用箇所にも右肩上付きで引用番号を付け, 引用順に本文末尾に所定の形式で記載する。
- 2) 複数の文献をまとめて同一箇所に引用する場合は, 年代の古い順に記載する。
- 3) やむを得ず, 学会発表の抄録などを引用する場合は末尾に (抄録), 発行前の雑誌論文を引用する場合は (印刷中), また英文の場合には (in press) と明記する。
- 4) 本文中の文献呼び出しは, 片括弧で, 文の右肩に付す。2 つ引用する場合は「,」で, 3 つ以上の場合には「-」でつなぐ。
例 : 「著者ら³⁾ は」「～ことが報告されている^{7,8)}」「過去の研究¹⁰⁻¹⁵⁾ では」

<雑誌> 著者 (発行年) 表題. 掲載誌巻, ページ.

- 1) 小川麻衣, 高橋康代, 伏木怜奈, 堀貫恵利, 馬谷原琴枝, 清水典佳 (2016) 日本大学附属歯科病院歯科矯正科における実態調査 - 来院患者数およびその分布について -. 日大歯学90, 53-60.
- 2) Kurokawa H, Takamizawa T, Rikuta A, Tsubota K, Miyazaki M (2015) Three-year clinical evaluation of posterior composite restorations placed with a single-step self-etch adhesive. J Oral Sci 57, 101-108.

<単行本>

著者 (発行年) 書名. 巻, 版, 出版社, 出版地, ページ.
分担執筆者 (発行年) 分担執筆表題, 書名, 巻, 版, 編者または監修者, 出版社, 出版地, ページ.

- 1) 矢田純一 (1997) 医系免疫学. 改訂5 版, 中外医学社, 東京, 236-263.
- 2) 宮崎真至 (2015) MIの理念と接着. 接着歯学. 2版, 日本接着歯学会編, 医歯薬出版, 東京, 4-5.
- 3) Clark WG, Brater DC, Johnson AR (1992) Goth's medical pharmacology. 13th ed, Mosby, St Louis, 584-591.
- 4) Kaugars G (1991) Benign fibro-osseous lesions. In Oral & Maxillofacial Radiology. Miles DA, Kaugars GE, Van Dis M, Lovas JGL eds, Saunders, Philadelphia, 125-153.

<翻訳書>

原著者 (原綴りで) (原書の出版年) 原書名巻, 原書の版, 原書の出版社, 原書の出版地 : 翻訳者名訳 (出版年) 翻訳書名翻訳書の巻または版, 翻訳書の出版社, 出版地, ページ.

- 1) White GE (1993) Osseointegrated dental technology. Quintessence, London: 前田芳信訳 (1995) ホワイトのインプラント上部構造. クインテッセンス出版, 東京, 47-60.

その他の記述形式

<電子ジャーナル>

原則として通常の雑誌論文と同様とするが、通巻ページが不明な場合はDOIなどを明記する。

- 1) Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Watanabe H, Johnson WW, Latta MA, Miyazaki M (2016) Influence of duration of phosphoric acid pre-etching on bond durability of universal adhesives and surface free-energy characteristics of enamel. Eur J Oral Sci, doi: 10.1111/eos.12284.

<インターネットウェブサイト>

発行元. 記事名. ウェブサイトアドレス (アクセス日).

- 1) 厚生労働省. 平成23年歯科疾患実態調査現在歯数および1人平均値歯種・年齢別 (5歳以上・永久歯). <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-17c23-1.pdf> (2012年12月20日アクセス)

7. 図 (写真) および表

- 1) 図 (写真) および表は本文と別にし、図の場合は下方に、表の場合は上方にそれぞれ図表番号 (例: 図1, Fig. 表1, Table 1) と表題を付記し、別に説明文 (英文でも可) を作成する。
- 2) 図 (写真) および表はそのまま製版できるように鮮明なものを用意し、縮小率を指定する。図をカラー印刷希望の場合にはカラーデータを、モノクロ印刷希望の場合にはモノクロデータを添付する。また、データ形式は可能な限りjpgとし、画像サイズはレイアウトに対応する大きさとする。画面解像度については写真の場合 300 dpi 以上、線画の場合1,200 dpi 以上にする。
- 3) 図中に挿入する文字などは縮刷後も判読できる大きさに記入し、判読できるよう注意する。
- 4) 顕微鏡写真および被写体の大きさを明示する必要がある場合はスケールを写真に入れる。
- 5) 個人の顔写真を掲載する場合は、その人物が特定できないような配慮を要する。

8. ファイル作成上の注意

- 1) 英字・数字 (英文中の「,」「.」を含む) はすべて半角、漢字・仮名・句読点は全角で入力する。
- 2) 本文中の数字と単位記号 (°C「%」は除く) の間は半角分のスペースを空ける。
- 3) 図表データを添付する場合は、作成に際して用いたソフト名およびバージョンを記載する。
- 4) ファイルを分割して作成した場合は原稿の記載順に、ファイル名に連番を付ける。

9. 投稿原稿の送付

・原稿と電子記録媒体による投稿の場合

- 1) 投稿原稿は投稿申込用紙等、表紙、要旨、本文、文献の順に重ね、表紙から通しページ番号をつける。
- 2) 図および表は番号順に重ね、それぞれ別に綴じる。
- 3) 投稿論文はオリジナルを1部 (図、表、写真を含む) 送付する。写真については原図とする。
- 4) 送付にあたっては図、表、写真、電子記録媒体を損傷しないように十分に注意する。
- 5) 投稿原稿は学会事務局へ提出あるいは郵送する。
- 6) 掲載された投稿原稿は返却しない。

・電子投稿 (e-mail) による場合

- 1) 原稿 (表紙、要旨、本文、文献) は、Microsoft Office Word (以下 Word) 形式とする。
- 2) 図は、jpg または pdf 形式とする。
- 3) 表は、Microsoft Office Excelまたは Word 形式とする。
- 4) ファイル名は、和文で「著者名」_「講座名」_「原稿・図・表・投稿申込用紙」_そしてファイル種類を表す「拡張子」とする。例) 日大太郎_歯科保存学I_原稿.doc
- 5) e-mail の件名 (Subject) は、日大歯学投稿論文とする。
- 6) pdf 形式にした投稿申込用紙、確認書、チェックリスト、承諾書、そして投稿原稿と図および表 (英文による論文では英文校正証明書) は日大歯学編集委員会の e-mail アドレス (de.shigakukai@nihon-u.ac.jp) に送付する。

・投稿申込用紙、確認書、チェックリスト、承諾書は、日本大学歯学会のHP「日大歯学」からダウンロードしてください。

日大歯学投稿申込用紙

日大歯学編集委員長 殿

年 月 日

種類	○原著	・学位論文 ¹ (主論文) ・「 (総括論文) ・副論文 ・上記以外	○総説 ○症例 ○その他
表題			
著者(共著者もすべて会員であること)			
所属			
投稿・校正責任者 〒	氏名	TEL () FAX () E-mail	印
請求書送付先 〒	氏名	TEL () FAX () E-mail	

【提出物】

本文	枚	図表のファイル形式(jpg)等	
図表(カラー)	枚	図表(白黒)	枚
確認書	枚	チェックリスト	枚

【提出方法】

原稿と電子記録媒体	
電子投稿(E-mail)	

【掲載証明書】

要 ・ 不要

どちらかに○をつけてください

【学位論文の場合】

学位論文は予備審査終了後に受け付けます。また、研究科分科委員会の審査終了後、修正があれば直ちに再提出をお願いいたします。学位論文に係る以下の日付をご記入ください。

予備審査終了日 年 月 日
 研究科分科委員会書類受理日 年 月 日
 研究科分科委員会審査予定日 年 月 日

*** ** 以下は事務局で使用します *** **

受付日	年 月 日	受付番号	N —	会費納入状況
掲載予定	巻 号	備考		

日大歯学会事務局

〒101-8310東京都千代田区神田駿河台1-8-13
 日本大学歯学部研究事務課内
 E-mail: de.shigakukai@nihon-u.ac.jp

Tel: 03-3219-8060
 Fax: 03-3219-8324

日大歯学編集委員会 御中

確 認 書

「日大歯学」への投稿に際して、以下の内容に関して間違いがないことを証明するとともに、申告内容に虚偽があった場合には、いかなる責任をも負うことを確認いたします。

1. 人を対象とする臨床研究，疫学研究に関しては「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」に従ったものであること。研究対象者および患者からインフォームドコンセントを得ていること，また所属機関の倫理委員会の承認を得ていること（承認年月日，承認番号を含む）を明記すること。投稿にあたり被験者全員の同意文書を添付し，発表資料等から研究対象者が特定されないことがないように，特定の個人を識別することができないように個人情報加工し，復元できないようにするなど，個人情報の保護を徹底すること。
2. ヒトゲノムあるいは遺伝子解析に関する研究の場合には，「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」に従ったものであること。研究対象者および患者からインフォームドコンセントを得るとともに，所属機関の倫理委員会の承認を得ていることを明記すること。投稿にあたり被験者全員の同意文書を添付するとともに，発表資料等から研究対象者が特定されないことがないように，特定の個人を識別することができないように個人情報加工し，復元できないようにするなど，個人情報の保護を徹底していること。
3. 動物を対象とする研究の場合には，「動物の愛護及び管理に関する法律」等を遵守した上で，各研究機関が定めるガイドラインに従って，動物実験等を適正に実施していること。本文中に所属機関及び実施機関の動物実験委員会等の承認を得ていること（承認年月日，承認番号を含む）を明記すること。
4. 本論文はオリジナルであること，他の機関の著作権（著作財産権 copyright）も侵害しないこと，全著者が本投稿最終原稿を読み，投稿への承認を得ていること。
5. 利益相反の有無を本文の最後に明記すること。利益相反のある場合には，関係した企業・団体名と具体的内容も明記すること（筆頭著者・共著者，全員が対象）。

論 文 表 題：

年 月 日

筆頭著者氏名：

印

チェックリスト

投稿原稿が投稿規定、投稿の手引きに沿ったものであるかを確認のうえ、左欄に「レ」印を入れて下さい。

投稿者チェック

- 著者はすべて本学会員で、年会費は納入していますか。
- 他誌に未発表・未掲載ですか。
- 表題、著者氏名、所属機関を記載していますか。
- ランニングタイトルを記載していますか（和文40字、英文10word以内）。
- 著者連絡先は明記されていますか。
- 和文要旨（1,000字以内）を添付していますか。
- 英文Abstract（400word以内）を添付していますか。
- キーワード（5個以内）を付記していますか。
- A4版用紙に1頁当たり40字×20行、12ポイントの文字で印刷されていますか。
- 原稿には表紙から通しでページ番号がはいっていますか。
- 図（写真）および表はA4用紙を用い、縮小率が指定されていますか。
- 図（写真）および表には、図の場合は下方に、表の場合は上方にそれぞれ図表番号（例：図1, Fig 1, 表1, Table 1）と表題を付記し、別に説明文をつけていますか。
- 文献の表記は規定に沿って、引用順に記載されていますか。

論文表題：

年 月 日

筆頭著者氏名：

印

掲載論文の複写複製および転載複製について

日本大学歯学会では、複写複製および転載複製に係る著作権を学術著作権協会に委託しています。

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、同協会より許諾を受けて複写して下さい。但し（社）日本複写権センター（同協会より権利を再委託）と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません。（社外頒布用の複写は許諾が必要です。）

権利委託先：（中法）学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル

電話（03）3475-5618 FAX（03）3475-5619

E-mail：info@jaacc.jp

なお、著作物の転載・翻訳のような、複写以外の許諾は、学術著作権協会では扱っていませんので、直接発行団体へご連絡ください。

また、アメリカ合衆国において本書を複写したい場合は、次の団体に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

TEL：1-978-750-8400 FAX：1-978-646-8600

以 上

Nihon University Dental Journal authorized Japan Academic Association For Copyright Clearance (JAC) to license our reproduction rights and reuse rights of copyrighted works. If you wish to obtain permissions of these rights in the countries or regions outside Japan, please refer to the homepage of JAC (<http://www.jaacc.org/en/>) and confirm appropriate organizations.

You may reuse a content for non-commercial use, however please contact us directly to obtain the permission for the reuse content in advance.

Japan Academic Association For Copyright Clearance (JAC)
Nogizaka Bldg.2F 9-6-41, Akasaka, Minato-Ku, Tokyo 107-0052, Japan
TEL : 81-3-3475-5618 FAX : 81-3-3475-5619
E-mail : info@jaacc.jp

Please note that JAC does not deal with licenses other than copying and re-using, such as translations of copyrighted works. Please contact the issuing organization directly.

If you would like a copy of this journal in the United States, please contact the following organizations.

Copyright Clearance Center, Inc.
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA
TEL : 1-978-750-8400 FAX : 1-978-646-8600

日大歯学編集委員会

委員長	菊入 崇	
副委員長	池田貴之	
委員	米山隆之	鈴木直人
	本吉 満	武市 収
	今井健一	岡田明子
	近藤真啓	
幹事	佐藤安希	

日大歯学 第98巻 第1号

令和6年6月30日発行

<http://www2.dent.nihon-u.ac.jp/nusdj/>

編集兼発行人 飯沼 利光
発行所 日本大学歯学会
〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台 1-8-13
日本大学歯学部内
事務所 日本大学歯学部研究事務課
電話 03 (3219) 8060
印刷所 ヨシダ印刷株式会社
〒130-0014 東京都墨田区亀沢 3-20-14
電話 03 (3626) 1301



SHOFU BLOCK PEEK

強く、しなやかに



新しいCAD/CAM冠

PEEK冠接着システム

PEEK冠の接着には、サンドブラスト処理と前処理材の塗布を行い、接着性レジンセメントで接着する必要があります。

内面処理 CAD/CAMレジン用 アドヒーズブ (内面処理加算45点)

管理医療機器 認証番号 304AKBZX00039000

※ 保険適用必須要件

■ PEEKに対するせん断接着強さ

初期 **29.7**MPa

(サーマルサイクル5000回後: 29.6MPa)

※ 使用レジンセメント: ビューティリンクSA
※ 自社試験結果



必ずサンドブラスト処理してください。

CAD/CAM冠用材料(V)の保険適用必須要件です。

セメント塗布 ビューティリンク SA

管理医療機器 認証番号 304AKBZX00032000

推奨レジンセメント

※ 接着性レジンセメント使用が保険適用必須要件

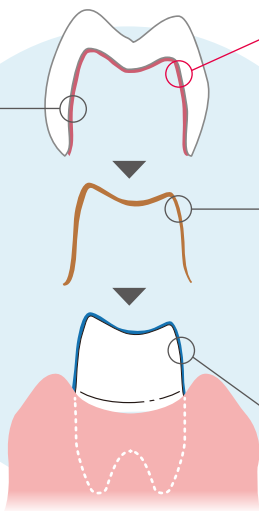


支台歯処理 ビューティボンド Xtreme

管理医療機器 認証番号 302AKBZX00026000

1液型のボンディング材

※ より高い接着性能を発揮させるためご使用ください。



CAD/CAM冠用材料(I)~(IV)同様、松風ブロックPEEKにも無機フィラーが含有されていますが、素材が異なるため通常のシランカップリング剤では十分な接着強さが得られません。松風ブロックPEEKを構成する樹脂成分に対し、すぐれた濡れ性を有し高い接着強度を発現する前処理材として、「CAD/CAMレジン用アドヒーズブ」をご使用ください。

松風ブロック PEEK (CAD/CAM冠用材料(V))

[サイズ] 1種: サイズ14 [色調] 1色: アイボリー 5個入.....¥28,000

販売名	一般的名称	承認・認証・届出番号
松風ブロック PEEK	歯科切削加工用レジン材料	管理医療機器 医療機器認証番号 303AGBZX00083A01

価格は2024年5月現在の標準医院価格(消費税抜き)です。

製品の詳細はこちらまで...

松風 www.shofu.co.jp



世界の歯科医療に貢献する

株式会社 松風

● 本社: 〒605-0983 京都市東山区福福上高松町11 お客様サポート窓口(075)778-5482 受付時間8:30~12:00 12:45~17:00(土日祝除く) www.shofu.co.jp
● 支社: 東京(03)3832-4366 ● 営業所: 札幌(011)232-1114/仙台(022)713-9301/名古屋(052)709-7688/京都(075)757-6968/大阪(06)6330-4182/福岡(092)472-7595

株式会社ジーシーは、

オリンパステルモ

バイオマテリアル株式会社の

コラーゲン事業を

承継いたしました。

ご購入はオンラインショップをご利用ください。



ジーシーバイオマテリアル
Online Shop



コラーゲン使用吸収性局所止血材 テルプラグ 高度管理医療機器 20900BZZ00646000 製造販売元 株式会社ジーシー
コラーゲン使用人工皮膚 テルダミス真皮欠損用グラフト 高度管理医療機器 20400BZZ00406000 製造販売元 株式会社ジーシー
吸収性歯科用骨再建インプラント材 オスフェリオン DENTAL 高度管理医療機器 22700BZX00221000 製造販売元 オリンパステルモバイオマテリアル株式会社
コラーゲン使用人工骨 ボーンジェクト 高度管理医療機器 20500BZZ00485000 製造販売元 高研
※掲載の情報は2023年10月現在のものです。※色調は印刷のため現品と若干異なることがあります。

発売元 **株式会社 ゴーシー**
東京都文京区本郷 3丁目2番14号

お問合せ先

サイトランス製品
バイオマテリアル製品

☎ 0120-416480
☎ 0120-782788

<https://www.gc.dental/japan/>
受付時間9:00a.m.~5:00p.m.(土曜日、日曜日、祝日を除く)

日大歯学投稿規定

平成26年12月24日制定

令和5年4月14日施行

1. 本誌

本誌は、研究成果の論文発表による発信を通して、歯科医学の発展に寄与することを目的として、日本大学歯学会が発行する学術雑誌である。

2. 投稿資格

本誌へ投稿する著者（共著者も含む）は、原則として日本大学歯学会の会員に限る。ただし、日大歯学編集委員会（以下、編集委員会という）が特に認めたものはこの限りではない。

3. 投稿論文の種類

原著論文、総説、症例・臨床報告およびその他とし、過去に他誌に掲載のもの、あるいは投稿予定の無いものに限る。ただし、編集委員会が認めた場合はこの限りではない。編集委員会は総説論文等（総説、報告、研究紹介、学会報告、招待論文、特許、社会活動、臨床ノート、フォーラム）の投稿を依頼することができる。

4. 倫理的配慮

投稿論文は、ヒトを対象とする場合はヘルシンキ宣言（以後の改定、補足事項を含む）およびその他の倫理規定を遵守し、動物実験は関係法令や基本指針等を踏まえ、動物実験等の具体的な実施方法を定めた研究機関内規定に基づいて倫理的に行われたものでなければならない。

5. 利益相反

論文の内容に関する利益相反をすべて申告すること。

6. 投稿論文の採否

投稿論文の査読後、その採否および掲載順序を編集委員会が決定する。なお、編集委員会は文意に変化を来さない範囲において字句の改訂を行うことができる。

7. 投稿論文の形式

投稿論文の作成にあたっては、「投稿の手引き」に従いA4判横書きで作成し、表紙から文献まで通しページをつける。原著論文の形式は、原則として要旨、緒言、材料および方法、結果あるいは成績、考察、結論、文献の順に記載する。原著論文以外の論文も、原則としてこれに準ずる。

8. 校正

著者による校正は、原則再校までとする。その際には、字句の著しい変更、追加あるいは削除などは認めない。

9. 著作権

本誌に掲載された論文、抄録などの著作権は日本大学歯学会に帰属する。

10. 掲載料

著者は掲載料を負担する。編集委員会から依頼する原稿についてはこれを除く。

11. 規定にない事項

この規定にない事項は、別に編集委員会で決定する。

12. 投稿論文の送付先

所定の投稿申込用紙に必要事項を記入のうえ、下記へ送付する。

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台1-8-13

日本大学歯学部研究事務課気付

日大歯学編集委員会

TEL：03-3219-8060, FAX：03-3219-8324

E-mail：de.shigakukai@nihon-u.ac.jp（日本大学歯学会専用のアドレス）

Nihon University Dental Journal

Vol. 98 No. 1 June 2024

特別依頼原稿

第75回日本大学歯学会特別講演寄稿
物理学の歯科医学への応用
“歯科用医療機器開発への挑戦”

山岡大 1

原 著

マウス舌神経損傷による舌神経障害性疼痛の性差に対する中枢神経系免疫細胞の役割	坂梨公亮	10
イオン徐放性フィラー含有ゲルが象牙質の再石灰化に及ぼす影響に関する超音波測定による検討	鈴木美穂ほか	18
歯科用コーンビームCTを用いた矯正歯科治療前後の舌位に関する研究	和氣清尊	25
アライナー型矯正装置に使用するアタッチメント装着時の分離材による影響	嘉悦峻	34
がん専門病院と医学部附属病院における周術期等口腔機能管理の現状とその比較	内山貴夫	41

日本大学歯学会会則

日本大学歯学会表彰規定

「日大歯学」投稿の手引き —投稿申込用紙, 確認書, チェックリスト, 承諾書—



NIHON UNIVERSITY SOCIETY OF DENTISTRY

<http://www2.dent.nihon-u.ac.jp/nusdj/zasshi/j-zas00.html>