

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K11931

研究課題名（和文）新素材Zr基金属ガラス製歯科矯正用アンカースクリューの開発に関する基礎研究

研究課題名（英文）Basic study on development of new material Zr-based metallic glass orthodontic anchor screw

研究代表者

宮下 俊郎（Miyashita, Shunro）

東北大学・歯学研究科・大学院非常勤講師

研究者番号：50746980

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、Zr基金属ガラスの有効性の検討を行うことである。本研究の成果として、Zr基金属ガラスは高強度、低弾性といった優れた機械的性質の他、高い耐食性と優れた生体親和性を有することが明らかとなった。また、純チタン製インプラントと比較して動揺度は有意に低下し、撤去トルク値は有意に高かった。さらに、組織学的評価において、Zr基金属ガラス製インプラントは多くの新生骨形成が確認でき、生体内の含有金属元素量に異常は認められなかった。以上の結果から、我々が作製した新規のZr基金属ガラスインプラントは生体材料として有用であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Zr基金属ガラスが歯科矯正用アンカースクリューへ応用されると、サイズが小さくても咀嚼や矯正力などの荷重に対する機能を果たすことが可能であると予測され、インプラントを現在よりも小型化して、歯根に安全で有効性の高い形態への成形が可能となる。さらに固定源としての安定性や安全性が格段に向上することから、種々の不正咬合や年齢への適用範囲を広げることが可能となり、これまで適用困難とされていた若年者に対する骨格性のコントロールや歯槽骨吸収した高齢者の治療に応用できるという大きな意義を有する。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to investigate the effectiveness of Zr-based metallic glasses. As a result of this research, it has been clarified that Zr-based metallic glass has not only excellent mechanical properties such as high strength and low elasticity, but also high corrosion resistance and excellent biocompatibility. In addition, the mobility was significantly lower and the removal torque value was significantly higher than that of the pure titanium implant. Furthermore, in histological evaluation, many new bone formations were confirmed in the Zr-based metallic glass implant, and no abnormality was found in the amount of metallic elements contained in the body. From the above results, it was suggested that the novel Zr-based metallic glass implants we made were useful as biomaterials.

研究分野：歯科矯正学

キーワード：歯科矯正学 歯科矯正用アンカースクリュー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまでの金属製生体材料は、人工関節においては骨との接合部に弛みを生ずること、デンタルインプラントにおいてはサイズが大きいため歯槽骨に埋入できないこと、骨との弾性率の違いにより弛みを生じることなどの問題がある。また、歯科矯正用アンカースクリューにおいては、埋入時に隣在歯根の損傷を生じる危険性、スクリュー破折などの強度の問題、治療中の動揺や脱落、成熟した骨ではないと安定しないなど、医科および歯科領域において多くの問題を抱えている。生体材料の大きさを可及的に小さくでき、骨組織とのオッセオインテグレーションの向上が可能となれば、臨床応用における金属製材料が有する問題を大きく改善することとなり、その有益性は計り知れない。一方、1960年代に初めて非晶質金属(金属ガラス)が報告されて以来、様々な組成の金属ガラスが作製され、低弾性率、高強度、高耐食性などの優れた機械的特性が示されてきた。その性質から新たな機能的生体材料としての可能性を秘め、注目されている。これらの金属ガラスのうち、Zr基金属ガラスは高強度、高耐食性を有し、優れたガラス形成能をもつ材料だと言われており、Zr基金属ガラス製の医療用生体材料の開発に期待が寄せられている。しかしながら、Zr基金属ガラスは後熱処理および凍結時冷却速度の低下による脆化や応力腐食割れを起こしやすいといった課題を有していた。我々の研究グループの横山らは、Zrの比率を大きくすることで、脆化や応力腐食割れを改善した高延性金属ガラス合金Zr70Ni16Cu6Al8を世界で初めて開発した。この金属ガラス合金は、これまで開発された中で最も弾性率が生体骨に近く(70GPa)、チタンの半分近い値を示す。塑性加工性にも優れており、荷重や負荷が加えられる部位でも耐えうる素材であると考えられる。このような背景から、本金属ガラスをチタンを超える生体材料として世界で初めて歯科矯正用アンカースクリューに応用することを着想するに至った。

本研究では、生体金属材料として有望なZr比率の大きい4種のZr基金属ガラスの金属箔、歯科矯正用アンカースクリューのプロトタイプを作製し、Zr含有量の違いが細胞や周囲骨に与える影響を評価し、生体材料として最も理想的な組成のZr基金属ガラスを決定する。以上の結果をもとに、新素材Zr基金属ガラス製歯科矯正用アンカースクリューの臨床応用を目指す。さらに、表面性状のナノレベルでの解析により、オッセオインテグレーションの分子メカニズムの解明を目指す。

2. 研究の目的

本研究の目的は、Zr基金属ガラスの有効性の検討を行うことである。平成29年度に、4種のZr基金属ガラスの機械的性質、耐食性および生体親和性を評価する。平成30年度にin vitroにおいて4種のZr基金属ガラスの骨分化能、抗炎症作用および抗線維化作用の解析およびin vivoにおいてラット脛骨に4種のZr基金属ガラス製インプラントの埋入実験を行い、インプラントの骨内安定性と新生骨形成能、生体安全性について評価しチタンより優れた生体材料としての確立を目指す。平成30年度に各種金属のナノレベルでの表面性状の解析により、オッセオインテグレーションの分子メカニズムの解明を目指す。

3. 研究の方法

平成29年度に各種金属材料の機械的性質および生体親和性の比較検討を行う。まず、各種金属の引張試験、アノード分極試験およびイオン溶出試験により材料の機械的性質を評価する。次に、各種金属材料の細胞接着および細胞増殖を確認し、生体親和性を比較評価する。

平成30年度にin vitroにおける各種金属材料の骨分化能、抗炎症作用および抗線維化作用の比較検討、ならびにin vivoにおけるインプラントの骨内安定性、新生骨形成能および生体安全性についての比較検討を行う。まず、各種金属箔上で骨髄間葉系細胞、RAW 264.7細胞および線維芽細胞の培養を行い、骨分化能、炎症性反応および抗線維化能の有無を確認する。次に、各種金属材料を用いて作製したインプラントをラットに移植し、撤去トルク値および動揺度計測による骨内安定性の評価、インプラント周囲の骨形態計測およびMineral Appositional Rateの計測による新生骨形成能の評価、擬似体液溶出試験とラット臓器内残留金属元素濃度の測定による生体安全性の評価を行う。

平成31年度に各種金属材料のナノレベルでの表面性状を解析する。オッセオインテグレーションの分子メカニズムの解明のため、各種金属の接触角測定、表面自由エネルギー算出、表面形態解析および表面組成分析を行い表面性状のナノレベルでの比較を行う。

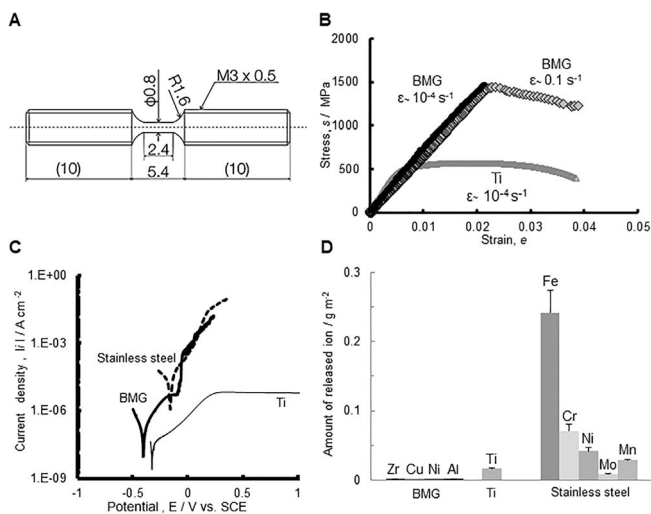
4. 研究成果

1. Zr70Ni16Cu6Al8金属ガラスの機械的特性、化学的特性、生体親和性の評価

1-1. 引張試験

Zr70Ni16Cu6Al8金属ガラスの引張強さが1500MPa、2種純チタンが570MPaと金属ガラスの方が3倍程度大きく(Fig.B)弾性率は2種純チタンの110GPaに比べ、Zr70Ni16Cu6Al8金属ガラスは70GPaであった。Zr70Ni16Cu6Al8金属ガラスは2種純チタンと比較して引張強さが高く、低弾性率であることが示された。また、Zr70Ni16Cu6Al8金属ガラスは他の金属材料では見られない極めて大きな2.2%もの弾性を有していることが判明した。

1-2. アノード分極試験及び溶出試験における解析



金属ガラスからはほぼイオン溶出しないことが判明した (Fig.D)。Zr70Ni16Cu6Al8 金属ガラスの不動態皮膜の安定性が高く、高耐食性であることが示された。

アノード分極試験では Zr70Ni16Cu6Al8 金属ガラスは明確な不動態域を示したことから、不動態皮膜を形成することが明らかとなった。孔食電位は -0.1VSCE とステンレス鋼とほぼ同等の値であった。しかしながら、ステンレス鋼は浸漬状態において不動態皮膜が不安定で孔食発生と不動態化を繰り返していたのに対し、Zr70Ni16Cu6Al8 金属ガラスの不動態皮膜は安定していた (Fig.C)。

イオン溶出試験では、ステンレス鋼から鉄、クロム、ニッケル、モリブデンおよびマンガンの金属イオン溶出が認められた (Fig.D)。また、2 種純チタンからはチタンの溶出が認められた (Fig.D)。一方、Zr70Ni16Cu6Al8

1-3. Zr70Ni16Cu6Al8 金属ガラス上の骨髄間葉細胞の接着能と増殖能、骨分化能の解析

免疫蛍光染色では、細胞骨格アクチンを緑、focal adhesion を形成するタンパクの一つである vinculin を橙、核を青で染色した。Zr70Ni16Cu6Al8 金属ガラス箔上、および 2 種純チタン箔上で培養した細胞はどちらも同様の細胞形態を示し、4 時間後から vinculin の発現が確認され、1 日目、7 日目と細胞数が同等に増加していた。また、培養 1 日後の SEM 像においても、Zr70Ni16Cu6Al8 金属ガラス箔上で培養した骨髄間葉細胞と 2 種純チタン箔上で培養した骨髄間葉細胞の間に明らかな細胞形態の違いは認められなかった。WST8 を用いた細胞増殖能の解析について Zr70Ni16Cu6Al8 金属ガラス箔上で培養した骨髄間葉細胞、2 種純チタン箔上で培養した骨髄間葉細胞は 8 日目にコンフルエントになるまで分化を続けた。また全体的に大きな差は認められなかったことから、Zr70Ni16Cu6Al8 金属ガラスは 2 種純チタンと同等に骨髄間葉細胞が接着・増殖できる生体親和性材料であることが示された。また、骨髄間葉細胞の骨分化誘導群は非骨分化誘導群と比較して、アリザリンレッド染色では石灰化を示す赤い染色像が得られたことから、骨髄間葉細胞は Zr70Ni16Cu6Al8 金属ガラス上で骨分化能を有することが示唆された。

2.4 種の金属ガラスの弾性率及びぬれ性

4 種の金属ガラス箔の引張試験の結果から算出した弾性率はそれぞれ 65Zr-BMG が 84.7 ± 7.4 、68Zr-BMG が 81.2 ± 3.4 、70Zr-BMG が 70.5 ± 4.0 、72Zr-BMG が 65.4 ± 7.3 であり、Zr 含有量が多いほど弾性率は有意に小さい値を示した。コントロールの純チタンの値は 107.0 ± 8.2 であった。4 種の金属ガラス箔の間では 65Zr-BMG と 70Zr-BMG、65Zr-BMG と 72Zr-BMG、68Zr-BMG と 70Zr-BMG、68Zr-BMG と 72Zr-BMG に有意差が認められた。純チタンとの比較では 4 種の金属ガラスいずれの間にも有意差が認められた。また、ぬれ性の評価で得られた水滴接触角は純水で 65Zr-BMG が $93.1^\circ \pm 1.2$ 、68Zr-BMG が $87.8^\circ \pm 1.1$ 、70Zr-BMG が $78.3^\circ \pm 1.3$ 、72Zr-BMG が $68.9^\circ \pm 0.7$ であり、Zr の含有量が多いほど接触角が有意に小さく、ぬれが良い傾向が示された。4 種の金属ガラス間にはいずれの組み合わせにおいても有意差が認められた。コントロールの純チタンの接触角は $88.4^\circ \pm 1.1$ であった。4 種の金属ガラスと純チタンとの比較では、68Zr-BMG と純チタン間を除くいずれの間にも有意差があることが示された。

3. 純チタンおよび 4 種の金属ガラス製スクリューの形状と表面性状の観察

SEM で観察したところ、4 種の金属ガラス製スクリューと純チタン製スクリューは同形状であり、表面性状も変わらないことが確認できた。撤去後のスクリュー表面構造の観察では、金属ガラス製スクリューにわずかに骨様沈着物が認められた。全てのスクリューに大きな損傷は認められなかった。また、Alizarin Red 染色では Zr の含有量の多いスクリューほど染色される領域が広い傾向を認めた。

4. 埋入・撤去トルク値

スクリューの生体内での初期安定性を評価するため埋入トルク値の測定を、撤去時に生じる抵抗力を評価するため撤去トルク値の測定 (埋入 7 日後、28 日後) を行った。

埋入時の埋入トルク値は、純チタン製スクリューが 0.71 ± 0.1 Ncm、65Zr-BMG 製スクリューが 0.71 ± 0.1 Ncm、68Zr-BMG 製スクリューが 0.77 ± 0.6 Ncm、70Zr-BMG 製スクリューが 0.80 ± 0.2 Ncm、72Zr-BMG 製スクリューが 0.80 ± 0.1 Ncm であり、各スクリューの間に有意差は認められなかった。埋入 7 日後の撤去トルク値は、純チタン製スクリューが 0.51 ± 0.1 Ncm、65Zr-BMG 製スクリューが 0.41 ± 0.1 Ncm、68Zr-BMG 製スクリューが 0.54 ± 0.1 Ncm、70Zr-BMG 製スクリューが 0.58 ± 0.0 Ncm、72Zr-BMG 製スクリューが 0.70 ± 0.1 Ncm と、Zr の含有量が多いほど大きくなった。また、純チ

タン製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー、65Zr-BMG製スクリューと70Zr-BMG製スクリュー、65Zr-BMG製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー間に有意差が認められた。埋入28日後の撤去トルク値は、純チタン製スクリューが 0.58 ± 0.1 Ncm、65Zr-BMG製スクリューが 0.51 ± 0.1 Ncm、68Zr-BMG製スクリューが 0.61 ± 0.1 Ncm、70Zr-BMG製スクリューが 0.75 ± 0.1 Ncm、72Zr-BMG製スクリューが 0.83 ± 0.1 Ncmと、埋入7日目と同様にZrの含有量が多いほうが大きくなる傾向が認められ、65Zr-BMG製スクリューと70Zr-BMG製スクリュー、純チタン、65Zr-BMG及び68Zr-BMG製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー間に有意差が認められた。また、すべての群のスクリューにおいて、埋入7日目よりも28日目の方が撤去トルク値が大きい傾向が認められた。

5. 動揺度の測定(Periotest 値)

スクリューの安定性の推移を評価するためPeriotest 値の測定を行った。埋入直後は、各スクリュー間に有意差は認められなかった。埋入7日後は、純チタン製スクリューが 19.7 ± 2.7 、65Zr-BMG製スクリューが 17.9 ± 4.2 、68Zr-BMG製スクリューが 15.5 ± 1.3 、70Zr-BMG製スクリューが 15.3 ± 1.7 、72Zr-BMG製スクリューが 13.5 ± 2.1 であった。28日後は、純チタン製スクリューが 11.6 ± 3.7 、65Zr-BMG製スクリューが 12.3 ± 1.4 、68Zr-BMG製スクリューが 10.3 ± 3.3 、70Zr-BMG製スクリューが 8.3 ± 2.2 、72Zr-BMG製スクリューが 3.8 ± 0.1 であった。埋入7日後、28日と経時的に、5種類のスクリューはともに数値の減少を示し、安定性は高くなった。埋入7日後の純チタン製スクリューと68Zr-BMG製スクリュー、純チタン製スクリューと70Zr-BMG製スクリュー、純チタン製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー間に有意差が認められた。また、埋入28日後の純チタン製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー、65Zr-BMG製スクリューと70Zr-BMG製スクリュー、65Zr-BMG製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー、68Zr-BMG製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー、70Zr-BMG製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー間に有意差が認められた。

6. 組織形態計測学的評価

スクリューの安定性に寄与する新生骨形成量を評価するため、組織学的評価を行った。明視野顕微鏡での組織像の観察では、4種のスクリューの刃部表面にはZrの含有量が増加するほど多くの新生骨形成が認められたが、純チタン製スクリューおよび65Zr-BMG製スクリューは新生骨の形成が顕著には認められなかった。埋入7日後のBICの評価では、純チタン製スクリューと70Zr-BMG製スクリュー、純チタン製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー、65Zr-BMG製スクリューと70Zr-BMG製スクリュー、65Zr-BMG製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー間に有意差が認められた。埋入28日後のBICの評価では、純チタン製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー間に有意差が認められた。また、埋入7日後、28日後ともにZrの含有量が多いほうがBICの値が大きくなる傾向が認められた。埋入7日後のBAの評価では、純チタン製スクリューと70Zr-BMG製スクリュー、純チタン製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー、65Zr-BMG製スクリューと70Zr-BMG製スクリュー、65Zr-BMG製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー間に有意差が認められた。埋入28日後のBAの評価では、純チタン製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー、65Zr-BMG製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー間に有意差が認められた。また、BICと同様に埋入7日後、28日後ともにZrの含有量が多いほうがBAの値が大きくなる傾向が認められた。スクリュー埋入28日後の蛍光顕微鏡による組織像では、スクリュー周囲と、皮質骨内面に形成された新生骨へのカルセイングリーンとテトラサイクリンの沈着による緑のラインと黄色のラインの二重ラベリングがどのスクリューにおいても確認できた。純チタン製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー、および65Zr-、68Zr-、70Zr-BMG製スクリューと72Zr-BMG製スクリュー間に有意差が認められた。

7. 臓器残留元素の評価

臓器残留元素の評価では、脳臓、腎臓、肝臓でコントロールのチタンに比較して、Zr-BMGを構成する元素の有意に多い溶出は認めなかった。肝臓及び腎臓に残留する銅は多く検出され、特に肝臓においては各成分元素間にも有意差が認められた。肺においてはジルコニウムが68Zr-、70Zr-BMGで多く検出され、ニッケルは68Zr-BMGにおいて有意に多く検出された。脳においてはジルコニウムが68Zr-BMG、70Zr-BMGで有意に多く残留していることが分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 7件）

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Ida H, Seiryu M, Takeshita N, Iwasaki M, Yokoyama Y, Tsutsumi Y, Ikeda E, Sasaki S, Miyashita S, Sasaki S, Fukunaga T, Deguchi T, Takano-Yamamoto T. | 4. 巻 74 |
| 2. 論文標題 Biosafety, stability, and osteogenic activity of novel implants made of Zr70Ni16Cu6Al8 bulk metallic glass for biomedical application. | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Acta Biomater. | 6. 最初と最後の頁 505-517 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.actbio.2018.05.020. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Takano-Yamamoto T, Sasaki K, Fatemeh G, Fukunaga T, Seiryu M, Daimaruya T, Takeshita N, Kamioka H, Adachi T, Ida H, Mayama A. | 4. 巻 Oct 25;7(1) |
| 2. 論文標題 Synergistic acceleration of experimental tooth movement by supplementary high-frequency vibration applied with a static force in rats. | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Sci Rep. | 6. 最初と最後の頁 13969 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-13541-7. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Matsubara T, Kinbara M, Maeda T, Yoshizawa M, Kokabu S, Takano Yamamoto T. | 4. 巻 Aug 5;489(4) |
| 2. 論文標題 Regulation of osteoclast differentiation and actin ring formation by the cytolinker protein plectin. | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Biochem Biophys Res Commun. | 6. 最初と最後の頁 472-476 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2017.05.174. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |
| 1. 著者名 Endo Y, Kumamoto H, Nakamura M, Sugawara S, Takano-Yamamoto T, Sasaki K, Takahashi T. | 4. 巻 40(6) |
| 2. 論文標題 Underlying Mechanisms and Therapeutic Strategies for Bisphosphonate-Related Osteonecrosis of the Jaw (BRONJ). | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Biol Pharm Bull. | 6. 最初と最後の頁 739-750 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/bpb.b16-01020. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Bando K, Tanaka Y, Kuroishi T, Sasaki K, Takano-Yamamoto T, Sugawara S, Endo Y. | 4. 巻 May;137(5) |
| 2. 論文標題 Mouse Model of Hydroquinone Hypersensitivity via Innate and Acquired Immunity and its Promotion by Combined Reagents. | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 J Invest Dermatol. | 6. 最初と最後の頁 1082-1093 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jid.2016.12.018. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Shima K, Tsuchiya M, Oizumi T, Takano-Yamamoto T, Sugawara S, Endo Y. | 4. 巻 40(1) |
| 2. 論文標題 Inflammatory Effects of Nitrogen-Containing Bisphosphonates (N-BPs): Modulation by Non-N-BPs. | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Biol Pharm Bull. | 6. 最初と最後の頁 25-33 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/bpb.b16-00521. | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 該当する |

| | |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名 Takano-Yamamoto T, Fukunaga T, Takeshita N. | 4. 巻 1489 |
| 2. 論文標題 Gene Expression Analysis of CCN Protein in Bone Under Mechanical Stress. | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Methods Mol Biol. | 6. 最初と最後の頁 283-308 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-1-4939-6430-7_26 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 該当する |

〔学会発表〕 計10件(うち招待講演 1件/うち国際学会 1件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 井田 裕人、清流 正弘、竹下 信郎、岩崎 将也、横山 嘉彦、堤 祐介、池田 悦子、佐々木 聡史、宮下 俊郎、佐々木 周太郎、福永 智広、出口 徹、山本 照子 |
| 2. 発表標題 新素材Zr70Ni16Cu6Al8金属ガラス製スクリューの生体安定性、骨形成能および生体安全性について |
| 3. 学会等名 第77回日本矯正歯科学会学術大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takano-Yamamoto T |
| 2. 発表標題 Tooth movement and mechanical stress-Role of osteocytes and osteoimmune factors. |
| 3. 学会等名 The 20th Annual Meeting of Taiwan Orthodontic Society, (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 井田裕人、清流正弘、山本照子 |
| 2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューを用いて、上顎歯列の正中偏位を改善した症例 |
| 3. 学会等名 第33回東北矯正歯科学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 青沼 智、福永智広、北浦英樹、竹下信郎、山城隆、山本照子 |
| 2. 発表標題 RUNK2+/-マウスの矯正歯の移動の牽引側における骨芽細胞の増殖および分化気候にRunx2/mTORC2シグナルが関与する |
| 3. 学会等名 第35回日本骨代謝学会学術集会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 川津正慶、竹下信郎、吉田倫子、木村晴地、清流正弘、滝本晶、宿南知佐、山本照子 |
| 2. 発表標題 牽引力負荷された歯根膜の初期反応におけるscleraxisの発現機序と機能の解析 |
| 3. 学会等名 第76回日本矯正歯科学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮下俊郎、長谷川正和、清流正弘、山本照子 |
| 2. 発表標題 臼歯の挺出および下顎歯列の遠心移動により骨格的・機能的不調和を改善した骨格性III級症例 |
| 3. 学会等名 第76回日本矯正歯科学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉田倫子、清流正弘、山本照子 |
| 2. 発表標題 下顎前歯先天性欠如および上顎前歯部に叢生を伴う骨格性I級症例 |
| 3. 学会等名 第76回日本矯正歯科学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小林 孝敬、清流 正弘、山本 照子 |
| 2. 発表標題 セルフライゲーションリンガルブラケットおよび歯科矯正用アンカースクリューの有用性 |
| 3. 学会等名 第76回日本矯正歯科学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小林 孝敬、清流 正弘、出口 徹、長谷川 正和、山本 照子 |
| 2. 発表標題 片側性臼歯部crossbite患者と正常咬合者の顎関節円板位置の比較 |
| 3. 学会等名 第76回日本矯正歯科学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 吉澤 光弘, 福永 智広, 清流 正弘, 黒木 毅, 宮島 悠旗, 山本 照子 |
| 2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューを併用して上顎骨前方牽引を行った骨格性III級症例 |
| 3. 学会等名 第76回日本矯正歯科学会 |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|-------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 山本 照子 (Yamamoto Teruko) (00127250) | 東北大学・歯学研究科・名誉教授 (11301) | |
| 研究分担者 | 井田 裕人 (Ida Hiroto) (20746979) | 東北大学・歯学研究科・非常勤講師 (11301) | |
| 研究分担者 | 清流 正弘 (Seiryu Masahiro) (80510023) | 東北大学・歯学研究科・助教 (11301) | |