

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：11301
研究種目：若手研究
研究期間：2021～2023
課題番号：21K17174
研究課題名（和文）歯科矯正用インプラントによる顎整形力を骨格性上顎前突へ応用した際の生物学的検討

研究課題名（英文）Basic research on the effect of orthopedic force with orthodontic implant to skeletal maxillary prognathism

研究代表者
真山 敦（Atsushi, Mayama）

東北大学・歯学研究科・大学院非常勤講師

研究者番号：80792150
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：ビーグル犬顎骨に対し歯科矯正用インプラントの植立を行い、矯正力を付与したインプラントに対し、埋入と撤去のトルク値、動揺度、脱落率を検討した。これらの研究から、ビーグル犬顎骨内での歯科矯正用インプラントの高い安定性が明らかとなった。また、血中含有元素濃度を測定することで、スクリューの整体安全性についての評価を行い、高い安全性が示された。これらの検討から、ヒトに顎整形力を付与するのと同様に、上下顎骨に歯科矯正用インプラントを植立し、顎矯正力を付与することがビーグル犬においても可能であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義
成長期の骨格性上顎前突患者の治療は、定量的な評価の難しさから未だに明らかになっていないことが多い。本研究では、動物実験を用いた基礎研究を用いて、ビーグル犬顎骨に植立した歯科矯正用インプラントの安定性と安全性を明らかにした。顎整形力のみによるデータを正確に収集を行うことが可能となったことで、今後、定量的な顎整形力の評価を行うことが可能となった。

研究成果の概要（英文）：Orthodontic implants were implanted in the jawbone of beagle dogs to apply orthodontic force. Torque values for placement and removal, mobility, and dropout rates were evaluated for these implants. These studies revealed the high stability of orthodontic implants in the jawbone of beagle dogs. In addition, the orthodontic safety of the screws was evaluated by measuring the concentration of elements in the blood, and a high level of safety was demonstrated. These results indicate that orthodontic implants can be placed in the upper and lower jaw to provide orthodontic force in beagle dogs as in humans.

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

1. 研究開始当初の背景

成長期における骨格性不正咬合に対する治療として、上下顎骨に顎整形力を作用させる顎外固定装置や、筋肉の機能力を作用させる機能的矯正装置などが現在幅広く用いられている。しかし、これらの装置は歯を固定源として顎整形力や筋肉の機能力を付与させるものがほとんどであるため、歯系への好ましくない作用が問題になることが多い。

近年、歯科矯正用アンカースクリューやアンカープレート等の矯正用インプラントが矯正治療における固定源として有効であることが明らかになり、成長期における骨格性不正咬合に対する治療において歯系への副作用を防止するために、歯科矯正用インプラントを用いた試みが行われている。申請者らのグループは成長期の骨格性下顎前突患者に対する歯科矯正用アンカースクリューを併用した上顎前方牽引装置の治療効果について、ランダム化比較試験を実施し、上顎歯列の移動を最小限にとどめながら、より大きな上顎骨の前方移動を認めたことを報告した。更にアンカープレートを用いた成長期の骨格性下顎前突の治療効果のメカニズムについて、ビーグル犬を用いた基礎研究の報告も行っており、成長期の下顎前突患者に対しては、動物実験からランダム化比較試験まで、高いエビデンスレベルでの歯科矯正用インプラントの有用性が知られている。

一方で、成長期の骨格性上顎前突患者の治療に対する歯科矯正用インプラントの有用性については未だに解明されていない。このような現状を解決するためには、顎骨に植立した歯科矯正用インプラント同士を直接作用させ、歯系への副作用を完全に排除したうえで、動物実験を用いた基礎研究を用いて骨格性下顎前突の治療効果のメカニズムについて解明することが必要である。これまでに成長期の上顎前突患者に植立した歯科矯正用インプラントに直接的に顎整形力を作用させた報告はなく、治療効果のメカニズムも明らかになっていない。

本研究では、ビーグル犬を用いた基礎研究を行い、上下顎骨に植立した歯科矯正用インプラントに直接的に顎整形力を作用させる方法と、これまで広く使用されている顎外固定式装置による方法を比較し、上顎骨の成長抑制効果、下顎骨の成長促進効果、下顎頭への影響について、組織学的、骨形態計測学的な手法を用いて解明する。成長期の骨格性上顎前突患者における歯科矯正用インプラントの顎整形力の効果について解明し、臨床応用への橋渡しを行うことを目的とする。

2. 研究の目的

ビーグル犬を用いて、直径 1.4mm、長さ 5.0mm チタン合金製の歯科矯正用アンカースクリューを犬の顎骨に埋入し、埋入・撤去トルク値、動揺度、脱落率を検討し、スクリューの骨内安定性を評価する。また、血中含有元素濃度を測定し、スクリューの生体安全性の評価を行った後に、矯正力の付与を行う。得られたビーグル犬顎骨に対して、側面頭部 X 線規格写真の撮影を行い、線分析・角度分析・重ね合わせを行い、顎整形力の効果について比較検討する。

3. 研究の方法

(1) スクリューの植立

10 か月齢雄性ビーグル犬 4 匹に対し、全身麻酔を行い、歯科矯正用インプラントの植立を行った。実験期間中、全ての検体において、体重減少・摂食障害・歩行障害等の問題は生じなかった。

(2) 歯科矯正用インプラントの選択

歯科矯正用インプラントには臨床現場において広く用いられている Ti-6Al-4V チタン合金製の歯科矯正用インプラント (Abssoanchor ; Dentos, 韓国, 大邱)、直径 1.4mm (外形 1.4mm、内径 1.3mm)、長さ 5.0mm のものを用いた。

(3) 歯科矯正用インプラントの植立と即時荷重の付加

植立前に全身麻酔を施し、4 匹のビーグル犬に歯科矯正用インプラントを植立した。各ビーグル犬の下顎歯槽骨に片側につき 6 か所 (第 2 前臼歯根分岐部、第 3 前臼歯根分岐部、第 3 前臼歯と第 4 前臼歯との歯根間、第 4 前臼歯根分岐部、第 4 前臼歯と第 1 後臼歯との歯根間、第 1 後臼歯根分岐部) で歯科矯正用インプラントを埋入した (図 A)。埋入前に埋入部位のデンタル X 線写真を撮影し、隣在歯の歯根、埋入方向を確認した上で植立した。矯正用エラストック製チェーンにて 200 g の即時荷重を片側に植立したスクリュー全てに対して付加した。歯根への近接を評価するために、埋入後に各スクリューのデンタル X 線写真を撮影し、脱落したインプラントに対して評価を行った。

(4) 歯科矯正用アンカースクリューの埋入・撤去トルク値の計測

トルクゲージを用いて各スクリューの埋入トルク値および埋入8週後の撤去トルク値の計測を行った。埋入トルク値は4本、撤去トルク値は8週後に200g荷重群、非荷重群でそれぞれ4本について計測し、200g荷重群、非荷重群での差について検討した。

A



(図A 植立部位)

・歯科矯正用インプラントの動揺度の測定

全てのビーグル犬で動揺度の測定を行った。埋入後のスクリューの安定性を計測するために動揺度測定装置 Periotest (Gulden Messtechnik, ドイツ, ベンスハイム)を用いて、スクリュー埋入直後、埋入2週後、4週後、6週後、8週後の下顎骨埋入スクリューの動揺度を測定した。

(5) ビーグル犬血液中の含有元素濃度の測定

埋入前、埋入2週後、4週後、6週後、8週後時点で左後足伏在静脈より3.5 mlの血液を2回採取した。採取した血液は分析までの間、-20℃で凍結、保管し、ICP質量分析(ICP-MS)により血液中の含有元素濃度の測定を行った。

(6) ビーグル犬上下顎骨に対して植立した歯科矯正用インプラントに対して矯正力を付与し、移動量の測定を行う。

5か月齢雄性ビーグル12頭を使用し、無作為に顎整形力を付与するA群、固定式学内装置を使用するB群、コントロール群のC群に分類する。顎整形力を付与するA群は上顎骨前方および下顎骨後方に矯正用インプラントを植立し、インプラント間にクローズドコイルスプリングを装着し、矯正力を付与する。B群は上下顎前臼歯に鋳造法により作製したクラウンを装着し、フォーサスTMを装着し、矯正力を付与する。30日ごとに試料採取(側面頭部X線規格写真、印象採得、口腔内写真)を行い、移動量の評価を行う。実験終了後の組織より、骨形態計測、マイクロCTでの下顎頭の構造解析、組織切片による下顎頭形態の評価を行い、顎骨成長量を評価する。

4. 研究成果

(1) 歯科矯正用アンカースクリューの埋入・撤去トルク値の計測

埋入トルクについて、チタン合金製スクリューは 4.8 ± 0.9 Ncmを示した。埋入8週後に計測した撤去トルク値について、非荷重群において、 2.0 ± 0.0 Ncm、200g荷重群において、チタン合金製スクリューが 1.9 ± 0.5 Ncmを示し、荷重群・非荷重群の間に有意な差は認められなかった。植立した全ての歯科矯正用インプラントの脱落率は50%であった。荷重の有無と脱落については相関を示さず、デンタルX線写真から得られた距離計測により、歯科矯正用インプラントと歯根近接と脱落について相関が認められた。

(2) 歯科矯正用アンカースクリューの動揺度測定値

Periotestの結果、歯科矯正用インプラントの値は、埋入直後の値が 12.9 ± 3.3 を示した。非荷重群において、埋入2週後は、 17.4 ± 6.1 、埋入4週後は 13.4 ± 11.1 、埋入6週後は 14.2 ± 9.7 、埋入8週後は、 14.2 ± 5.0 を示した。200g荷重群では、埋入2週後は 17.0 ± 4.8 、埋入4週後は 8.6 ± 5.0 、埋入6週後は、埋入8週後は 7.7 ± 3.6 を示し、荷重群のPeriotest値は非荷重群と比べて少ない値を示した。

(3) ビーグル犬血液中の含有元素濃度の測定

ICP-MSによるビーグル犬血液中の含有元素濃度測定の結果、埋入前の濃度がAl： 3.25 ± 0.13 $\mu\text{g/g}$ 、V： 0.03 ± 0.01 $\mu\text{g/g}$ 、Ni： 0.52 ± 0.02 $\mu\text{g/g}$ 、Cu： 2.94 ± 0.03 $\mu\text{g/g}$ 、Zr： 0.05 ± 0.00 $\mu\text{g/g}$ 、Ti： 0.11 ± 0.05 $\mu\text{g/g}$ であり、埋入8週後はAl： 5.23 ± 2.92 $\mu\text{g/g}$ 、V： 0.01 ± 0.02 $\mu\text{g/g}$ 、Ni： 0.72 ± 0.66 $\mu\text{g/g}$ 、Cu： 3.19 ± 0.62 $\mu\text{g/g}$ 、Zr： 0.03 ± 0.01 $\mu\text{g/g}$ 、Ti： 0.06 ± 0.02 $\mu\text{g/g}$ を示した。歯科矯正用インプラントの植立前と植立8週後の間では血液中の含有元素濃度に有意な差は認められず、安全性が示唆された。

上記の実験から、ビーグル犬における歯科矯正用インプラントの安定性と安全性が示された。上下顎骨に対して植立した歯科矯正用インプラントにおける移動量の計測に関しては、現在も計測中である。今後も実験を継続し、データ公表の予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshida Michiko, Seiryu Masahiro, Mayama Atsushi, Takano-Yamamoto Teruko, Mizoguchi Itaru	4. 巻 38
2. 論文標題 Class III malocclusion with traumatic unilateral maxillary central incisor loss treated using orthodontic miniscrews: a case report	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Australasian Orthodontic Journal	6. 最初と最後の頁 329 ~ 347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2478/aoj-2022-032	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mayama Atsushi, Seiryu Masahiro, Takano-Yamamoto Teruko	4. 巻 12
2. 論文標題 Effect of vibration on orthodontic tooth movement in a double blind prospective randomized controlled trial	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-05395-5	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 Ito Arata, Mayama Atsushi, Oyanagi Toshihito, Ogura Hiroki, Seiryu Masahiro, Fukunaga Tomohiro, Kitaura Hideki, Mizoguchi Itaru	4. 巻 93
2. 論文標題 Three-dimensional morphologic analysis of the maxillary alveolar bone after anterior tooth retraction with temporary anchorage devices	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Angle Orthodontist	6. 最初と最後の頁 667 ~ 674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2319/120122-827.1	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 真山 敦 清流 正弘 山本 照子
2. 発表標題 二重盲検無作為化比較試験を用いた振動刺激による矯正的歯の移動促進効果と安全性の評価
3. 学会等名 第81回 日本矯正歯科学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小倉裕樹, 北浦英樹, 大柳俊仁, 清流正弘, 真山敦, 伊藤新, 溝口到
2. 発表標題 開咬症例における歯科矯正用アンカースクリューを用いた矯正治療と外科的矯正治療の後戻りの比較
3. 学会等名 日本矯正歯科学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤新, 真山敦, 大柳俊仁, 小倉裕樹, 清流正弘, 溝口到
2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューを用いた前歯牽引に伴う歯槽骨の形態変化の解析
3. 学会等名 日本矯正歯科学会大会
4. 発表年 2021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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関