学位論文

表　題：矯正歯科治療におけるボンディング法の決定に必要な因子の探索-単一施設非盲検準ランダム化比較試験-

所　属：岡山大学大学院医歯薬学総合研究科

　　矯正歯科学分野

投稿者：谷崎　沙織

原稿総紙数：　36 枚（本文，文献，表題脚注，図の説明，図，表）

図：　9 枚　（図 5～13）

写真：　4 枚　（図 1 ～4）

表：　7 枚　（表 1 ～7）

電子媒体：　CD-R　1 枚（後日提出予定）

別刷数：　50 部

矯正歯科治療におけるボンディング法の決定に必要な因子の探索-単一施設非盲検準ランダム化比較試験-

谷崎　沙織

脚注

緒　言

マルチブラケット装置は矯正歯科治療において，永久歯の排列に使用される最も一般的な装置の一つであり，患者の不正咬合の改善に寄与すると同時に，口腔衛生状態も向上させると考えられる（図 1）[1)]。マルチブラケット装置は正確な位置に装着されることで能力を十分に発揮するため，効果的かつ効率的な矯正歯科治療を行うためには，正確なブラケットのポジショニングが重要である [2)]。しかしマルチブラケット装置を正確な位置に装着することに不慣れな術者も多く存在する。そのため治療期間やチェアタイムが長くなり，加えて歯の予測不能な動きを惹起する可能性もあるため，総合的に矯正歯科治療がより困難となる。

現在，歯面にマルチブラケット装置を装着する方法として，ダイレクトボンディング法（Direct Bonding System：以下 DBS）またはインダイレクトボンディング法（Indirect Bonding System：以下 IDBS）が用いられる。DBS は 1965 年に Newman が最初に定義した方法で [3)]，術者が直接歯面上にブラケット装置を装着し，位置を調整する。IDBS は 1972 年に Silverman が発表した方法であり [4)]，この方法には 2 段階の手順がある。1 段階目は技工室での操作であり，初診時に採得した患者の石膏模型を用いてセットアップ模型を作製し，セットアップ模型上でブラケット装置の位置を決定し，コアを作製する。2 段階目はチェアサイドでの操作であり，コアを用いてブラケットを歯面処理された患者の口腔内に移す。そのため，セットアップ模型上で設定した位置に，正確にブラケットを装着することが可能である [5)]。これまで DBS および IDBS の利点欠点が多く議論されてきた。DBS は IDBS と比較し，歯面にマルチブラケット装置を装着するまでの行程が少なく簡便で，歯面にブラケットのベース面が近いことから接着強度が向上する可能性があるが [6)]，歯面上でのブラケット位置の調整に時間を要すると考えられている [7)]。一方で IDBS は技工室にて模型を用いてブラケットの位置を決定するため，口腔内で直接位置を決定する DBS と比較して視野が広く，制限時間もないことから，多くの文献がブラケットポジションの精度に優れると報告している [4, 8, 9)]。ブラケットポジションの精度が向上することでその後の再装着の必要性が減り，ひいては治療期間を短縮させることもできる [10)]。しかし IDBS はより繊細な技術が必要であり，技工操作に時間を要する [11)]。加えて IDBS の治療期間中の装置脱離数の多さが指摘されている [6, 12)]。

このように DBS と IDBS に関して各項目ごとに単独で比較検討した研究はあるが，これまでにすべての項目を網羅した研究はなく，かつ単一施設で十分な被験者数を確保して行った前向き研究はほとんどない。それぞれのボンディング法の利点欠点を明らかにすることで症例ごとに適切なボンディング方法を選択することが可能になれば，患者の負担軽減および治療の質の向上につながると考えられる。そのため本研究は，DBS および IDBS を単一施設内で包括的かつ詳細に比較検討し，ボンディング方法の決定に必要な因子を明らかにすることを目的とした。

材料と方法

本研究は岡山大学倫理審査委員会の承認を受けて実施されており（承認番号：d10001），すべての被検者に対して説明と同意確認を行った。

1. 材料

本研究で IDBS 用コアに使用した材料を表 1 に示す。また、装置装着時に使用した材料とその成分を表 2 に示す。

2. ボンディングの手順

DBS の場合，歯面研磨，エッチング，プライミングの歯面処理を行う。その後，ブラケットのベース面に光重合接着材を盛り（図 2-A），歯面にブラケットを直接配置する（図 2-B）。短針（図 2-C），ハイトゲージ（図 2-D），ミラー（図 2-E）等を用いて歯面上でブラケットポジションを調整する。ブラケットを歯面に圧接した際の余剰レジンは光重合接着材硬化のための照射前に除去する（図 2-F）。

IDBS の場合，初診時に採得した石膏模型を用いてセットアップ模型を作製する（図 3-A）。セットアップ模型上でブラケットポジションを決定し，コアを作製する（図3-B，表1)[13]。本研究では個歯タイプのコアを使用した。個々のブラケットベース面にはベースレジンが装着されている（図４）。ストレートワイヤー法 [14]にて，アーチワイヤーにベンドを付与せず排列出来るようにするため，形態や厚みの異なる各歯ごとにベースレジンの厚みが異なる。アイディアルアーチに近づくようブラケットを配置し，ベースレジンを可及的に薄くした（図 4）。チェアサイドでは研磨，エッチング，プライミングまでの手順は DBS と同じである。ブラケットのベース面にレジンを盛り（図 3-C），コアを用いて歯面に圧接する（図 3-D）。光重合接着剤を硬化させるために光照射し（図 3-E），コアの除去後（図 3-F），余剰レジンを除去する。DBS，IDBS ともにエッチング剤（K エッチャント GEL，クラレノリタケデンタル株式会社），プライマー（トランスボンド™ XT プライマー，3M）および光重合接着剤（トランスボンド™ XT 光重合接着材，3M）は同じ製品を使用した（表 2）。エッチング材は歯面に塗布後，40 秒間処理し，水洗および乾燥させた。プライマーは歯面に塗布し，エアーで乾燥させた後，光重合接着材でブラケットを装着し，歯科重合用光照射器（ペンキュアー2000，株式会社 モリタ製作所）にて光照射し硬化させた。照射時間は高出力モードの場合は 3 秒、標準モードの場合は 10 秒で行った。

3. サンプルサイズ

サンプルサイズは DBS（N=11；総治療期間：22.91±4.35 か月）と IDBS（N=35；総治療期間：14.23±5.02 か月）の治療期間を比較した後ろ向き研究の結果を用いて決定した[15]。検出力およびサンプルサイズ計算ソフトウェア（ver 3.1.2；Department of Biomechanics, Vanderbilt University, TN, USA）を使用し，2 標本の *t* 検定に必要な被検者の数に基づいて数を決定した。ドロップアウト（治療中断）の発生を考慮して，目標サンプルサイズは有意水準 0.05，検出力 80，および両方のグループの標準偏差 5 と設定し，各群 50 人とした。

4. 被検者

調査対象は 2015 年 1 月から 2019 年 3 月に岡山大学病院矯正歯科にてマルチブラケット治療を開始した患者とした。除外基準を設定し（表 3），該当する場合は除外した。同意の得られた患者を，カルテ番号に基づき無作為に DBS と IDBS に振り分けた。DBS 群は 81 人（男性 21 人，女性 60 人，平均年齢：23.01±7.92 歳），IDBS 群は 72 人（男性 23 人，女性 49 人，平均年齢：20.63±5.11 歳）を intention-to-treat 解析の分析対象とした。

また治療中断者および 2022 年 7 月までに治療終了していない者を除外し，DBS 群は 66 人（男性 14 人，女性 52 人，平均年齢：23.01±8.85 歳），IDBS 群は 59 人（男性 20 人，女性 39 人，平均年齢：20.63±5.69 歳）を per-protocol 解析の分析対象とした（図 5）。

術者は，2015 年 1 月から 2019 年 3 月に岡山大学病院矯正歯科に所属した臨床経験年数 1～6 年目の者とした（図 6）。当科での日本矯正歯科学会認定医取得までの期間（6 年）を考慮し，装置装着時の術者の臨床経験年数を全体（1～6 年）あるいは 1～3 年と 4～6 年のケースに分けた。

5. 評価項目の設定

評価項目として，装置装着に要した診療時間，装置脱離数，装置の意図的再装着数，総治療期間，治療後の咬合状態，装置装着前後のプラークコントロールレコード（Plaque Control Record：以下 PCR），装置装着時の感覚に関するアンケートの 7 つを設定[15]した。

6. 装置装着に要した時間の評価

下顎の前歯部から小臼歯部および大臼歯の 2 ブロックにわけて計測した。歯面研磨開始から光重合接着材硬化までの時間を装置装着に要した時間として評価した。

7. 装置脱離数の評価

装置装着から治療終了までの期間に，自然脱落した装置の数を装置脱離数として評価した。

8. 意図的装置再装着数の評価

装置装着から治療終了までの期間で，ブラケットポジションの不良やブラケットウイングの破損等により意図的に装置を除去し，再装着した数を意図的装置再装着数として評価した。

9. 総治療期間の評価

装置を装着した日から，装置を除去した日までの期間（月単位）を総治療期間として評価した。

10. 治療後の咬合状態 （咬合関係指数）の評価

ABO-Scoring index を用いて，Alignment，Marginal ridges，Buccolingual inclination，Overjet，Occlusal contacts，Occlusal relationships，Interproximal contacts，Root angulation の 8 つの項目の治療終了時の咬合状態を評価した [16]。加点式で点数が低いほど咬合状態が良好であることを示す。模型評価は DBS，IDBS がブラインド化された状態で実施した。評価は日本矯正歯科学会認定医 1 名が行い，1 度目の実施から 1 週間後に 2 度目を実施した。2 回の計測の平均値を咬合関係指数として評価した。

11. 装置装着前後の PCR の評価

装置装着前に PCR 検査を行った [17]。PCR が 20%以下となるまで装置装着前に TBI と PCR 検査を繰り返し実施し，装置を装着した。装置装着後に再度 PCR 検査を実施し，装置装着後の PCR から装着前の PCR を引いた値を DBS 群と IDBS 群で比較評価した。

12. 装置装着の感覚に関するアンケート

装置装着時にアンケートを実施した。アンケート内容は表 4 に示す。アンケート結果について，VAS 法（Visual analogue scales）を用いて数値化して評価した（図 7）[18]。

13. 各評価項目との関連

1. 側面頭部エックス線規格写真を用いて，各評価項目との関連を調査，検討した。角度計測および距離計測を行い，顎顔面骨格形態計測項目を評価した（図 8）。規格写真は側面頭部エックス線規格写真撮影装置（CX-90SP 朝日レントゲン工業株式会社）を用いて撮影した。分析にはセファログラム分析ソフト（Dolphin，株式会社ジーシーおよび WinCeph，株式会社バイオデント）を使用した。側面頭部エックス線規格写真より，角度計測項目を 28 個（表 5），距離計測項目を 27 個設定した（表 6）。

2. 初診時に採得した石膏模型を用いて歯列叢生量を計測し，各評価項目との関連を調査，検討した。模型分析項目は 2 個設定した（表 7）。

14. 統計解析

統計処理として，DBS 群と IDBS 群の評価項目ごとの比較には *t* 検定を用いた。セファログラム分析項目および模型分析項目と評価項目との比較にはピアソンの相関係数を使用した。有意水準は 0.05 に設定し，各変数間の関係を推定した。統計解析には解析ソフト SPSS Statistics ver.27（IBM Inc，NY，USA）を用いた。

結　果

1. 装置装着に要した時間

装置装着に要した時間は，DBS 群に比較して IDBS 群で有意に短かった（DBS 群：58.5±25.2 分，IDBS 群：35.9±15.5 分）（図 9-A 左）。術者の臨床経験年数別で比較すると，1～3 年目のケースでは DBS 群に比較して，IDBS 群が有意に短かった（DBS 群：61.6±25.0 分，IDBS 群：36.2±8.5 分）（図 9-A 中央）。4～6 年目のケースでは DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（DBS 群：42.3±19.8 分，IDBS 群：33.8±6.0 分）（図 9-A 右）。

2. 装置脱離数

装置脱離数は，DBS 群に比較して IDBS 群で有意に多かった（DBS 群：2.9±3.1 個，IDBS 群：7.3±5.0 個）（図 9-B 左）。DBS 群では装置脱離数は 45 と 37 が最も多く（図 10-A），歯列を 6 ブロック（上下顎前歯部，上下顎小臼歯部，上下顎大臼歯部）に分けた場合，下顎大臼歯部の装置脱離数が最も多かった（図 10-B）。IDBS 群は，全体的に DBS 群より脱離数が多かったが，特に 37 が多く（図 10-C），ブロック別では下顎大臼歯部の装置脱離数が最も多かった（図 10-D）。術者の臨床経験年数別で比較すると，1～3 年目のケースでは DBS 群に比較して，IDBS 群が有意に多かった（DBS 群：3.0±3.2 個，IDBS 群：7.2±5.1 個）（図 9-B 中央）。4～6 年目のケースにおいても DBS 群に対して，IDBS 群が有意に多かった（DBS 群：2.5±2.1 個，IDBS 群：7.7±4.2 個）（図 9-B 右）。

3. 意図的装置再装着数

意図的装置再装着数は，DBS 群に比較して IDBS 群で有意に少なかった（DBS 群：8.9±7.8 個，IDBS 群：3.2±3.6 個）（図 9-C 左）。DBS 群では意図的装置再装着数は 21，22 が最も多く（図 11-A），ブロック別では上顎前歯部が最も多かった（図 11-B）。IDBS 群は DBS 群に比べ，全体的に意図的装置再装着数が少なかったが，部位別では 42 が最も多く（図 11-C），ブロック別では下顎前歯部が最も多かった（図 11-D）。術者の臨床経験年数別で比較すると，1～3 年目のケースでは DBS 群に比較して，IDBS 群で有意に少なかった（DBS 群：9.1±8.1 個，IDBS 群：3.5±3.7 個）（図 9-C 中央）。4～6 年目のケースにおいても DBS 群に対して IDBS 群が有意に少なかった（図 9-C 右）。

4. 総治療期間

総治療期間は，DBS 群に比較して IDBS 群で有意に短かった（DBS 群：34.3±8.9 か月，IDBS 群：30.5±7.3 か月）（図 9-D 左）。術者の臨床経験年数別で比較すると，1～3 年目のケースでは DBS 群に比較して IDBS 群が有意に短かった（DBS 群：35.4±8.5 か月，IDBS 群：30.6±7.6 か月）（図 9-D 中央）。4～6 年目のケースでは，DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（DBS 群：28.2±8.2 か月，IDBS 群：30.0±5.4 か月）（図 9-D 右）。

5. 咬合関係指数

咬合関係指数は DBS 群に比較して，IDBS 群で有意に点数が低かった（良好な咬合関係指数を呈した）（DBS 群：53.2±7.7，IDBS 群：47.3±8.2）（図 9-E 左）。術者の臨床経験年数別で比較すると，1～3 年目のケースでは DBS 群に比較して，IDBS 群は有意に点数が低かった（DBS 群：53.1±8.2，IDBS 群：47.5±8.5）（図 9-E 中央）。4～6 年目のケースにおいても DBS 群に比較して，IDBS 群は有意に点数が低かった（DBS 群：54.4±6.4，IDBS 群：43.9±8.5）（図 9-E 右）。

また ABO-Scoring index の 8 つの項目では，Alignment（歯列弓上の隣在歯との水平的な関係）は DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（DBS 群：7.9±2.1，IDBS 群：8.0±1.9）（図 12-A）。Marginal ridges（各々の歯の隣在歯との垂直的な位置関係）は DBS 群に比較して，IDBS 群で有意に点数が低かった（DBS 群：8.5±2.3，IDBS 群：67.6±2.3）（図 12-B）。Buccolingual inclination（頬舌的な傾斜量）は DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（DBS 群：7.9±3.6，IDBS 群：3.0±1.7）（図 12-C）。Overjet（上下顎歯列弓の水平的な咬合関係）は DBS 群に比較して，IDBS 群で有意に点数が低かった（DBS 群：4.5±2.2，IDBS 群：3.8±2.0）（図 12-D）。Occlusal contacts（咬合接触状態）は DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（DBS 群：4.4±2.6，IDBS 群：4.0±2.6）（図 12-E）。Occlusal relationship（上下顎歯列弓の前後的な咬合関係）は，DBS 群に比較して，IDBS 群は有意に点数が低かった（DBS 群：7.9±3.6，IDBS 群：6.0±2.9）（図 12-F）。Interproximal contacts（隣在歯とのコンタクト）は DBS 群に比較して，IDBS 群は有意に点数が低かった（DBS 群：6.0±1.9，IDBS 群：2.9±1.7）（図 12-G）。Root angulation（パノラマ X 線写真上での歯根の平行性）は DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（DBS 群：11.8±3.1，IDBS 群：12.0±3.0）（図 12-H）。

6. 装置装着前後の PCR

装置装着前後の PCR は DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（DBS 群：11.7±16.9%，IDBS 群：11.25±17.2%）（図 9-F 左）。術者の臨床経験年数別に比較すると，1～3 年目のケースでは，DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（DBS 群：11.6

±17.7%，IDBS 群：11.0±18.3%）（図 9-F 中央）。4～6 年目のケースにおいても DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（DBS 群：12.5±12.3%，IDBS 群：12.3±9.2%）（図 9-F 右）。

7. 矯正装置装着時の感覚に関するアンケート

装置装着時の感覚に関するアンケートにおいては，どの項目においても DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった（表 4）。

8. 評価項目と分析値の関連

DBS 群において Mp-SN（r=-0.333，p<0.01）と装置脱離数に弱い負の相関（図 13-A），N-S-Gn と装置装着に要した時間（r=-0.310，p<0.05）（図 13-B），咬合関係指数（r=-0.330，p<0.05）に弱い負の相関（図 13-C），GoA（r=-0.334，p<0.05）と装着に要した時間に弱い負の相関を認めた（図 13-D）。IDBS 群において ABR-L6/Mp と意図的装置再装着数に弱い負の相関（r=0.353，p<0.01）（図 13-E），L6-B/Mp と装置脱離数に弱い正の相関（r=0.314，p<0.05）を認めた（図 13-F）。

考　察

IDBS を日常的に行う矯正歯科医もいるが，特別な場合にのみ IDBS を選択するという矯正歯科医が多い。一般的に目視が困難な部位ほど DBS は難しくなるため，IDBS の選択が増す。このため，IDBS はリンガルアプライアンスには必須と言える。リンガルブラケットを正確に位置づける際や，固定式舌側保定装置を装着する際には，IDBS を用いる方が容易である [19]。また偏位症例では，ベースレジンを使用して，あらかじめブラケットにトルクを付与することで矯正歯科治療の効率が上昇する [20]。このため，リンガルアプライアンスおよび偏位症例において，IDBS が選択されることが多い。しかし，IDBS と DBS の決定基準は明確ではない。過去の研究にて装置装着時間，装置の接着強度，ブラケットポジションの精度，治療期間，装置脱離数等のそれぞれの項目ごとで，DBS と IDBS の比較研究はなされているが，すべての項目の比較を単一施設で実施した研究はない。そこで本研究では，十分な被験者数を確保し，DBS と IDBS を包括的に評価し，ボンディング法の決定に関与する因子を探索した。

装置装着に要した時間は DBS 群に比較して，IDBS 群が有意に短かった。Bozelli らの報告では，チェアサイドでの時間を比較すると IDBS 群の方が有意に短いと報告されており [7]，これは本研究の結果と一致する。DBS 群は口腔内で直接装置を装着するため，視野が狭く，ブラケットポジションの調整に時間を要するためと考えられる。しかし術者の臨床経験年数が 1～3 年の場合，装置装着に要した時間は有意に IDBS 群が短いが，4～6 年の

場合は両群間に有意差を認めなかった。この原因としては，歯面上で正確なブラケットポジションを判断するために要する時間は，技術の熟練により早くなっていくためではないかと考えられる。

装置脱離数は，DBS 群に比較して IDBS 群が有意に多かった。IDBS 群において有意に装置脱離数が多いことは Aguirre らの報告と一致する [11]。この原因として，IDBS 群は歯面とブラケットのベース面までの間にベースレジンが介在し，圧接が DBS 群に比較し困難であることが考えられる。また IDBS 群では矯正歯科治療開始時に叢生量が多い場合や装置が干渉する場合でも，理想的なポジションに装置を装着することになるため，治療段階に応じてブラケットポジションの調整が可能な DBS 群に比べ，レベリング時に装置が脱離しやすいこと等が考えられる。

意図的装置再装着数は DBS 群に比較して，IDBS 群が有意に少なかった。この原因として，口腔内でブラケットポジションを調整する DBS よりも，模型上で調整する IDBS の方が視野が広く時間的制限もないため，ブラケットポジションの精度が高かったためではないかと考えられる。

総治療期間は DBS 群に比較して，IDBS 群が有意に短かった。Deahl らの報告では，治療期間および来院回数に 2 群間で有意な差はなかったため [12]，これは本研究の結果と異なる。この要因として，Deahl らの研究では術者の臨床経験年数が本研究よりも長く，つまり，本研究では臨床経験年数の短い術者の割合が高いことが考えられる。本研究では術者の臨床経験年数が 4～6 年の場合は 2 群間に有意差が認められず，1～3 年の場合には IDBS 群の方が有意に短かったことからも，総治療期間と術者の臨床熟練度には関連があることが示唆される。

咬合関係指数は，DBS 群に比べて IDBS 群が有意に点数が低く，つまり，良好な咬合関係を呈することが示された。IDBS 群はセットアップ模型上で決定したポジションに正確にブラケットが装着されるため，セットアップ模型の咬合状態が再現されやすく，DBS 群に比べ良好な咬合関係になったと考えられる。

ABO-Scoring index の各項目の中で Marginal ridges（各々の歯の隣在歯との垂直的な位置関係），Overjet（上下顎歯列弓の水平的な咬合関係），Occlusal relationship（上下顎歯列弓の前後的な咬合関係），Interproximal contacts（隣在歯とのコンタクト）の 4 項目は，DBS 群に比較して IDBS 群が有意に咬合関係指数が良好であった。Marginal ridges に関して Chan らは，IDBS 群はブラケットハイトにおいて有意にポジショニングの精度が優れると報告しているが [21]，本研究でも IDBS 群では垂直的に，より正確な位置に装置を装着することができたため，Marginal ridges の咬合関係指数が低く良好であったと考えられる。Occlusal relationship に関しては，特に DBS 群では臼歯部における視野が悪く，装置の位置不良が生じやすいため，一歯対二歯咬合の獲得がより困難であったと考えられる。また Overjet に関しては，臼歯部の咬合の前後的ずれ（Occlusal relationship）が前歯部の咬合に影響すると考えられるため，IDBS 群の方がより良好な点数になったと考えられる。

また IDBS の場合，ストリッピングの量もセットアップ模型上で正確に計測されているため，より良好なオーバージェットを獲得しやすいと考えられる。Interproximal contact に関しては，Nazir らは DBS 群では，臼歯部にバンドを装着することが多いため，装置除去直後にバンドスペースが残りやすいと報告しているが [22]，このバンドスペースの問題が今回の結果にもつながったと考えられる。なお，一般的なバンドスペースに関しては保定期間中に閉鎖することがほとんどであると報告されている。

装置装着前後の PCR は，DBS 群と IDBS 群間に有意差を認めなかった。PCR に関して，Dalessandri らは，プラークはブラケット装置周りの余剰レジン部に付着しやすく，IDBS は個歯トレーの使用により接着材が歯面に付着する範囲を最低限にすることが可能なため，装置装着後の初期の段階では IDBS の方が有意にプラークの付着量は少なく，その後の治療期間中では，マルチブラケット装置が装着された状態での患者の口腔内清掃能力が向上するため，両群に有意差は認められなくなったと報告している [23]。本研究では DBS 群と IDBS 群に有意差は認められなかった。これは本研究では IDBS 群の場合，余剰レジンは光重合接着材硬化後に削合しており，DBS 群の場合は硬化前に余剰レジンを除去しているため，余剰レジンの量に有意な差が認められなかったためと考えられる。

装置装着時の感覚に関するアンケートでは，DBS 群と IDBS 群間に有意な差は認められなかった。この結果から，患者にとってはボンディング方法の違いによる感覚的な差はないことが示された。

また，側面頭部エックス線規格写真あるいは模型分析値と評価項目の相関関係を検討したところ，DBS 群では N-S-Gn 角と咬合関係指数および装置装着に要した時間に負の相関を認めたことから，DBS の場合は下顎が後方位の症例であれば装置装着に要する時間が短く，最終的に良好な咬合関係を獲得しやすい可能性が示唆された。DBS 群において装置装着に要する時間が短いことは，正確な位置に装置を装着しやすいと考えられるため，最終的に良好な咬合を獲得しやすい可能性がある。また DBS 群では，Mp-SN と装置脱離数，下顎角と装置装着に要した時間についてそれぞれ負の相関を認めたことから，DBS でボンディングする場合、high mandibular plane angle の症例であれば，装置が脱離しにくく，装置装着に要する時間を短縮できる可能性がある。また IDBS 群では ABR-L6/Mp と意図的装置再装着数に負の相関，L6-B/Mp と脱離数に正の相関を認めたことから，ボンディング方法が IDBS の場合，下顎第一大臼歯が後方に位置しているほど意図的装置再装着数が多く，装置が脱離しやすいことが考えられる。これは下顎臼歯が後方に位置しているほど，視野が悪く，また防湿もしにくいことが原因と考えられる。

以上のように本研究により，DBS と IDBS の利点と欠点が明らかになった。DBS に比べて IDBS は装置装着に要した時間および総治療期間，意図的装置再装着数および治療後の咬合状態において有利であった。一方 IDBS の欠点として装置脱離数の多さが挙げられるが，この改善方法として，上顎歯列と下顎の装置の干渉を認める場合には一時的にバイトアップやバイトプレートを使用すること，叢生量が多い場合には部分的に装置を装着しな

がら治療を進めて全体に装置を装着するのは叢生の緩和後にすることが考えられる。このように IDBS の欠点を補うことで今後の治療に大いに役立つと考えられる。

結　論

DBS に比較して IDBS は，装置脱離数以外の評価項目で優れていることが明らかとなった。また術者の臨床経験年数が短い場合には，DBS よりも IDBS を選択することでチェアタイムおよび治療期間を短縮できることが示唆された。

さらに術者の臨床経験年数に加えて，下顎の垂直的な傾き，下顎第一大臼歯の前後的位置がボンディング法の決定に必要な因子となることが示唆された。

謝　辞

稿を終えるにあたり，懇篤なるご指導とご校閲を承りました岡山大学学術研究院医歯薬学域歯科矯正学分野上岡寛教授に深甚なる謝意を表します。また，懇切なるご校閲と本研究の遂行に際し，ご指導をいただきました岡山大学学術研究院医歯薬学域歯科矯正学分野井澤俊准教授に謹んで感謝の意を表します。さらに本研究の立案当初から終始懇切なるご助言，ご指導をいただきました岡山大学学術研究院医歯薬学域歯科矯正学分野河野加奈助教に謹んで感謝の意を表します。最後に本研究を行うにあたり，多くのご援助とご協力をいただきました岡山大学大学院医歯薬学総合研究科矯正学分野の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

文　献

1)　大竹千生．歯列不正と口腔衛生における指数の関連性-特に叢生歯列と歯垢付着，歯肉炎について-．口腔衛会誌 **45:** 358–378，1995.

2)　Lai ML, Mah J. Precision of bracket placement on dental models. *J Clin Orthod* **43**: 524–528, 2009.

3)　Newman GV. Epoxy adhesives for orthodontic attachments *Progress report Am J Orthod* **51:** 901–912, 1965.

4)　Silverman E, Cohen M, Gianelly AA. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. *Am J Orthod* **62:** 236–244, 1972.

5)　Read MJF, O'brien KD. A clinical trial of an indirect bonding a visible light-cured adhesive technique with a visible light-cured adhesive. *Am J Orthod* **98:** 259–262, 1990.

6)　Zachrisson BU, Brobakken B. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod* **74:** 62–78, 1978.

7)　Bozelli JV, Bigliazzi R, Barbosa HA, Ortolani CL, Bertoz FA, Faltin KJ. Comparative study on direct and indirect bracket bonding techniques regarding time length and bracket detachment. *Dental Press J Orthod* **18:** 51–57, 2013.

8)　Thomas RG. Indirect bonding: simplicity in action. *J Clin Orthod* **13:** 93–106, 1979.

9)　Hickham JH. Predictable indirect bonding. *J Clin Orthod* **27:** 215–217, 1993.

10)　Nichols DA, Gardner G, Carballeyra AD, Marsh CM. Reproducibility of bracket positioning in the indirect bonding technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **144:** 770–776, 2013.

11)　Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod* **82:** 269–276, 1982.

12)　Deahl S T, Salome N, Hatch JP, Rugh JD. Practice-based comparison of direct and indirect bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **132:** , 738–742, 2007.

13)　Ciuffolo F, Tenisci N, Pollutri L. Modified bonding technique for a standardized and effective indirect bonding procedure. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **141:** 504–509, 2012.

14)　Andrews LF. The straight-wire appliance. *Br J Orthod* **6:** 125–143, 1979.

15)　Weber DJ, Koroluk L, Phillips C, Nguyen T, Proffit WR. Clinical effectiveness and efficiency of customized vs. conventional preadjusted bracket systems. *J Clin Orthod* **47**: 261–266, 2013.

16)　Casko JS, Vaden JL, Kokich VG, Damone J, James RD, Cangialosi TJ, Riolo ML, Owens SE, Bills ED. Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **114:** 589–599, 1998.

17) O'Learly TJ, Drake RB, Naylor JE. The plaque control record. *J Periodontol* **43:** 38, 1972.

18) Hayes MHS, Patterson DG. Experimental development of the graphic rating method. *Psychol Bull* **18:** 98–99, 1921.

19) Proffit W R, Fields H W J, Larson B E, Sarver D M. Contemporary Orthodontics, 6th edition. US : ELSEVIER, 328-330, 2018.

20) Nguyen T, Jackson T. 3D technologies for precision in orthodontics. *Semin Orthod* **24**: 386–392, 2018.

21) Chan KB, Chung CH, Vanarsdall RL. Comparison of the accuracy of bracket placement between direct and indirect bonding techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **116:** 346–351, 1999.

22) Nazir M, Walsh T, Mandall NA, Matthew Fox D. Banding versus bonding of first permanent molars: A multi-centre randomized controlled trial. *J Orthod* **38:** 81–89, 2011.

23) Dalessandri D, Dalessandri M, Bonetti S, Visconti L, Paganelli C. Effectiveness of an indirect bonding technique in reducing plaque accumulation around braces. *Angle Orthod* **82:** 313–318, 2012.

別　紙

第 1 ページ脚注

本論文の一部は以下の大会において発表した。

第 65 回中・四国矯正歯科学会大会（2022 年 7 月，福山）

第 81 回日本矯正歯科学会学術大会（2022 年 10 月，大阪）

図のキャプション

図 1 マルチブラケット装置
個々の歯にブラケットを装着し，ブラケットの溝にアーチワイヤーを通す。

図 2 ダイレクトボンディング法（DBS）
A：ブラケットに接着材を盛り，B：直接歯面に配置する。C, D, E：術者がブラケットの位置を歯面上で直接調整し, F：照射して接着する。

図 3 インダイレクトボンディング法（IDBS）
A：技工室にて初診時の石膏模型から作製したセットアップ模型上でブラケットの装着位置を決定し，B：装着用のコアを作製する。C：作製したコア内のブラケットに接着材を盛り，D：口腔内で歯面に圧接し，E：ブラケットを模型上と同様の位置に装着し，F：コアのみ撤去する。

図 4 コアとブラケット
コアの中にブラケットが入っており，ブラケットベース面にはベースレジンがついている。

図 5 研究対象者の割り振りフローチャート
DBS 群は 81 人，IDBS 群は 72 人を最終的は解析対象とした。

図 6 術者の臨床経験年数別の割合
A：全体における術者の経験年数別の割合（単位：%），B：DBS 群における術者の臨床経験年数別の割合（単位：%），C：IDBS 群における術者の臨床経験年数別の割合（単位：%）

図 7 VAS 法
10cm の線分を用い，質問項目に対する主観的な程度を直線状に印をつけることによって評定する。

図 8 セファログラム分析
S：セラ，N：ナジオン，Ba：バジオン，Ar：アーティキュラーレ，Ptm：翼上顎裂，Ans：前鼻棘，ABR：咬合平面と下顎枝前縁の接点，A：上顎骨外形線上の最深点，B：下顎骨外形線上の最深点，U1：上顎切歯，L1：下顎切歯，U6：上顎第一大臼歯，L6：下顎第一大臼歯，Pog：ポゴニオン，Gn：グナチオン，Me：メントン
FH 平面：フランクフルト平面，NF（PP）平面：口蓋平面，咬合平面：U1-L1 切縁の中点

と U6-L6 の咬頭嵌合の中央点を結ぶ直線，下顎下縁平面：Me から下顎下縁へ引いた接線，下顎枝後縁：Ar から下顎枝後縁へ引いた接線

図 9 DBS 群および IDBS 群における各評価項目ごとの比較
左に全体，中央に臨床経験年数 1～3 年目、右に臨床経験年数 4～6 年目の比較を示す。
A：装置装着に要した時間（単位：分），B：装置脱離数（単位：個），C：意図的装置再装着数（単位：個），D：総治療期間（単位：月），E：咬合関係指数（単位；点），F：PCR（単位：%）
* P<0.05，** P<0.01，*** P<0.005，**** P<0.001

図 10 装置脱離数
A：DBS 群の治療期間中の各歯の脱離数（単位：個），B：DBS 群の歯列を上下顎前歯部，上下顎小臼歯部，上下顎大臼歯部の 6 ブロックに分けた場合の脱離数の割合（単位：%），C：IDBS 群の治療期間中の各歯の脱離数（単位：個），D：IDBS 群の歯列を上下顎前歯部，上下顎小臼歯部，上下顎大臼歯部の 6 ブロックに分けた場合の脱離数の割合（単位：%）

図 11 意図的装置再装着数
A：DBS 群の治療期間中の各歯の意図的再装着数（単位：個），B：DBS 群の歯列を上下顎前歯部，上下顎小臼歯部，上下顎大臼歯部の 6 ブロックに分けた場合の意図的再装着数の割合（単位：%），C：IDBS 群の治療期間中の各歯の意図的再装着数（単位：個），D：IDBS 群の歯列を上下顎前歯部，上下顎小臼歯部，上下顎大臼歯部の 6 ブロックに分けた場合の意図的再装着数の割合（単位：%）

図 12 ABO-Scoring Index 項目ごとの DBS 群と IDBS 群の比較（単位：点）
A：Alignment，B：Marginal ridges，C：Buccolingual inclination，D：Overjet，E：Occlusal contacts，F：Occlusal relationships，G：Interproximal contacts，H：Root angulation
* P<0.05，** P<0.01

図 13 各評価項目とセファログラム分析値および模型分析値との相関を表す散布図
A：DBS 群における Mp-SN と装置脱離数の相関を表す散布図，B：N-S-Gn と装置装着に要した時間の相関を表す散布図，C：N-S-Gn と咬合関係指数の相関を表す散布図，D：GoA と装着に要した時間の相関を表す散布図，E：IDBS 群における ABR-L6/Mp と意図的装置再装着数の相関を表す散布図，F：L6-B/Mp と装置脱離数の相関を表す散布図

表 1 IDBS 用コアに使用した製品

コア	シリコン部分		レゴフィックス（リンカイ株式会社）
	レジン部分	液	Ortho Bright（山八歯材工業株式会社）
		粉	Ortho Bright（山八歯材工業株式会社）

表 2 装置装着時に使用した製品およびその成分

エッチング剤	K エッチャント GEL （クラレノリタケデンタル株式会社）	精製水 りん酸 着色剤 増粘剤

プライマー	トランスボンド™ XT プライマー （3M）	ビスフェノールＡジグリシジルエーテルメタクリレート（ＢＩＳＧＭＡ） トリエチレングリコールジ メタクリレ ート（ＴＥＧＤＭＡ） トリフェニルアンチモン ヒドロキノン

光重合接着材	トランスボンド™ XT 光重合接着材 （3M）	2-メチル2-プロペン酸3-(トリメトシキ シリル)プロピルエステルと石英、バル ク材料の反応物 ジメタクリル酸ビスフェノールＡジグ リシジルエーテル ビスフェノールＡビス（２－ヒドロキ シエチルエーテル）ジメタクリレート シラン処理シリカ ヘキサフルオロリン酸ジフェニルヨー ド トリフェニルアンチモン

ブラケット	iPas（Dentaurum）	高分子　メディカルグレードポリウレタン
	Esther（Tomy）	ポリエチレンテレフタレート ポリカーボネート
	Metal Bracket（Dentsply Sankin）	ステンレス鋼 16K金ろう

表 3 除外基準

除外基準	
1	不正咬合を有しない患者
2	エナメル質形成不全ならびにエナメル質減形成患者
3	印象採得が困難となるような嘔吐反射を有する患者
4	全永久歯萌出完了前の患者
5	顎変形症患者ならびに先天症候群患者
6	部分的矯正治療患者
7	著しく口腔衛生状態不良と判断される患者
8	治療終了まで岡山大学矯正歯科での継続治療が困難と予測される患者
9	その他、研究責任者、分担者が被検者として不適当と判断した患者

表 4 装置装着の感覚に関するアンケートの内容および結果

装置装着時の感覚に関するアンケート	
前歯（下顎前歯～小臼歯）	
1　お口を開けて装置をつける間、不快でしたか？	（DBS：25.7±20.6 mm、IDBS：25.3±18.9 mm）
2　装置を付ける際にかかった時間は長かったですか？	（DBS：28.4±21.3 mm、IDBS：30.3±22.2 mm）
3　装置を付けた後に違和感はありましたか？	（DBS：44.7±24.2 mm、IDBS：51.4±26.4 mm）
奥歯（下顎第一大臼歯）	
1　お口を開けて装置をつける間、不快でしたか？	（DBS：34.8±23.9 mm、IDBS：30.0±20.9 mm）
2　装置を付ける際にかかった時間は長かったですか？	（DBS：32.1±25.5 mm、IDBS：28.6±23.3 mm）
3　装置を付けた後に違和感はありましたか？	（DBS：45.6±27.2 mm、IDBS：43.6±27.6 mm）

表 5 側面頭部エックス線規格写真分析項目（角度分析項目）

＜角度計測項目（単位：°）＞

N-S-Ba	N-S-Ba のなす角
N-S-Ar	N-S-Ar のなす角
FH-SN	FH 平面と SN 平面のなす角度
S-N-P	SN 平面と N-Pog のなす角度
Facial A.	FH 平面と N-Pog のなす角
N-S-Gn	N-S-Gn のなす角
Y axis	FH 平面と S-Gn のなす角度
S-N-A	S-N-A のなす角度
PP-SN	口蓋平面と SN 平面のなす角
PP-FH	口蓋平面と FH 平面のなす角
S-N-B	S-N-B のなす角度
Mp-SN	SN 平面に対する下顎下縁平面角
Mp-FH	FH 平面に対する下顎下縁平面角
GoA.	下顎下縁平面と下顎後縁平面のなす角
Rp-SN	下顎後縁平面と SN 平面のなす角
Rp-FH	下顎後縁平面と FH 平面のなす角
A-N-B	A 点-N-B 点のなす角
NAP	N-A 点-Pog のなす角
SN-AB	SN 平面と A 点-B 点の直線のなす角
PP-Mp	口蓋平面に対する下顎下縁平面角
U1-SN	SN 平面に対する上顎中切歯歯軸角
U1-FH	FH 平面に対する上顎中切歯歯軸角
U1-PP	SN 平面に対する上顎中切歯歯軸角
L1-FH	FH 平面に対する下顎中切歯歯軸角
L1-Mp	下顎下縁平面に対する下顎中切歯歯軸角
L1-Ap	AP 平面に対する下顎中切歯歯軸角
IIA	上下顎中切歯歯軸のなす角
OccP	FH 平面に対する咬合平面角

表 6 側面頭部エックス線規格写真分析項目（距離分析項目）

＜距離計測項目（単位：mm）＞

S-N	S と N の直線距離
S-Ar/FH	FH 平面に対する S と Ar からの垂線の交点間距離
S-Ptm/FH	FH 平面に対する S と Ptm からの垂線の交点間距離
Ptm-N/FH	FH平面に対する Ptm と N からの垂線の交点間距離
N-Me	N と Me の直線距離
N/PP	N から口蓋平面に対する垂線の距離
Me/PP	Me から口蓋平面に対する垂線の距離
S/PP	S から口蓋平面に対する垂線の距離
Go-PP	Go から口蓋平面に対する垂線の距離
Ptm-A/PP	口蓋平面に対する Ptm と A 点からの垂線の交点間距離
Ptm-Ans/PP	口蓋平面に対する Ptm と Ans からの垂線の交点間距離
Go-Me	Go と Me の直線距離
Ar-Go	Ar-Go の直線距離
Ar-Me	Ar と Me の直線距離
ABR-B/Mp	下顎下縁平面に対する ABR と B 点からの垂線の交点間距離
U6-PP	口蓋平面に対する上顎第一大臼歯咬合面からの垂線の距離
OJ	オーバージェット
OB	オーバーバイト
A-B/PP	口蓋平面に対する A 点と B 点からの垂線の交点間距離
Ptm-U6/PP	口蓋平面に対する Ptm と下顎第一大臼歯咬合面からの垂線の交点間距離
U6-A/PP	口蓋平面に対する上顎第一大臼歯咬合面と A 点からの垂線の交点間距離
U6/PP	口蓋平面に対する上顎第一大臼歯咬合面からの垂線の距離
U1-PP	口蓋平面に対する上顎中切歯切縁からの垂線の距離
ABR-L6/Mp	下顎下縁平面に対する ABR と下顎第一大臼歯咬合面からの垂線の交点間距離
L6-B/Mp	下顎下縁平面に対する下顎第一大臼歯咬合面と B 点からの垂線の交点間距離
L6-Mp	下顎下縁平面に対する下顎第一大臼歯咬合面の垂線の距離
L1-Mp	下顎下縁平面に対する下顎中切歯切縁の垂線の距離
L1-AP	AP 平面に対する下顎中切歯切縁の垂線の距離

表 7 模型分析項目

<模型分析項目（単位：mm）>

上顎歯列叢生	上顎歯列叢生量
下顎歯列叢生	下顎歯列叢生量

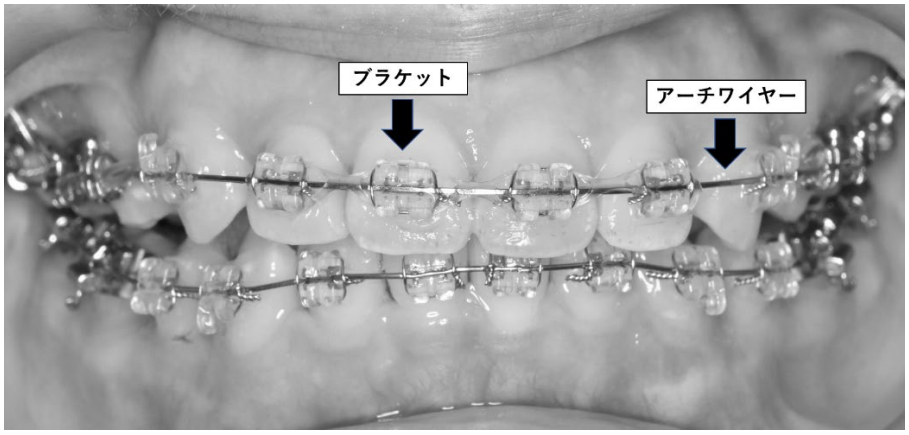

図 1

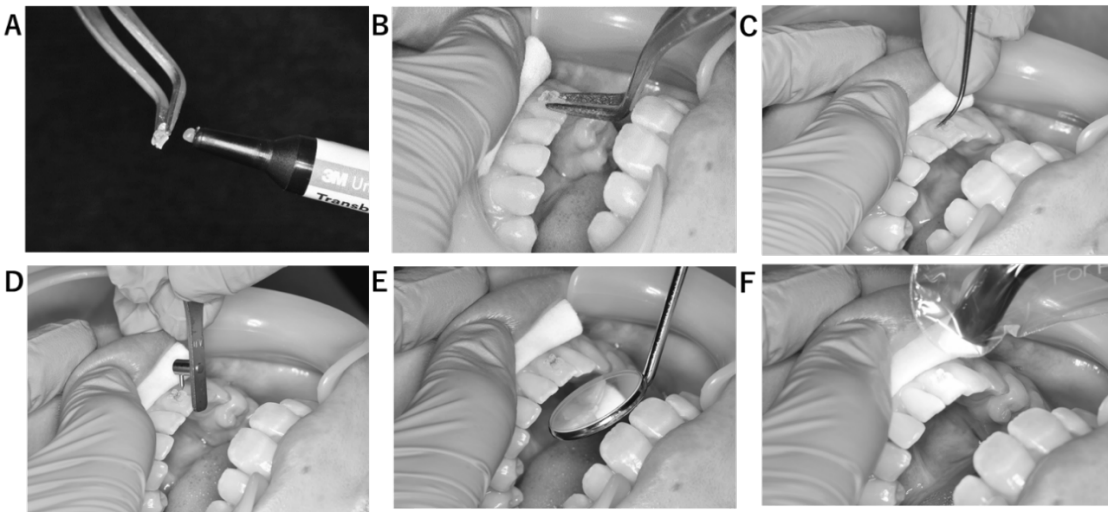

図 2

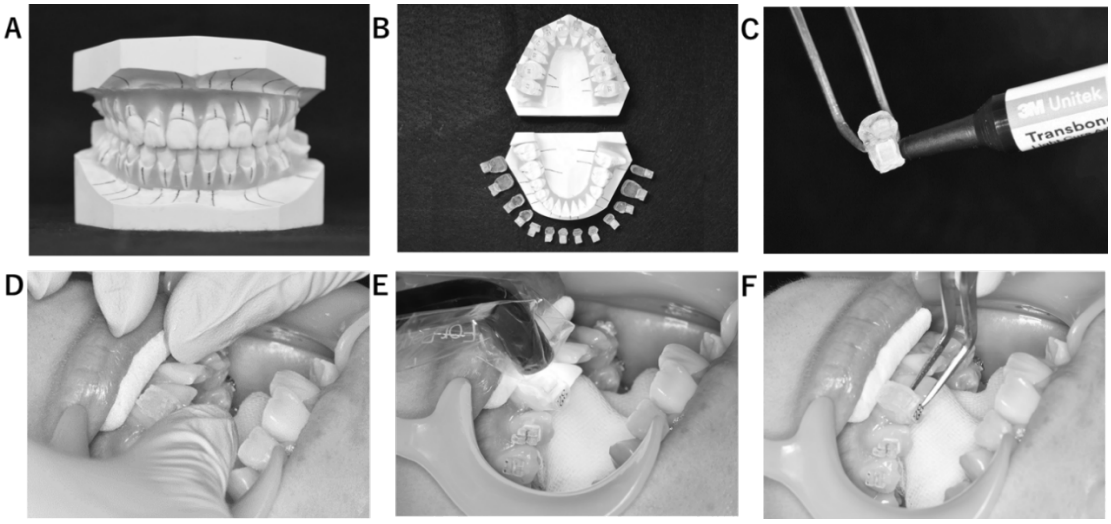

図 3

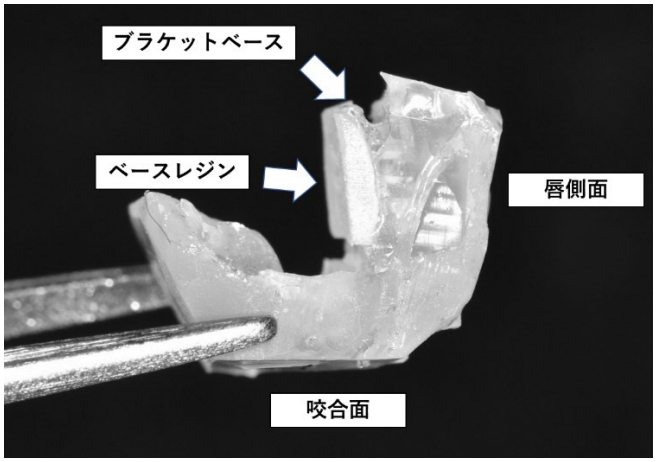

図 4

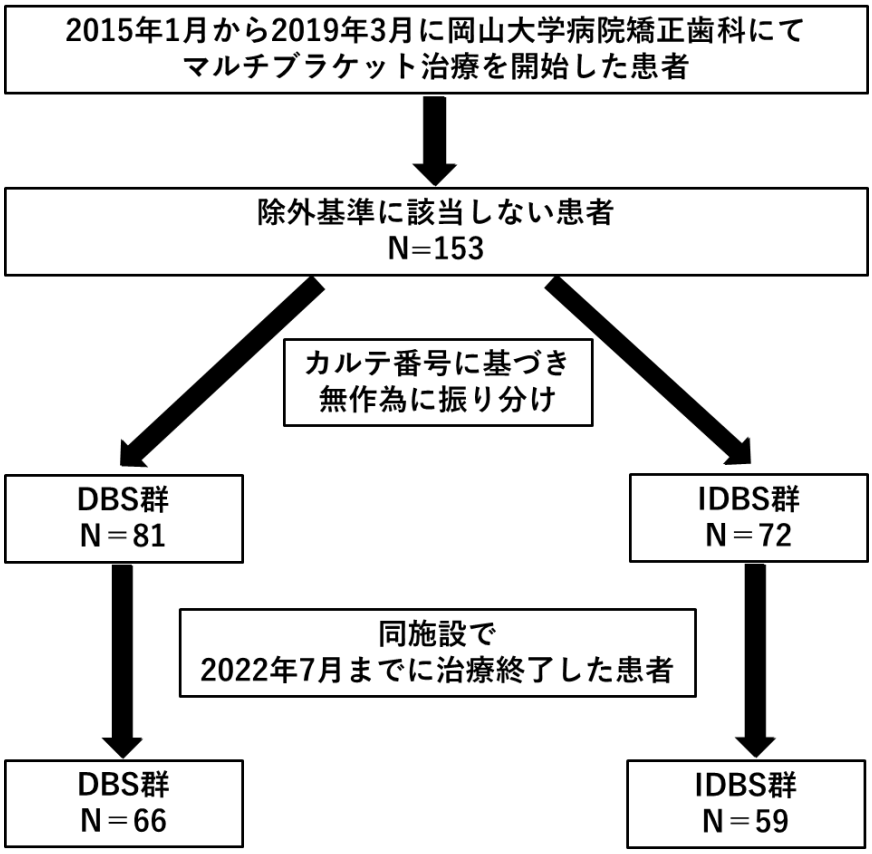
2015年1月から2019年3月に岡山大学病院矯正歯科にて
マルチブラケット治療を開始した患者
除外基準に該当しない患者
N=153
カルテ番号に基づき
無作為に振り分け
DBS群
N＝81
IDBS群
N＝72
同施設で
2022年7月までに治療終了した患者
DBS群
N＝66
IDBS群
N＝59

図 5

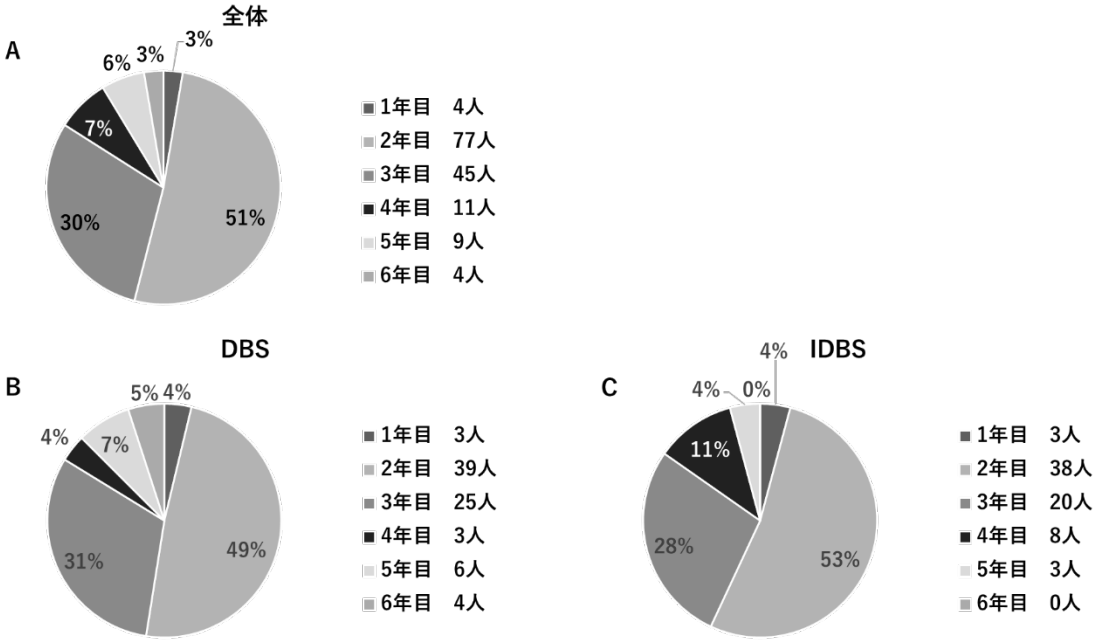
A
全体
3%
6%
3%
7%
30%
51%
1年目　4人
2年目　77人
3年目　45人
4年目　11人
5年目　9人
6年目　4人
B
DBS
5%
4%
4%
7%
31%
49%
1年目　3人
2年目　39人
3年目　25人
4年目　3人
5年目　6人
6年目　4人
C
IDBS
4%
4%
0%
11%
28%
53%
1年目　3人
2年目　38人
3年目　20人
4年目　8人
5年目　3人
6年目　0人

図 6

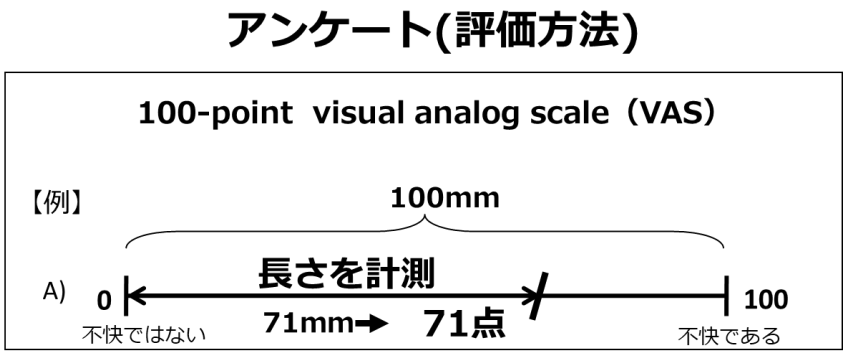
アンケート(評価方法)
100-point visual analog scale（VAS）
【例】
100mm
長さを計測
A)
0
100
71mm
71点
不快ではない
不快である

図 7

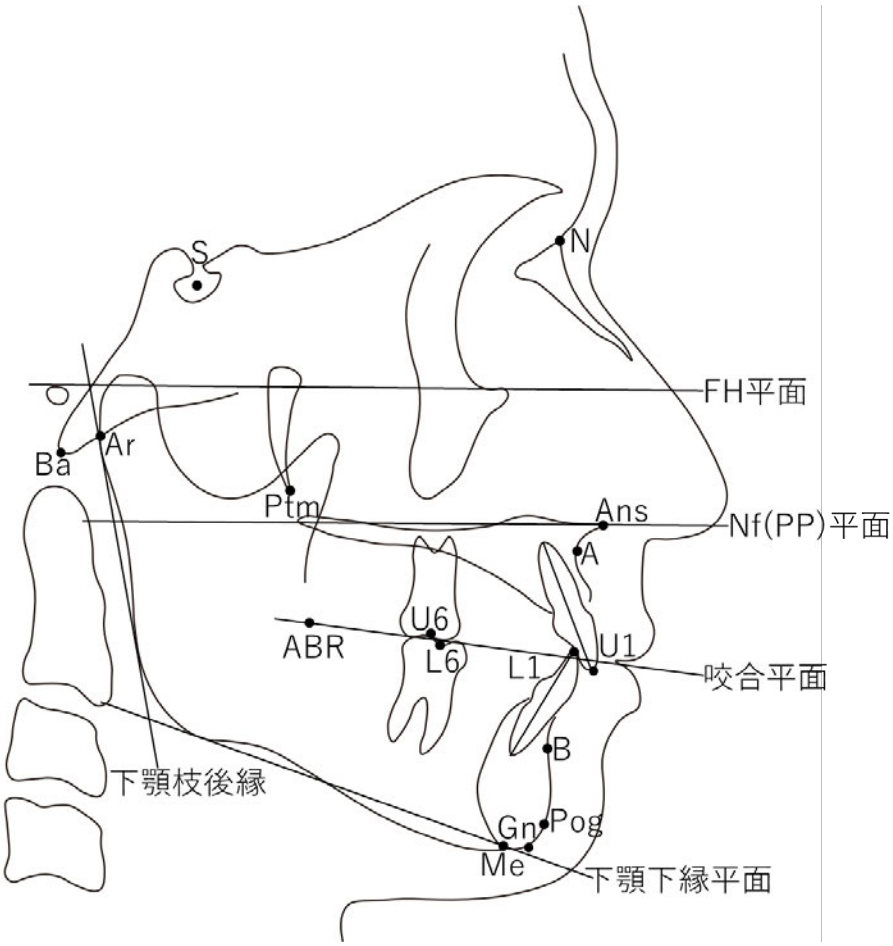
S
N
FH平面
Ba
Ar
Ptm
Ans
Nf(PP)平面
A
U6
ABR
L6
L1
U1
咬合平面
B
下顎枝後縁
Gn
Pog
Me
下顎下縁平面

図 8

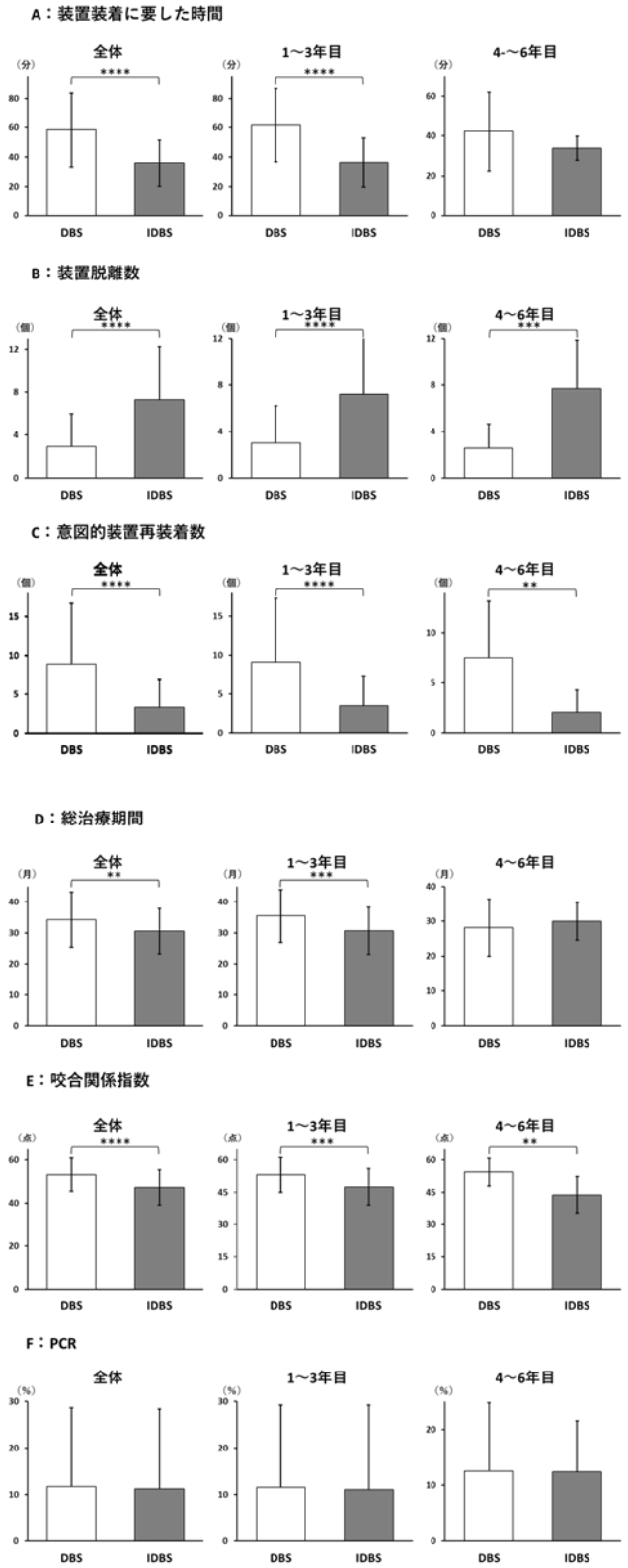
A：装置装着に要した時間
全体
1～3年目
4-～6年目
（分）
****
DBS
IDBS
B：装置脱離数
（個）
C：意図的装置再装着数
D：総治療期間
（月）
E：咬合関係指数
（点）
F：PCR
（%）

図 9

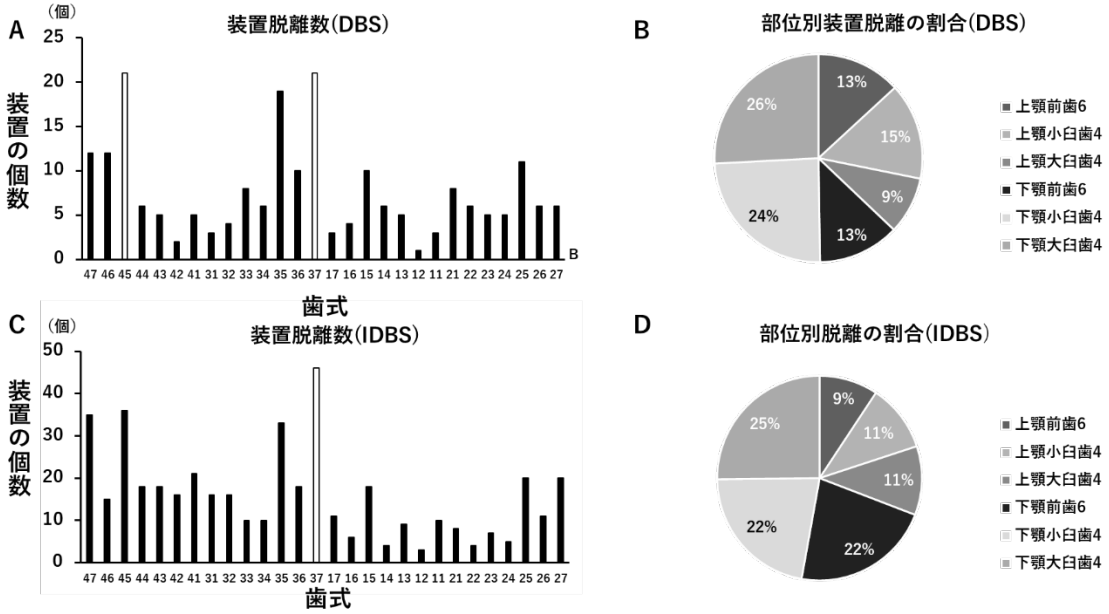
A
（個）
装置脱離数(DBS)
装置の個数
25
20
15
10
5
0
47 46 45 44 43 42 41 31 32 33 34 35 36 37 17 16 15 14 13 12 11 21 22 23 24 25 26 27
歯式
B
部位別装置脱離の割合(DBS)
13%
15%
9%
13%
24%
26%
上顎前歯6
上顎小臼歯4
上顎大臼歯4
下顎前歯6
下顎小臼歯4
下顎大臼歯4
C
（個）
装置脱離数(IDBS)
装置の個数
50
40
30
20
10
0
47 46 45 44 43 42 41 31 32 33 34 35 36 37 17 16 15 14 13 12 11 21 22 23 24 25 26 27
歯式
D
部位別脱離の割合(IDBS)
9%
11%
11%
22%
22%
25%
上顎前歯6
上顎小臼歯4
上顎大臼歯4
下顎前歯6
下顎小臼歯4
下顎大臼歯4

図 10

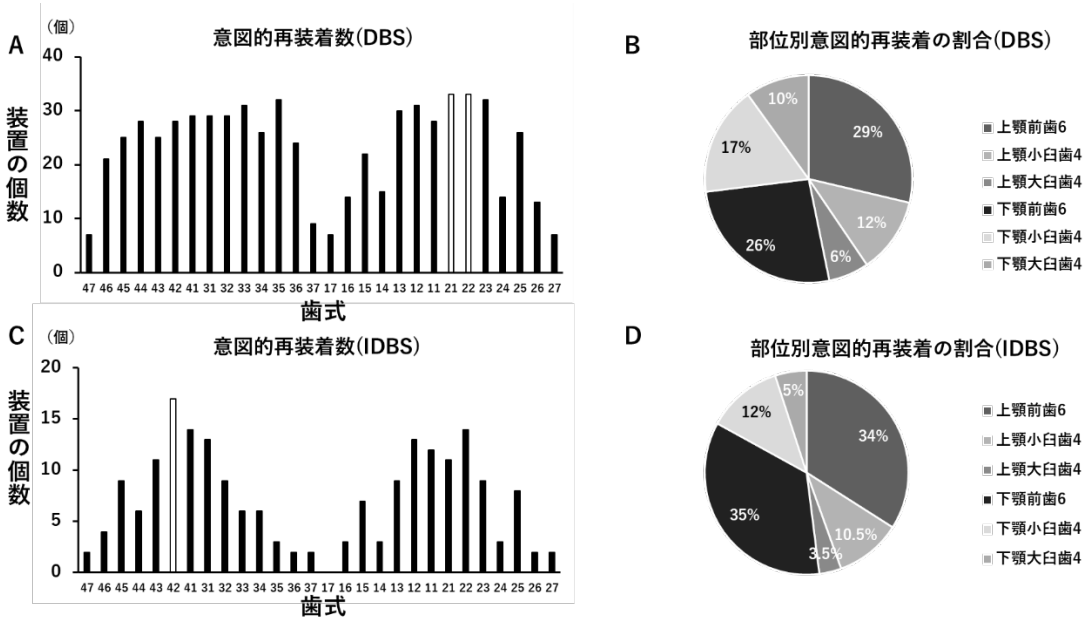
A
意図的再装着数(DBS)
（個）
装置の個数
40
30
20
10
0
47 46 45 44 43 42 41 31 32 33 34 35 36 37 17 16 15 14 13 12 11 21 22 23 24 25 26 27
歯式
B
部位別意図的再装着の割合(DBS)
29%
12%
6%
26%
17%
10%
上顎前歯6
上顎小臼歯4
上顎大臼歯4
下顎前歯6
下顎小臼歯4
下顎大臼歯4
C
意図的再装着数(IDBS)
（個）
装置の個数
20
15
10
5
0
47 46 45 44 43 42 41 31 32 33 34 35 36 37 17 16 15 14 13 12 11 21 22 23 24 25 26 27
歯式
D
部位別意図的再装着の割合(IDBS)
34%
10.5%
3.5%
35%
12%
5%
上顎前歯6
上顎小臼歯4
上顎大臼歯4
下顎前歯6
下顎小臼歯4
下顎大臼歯4

図 11

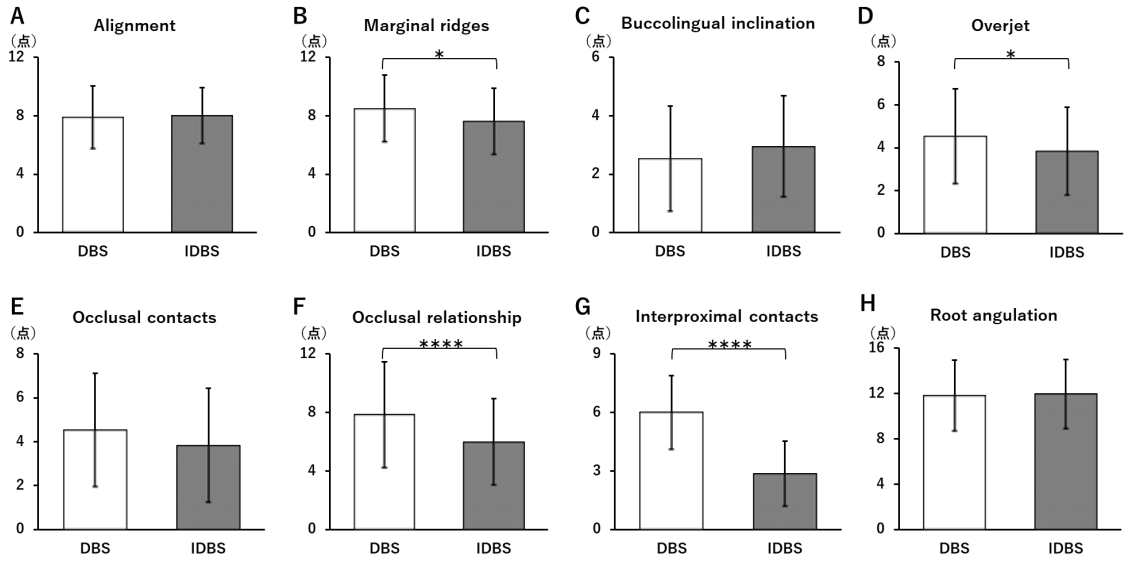
A
Alignment
（点）
12
8
4
0
DBS
IDBS
B
Marginal ridges
（点）
12
8
4
0
*
DBS
IDBS
C
Buccolingual inclination
（点）
6
4
2
0
DBS
IDBS
D
Overjet
（点）
8
6
4
2
0
*
DBS
IDBS
E
Occlusal contacts
（点）
8
6
4
2
0
DBS
IDBS
F
Occlusal relationship
（点）
12
8
4
0
****
DBS
IDBS
G
Interproximal contacts
（点）
9
6
3
0
****
DBS
IDBS
H
Root angulation
（点）
16
12
8
4
0
DBS
IDBS

図 12

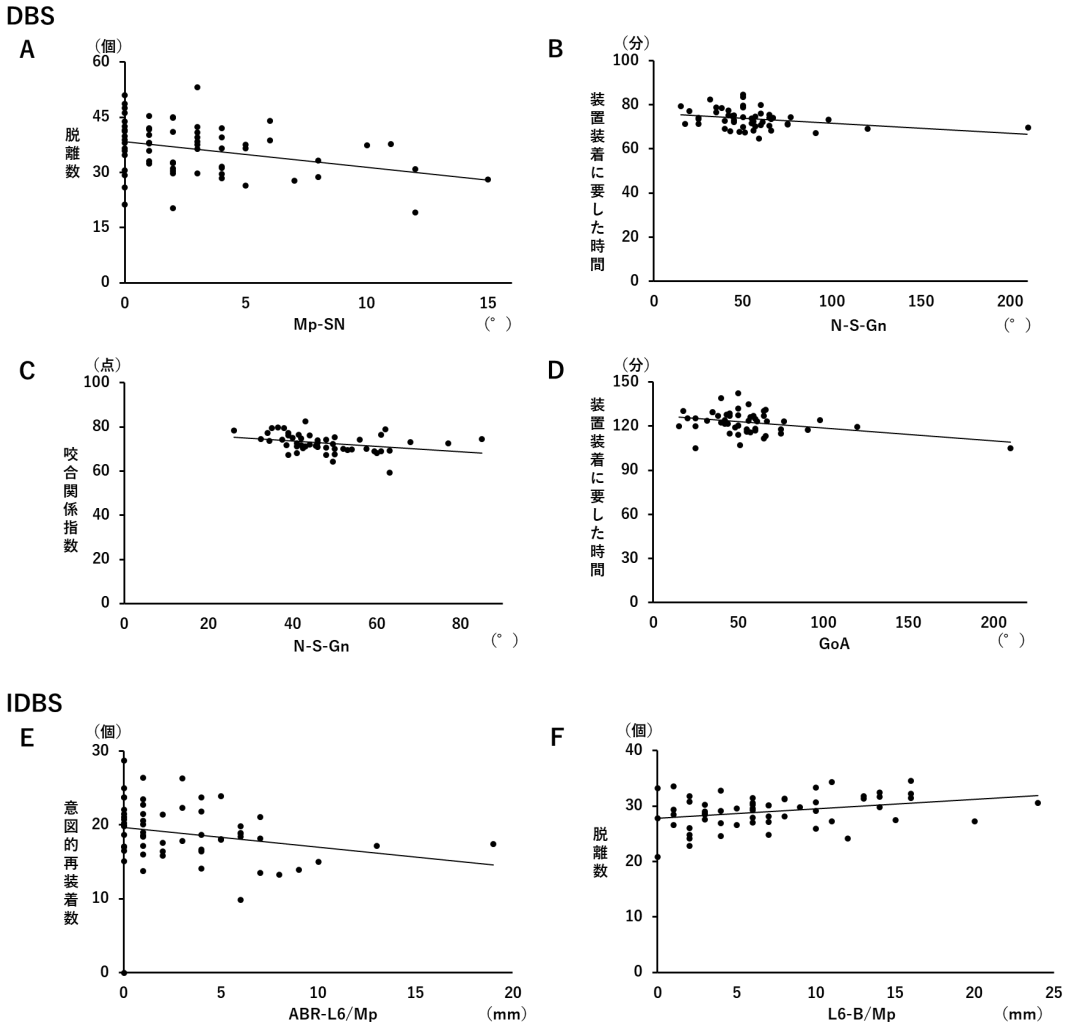
DBS
A
（個）
脱離数
Mp-SN
（°）
B
（分）
装置装着に要した時間
N-S-Gn
（°）
C
（点）
咬合関係指数
N-S-Gn
（°）
D
（分）
装置装着に要した時間
GoA
（°）
IDBS
E
（個）
意図的再装着数
ABR-L6/Mp
（mm）
F
（個）
脱離数
L6-B/Mp
（mm）

図 13