

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 26 日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2012

課題番号：23792436

研究課題名（和文） 矯正力による歯の移動時の歯槽骨改造速度の定量と最適矯正力の決定

研究課題名（英文） Study on optimal orthodontic force and quantification of movement of tooth in the alveolar bone remodeling rate

研究代表者

田中 基大 (TANAKA MOTOHIRO)

長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科・助教

研究者番号：90420629

研究成果の概要（和文）：最適矯正力を決定するために、力の大きさとその移動様式の違いについて検討した。そして、傾斜移動と歯体移動での最適矯正力を半定量した。その後、海綿骨骨密度と歯の移動との間の相関関係を調べたところ有意な相関を認めることに成功した。その後、マイクロ CT の経時的な 3D 画像データを元にした 3 次元有限要素法解析を行う予定であったが、歯の移動後の複雑な歯槽骨形態から有限要素モデルを構築するのは容易でなく、現在も進行中である。

研究成果の概要（英文）：In order to determine the optimum orthodontic force, force magnitude and the tooth movement were investigated. The forces were finally determined on a semiquantitative level. Then statistically significant correlation between trabecular bone density and tooth movement was found. Subsequently 3D finite element model were constructed from micro CT images. Because of the complexity of alveolar bone morphometric evaluation after the tooth movement, it is not easy to make the finite element models. The study is now in process.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科、細目：歯学、矯正・小児系歯学

キーワード：歯科矯正学

## 1. 研究開始当初の背景

矯正歯科治療が行われるようになって以来 100 年を超える。その間、様々ないわゆる何々テクニックといわれる治療の技術が生じて流行しては衰退するようなことを繰り返してきた。少しずつは進歩しているものの、未だに全ての臨床家が満足して安定的な治療成果を得ることは容易ではない。個々の臨床医での技術の格差は大きく、臨床家は時間をかけて勉強すれば同じレベルに到達するものではない。何故であろうか。理由の大き

なひとつとして、歯を動かすための最適矯正力が不明なところが挙げられる。歯冠だけを把持して歯を自在に移動させるのは容易ではなく、一般的に熟練者の経験に頼っているのが現状である。この現状は一般的な医学的進歩から立ち後れていると思われる。

成人矯正装置の代表的なものとして、マルチブラケット装置がある。基本概念とその構造は 100 年来変わっていない。教科書的には、歯を 3 次元に自在に動かせるオールマイティの装置のようにいわれている。しかしながら、実際には自在に歯の動きをコントロール

するには熟練を要する。たとえば寒天につまようじを半分ほど差し込んで平行移動させることを想像したらイメージが湧くと思うが、恐らく誰でも簡単にできるであろう。しかしながら、これを力学的に解析するのは困難である。微妙な指使いを矯正用ワイヤーなどの金属材料で再現するのが困難な理由はそこにある。

これらの欠点を克服するために、数多くの臨床家が独自の理論を打ち立てて、独自のテクニックを想像してきたわけである。しかしながら、その根拠となるものは臨床経験であり科学的に検証されたものはないといっても過言ではない。科学的に検証する方法としては、いくつか方法として考えられるが、動物実験モデルで歯の動きを再現することと力学的に説明ができることの二点については最も重要なことと考えられる。

## 2. 研究の目的

先に述べた二つの重要課題に関して、臨床症例や基礎研究が数多くあるものの、最適矯正力を決定するアプローチは極めて困難なため、いまだ科学的に解明されていない。理由の一つに研究者が生物学的手法を用いるものと、物理学的手法を用いるものが分かれていたことがある。

矯正治療は、歯根吸収や歯槽骨の減少を引き起こすことなく、最短期間で歯の移動を達成するべきである。しかしながら、実際の臨床では力系と生体変化との因果関係が科学的に説明されていない。

本研究で行うことは、まず第一に矯正力負荷後の歯の移動にともなう歯槽骨の変化を定量する。第二に、マイクロCTの経時的な3D画像データを元にした3次元有限要素法解析を行う。

これらの結果を合わせて、生体の変化と力学的解析を統合させることにより、生体力学的シミュレーションモデルを構築し最適矯正力を決定するものである。

## 3. 研究の方法

### 1.

10週齢ウィスター系ラット(オス)に上顎第1-第2臼歯間に装着する。10, 25, 50, 100gのNiTi超弾性クローズド・コイルスプリングを上顎第1臼歯-切歯間に装着する。現在、本実験において利用できる弾性材料には機械的な性質が限られており、10gより弱い力を加えることが困難である。そこで、従来からよく使われる装置に加えて新に、歯体移動を行うことができる装置を考案した(研究成

果1)。これにより、歯の歯根膜に均等に圧迫力を加えることができるようになり、解析が容易になることが期待できた。従来の傾斜移動を誘導する装置とこの歯体移動を誘導する装置とを比較検討することにした(図1)。

また、骨密度と歯の移動の相関を調べるために卵巣摘出した骨粗鬆症モデルラットとそれにビスフォスフォネート誘導体ゾレドロン酸を投与したラットをそれぞれ、コントロールラットと比較した。

経時的にマイクロCT撮影(リガク社、r-mCT)を行った。装置装着後0-28日のデータを採得した。

i-viewソフトウェア(モリタ社)を用いてCTデータから歯の移動量を計測し、骨形態計測ソフト(ラトック社)を用いて歯槽骨の骨形態計測値の変化を測定した。動物実験での生体データが採得後は解析作業を行った。

1. 歯の移動距離、歯槽骨リモデリングの定量、および最適矯正力の決定

歯槽骨改造量は、Iで計測した骨形態計測値を比較することで求めた。この際に経時的データを同一部位で重ねる必要があるが、位置合わせ差分計測ソフト(ラトック社)を用いた。さらに、最大の歯の移動量を示す最小の力、すなわち最適矯正力を決定した。

2. 経時的3次元有限要素モデルによる矯正力の歯周組織への応力分布の解析

Iの経時的CTデータをDICOM変換し、Mimicsソフトウェア(マテリアライズ社)とPatran・Mentat・Marcソフトウェア(MSCソフトウェア社)を用いて、3次元時系列非線形有限要素モデルを構築した。歯根膜と歯槽骨の応力分布を算出し、応力分布の経時的な変化、および歯の変位を求めた。

## 4. 研究成果

骨密度の変化と歯の移動の相関をみるために、骨粗鬆症モデルラットとビスフォスフォネート誘導体ゾレドロン酸を投与したものとを比較検討したところ、海綿骨で骨形態計測値(BMD, BMC, BV)において有意差を認めた。すなわち、骨密度はコントロールに比較して骨粗鬆症モデルラットで小さくなり、ゾレドロン酸投与でコントロール値に近くなった。歯の移動をみても、コントロールラットより骨粗鬆症ラットで歯の移動量は大きくなり、ゾレドロン酸投与でコントロールに近い値になった(図2)。さらに骨密度と歯の移動の相関関係を見たところ、スピアマンの順位相関検定で各骨形態計測項目で高い相関を示した(p値:海綿骨BMD 0.040; BMC, 0.023; BV, 0.033)(図3)。これらのことから、骨密度が小さくなれば、矯正力に

よる歯の移動は大きくなることが証明された(論文1)。

次に、歯の移動動態(傾斜移動と歯体移動)の違いをみた。その結果、傾斜移動では10gをピークに歯の移動量は小さくなったが、歯体移動では50gまで移動量が大きくなり、100で小さくなった(図4)。つまり、傾斜移動では25gより小さい力に至適矯正力があり、歯体移動では100gより小さい力に至適矯正力があることが明らかになった。

続いて、経時的な有限要素モデルの解析を試みているが、モデルの作成に大きな障害があった。それは、個体差が大きいためモデルとするラットの選択が難しいことであった。上記のように骨塩量との有意差はあったものの歯槽骨での個体差は歯の移動後大きくなり、代表的ケースを選択することができない状況である。そのため、個体差をなくす(ばらつきをなくす)ことが必要であると考えて、その方法を考案中である。実際には、咬合挙上をはかったり、対合歯を抜去したり、矯正用ミニスクリューを用いたりすることで、絶対的な固定源と咬頭干渉の排除などを試行しているところである。

## 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)

1. Megumi Hashimoto; Hitoshi Hotokezaka; Irin Sirisoontorn; Takako Nakano; Kotaro Arita; Motohiro Tanaka; Noriaki Yoshida  
The effect of bone morphometric changes on orthodontic tooth movement in an osteoporotic animal model Megumi  
Angle Orthodontist (印刷中)

[学会発表] (計2件)

1. 橋本 恵, 佛坂齊社, スィリスントーンアイリン, 中野昂子, 有田光太郎, 田中基大, 吉田教明: 卵巣摘出ラットにおける骨密度変化が矯正力による歯の移動へ及ぼす影響. 第71回日本矯正歯科学会大会, 抄録集, p. 161, 2012}

2. 中野昂子, 佛坂齊社, 橋本 恵, スィリスントーンアイリン, 田中基大, 吉田教明: 歯の移動動態の違いによる至適矯正力ーラット実験モデルにおける評価ー. 第71回日本矯正歯科学会大会, 抄録集, p. 288, 2012}

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

該当なし

○取得状況 (計0件)

該当なし

[その他]

ホームページ等

該当なし

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

**田中 基大 (TANAKA MOTOHIRO)**

長崎大学・大学院医歯薬学総合研究科・  
**助教**

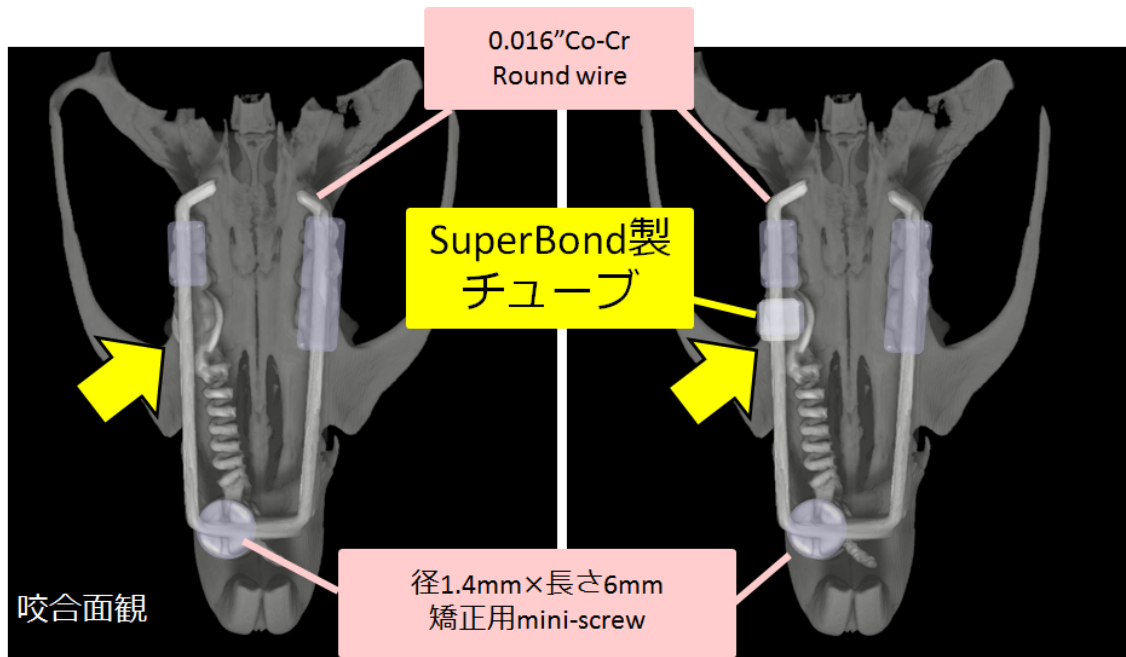
**研究者番号: 90420629**

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし



傾斜移動装置

歯体移動装置

図1 傾斜移動装置と歯体移動装置

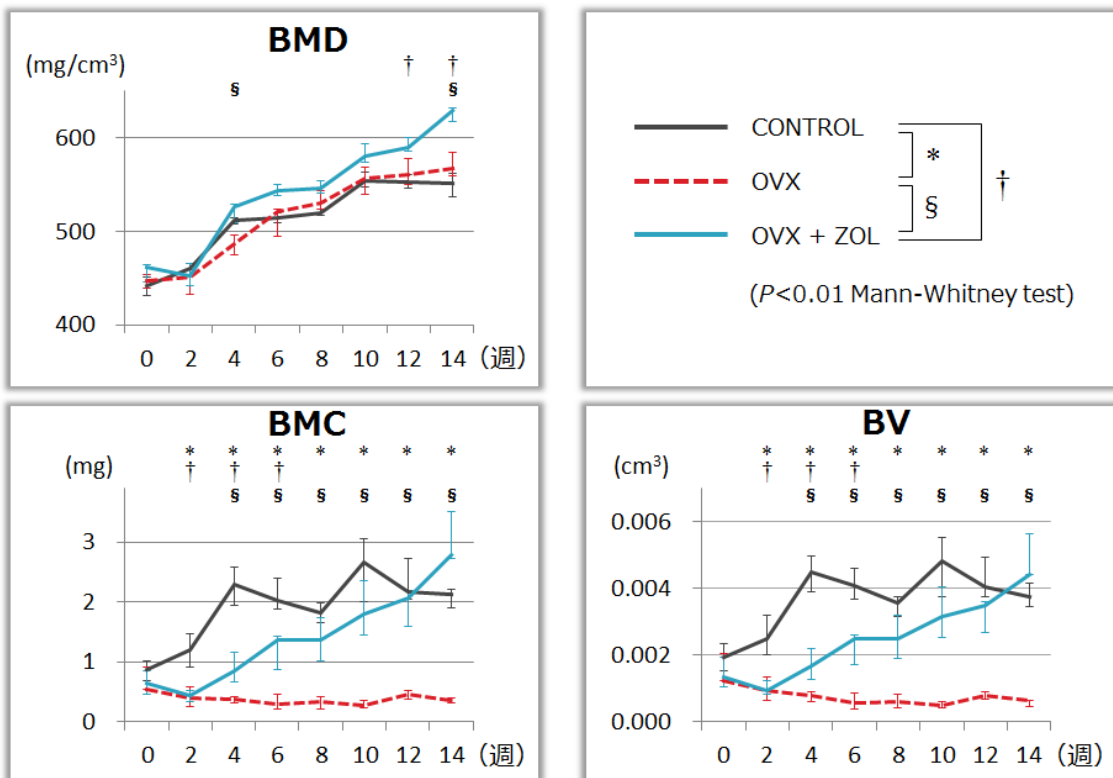
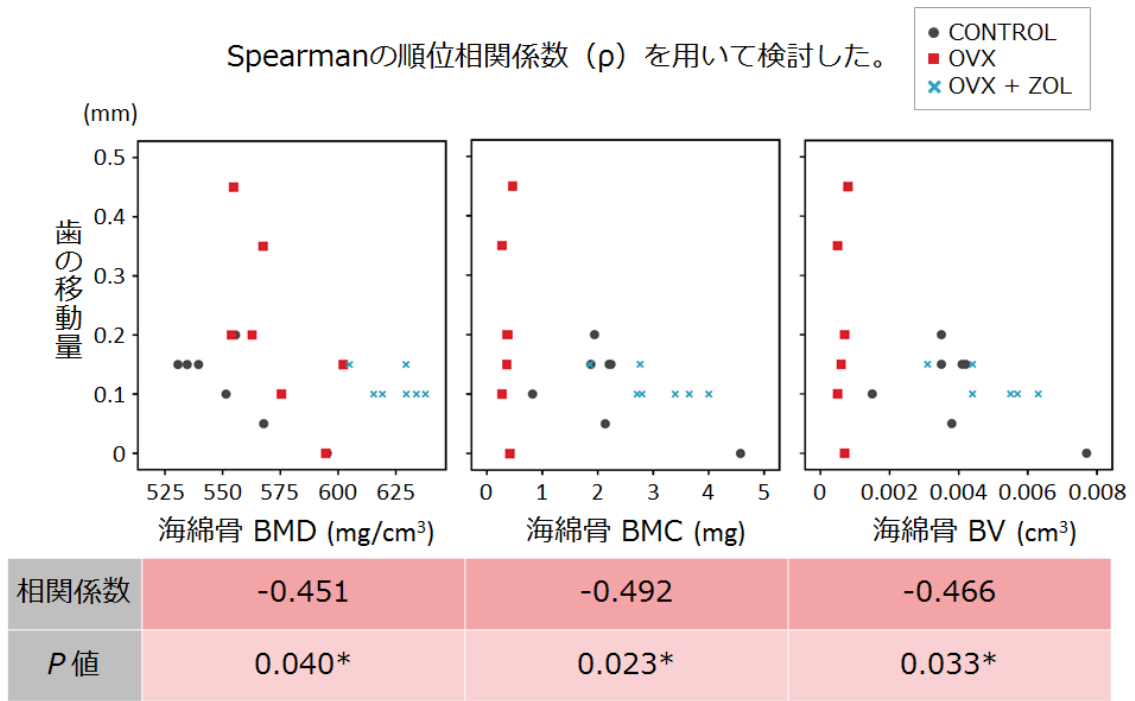


図2 海綿骨計測項目の経時的変化



\* $P < 0.05$

図3 歯の移動と海綿骨計測項目との相関

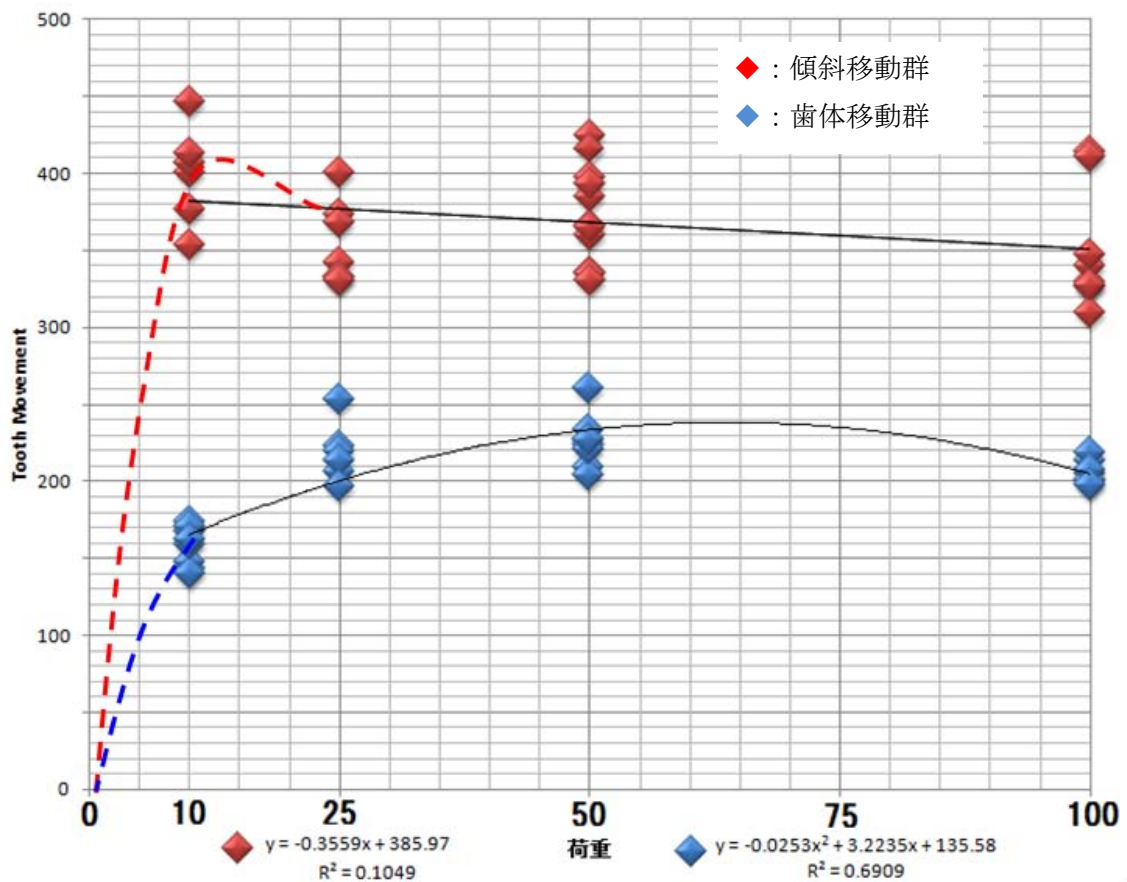


図4 傾斜移動群と歯体移動群の移動距離の比較