

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K11341

研究課題名(和文)有限要素法による矯正用HAp/CoI コーティングオンプラントの最適形状の検討

研究課題名(英文) Investigation on the most suitable morphology of orthodontic HAo/CoI coating onplant by using finite element method

研究代表者

鈴木 聖一 (SUZUKI, Shoichi)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・准教授

研究者番号：90187732

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：オンプラントは矯正用アンカーとして矯正力が負荷された際、オンプラントを母骨に固定している新生骨が破壊されないよう、新生骨への応力の負荷を軽減させる必要がある。そこで有限要素法を用いてオンプラントに矯正力を負荷した際、新生骨の高さと新生骨にかかる応力の大きさの関係についてオンプラントの断面形状別にそれぞれ測定を行った。その結果、円形断面のオンプラントは新生骨の高さに伴って新生骨にかかる応力が減少したが、他の形状は新生骨の高さによらず新生骨にかかる応力の大きさはほぼ一定で示された。また、これら断面形状のなかでは長方形断面のオンプラントが新生骨にかかる応力が最も低いことが示された。

研究成果の概要(英文)：The device's optimum shape for rapid and strong bone bonding was investigated by finite element analyses. Four cross-sectional rod geometries were investigated: circular (Cr), elliptical (El), semicircular (Sc), and rectangular (Rc). By changing the height of the newly formed bone to mimic the progression of new bone formation, the estimation of the bone-bonding strength was repeated for each geometry. The rod with the Rc cross section exhibited the best performance, followed by those with the Sc, El, and Cr cross sections, from the aspects of the rapid acquisition of strength and the strength itself. Thus, the rectangular cross section is the best for rod-like subperiosteal devices for rapid bone bonding.

研究分野：歯科矯正学

キーワード：矯正用アンカー オンプラント アパタイトコラーゲン 有限要素法 最適形状

1. 研究開始当初の背景

歯科矯正臨床における TADs (temporary anchorage devices) の導入は、矯正治療における絶対的固定源としてその利便性を大きく推進させるものと期待される。しかし、歯間部歯槽骨に埋入するミニスクリュー型デバイスは歯根や歯胚を損傷する危険性があり(図1)、歯間の狭い症例や歯槽骨内に多数の永久歯胚を包含する混合歯列ではミニスクリュー型デバイスの使用は困難である。



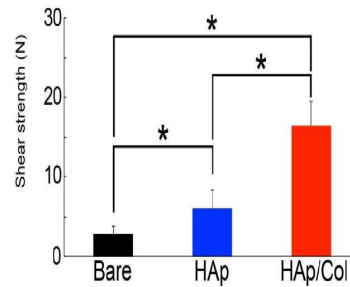
(図1: ミニスクリューによる歯根損傷)

そこで、我々は歯根や歯胚の損傷の危険性の無い歯槽骨、顎骨の骨表面に固定されるオンプラント型矯正用アンカレッジデバイスの開発を行ってきている。ハイドロキシアパタイト/コラーゲンナノ複合体 (HAp/Col) をチタンロッドにコーティングしラット頭蓋骨骨膜下に移植したところ、移植後1か月の間にチタンロッドを骨面に固定する十分な量の新生骨が生成された(図2)。



(図2: チタン、HAp、HAp/Col、コーティングロッド、移植4週間後の組織像、HAp/Colコーティングロッド周囲に十分な新生骨の生成を認める)

さらにせん断試験の結果、HAp/Col群のせん断応力は16Nとなり、チタン単独群の5倍、ハイドロキシアパタイトコーティング群の3倍の固定強度を発揮することが確認された(図3)。



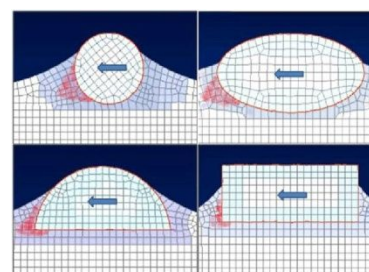
(図3: チタン、HAp、HAp/Col、コーティングロッド、移植4週間後のせん断応力。HAp/Colはチタン単独の5倍のせん断応力を発揮した) 一方、オンプラントは矯正用アンカーとして矯正力が負荷された際、オンプラントを母骨に固定している新生骨が破壊されないよう、新生骨への応力の負荷をできるだけ軽減させる必要がある。そこで、本研究は矯正力が負荷された際、新生骨にかかる応力が最も小さくなるオンプラントの最適形状を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

オンプラントは矯正用アンカーとして矯正力が負荷された際、オンプラントを母骨に固定している新生骨が破壊されないよう、新生骨への応力の負荷をできるだけ軽減させる必要がある。そこで、本研究では矯正力を負荷した際に新生骨に生じる応力が最も小さくなる上で最適なオンプラントの形状を決定することを目的とした。

3. 研究の方法

有限要素法を用いてオンプラントに矯正力を負荷した際、新生骨の高さと新生骨にかかる応力の大きさの関係について、オンプラントの断面形状別にそれぞれ測定を行った。下図に断面形状のロッドに矯正力を負荷した際にロッドを固定する新生骨に負荷される応力の分布と大きさをシミュレーションしたものである(図4)。

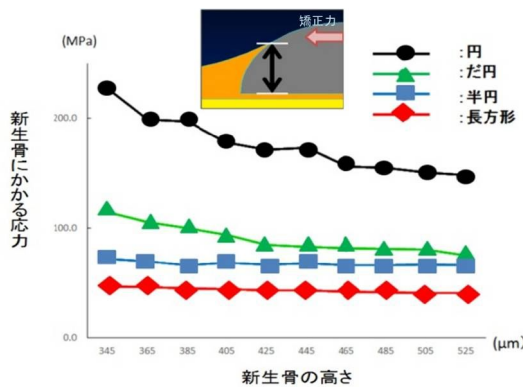


(図4：断面形状が円、楕円、半円、長方形のロッドに矯正量を負荷した際、新生骨にかかる応力のメッシュ法を用いたシミュレーション)

4. 研究成果

円形断面のオンプラントは新生骨の高さに伴って新生骨にかかる応力が減少したが、他の形状は新生骨の高さによらず新生骨にかかる応力の大きさはほぼ一定であった(図5)。

また、これら断面形状のなかでは長方形断面のオンプラントが新生骨にかかる応力が最も低いことが示された。これらの結果より、オンプラントに矯正力を負荷した際、長方形断面のものが応力が分散され新生骨への応力が最も小さく骨接合が安定すると推測された。



(図5：新生骨にかかる力と新生骨の高さの関係、断面が長方形のものが新生骨にかかる応力が最も低い)

今後は動物実験を用いてこれらのシミュレーションを実際の生体で再現し、同様に矯正力をかけた際に新生骨に負荷される応力、新生骨の破壊に至るまでの強度など力学試験を行い、シミュレーションの精度について検証していく予定である。

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 1 件)

Ogasawara T, Uezono M, Takakuda Kikuchi

M, Suzuki S, Moriyama K.

Shape optimization of bone-bonding

subperiosteal devices with Finite Element

analysis. BioMed Research International. 2017, 1-7

査読あり

Doi: 10.1155/2017/3609062

[学会発表](計 2 件)

Ogasawara T, Uezono M, Takakuda Kikuchi

M, Suzuki S, Moriyama K.

Shape optimization of bone-bonding

subperiosteal devices with Finite Element

analysis. 11th Asian Pacific Orthodontic Congress

2018, Resident's Forum

小笠原毅、上園将慶、高久田和夫、平塚泰三、

菊池正紀、鈴木聖一、森山啓司、

歯科矯正用骨膜下デバイスの形状および新生骨

が骨接合強度に及ぼす影響の有限要素解析 第

75 回日本矯正歯科学会、2018 年

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 聖一 (SUZUKI, Shoichi)
東京医科歯科大学・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

菊池 正紀 (KIKUCHI, Masanori)
国立研究開発法人 物質・材料
研究機構・チームリーダー
研究者番号：00354267

森山 啓司 (MORIYAMA, Keiji)
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

川元 龍夫 (KAWAMOTO, Tatsuo)
九州歯科大学・歯学部・教授
研究者番号：50323704

高久田 和夫 (TAKAKUDA, Kazuo)
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

上園 将慶 (UEZONO, Masayoshi)
東京医科歯科大学・大学院医歯学
総合研究科・特別研究員
研究者番号：80737346