

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 19 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24593083

研究課題名(和文) 生体力学に基づいて材料と形状が最適化された矯正用オンプラントアンカーの開発

研究課題名(英文) Development of orthodontic anchor device composed of optimum material and shape configured by biomechanism

研究代表者

鈴木 聖一 (Shoichi, Suzuki)

東京医科歯科大学・医歯(薬)学総合研究科・准教授

研究者番号：90187732

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：矯正用オンプラントアンカーは歯槽骨表面に設置されるため、歯根や歯胚を傷つけることなく混合歯列期の患者にも適用できるが、固定まで時間を要するのが問題である。

本研究は、骨表面に設置した際に最も早く骨新生を誘導し、かつ矯正用アンカーとして必要な固定維持力を発揮する材質および形状を有する新しい矯正用オンプラントアンカーを開発する事を目的とする。アパタイトコラーゲンをコーティングしたチタンロッドをラット頭蓋骨骨膜下に移植したところ、移植4週目までにチタンロッドを覆う新生骨が生成され、力学的検索により断面を半円形にしたチタンロッドがより強固に骨に固定されることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Though orthodontic onplant anchor device would not injure dental roots and tooth germs, it takes much time to fix on the alveolar bone. The purpose of this study was to develop new orthodontic onplant anchor device composed of optimum material and shape configured by biomechanism. Apatite-collagen coating titanium rod was transplanted beneath the periosteum of rat parietal bone. The results showed that the titanium rod was covered with new bone by 4 weeks, and titanium rod with a section of half circle showed strong fixing.

研究分野：歯科矯正学

キーワード：矯正用アンカーデバイス オンプラント アパタイトコラーゲン 新生骨 固定

1. 研究開始当初の背景

近年、矯正用テンポラリーアンカーデバイスが普及し、歯の移動における確実な固定が得られることにより矯正装置の簡略化、治療期間の短縮など臨床における有用性は広く認められている。これらテンポラリーアンカーデバイスのうち現在最も広く使用されているのはミニスクリュウタイプで、浸襲が少なく患者の負担も軽く、施術者にとっても扱いが簡便で人気が高い。しかしながらミニスクリュウは、歯槽骨の皮脂骨を陥入し内部の海綿骨の領域までネジ先が侵入するため、歯根と歯根の間に刺入しなければならない。刺入方向を間違えると歯根を傷つける危険性があり、また刺入先が歯根に接すると歯の移動を妨げる危険性がある。また、もともと幅の狭い歯根と歯根の間に刺入するため、歯の移動量も限定される。さらに、混合歯列期の患者のように歯槽骨内に多数の後続永久歯の歯胚が存在する場合にはミニスクリュウの刺入がこれら歯胚を傷つける危険性が高く、現在ミニスクリュウは乳歯列、混合歯列の患者には適用できない。

一方、歯槽骨の骨表面に設置されるオンプレラントアンカーデバイスは、デバイスの歯槽骨内への侵入がないので、歯根や歯胚を傷つける危険性が無く、また、歯根に当たったり接したりすることもないため、長距離の歯の移動を行う上で極めて有利である。これらオンプレラントは歯槽骨骨膜下に移植したデバイスが骨膜により形成される新生骨に覆われることで固定されるため、必要な維持力を発揮するためにデバイスが大型で口蓋にしか設置できず、また必要な固定力を得るための新生骨の生成に数か月を要し、ミニスクリュウが設置した時点で使用となるのに比較して使用可能となるまでの待機期間が長いことなどが問題となって、普及されるに至っていない。前述したとおり、オンプレラントアンカーデバイスはテンポラリーアンカーとして極めて有用な特性をもっておりながら、形状と固定までにかかる時間が本デバイスの普及を妨げているものと考えられる。

早期に歯槽骨表面に固定され、かつ矯正治療に必要なオンプレラントアンカーデバイスが開発できれば、これからの矯正臨床に極めて有用であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は早期に歯槽骨に固定できるオンプレラントアンカーの最適材料、形状について検索することにある。

3. 研究の方法

(1) 実験 1

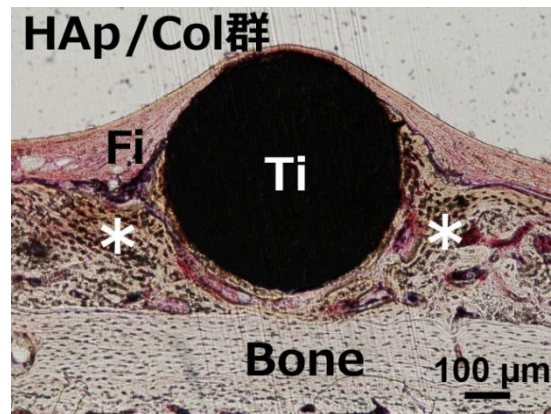
チタンロッドに骨誘導物質である、コラーゲン、アパタイトおよびアパタイトコラーゲンをコーティングしてラット頭蓋骨骨膜下に移植し、新生骨の生成と固定の強さを組織学的に観察するとともに、組織形態計測的手法および力学試験による手法を用いて検索を行った。

(2) 実験 2

チタンロッドの断面形状を円、楕円、半円など異なる形状のロッドを作製してアパタイトコラーゲンコーティングを施し、同様にラット頭蓋骨骨膜下に移植し、移植後4週間においてチタンロッドを頭蓋骨ごと摘出し、力学的試験によりチタンロッドの頭蓋骨に固着されている強さを計測し、チタンロッドの断面形状と頭蓋骨への固定強さの関係について検査を行った。

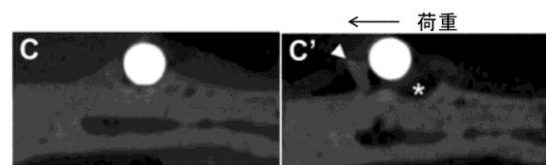
4. 研究成果

移植後4週間においてアパタイトコラーゲン、アパタイトをコーティングしたチタンロッド周囲に新生骨の生成が認められたが、特にアパタイトコラーゲンをコーティングしたチタンロッドの半径を超える高さまで新生骨が形成されチタンロッドはその新生骨に囲まれ一部はチタンロッド上部を覆うような状態を示していた。また、チタンロッドと新生骨の間には線維層の介在は認められなかった(下図)



さらにチタンロッドの断面形状を変えて同様にアパタイトコラーゲンコーティングを行い頭蓋骨骨膜下に移植し、移植4週後に引き抜き試験を行いチタンロッドと頭蓋骨の固定強さを計測した実験では、断面を半円形にした群が最も固定力が強い傾向を示した。

(下図)



以上の実験によりアパタイトコラーゲンをコーティングしたチタンロッドは骨膜下において新生骨の生成を早期に誘導することが明らかになった。また、骨に固定するデバイスの形状として断面が半円形のものが強い固定力を発揮する傾向が示された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

- (1)上園将慶、菊地正紀、高久田和夫、鈴木聖一、森山啓司. 骨表面へ迅速にチタンを接合させる新技術 TITANIUM JAPAN. 2014; 62(4); 32-36 (査読無)
- (2)Uezono M, Takakuda K, Kikuchi M, Suzuki S, Moriyama K. Hydroxyapatite/collagen anocomposite-coated titanium rod for achieving rapid osseointegration onto bone surface. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 101:1031-8, 2013. (査読有)

〔学会発表〕(計 10件)

- (1)上園将慶、高久田和夫、菊池正紀、鈴木聖一、森山啓司. HAp/Col コーティングを用いた新規顎顔面用骨膜下デバイスの開発. 第 36 回日本バイオマテリアル学会大会 2014.11.17 東京
- (2)上園将慶、高久田和夫、菊池正紀、鈴木聖一、森山啓司. 有限要素法を用いた歯科矯正用骨膜下デバイスの応力解析. 第 73 回日本矯正歯科学会大会 2014.10.20 千葉
- (3)上園将慶、高久田和夫、杉原章太、平塚泰三、鈴木聖一、森山啓司. ラット脛骨実験系を用いた筋損傷が骨膜反応に及ぼす効果に関する検討. 第 32 回日本骨代謝学会学術集会 2014.07.24 大阪
- (4)Uezono M, Takakuda K, Kikuchi M, Suzuki S and Moriyama K. Optimum Thickness of Hydroxyapatite/Collagen Nano Composite Coating for Subperiosteal Devices. The 7th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics, Yokohama, Japan, June 19-21st, 2013.
- (5)上園将慶、高久田和夫、菊池正紀、鈴木聖一、森山啓司. 骨膜下デバイスにおけるハイドロキシアパタイト/コラーゲンナノ複合体コーディングの最適条件に関する検討. 第 72 回日本矯正歯科学会大会、松本(長野県)、平成 25 年 10 月 7-9 日.
- (6)Uezono M, Takakuda K, Kikuchi M, Suzuki S and Moriyama K. Optimum Thickness of Hydroxyapatite/Collagen Nano Composite Coating for Subperiosteal Devices. The 7th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics, Yokohama, June 19-21st, 2013.
- (7)Uezono M, Takakuda K, Kikuchi M, Suzuki S and Moriyama K. Optimum Cross-section for Hydroxyapatite/Collagen Nanocomposite-coated Subperiosteal Devices. The 4th International Symposium on Surface and Interface of Biomaterials. Rome, Italy, September 24-28th, 2013.
- (8)Kikuchi M, Sato T, Aizawa M, Yun H-S, Uezono M, Takakuda K, Suzuki S and Moriyama K. Various applications of

hydroxyapatite/collagen bone-like nanocomposite. Materials Science & Technology 2013 Conference & Exhibition. Montreal, Canada, October 27-31st, 2013.

(9)Uezono M, Takakuda K, Kikuchi M, Suzuki S and Moriyama K. Hydroxyapatite/collagen Nanocomposite-coating Realized Rapid Osseointegration for Orthodontic Subperiosteal Anchorage Devices. The 91st General Session & Exhibition of the IADR, 42nd Annual Meeting & Exhibition of the AADR, 37th Annual Meeting of the CADR, Seattle, U.S.A. March 20-23, 2013.

(10)上園将慶、高久田和夫、菊池政紀、鈴木聖一、森山啓司. 骨膜下デバイスにおけるハイドロキシアパタイト-コラーゲン複合体コーディングが骨接合強度に及ぼす効果. 第 71 回日本矯正歯科学会大会、盛岡(岩手県)、平成 24 年 9 月 26-28 日.

〔図書〕(計 4件)

- (1)上園将慶、菊地正紀、高久田和夫、鈴木聖一、森山啓司. 骨表面へ迅速にチタンを接合させる新技術 TITANIUM JAPAN. 2014; 62(4); 32-36
- (2)菊池正紀、上園将慶、高久田和夫、鈴木聖一、森山啓司. 水酸アパタイト/コラーゲン骨類似ナノ複合体の現状. FINE CERAMICS REPORT、31(4), 140-144, 2013.
- (3)アンチエイジングシリーズ3. 骨研究最前線 代謝・疾病のメカニズムから再生医療・創薬・リハビリ機器・機能性食品開発まで. 第3章 骨研究からの最新歯科治療 第2節 矯正歯科用骨膜デバイスの開発と治療への応用. 森山啓司、上園将慶、鈴木聖一、高久田和夫、菊池正紀. NTS INC. 2013.
- (4)菊池正紀、上園将慶、高久田和夫、鈴木聖一、森山啓司. 水酸アパタイト/コラーゲン骨類似ナノ複合体の現状. FINE CERAMICS REPORT、31(4), 140-144, 2013.

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1件)

名称: HAp/Col 複合体によって被覆された生体材料

発明者: 菊池正紀、高久田和夫、森山啓司、鈴木聖一、上園将慶.

権利者: 東京医科歯科大学・NIMS

種類: 発明

番号: PTC/JP2013/061666

出願年月日: 2013年4月19日

国内外の別: 国外

○取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

- (1)日本経済新聞 2013年4月9日付掲載.
- (2)日刊工業新聞 2013年4月9日付掲載.
- (3)科学新聞 2013年5月3日付掲載
- (4)東京医科歯科大学ホームページ掲載
(<http://www.tmd.ac.jp/press-release/index.html>)
- (5)NIMS ホームページ掲載
(<http://www.nims.go.jp/news/press/2013/04/p201304080.html>)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 聖一 (Shoichi Suzuki)
東京医科歯科大・大学院医歯学総合研究
科・准教授
研究者番号：90187732

(2) 研究分担者

森山 啓司 (Keiji Moriyama)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究
科・教授
研究者番号：20262206

(3) 研究分担者

高久 田和夫 (Kazuo takakuda)
東京医科歯科大学・生体材料工学研究所・
教授

研究者番号：70108223

(4) 研究分担者

川元 龍夫 (Tatsuo Kawamoto)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究
科・講師
研究者番号：50323704