

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：32710  
研究種目：基盤研究(C) (一般)  
研究期間：2017～2021  
課題番号：17K11945  
研究課題名(和文) 自動埋入型骨固定装置による顎骨の成長促進が小児の睡眠呼吸障害に及ぼす効果の検討  
  
研究課題名(英文) The effect of automatic auxiliary skeletal anchorage device on OSA children  
  
研究代表者  
友成 博 (Tomonari, Hiroshi)  
  
鶴見大学・歯学部・教授  
  
研究者番号：70398288  
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)：小児の睡眠呼吸障害に対して顎整形力を用いた矯正治療による上気道の拡大が根本治療として注目されているが、既存の顎整形力を発揮する装置は歯を固定源とするため、歯と歯周組織にダメージを与える可能性がある。私共は、これまで歯科矯正用アンカースクリューの問題となっていた脱落の危険因子を排除した自動埋入型骨固定装置を考案した。本装置は、歯を介さずに直接顎骨に対して顎整形力を付与することが可能であり、歯根や歯胚損傷の危険性が少ないため、小児患者に用いることができる。本研究は、私共の考案した骨固定装置を動物実験で経時的な安定性について検証し、成長期に新たな顎整形力を用いる装置としての臨床応用を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
本研究で検討する動物実験による基礎的検証および臨床的検証は、歯科矯正用アンカースクリュー学の創設や研究基盤を確立する礎として重要であり、学術的根拠のある効果的な矯正治療を国民に提供することが可能となる。  
新たな顎整形力を用いた睡眠呼吸障害(SDB)およびその関連疾患の改善は、医科と歯科の隣接領域において歯科が主体となって行う根本療法として期待され、耳鼻咽喉科と呼吸器科の疾患に対して、早期に行う矯正歯科治療の新たな意義を示すことができる。

研究成果の概要(英文)：Conventional orthodontic appliances applied to control the growth of maxilla and mandibular jaw during growing patients have several disadvantages that is the mesial drift of the lower teeth. To solve these problems, we developed a novel spike-like auxiliary skeletal anchorage device for use with a miniscrew to increase its stability. The newly developed auxiliary device can improve the primary stability without increasing diameter of miniscrew and eliminate increasing risk of root damage. In this study, we demonstrate the stability of new device over time in animal experiments, and investigated clinical application as a device that uses new jaw shaping force during the growth period.

研究分野：歯科矯正学

キーワード：矯正用アンカースクリュー 小児閉塞性睡眠時無呼吸 顎整形力

## 1. 研究開始当初の背景

閉塞性睡眠時無呼吸症候群 (OSAS) は、解剖学的上気道径狭小化、上気道代償性低下、呼吸調節系の不安定、低い覚醒閾値の4要素が病因病態生理に寄与しており、様々な表現型 (フェノタイプ) を呈する。小児の OSAS 患者は下顎の後退や上顎歯列弓の狭窄など顎顔面形態の異常を伴うことが多く、最近、矯正歯科治療による顎整形力を用いた顎骨の成長促進や歯列弓の拡大が、OSAS の改善や予防に効果的な治療の一つとして注目されている。しかし、顎整形力を発揮する既存の各種装置は、上顎や下顎の歯を固定源とするため、歯と歯周組織にダメージを与えることや、歯性の変化が大きく、骨格性の改善が半減するという欠点がある。

近年、歯科矯正用アンカースクリュー (以下、アンカースクリュー) は従来の矯正歯科治療の概念を覆す絶対的固定源として急速に普及してきている。しかし、アンカースクリューの脱落率は約 15% と決して低くないことに加え、埋入時の歯根損傷や埋入部位の制限など未だ解決すべき問題が残っている。一方、小児の OSAS 患者は下顎の後退や上顎歯列弓の狭窄など顎顔面形態の異常を伴うことが多く、矯正歯科治療による顎整形力を用いた顎骨の成長促進や歯列弓の拡大が、OSAS の改善や予防に効果的な治療の一つとして注目されている。

しかし、顎整形力を発揮する既存の各種装置は、上顎や下顎の歯を固定源とするため、歯と歯周組織にダメージを与えることや、歯性の変化が大きく、骨格性の改善が半減するという欠点がある。私共はこれらを考慮し、皮質骨との接触を自動的に広げ強固な維持力を獲得し、さらに、長径を短くし、歯根や歯胚への接触の危険性を低減することで、維持力の向上と植立部位の適応範囲が飛躍的に拡大する自動埋入型骨固定装置を考案した。これにより骨格性の改善と上気道の拡大を確実に効果的に発揮することで小児の睡眠呼吸障害 (SDB) およびその関連疾患である日中傾眠、夜尿、精神症状、胃食道逆流などの改善に繋がることが予想され、学術的検証を行う必要が生じた。

## 2. 研究の目的

既存のアンカースクリューと併用し維持力を向上させる新規骨固定補助装置 (以下、補助装置) を考案し、本補助装置を、既存アンカースクリューと併用することにより、歯根損傷の危険性とアンカースクリューの維持力を向上させる可能性があるが、補助装置を生体に用いた場合の効果は不明である。本研究では、ウサギの大腿骨に補助装置を併用して埋入し、アンカースクリューの維持力と、補助装置周囲骨の経時的な生体反応および安全性を検討することである。

## 3. 研究の方法

ウサギを用いた自動埋入型骨固定装置の埋入：日本白色種ウサギ (雄性 2500 ~ 3000 g) に対して全身麻酔下にて、1羽につき両側大腿骨に埋入した。埋入は、片方の大腿骨に補助装置を併用したアンカースクリューと単独のアンカースクリューをそれぞれ1本ずつ埋入した。その4週後にもう一方の大腿骨に同様に埋入した。さらに4週後に安楽死させ、補助装置を併用した群を補助装置併用群 (埋入後4週 n=11、8週 n=11)、単独で埋入した群をアンカースクリュー単独群 (埋入後4週 n=9、8週 n=11) とした。アンカースクリューを埋入した部位の骨を採取後、 $\mu$ CT を撮影し、専用のソフトウェアを用いて、皮質骨の厚み及び骨面からスクリュー頭部までの距離、補助装置スパイク部の皮質骨の埋入深度を測定した。

ウサギを用いた自動埋入型骨固定装置の評価：アンカースクリュー頭部に圧縮力を負荷したときの側方変位量を測定した。アンカースクリューを埋入した骨を、印象用硬石膏に埋没して12時間以上経過後、圧縮試験機を用い、アンカースクリュー頭部に骨面と平行かつ異なる2方向から圧縮力をかけ、同部が0.01mm、0.02mm、0.03mm変位した時の圧縮力を測定した。

## 4. 研究成果

皮質骨の厚みについて、埋入後4週では、補助装置併用群で  $1.31 \pm 0.16$ mm、アンカースクリュー単独群は  $1.42 \pm 0.17$ mm で、埋入後8週では補助装置併用群は  $1.37 \pm 0.23$ mm、アンカースクリュー単独群は  $1.42 \pm 0.14$ mm であり、埋入後4、8週ともに両群に有意差は認められなかった。骨面からアンカースクリュー頭部までの距離について、埋入後4週後では、補助装置併用群は  $3.52 \pm 0.15$ mm、アンカースクリュー単独群は  $3.57 \pm 0.24$ mm で、埋入後8週では、補助装置併用群は  $3.53 \pm 0.16$ mm、アンカースクリュー単独群は  $3.40 \pm 0.22$ mm であり、埋入後4、8週ともに両群に有意差は認められなかった。

補助装置の埋入深度は埋入後4週時では  $0.28 \pm 0.12$ mm、埋入後8週時で  $0.37 \pm 0.19$ mm であった。アンカースクリューの維持力について、埋入後4、8週ともに、0.01mm、0.02mm、0.03mm 全体的変位時において、補助装置併用群がスクリュー単独埋入群に比べ有意に大きい維持力、すなわち従来型と比較して約2倍と大きな値を示した。一方、埋入期間の違いによる差は認められなかった。これはスクリュー頭部に側方から加わった荷重は、スパイク部がスクリューの傾斜に抵抗する支点として作用したと考えられる。

これらの研究成果は、国際雑誌に投稿、受理された。その後、臨床応用に向けてヒトの口腔内

に近い環境としてビーグル犬を用いて本装置の有効性と安全性を検証したが周囲歯周組織の炎症などの問題が生じたため更なるデザインの改良が必要と考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tomonari Hiroshi, Seong Changkeon, Kwon Sangho, Miyawaki Shouichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Electromyographic activity of superficial masseter and anterior temporal muscles during unilateral mastication of artificial test foods with different textures in healthy subjects	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Clinical Oral Investigations	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00784-018-2754-x	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 Oga Y, Tomonari H, Kwon S, Kuninori T, Yagi T, Miyawaki S.	4. 巻 89(1)
2. 論文標題 Evaluation of miniscrew stability using an automatic embedding auxiliary skeletal anchorage device.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angle Orthod	6. 最初と最後の頁 47-53
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2319/121117-857.1	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 Tomonari H, Kwon S, Kuninori T, Miyawaki S.	4. 巻 81
2. 論文標題 Differences between the chewing and non-chewing sides of the mandibular first molars and condyles in the closing phase during chewing in normal subjects.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Archive of oral biology	6. 最初と最後の頁 198-205
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
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 該当する
1. 著者名 大賀泰彦, 友成 博, 古川みなみ, 宮脇正一	4. 巻 13(1)
2. 論文標題 歯科矯正用アンカースルーとリンガルブラケットを用いて下顎臼歯の遠心移動を行ったアングル 級2類	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 九州矯正歯科学会雑誌	6. 最初と最後の頁 33-38
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
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 福嶋美佳, 友成 博, 権 相豪, 宮脇正一	4. 巻 13(1)
2. 論文標題 カスタムメイドのリンガルブラケットを用いて治療期間の短縮を試みたアンクルI級抜歯症例	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 九州矯正歯科学会雑誌	6. 最初と最後の頁 39-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
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 Tomonari H, Takada H, Hamada T, Kwon S, Sugiura T, Miyawaki S	4. 巻 Nov 10; 13(1)
2. 論文標題 Micrognathia with temporomandibular joint ankylosis and obstructive sleep apnea treated with mandibular distraction osteogenesis using skeletal anchorage: a case report	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Head Face Med	6. 最初と最後の頁 20-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
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 該当する

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 友成 博
2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューの有用性 - 文献的考察と当科における取り組み
3. 学会等名 第33回日本舌側矯正歯科学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐原早彩、菅崎弘幸、山田祐子、村上真澄、狩谷千尋、和田悟史、友成 博
2. 発表標題 骨格性非対称は咀嚼刺激による脳血流上昇を妨げる
3. 学会等名 第80回日本矯正歯科学会学術大会 & 第5回国際会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田悟史、菅崎弘幸、遠山俊之介、田中 健、友成 博
2. 発表標題 持続的および周期的伸展刺激が歯根膜線維芽細胞の遺伝子発現に与える影響
3. 学会等名 第80回日本矯正歯科学会学術大会 & 第5回国際会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅崎弘幸、和田悟史、田中 健、遠山俊之介、友成 博
2. 発表標題 Bach1阻害はNrf2活性化よりも強力に破骨細胞分化を阻害する
3. 学会等名 第80回日本矯正歯科学会学術大会 & 第5回国際会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村上真澄、宮本 豊、友成 博
2. 発表標題 唇側矯正装置と舌側矯正装置を用いた抜歯空隙閉鎖後の歯列弓形態の違い
3. 学会等名 第80回日本矯正歯科学会学術大会 & 第5回国際会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木喬央、菅崎弘幸、及川 崇、宮本 豊、佐藤亜希子、熊谷千明、友成 博
2. 発表標題 垂直性顔面骨格パターンと唾液検査システムSalivary Multi Test数値の関連
3. 学会等名 第80回日本矯正歯科学会学術大会 & 第5回国際会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮本 豊、雨宮剛志、中岡一敏、西田倫子、長岡清美、濱田良樹、友成 博
2. 発表標題 顎裂部骨移植により骨欠損部の空隙閉鎖を行った前歯部反対咬合を伴う成人両側性唇顎裂症例
3. 学会等名 第80回日本矯正歯科学会学術大会 & 第5回国際会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miyoung SIM, Hiroshi Tomonari
2. 発表標題 Comparative study of scanned images from various intraoral scanners by newly-designed model for scanner evaluation
3. 学会等名 第80回日本矯正歯科学会学術大会 & 第5回国際会議
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林史卓、菅崎弘幸、多田佳史、勝又裕太、塩谷沙慧子、狩谷千尋、佐々木耀史、友成 博
2. 発表標題 The evaluation of masticatory jaw movement in patients with jaw deformity after orthognathic surgery
3. 学会等名 第9回国際矯正歯科会議世界大会（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 友成 博
2. 発表標題 不正咬合と顎口腔機能の関連
3. 学会等名 第78回日本矯正歯科学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 友成 博
2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューを併用した第三大臼歯の排列
3. 学会等名 第78回東京矯正歯科学会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 成 昌建、友成 博、宮脇正一
2. 発表標題 異なる食品テクスチャーを用いた咀嚼中の咬筋および側頭筋活動様相の解析
3. 学会等名 第60回学術大会日本顎口腔機能学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 庄村兼治、友成 博、成 昌健、宮脇正一
2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューを用いて過大なオーバージェットを改善したAngle II級1類成人症例
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 Kwon S, Tomonari H, Oga Y, Miyawaki S
2. 発表標題 A Novel Spike-like Auxiliary Skeletal Anchorage Device Enhances the Stability of Miniscrew
3. 学会等名 World implant Orthodontic Conference (9th WIOC) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Oga Y, Tomonari H, Takada H, Kwon S, Miyawaki S
2. 発表標題 A Case of Micrognathia Using Skeletal Anchorage after Mandibular Distraction
3. 学会等名 World implant Orthodontic Conference (9th WIOC) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 権 相豪, 友成 博, 國則貴玄, 宮脇正一
2. 発表標題 健常者の下顎第一大臼歯と下顎頭における作業側と平衡側の咀嚼運動経路の違い
3. 学会等名 第13回九州矯正歯科学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Seong C, Tomonari H, Kwon S, Miyawaki S.
2. 発表標題 Electromyographic activity of superficial masseter and anterior temporal muscles during unilateral mastication of artificial test foods with different textures in normal subjects.
3. 学会等名 第13回九州矯正歯科学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 庄村兼治, 友成 博, 宮脇正一
2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューを用いた効率的な上顎前歯牽引により治療期間を短縮した成人上下顎前突症例
3. 学会等名 第12回九州矯正歯科学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 成 昌建, 友成 博, 庄村兼治, 権 相豪, 宮脇正一
2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューの成功率に関する上顎の埋入部位と直径との関連性
3. 学会等名 第76回日本矯正歯科学会学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 庄村兼治, 友成 博, 宮脇正一
2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューを用いて効率的な上顎前歯牽引により治療期間を短縮した2症例
3. 学会等名 第76回日本矯正歯科学会学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 友成 博
2. 発表標題 歯科矯正用アンカースクリューの脱落要因と関連文献の紹介
3. 学会等名 第13回九州矯正歯科学会学術大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 友成 博、大賀泰彦、宮脇正一	4. 発行年 2019年
2. 出版社 株式会社プロシード	5. 総ページ数 180
3. 書名 歯科矯正用アンカースクリューを用いた矯正歯科治療アトラス	

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 上顎拡大装置	発明者 宮脇正一、友成 博	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2015-242379	取得年 2019年	国内・外国の別 国内

〔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	國則 貴玄  (Kuninori Takaharu)  (00626666)	鹿児島大学・医歯学域歯学系・助教   (17701)	
研究分担者	八木 孝和  (Yagi Takakazu)  (10346166)	神戸常盤大学短期大学部・口腔保健学科・教授   (44512)	
研究分担者	大賀 泰彦  (Oga Yasuhiko)  (40780002)	鹿児島大学・医歯学域歯学系・助教   (17701)	
研究分担者	宮脇 正一  (Shouichi Miyawaki)  (80295807)	鹿児島大学・医歯学域歯学系・教授   (17701)	

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
---------	---------