

〔解説〕

3Dプリンターを用いた インダイレクトボンディング法用トランスファートレーの考案

保田 好隆¹⁾, 前田 悠冴²⁾, 飯嶋 雅弘³⁾

1) 保田矯正歯科

2) 株Vigorous

3) 北海道医療大学歯学部 口腔構造・機能発育学系 歯科矯正学分野

Invention of a transfer tray for indirect bonding technique by the use of a 3d printer

Yoshitaka YASUDA¹⁾, Yuugo MAEDA²⁾, Masahiro IJIMA³⁾

1) Yasuda Orthodontic Office

2) Vigorous Co., Ltd.

3) Division of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Department of Oral Growth and Development,
School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido, Japan

Key words : Indirect bonding, Transfer tray, 3D printer, Digital technology,

Introduction

The indirect bonding technique in Orthodontics is considered to shorten chair time and decrease patient discomfort during placement compared to the direct bonding technique, because the appliances are placed on models in advance.

Materials and Methods

A transfer tray for the indirect bonding technique, which can be divided into occlusal and cervical sides, was developed and produced by a 3D printer to accommodate bracket detachment and accurate positioning during placement.

Results

The transfer tray was easily divided after the placement, and the core was placed without bracket detachment.

Conclusions

Using a 3D printer, a transfer tray which can be divided into occlusal and cervical sides was developed to facilitate prevention of bracket detachment when removing the tray. It is suggested that, with the use of 3D technology, the indirect bonding transfer tray can be produced more easily and can

be applied more widely in clinical practice.

緒言

矯正歯科治療において、ブラケットやチューブなどのアタッチメントを歯に装着する方法としては、直接歯に装着するダイレクトボンディング法（以下DB法と記す）、あらかじめ模型上で装置を排列しておき、口腔内に移送するコアやトレーなどを作製して装着するインダイレクトボンディング法（以下IDB法）がある。IDB法は、模型上であらかじめ装置の設置を行っているために、熟練した矯正歯科医が行うDB法と比較して正確な位置付けが可能あるいは同等（Koo et al., 1999; Hodge et al., 2004）とされている。また直視しにくい部位に対してアタッチメントを正確に装着することができる（Proffit, 2004）。さらにチェアタイムが短縮され（Bozelli et al., 2013; Czolgosz et al., 2020）、術中のストレスも、DB法と比較して軽減されると報告されている（Pamukçu et al., 2016）。一方、IDB法の欠点としては、使用する材料や材質によっては、コアを口腔内から撤去する際にアタッチメントのアンダーカットにより脱離が生じることや、模型への仮着材が介在することによる接着強度の低下が挙げられる。加えて、接着の際の余剰レジンの撤去を硬化後に行わなければならないことや、作製に

時間がかかる (Aguire et al., 1982; Bozelli et al., 2013; Czolgosz et al., 2020) といった短所も認められる。IDB法が報告されて以来 (Silverman et al., 1972), これらの欠点を補うために様々な工夫がされてきた (白須賀ら, 1997; Koga et al., 2007)。また近年では, IDB法用の移送用トレーを作製する技工にデジタル技術に応用する方法も報告 (Duarte et al., 2020; Plattner et al., 2020) されている。

そこで今回, 上記の短所を改善する目的で3Dプリンターを応用した新しいIDB法用の移送用トレーを考案したので報告する。

方 法

1. 移送用トレーの作製

正常咬合のエポキシ模型 (図1, 顎模型STD28F-UOLA, 松風) を技工用スキャナー (3Shape E2, 3Shape) と, 専用ソフトウェア (3Shape Dental System Dental Manager, 3Shape) を用いて取り込みを行った。得られたスキャンデータを模型編集ソフト3Shape Ortho Analyzer (3Shape) を用いて, 両側の上顎第一大臼歯の近心頬側咬頭頂から3.5mmの点と上顎両側中切歯間で切縁から4.0mmの点を決定し, それらの点を含む平面を作成した (図2)。模型編集ソフト上で, この平面上に沿ってブラケットの Slots の中央が通るように (図3) 上顎両側の犬歯間にブラケットの排列を行った。ブラケットのSTLデータは, McLaughlin Bennett 5.0 GLAM



図1：使用したエポキシ模型

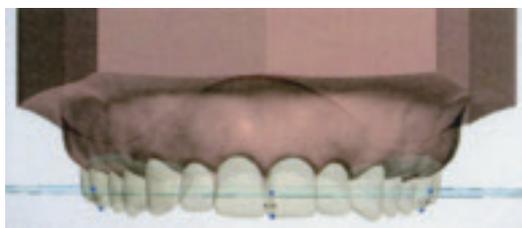


図2：装置を装着するために作成した平面

Ceramic Bracket (フォレストudent・ジャパン) の上顎左右の中切歯, 側切歯および犬歯のSTLデータを用いた。ブラケットを排列したデータ上で編集用ソフトウェア (Meshmixer, Autodesk) を用いて図4に示すように咬合面側と唇側歯頸部側に分離できるようなトレーを画面上でイメージングした。イメージングしたデータを, 3Dプリンター (Rapidshape D30 II, Rapidshape) を用いて出力した (図5)。プリンター用樹脂は歯科用樹脂系模型材bracket key (SHERA Werkstoff-Technologie) を使用した。プリントアウトされた移送用トレーのブラケットを収納する部位 (図6) にブラケットを正しく挿入し移送用のトレー (以下トレーと記す) が完成する (図7)。



図3：平面上にブラケットを配置する



図4：イメージングした移送用トレー



A



B

図5：3Dプリンターを用いて出力したトレー
A：咬合面側と歯頸部側が一体となった状態
B：分離した状態

2. ブラケットの装着

作製したトレーを用いてエポキシ模型に装着する。

ブラケットを装着するエポキシ模型の唇側面にプライマー（オパールシール，松風）を塗布し（図8）移送用トレー内に露出しているブラケットベースには接着用のペースト（オパールボンドMV，松風）を少量塗布した状態（図9）で移送用のトレーをエポキシ模型に戻す（図10）。コアの唇側面からブラケットを指で圧接しながら重合用光照射器（VALOオーソコードレス，松風）を使用して，各ブラケットの近遠心から4秒間照射しボンディング用ペーストを硬化させた。

硬化後，トレーの咬合面部を除去したのちに（図11），歯頸部側のトレーを撤去した。

結 果

エポキシ模型にブラケットが装着された状態を図12に示した。移送用のトレーの撤去は容易に行え，ブラケッ

トの脱離は認められなかった。しかしエポキシ模型の歯面には接着用のレジンの付着がブラケット周囲に認められた（図13）。

考 察

従来の3Dプリンターを用いないタイプのIDB法用トレーでは，トレーを撤去する際にブラケットやチューブの脱離が生じないように，装置周囲に比較的柔らかいシ



図9：トレー内部のブラケットベース部にペーストを塗布する



図6：トレー内にあらかじめ付与したブラケットを入れるための“くぼみ”



図10：移送用トレーをエポキシ模型に装着



図7：ブラケットをトレーに装着した状態



図8：装置を装着する歯すべてにプライマーを塗布する



A



B

図11：移送用トレーの咬合面部を撤去した状態
A：咬合面観
B：唇側面観

リコンが付与されていた（白須賀ら，1997；Koga et al., 2007）。また3Dプリンターを使用したトレーでは，平行性のない部位やアンダーカット部に挿入しなければならないこと，トレー撤去の際の脱離が生じにくいようにすることを考慮すると，模型やスプリントなどに使用する樹脂と比較して，ある程度柔軟性を有する材料で重合用光照射器の光を透過する材質の商品を使用しなければならない。

ブラケットの歯頸部側のアンダーカットにトレーの材料が入り込むことが原因で，トレー撤去の際にブラケットの脱離が生じやすいと考えられる。今回作製したコアは，複数の歯に対して同時にボンディングすることが可能な仕組みとし，トレーの分割面をブラケットの咬合面と歯頸部のほぼ中央部に設定したため（図14），ブラケットの歯頸部のアンダーカットからトレーが容易にできる仕組みとした。そのためブラケットの脱離が起きにくいものと考えられる。

またトレーに用いた“柄”の大きさは，できる限り大きい方が安定するが，ブラケットの間隔と問題なくプリ

ントアウトできることを考慮して一辺の長さを2.5mmの正方形，深さ4.0mmとした（図15）。またトレーの唇側面の厚みに関しては，コアを厚くすれば重合用光照射器による硬化が妨げられ，薄くしすぎるとプリントアウトが困難となる。そのため設計上問題がない厚みを考慮して作製したが，口腔内に移送するために口蓋側やブラケットまわりなど患者の歯並びにあわせて厚みを変えることが必要かと考えられた。今回使用したトレーでは，ブラケットの唇面より最大5mmの厚みがあったが照射後接着用レジンが十分に硬化し，使用時の問題は認められなかった。

模型にブラケットを配置するためには仮着材が必要（Silverman et al., 1972；Zachrisson et al., 1978；Aguirre et al., 1982；白須賀ら，1997）であった。仮着材は，接着性のセメント，糊，粘着テープ，caramel candyやスティッキーワックスなどを用いていたが，トレー作製時に加圧形成を行うと位置がずれることが多かった。またブラケット内面にこれらの成分が残存することで，接着強度の低下を招くことが考えられる。また仮着材にブラケット用ボンディング材を用いる方法も報告されている（Sondhi, 1999）が，トレーの保存状態やブラケットを装着するまでの時間によって仮着用のレジンの劣化が生じる，あるいは歯面との適合が良くない場合は接着強度の低下が生じやすいと考えられる。今回のコアの場合，仮着の必要がないため上記のような懸念はないと考えられる。

従来法の中には，安定した復位を目的として，咬合面

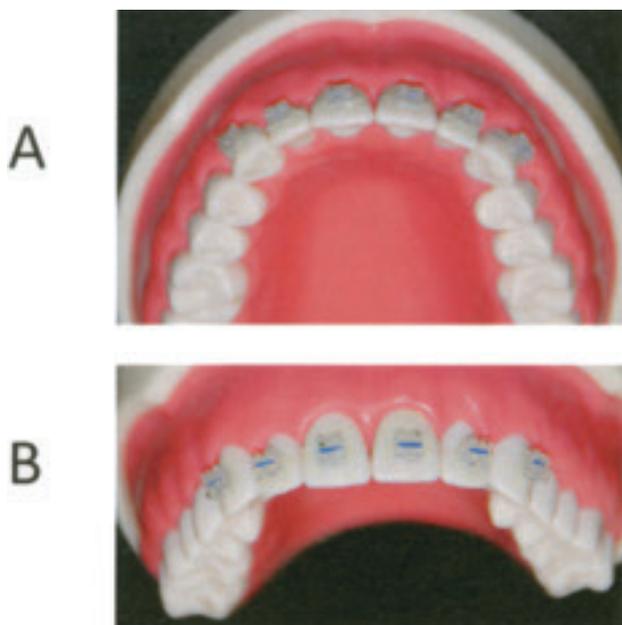


図12：装着が終了した状態

A：咬合面観
B：唇側面観



図13：装置周囲に残留した余剰レジン



図14：トレーの分割面

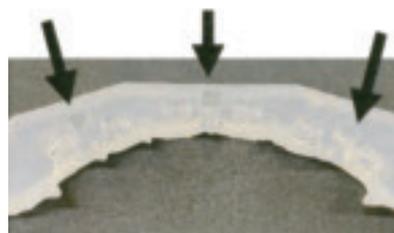


図15：トレーに付与した“柄”を矢印の溝に差し込むとトレーが一体化する

に適合した樹脂を置く方法（白須賀ら, 1997; 保田ら, 2007）も認められるが、樹脂を設置しない方法と比較して有意な差はないとする報告もある（Sasamoto et al., 2018）。本方法では、十分に歯の形態の印記がなされており、寸法精度が安定しているため、安定した復位が可能であると考えられる。

バキュームフォーマーを使用してシートを加熱してマウスピースを作製すると、3Dプリンターで作製したものと比較して精度が低いとされる報告（Jindal et al., 2019）がある。本方法も3Dプリンターで作製しているため、従来型のバキュームフォーマーを使用して作製するトレーと比較してより、精度が保たれているのではないかと推察される。

余剰レジンについては、従来法と同様に認められた。硬化前に除去することができない構造にあるからである。しかし過不足のない適切な量の接着用レジンブラケットベースに盛り、硬化後にトレーを撤去してからブラケット周囲の余剰なレジンについてはカーバイドバーを用いて容易に除去できるとされている（Proffit, 2004; 保田ら, 2019）。

従来のIDB法用のトレーには、2層構造（Koga et al., 2007）や3層構造（白須賀ら, 1997; Yasuda et al., 2003）を有するものがあり、それぞれに工夫がなされている。そのためより良いトレーの作製には経験が必要で、時間もかかる。しかし本論文で紹介したトレーは、方法で記したソフトウェアが使用できれば、製作は容易である。

例えば、咬合異常者を想定した作製手順であるが、

- 1) 模型のスキャニング（口腔内スキャナーのデータであれば省略可能）
- 2) 術後の咬合状態のセットアップを行う
- 3) 装置を配置する平面を決定する
- 4) 平面上にブラケットやチューブのSTLデータを配置
- 5) 術前の咬合状態に戻して、トレーの出力
- 6) トレーにブラケットを配置して完成

となる。ここで5)の作業を行う理由は、例えば左右の第二小臼歯間のインダイレクトボンディングを1歯ずつ10回行うよりも、2歯から6歯程度のトレーを作製しボンディング操作を行う方が容易であり、チェアタイムの短縮が図れると考える。また叢生の状態によっては、歯と歯の間隔が狭い場合もあり、そのため1歯のトレーが作製できない場合もある。

上記の1)から6)の手順は歯科技工士と歯科医師の共同作業とはなるが、歯科医師が関与すべきポイントは、2)および3)の過程のみでも良いと考える。IDB

法はDB法と比較してチェアタイムは短くなるが、技工操作が必要なためDB法と所要時間的にはほぼ同等と報告（Bozelli et al., 2013; Czolgosz et al., 2020）されている。本報告の方法を行うことで、従来よりも歯科医師がIDB法のトレー作製に関わる時間は減じるものと考えられる。

最後に、従来の3Dの技法を用いないIDB法用コアでは、ブラケットやチューブを模型上に配置する工程が必要である。その場合、装置を配置する者の臨床経験やその日の体調などによって技工物の良否が左右されることも想定されるが、3Dの技法を用いたIDB法用コアは熟練度や体調に左右されない安定した技工物であると考えられる。また設備とソフトウェアを扱える人材は必要なものの、製作時間の短縮がはかれ、トレーの材料費としては800円程度と従来法との技工と比較して安価で、費用対効果の優れた技工物であると言える。

結 論

3Dプリンターを活用し、移送用トレーの撤去の際にブラケットの脱離が生じないように、咬合面側と歯頸部側に分割できる仕組みのトレーを考案した。インダイレクトボンディング法の口腔内への移送用トレーの製作がより容易に、またよりよく臨床で使用できることが示唆された。

文 献

- 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.
- Bozelli JV, Bigliuzzi R, Barbosa HAM, Ortolani CLF, Bertoz FA, Faltin K. Comparative study on direct and indirect bracket bonding techniques regarding time length and bracket detachment. *Dental Press J Orthod* 18 : 51–57, 2013.
- Czolgosz I, Cattaneo PM, Cornelis MA. Computer-aided indirect bonding versus traditional direct bonding of orthodontic brackets : bonding time, immediate bonding failures, and cost-minimization. A randomized controlled trial. *Eur J Orthod* 43 : 144–151, 2021.
- Duarte MEA, Gribel BF, Spitz A, Artese F, Miguel JAM. Reproducibility of digital indirect bonding technique using three-dimensional (3D) models and 3D-printed transfer trays. *Angle Orthod* 90 : 92–99, 2020.
- Hodge TM, Dhopatkar AA, Rock WP, Spary DJ. A ran-

- domized clinical trial comparing the accuracy of direct versus indirect bracket placement. *J Orthod* 31 : 132–137, 2004.
- Jindal P, Juneja M, Siena FL, Bajaj D, Breedon P. Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3 D printed clear dental aligners. *Am J Orthod* 156 : 694–701, 2019.
- Koga M, Watanabe K, Koga T. Quick indirect bonding system(QuickIDBS) : An indirect bonding technique using a double–silicone bracket transfer tray. *Semin Orthod* 13 : 1–18, 2007.
- Koo BC, Chung CH, Vanarsdall RL. Comparison of the accuracy of bracket placement between direct and indirect bonding techniques. *Am J Orthod* 116 : 346–351, 1999.
- Pamukçu H, Özsoy ÖP. Indirect Bonding Revisited. *Turk J Orthod* 29 : 80–86, 2016.
- Plattner J, Othman A, Arnold J, See C. Comparative Study between the Overall Production Time of Digitally Versus Conventionally Produced Indirect Orthodontic Bonding Trays. *Turk J Orthod* 33 : 232–238, 2020.
- Proffit WR (高田健治) : プロフィットの現代歯科矯正学 (Contemporary orthodontics). クインテッセンス出版株式会社 : 2004, 397–402.
- Sasamoto S, Konno M, Uechi J, Yasuda Y, Iijima M, Mizoguchi I. Assessment of the effects of two indirect bonding techniques on the three–dimensional accuracy of bracket positioning. *J Hokkaido orthodontic society* 46 : 1–8, 2018.
- Silverman E, Cohen M, Gianelly AA, Dietz VS. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. *Am J Orthod* 62 : 236–244, 1972.
- 白須賀直樹, 小野瀬正浩. 矯正治療とインダイレクトボンディング法. 株式会社松風, 1997.
- Sondhi A. Efficient and effective indirect boning. *Am J Orthod* 115 : 352–359, 1999.
- Yasuda Y, Yang HC, Yanagi M, Takada K. Indirect bonding method in the Osaka University. *Orthodontics in the 21st Century*, 大阪大学出版会 : 2003, 204–205.
- 保田好隆, 白須賀直樹, 保田好秀. *Indirect Bonding System IDBSの理論と臨床*. 東京臨床出版株式会社, 2007.
- 保田好隆, 谷山隆一郎, 谷山香織, 保田広子. 一般歯科のDr・DHがともに取り組む矯正歯科治療ガイドブック. クインテッセンス出版株式会社 : 2019, 142–147.
- Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod* 74 : 62–78, 1978.



保田好隆

保田矯正歯科 勤務
 昭和60年3月 大阪歯科大学 卒業
 昭和60年4月 大阪大学歯学部歯科矯正学講座 入局
 平成5年4月 大阪通信病院歯科口腔外科
 平成9年7月 大阪大学歯学部歯科矯正学講座 助手
 平成10年6月 大阪大学歯学部附属病院矯正科 講師
 平成12年2月 大阪大学歯学部歯科矯正学講座 助教授
 平成15年9月 同退職
 平成15年10月 医療法人保田矯正歯科勤務
 平成19年4月 北海道医療大学歯学部 非常勤講師
 現在に至る