

Metoda pośredniego klejenia zamków – przegląd piśmiennictwa

Indirect bonding of brackets - literature overview

Michał Wajda¹  (ORCID ID: 0000-0003-0769-9478)

Joanna Lis²  (ORCID ID: 0000-0001-9192-1064)

Anna Magdalena Marzec³ 

Beata Kawala²  (ORCID ID: 0000-0002-3284-7893)

Wkład autorów:  Plan badań  Zbieranie danych  Analiza statystyczna  Interpretacja danych
 Redagowanie pracy  Wyszukiwanie piśmiennictwa

Authors' Contribution:  Study design  Data Collection  Statistical Analysis  Data Interpretation
 Manuscript Preparation  Literature Search

¹ Katedra Stomatologii Zintegrowanej, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
Department of Integrated Dentistry, Wrocław Medical University

² Katedra Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Wrocław Medical University

³ Prywatna praktyka we Wrocławiu
Private practice in Wrocław

Streszczenie

Techniki klejenia pośredniego aparatu stałego polegające na zastosowaniu szyn transferowych do zamków są obecnie powszechnie stosowane w leczeniu ortodontycznym. Od momentu wprowadzenia tej metody w 1972 roku, uległa ona wielu modyfikacjom. Zastosowanie szyn transferowych stało się również tematem licznych badań, których wyniki zebraliśmy w naszej pracy. **Cel.** Celem przeglądu jest przedstawienie aktualnej wiedzy dotyczącej metody klejenia pośredniego, którego dokonano na podstawie najnowszych publikacji. **Materiał i metody.** Przegląd piśmiennictwa

Summary

Indirect bonding techniques for fixed appliances consisting in the use of transfer splints for brackets are now widely used in orthodontic treatment. Since its introduction in 1972, the method has undergone many modifications. The use of transfer splints has also become the subject of numerous studies, the results of which we have compiled in our paper. **Aim.** The aim of this review is to review the current knowledge regarding the indirect bonding method, based on the most recent publications. **Material and methods.** The literature review uses PubMed, EMBASE and Web

Adres do korespondencji/Correspondence address:

Michał Wajda

Katedra Stomatologii Zintegrowanej, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

ul. Krakowska 26, Wrocław

e-mail: michal.wajda@umw.edu.pl



Copyright: © 2005 Polish Orthodontic Society. This is an Open Access journal, all articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material, provided the original work is properly cited and states its license.

wykorzystuje bazy PubMed, EMBASE i Web of Science, do których wprowadzone zostały słowa kluczowe: Indirect Bonding, Indirect Bonding Tray, IDB. Większość badań dotyczyła precyzji pozycjonowania zamków klejonych metodą pośrednią, ale nie był to jedyny brany pod uwagę aspekt. Analizowano również inne czynniki, takie jak czas spędzony przez lekarza na klejeniu aparatu ortodontycznego, całkowity czas trwania procedury, częstość występowania awarii oraz wpływ aparatu na stan higieny jamy ustnej. **Wyniki.** Przegląd dowiódł, że metody bezpośredniego i pośredniego klejenia standardowych zamków przedścionkowych nie różnią się istotnie pod względem wpływu na stan higieny jamy ustnej oraz na częstość występowania awarii/odrywania zamków, natomiast nie pozwolił jednoznacznie określić, która z metod zapewniła większą precyzję pozycjonowania zamków. **Podsumowanie.** Dotychczasowo przeprowadzone badania pozwalają na ocenę jedynie części aspektów leczenia z zastosowaniem szyn transferowych. Ze względu na różnorodność technik klejenia pośredniego, w celu określenia precyzji pozycjonowania zamków za pomocą tej metody, konieczne jest wykonanie dobrze zaprojektowanych, randomizowanych badań kontrolnych. **(Wajda M, Lis J, Marzec AM, Kawala B. Metoda pośredniego klejenia zamków – przegląd piśmiennictwa. Forum Ortod 2023; 19 (1-2): 53-60).**

Nadesłano: 07.03.2023

Przyjęto do druku: 23.07.2023

<https://doi.org/10.5114/for.2023.130179>

Słowa kluczowe: aparaty ortodontyczne, zamki ortodontyczne, klejenie pośrednie, klejenie bezpośrednie

Wstęp

W trakcie leczenia ortodontycznego aparatami stałymi jednym z wyzwań stojących przed lekarzem jest idealne pozycjonowanie zamków umożliwiające osiągnięcie najkorzystniejszych efektów leczenia przy jak najmniejszej liczbie dogięć łuku czy też zmian pozycji zamka w trakcie leczenia.

Wyróżniamy dwie metody klejenia zamków ortodontycznych: metodę bezpośrednią, polegającą na pozycjonowaniu zamków przez lekarza bezpośrednio w jamie ustnej pacjenta, oraz metodę pośrednią, polegającą na zastosowaniu szyny transferowej umożliwiającej przyklejenie zamków we wcześniej zaplanowanych pozycjach. Po raz pierwszy metoda klejenia pośredniego została opisana w 1972 roku przez Silvermana i Cohena, z zamysłem poprawy precyzji pozycjonowania zamków. Od tego czasu opracowano wiele sposobów pośredniego klejenia zamków i opublikowano wiele prac badających właściwości i efekty stosowania szyn transferowych, skuteczność (precyzja pozycjonowania zamka), wydajność (całkowity czas pracy i czas pracy przy fotelu) oraz działania niepożądane (stan higieny jamy ustnej i częstość występowania awarii).

of Science databases, where the following keywords were entered: Indirect Bonding, Indirect Bonding Tray, IDB. Most of the studies focused on the precise positioning of indirectly bonded brackets, but this was not the only aspect considered. Other factors were also analysed, such as the time spent by the doctor bonding the braces, the total duration of the procedure, the incidence of failures and the effect of the braces on oral hygiene. **Results.** The review proved that the direct and indirect bonding methods for standard vestibular brackets do not differ significantly in terms of their impact on oral hygiene and the incidence of bracket failure/detachment; however, it was not possible to clearly determine which method provides a better precision in bracket positioning. **Summary.** The studies conducted to date only allow the evaluation of some aspects of treatment with transfer splints. Due to the variety of indirect bonding techniques, well-designed randomised controlled trials are required to determine the precision of bracket positioning with this method. **(Wajda M, Lis J, Marzec AM, Kawala B. Indirect bonding of brackets - literature overview. Forum Ortod 2023; 19 (1-2): 53-60).**

Received: 07.03.2023

Accepted: 23.07.2023

<https://doi.org/10.5114/for.2023.130179>

Key words: orthodontic appliances, orthodontic brackets, indirect bonding, direct bonding

Introduction

One of the challenges that doctors need to face in the course of orthodontic treatment with fixed braces is the ideal positioning of the brackets, one that would enable the most beneficial treatment results to be achieved with the least amount of arch bending or changes in the position of the bracket during the treatment.

There are two methods of bonding orthodontic brackets: the direct method, in which the doctor positions brackets directly in the patient's mouth, and the indirect method, in which a transfer splint is used to bond brackets in pre-planned positions. The indirect bonding method was first described in 1972 by Silverman and Cohen, with the idea of improving the precision of bracket positioning. Since then, many methods of indirect bonding of brackets have been developed and a large number of papers have been published investigating the properties and effects of the use of transfer splints, their effectiveness (the precision of bracket positioning), efficiency (the total working time and chairside time) and side effects (oral hygiene status and failure rate).

Aim

The aim of this review is to provide an update on the indirect bonding method, based on the most recent publications.

Cel

Celem przeglądu jest przedstawienie aktualnej wiedzy dotyczącej metody klejenia pośredniego, którego dokonano na podstawie najnowszych publikacji.

Materiał i metody

Do przeglądu piśmiennictwa wykorzystano bazy danych PubMed, EMBASE, Web of Science z lat 1972–2022, z zastosowaniem słów kluczowych: Indirect Bonding, Indirect Bonding Tray, IDB. W przeglądzie piśmiennictwa wykorzystano jedynie artykuły anglojęzyczne. Kryteria wykluczenia badań obejmowały badania przekrojowe, opisy przypadków, streszczenia konferencyjne i listy.

Wyniki

W roku 1972 Silverman i Cohen po raz pierwszy zaproponowali metodę pośredniego klejenia aparatu z wykorzystaniem szyny transferowej, z zamiarem poprawy precyzji pozycjonowania zamków (1). Mimo że od tego momentu minęło wiele czasu, a sama metoda była wielokrotnie ulepszana, do dziś jest wykorzystywana przez lekarzy znacznie rzadziej niż metoda bezpośrednia. Według Keim i wsp. w Stanach Zjednoczonych w 2014 roku metodę pośredniego klejenia zamków zastosowano zaledwie u 18% pacjentów leczonych aparatami stałymi (2). Niezależnie od mniejszej popularności, w literaturze można znaleźć liczne prace analizujące precyzję pozycjonowania zamków klejonych metodą pośrednią (3–12). Większość badań skupia się na dokładnym opisie wykonania szyn transferowych i związanej z tym precyzji pozycjonowania zamków, co – podczas oceny metody klejenia zamków – jest najistotniejszym z czynników, ale nie jedynym z branych pod uwagę. Zalicza się do nich również czas spędzony przez lekarza na klejeniu aparatu ortodontycznego, całkowity czas trwania procedury, częstość występowania awarii oraz wpływ na stan higieny jamy ustnej. Niniejszą publikację oparto na doniesieniach z 30 prac.

Szyny transferowe

Podział

Obecnie szyny transferowe są wykonywane z różnych materiałów termoplastycznych, silikonów lub żywic przeznaczonych do druku 3D.

Szyny z materiału termoplastycznego dzielą się na jedno- lub dwuwarstwowe. Szyny jednowarstwowe są produkowane z tworzywa EVA (kopolimer etylenu i octanu winylu), o grubości 1,5 mm lub większej. W szynach dwuwarstwowych materiał wewnętrzny to tworzywo EVA o grubości od 0,8 mm do 1,5 mm, natomiast warstwę zewnętrzną tworzy materiał o większej sztywności PETG (glikowany polietylen), o grubości od 0,75 mm do 1,5 mm.

Szyny silikonowe składają się z dwóch warstw. Pierwsza warstwa o grubości od 1 do 1,5 mm to silikon

Material and methods

This literature review uses PubMed, EMBASE, Web of Science databases from 1972-2022, where the following keywords were entered: Indirect Bonding, Indirect Bonding Tray, IDB. Only articles in the English language were used in the literature review. Study exclusion criteria included cross-sectional studies, case reports, conference abstracts and lists.

Results

In 1972, Silverman and Cohen first proposed the indirect brace bonding method using a transfer splint, intending to improve the precision of bracket positioning (1). Although a lot of time has passed since then and the method itself has been improved many times, it is still used much less frequently by doctors nowadays than the direct method. According to Keim et al., the indirect bracket bonding method was used in only 18% of patients treated with fixed braces in the United States in 2014 (2). Notwithstanding its lower popularity, numerous studies can be found in the literature analysing the positioning precision of brackets bonded by the indirect method (3-12). Most of the studies focus on a detailed description of the production of transfer splints and the associated precision of bracket positioning, which, when evaluating the bracket bonding method, is the most important factor, but not the only one taken into account. These also include the time spent by the doctor bonding the braces, the total duration of the procedure, the incidence of failures and the impact on oral hygiene. This publication is based on reports from 30 papers.

Transfer splints

Division

Today, transfer splints are made from various thermoplastic materials, silicones or resins for 3D printing.

Splints made of thermoplastic material are divided into single-layer or double-layer. Single-layer splints are made from EVA (ethylene-vinyl acetate copolymer), with a thickness of 1.5 mm or more. In double-layer splints, the inner material is EVA plastic, 0.8 mm to 1.5 mm thick, while the outer layer is made of PETG (glycated polyethylene), a more rigid material which is 0.75 mm to 1.5 mm thick.

Silicone splints consist of two layers. The first layer, 1 to 1.5 mm thick, is low-density adhesion-type silicone; the outer layer, 4 to 5 mm thick, is formed by high-density silicone. The splint can be made of transparent or opaque silicone (3, 5, 7, 8, 13, 14). Transparent silicone allows brackets to be bonded to teeth with a light-curing material, whereas opaque silicone requires a chemically-cured bonding material. Silicone splints also include a variant called hybrid splints, consisting of an inner layer made of low-density silicone and an outer layer made of rigid PETG thermoplastic material (3, 15, 16).

typu addycyjnego o małej gęstości; warstwę zewnętrzną o grubości od 4 do 5 mm tworzy silikon o dużej gęstości. Szynę można wykonać z silikonu transparentnego lub nieprzeziernego (3, 5, 7, 8, 13, 14). Silikon transparentny umożliwia przyklejenie zamków do zębów za pomocą materiału utwardzanego światłem, natomiast w przypadku silikonu nieprzeziernego konieczne jest zastosowanie chemoutwardzalnego materiału wiążącego. Odmianą szyn silikonowych są szyny hybrydowe składające się z warstwy wewnętrznej, wykonanej z silikonu o małej gęstości oraz zewnętrznej, wykonanej ze sztywnego materiału termoplastycznego PETG (3, 15, 16).

Najnowszym rozwiązaniem są szyny z biokompatybilnych żywic przeznaczonych do drukarek 3D (4, 6, 13, 17, 18). Te transparentne szyny transferowe projektuje się cyfrowo za pomocą oprogramowania typu CAD (Computer Aided Design). Ze względu na dynamikę rozwoju technologii druku 3D i oprogramowania obecnie powstaje wiele nowych materiałów i metod umożliwiających wykonanie szyn do klejenia pośredniego techniką cyfrową (4, 6, 13, 17, 18).

Wykonanie oraz zastosowanie szyn transferowych

Część laboratoryjna wytwarzania szyn transferowych z materiału termoplastycznego lub silikonu w pierwszym etapie polega na ręcznym pozycjonowaniu zamków przez lekarza na zaizolowanych gipsowych modelach szczęk pacjenta. W zależności od wykorzystywanego materiału po przyklejeniu zamków na model albo tłoczy się materiał termoplastyczny, albo nakłada silikon. Wyprodukowanie szyn dwuwarstwowych przebiega dwuetapowo: najpierw wykonywana jest wewnętrzna warstwa, następnie na niej utworzona zostaje warstwa zewnętrzna szyny. Następnie, w celu rozpuszczenia izolatora i odklejenia zamków, modele moczy się w wodzie przez 20–60 minut (3, 5, 8). Na koniec zamki oczyszcza się za pomocą kąpieli w myjce ultradźwiękowej (3, 7, 19), piaskowania (8) lub przetarcia alkoholem (5). Tak przygotowana szyna jest gotowa do wprowadzenia do jamy ustnej pacjenta.

Proces tworzenia szyny za pomocą drukarki 3D przebiega w inny sposób. W pierwszym etapie produkcji przy wykorzystaniu oprogramowania typu CAD na cyfrowym modelu zębów pacjenta ustala się pozycję zamków. Następnie, za pomocą oprogramowania komputerowego projektuje się szynę transferową, czyli ustala się jej kształt, grubość i wysokość, po czym powstaje wydruk 3D (4, 13, 18). Szyna jest transparentna, więc pozwala na wykorzystanie światłoutwardzalnych materiałów wiążących do montażu samego aparatu. Wydrukowana szyna wymaga jeszcze opracowania – mycia oraz utwardzenia.

Na etapie klinicznym procedura klejenia zamków wygląda tak samo dla każdego rodzaju szyny transferowej. Rozpoczyna się od wytrawienia szkliwa zębów, po czym na zamki znajdujące się w szynie nakłada się klej. Następnie szynę dociska się do zębów delikatnie i równomiernie, co zapewnia jej precyzyjne dopasowanie wraz z

The latest solution is splints made from biocompatible resins designed for 3D printers (4, 6, 13, 17, 18). These transparent transfer splints are designed digitally using CAD (Computer Aided Design) software. Due to the dynamic development of 3D printing technology and software, many new materials and methods are currently being developed to make indirect bonding splints digitally (4, 6, 13, 17, 18).

Production and application of transfer splints

The first stage of the laboratory manufacture of transfer splints from thermoplastic material or silicone involves a doctor manually positioning brackets on insulated plaster models of the patient's jaws. Depending on the material used, once the brackets have been bonded onto the model, either thermoplastic material is pressed onto the model or silicone is applied. The fabrication of double-layered splints is carried out in two stages: first the inner layer is made, and then the outer layer of the splint is formed on top of this. Then, in order to dissolve the insulator and detach the brackets, the models are soaked in water for 20–60 minutes (3, 5, 8). Finally, locks are cleaned by bathing them in an ultrasonic cleaner (3, 7, 19), sandblasting (8) or wiping with alcohol (5). The splint thus prepared is ready for insertion into the patient's mouth.

The process of creating a splint using a 3D printer is different. As the first production step, the position of the brackets is determined using CAD software on a digital model of the patient's teeth. Then, the transfer splint is designed using computer software, i.e. the shape, thickness and height of the splint are determined, after which a 3D printout is made (4, 13, 18). The splint is transparent, so it allows the use of light-curing bonding materials to fix the appliance itself. The printed splint also requires processing - washing and curing.

At the clinical stage, the procedure of bonding brackets looks the same for each type of transfer splints. It begins with the etching of tooth enamel, after which an adhesive is applied to the brackets in the splint. The splint is then pressed against the teeth gently and evenly, ensuring a precise fit with the brackets onto the tooth surface. The only variable is the type of bonding material used, which is either light polymerised or chemically polymerised (3, 8, 13, 20). Chemical polymerisation is two to three minutes longer than light polymerisation, and for the best results it is important to ensure that the splint fits correctly onto the tooth surface throughout the bonding time (3, 8). In order to achieve this effect, segmental splints have been developed. They are divided into three sections, two lateral and one anterior, which allows the doctor to bond only a section of the arch, thus making it possible to press the splint evenly during the polymerisation of the bonding material. When removing splints, the biggest drawback of the indirect bonding method becomes apparent, i.e. the detachment of the brackets from the enamel.

Indirect bonding of brackets - literature overview

zamkami do powierzchni zębów. Jedyną zmienną jest rodzaj zastosowanego materiału łączącego, polimeryzowanego światłem lub chemicznie (3, 8, 13, 20). Polimeryzacja chemiczna jest od dwóch do trzech minut dłuższa od polimeryzacji światłem, a dla osiągnięcia najlepszych rezultatów istotne jest zapewnienie prawidłowego dopasowania szyny do powierzchni zębów przez cały czas wiązania kleju (3, 8). W celu osiągnięcia tego efektu powstały szyny segmentowe – podzielone na trzy części, dwie boczne oraz przednią – co umożliwia lekarzowi klejenie jedynie fragmentu łuku, ułatwiając tym samym równomierne dociśnięcie szyny w trakcie polimeryzacji materiału wiążącego. Podczas zdejmowania szyn ujawnia się największa wada pośredniej metody klejenia aparatu – odrywanie zamków od szklwiwa.

Precyzja pozycjonowania zamków

Wyniki części badań wskazują, że klejenie zamków metodą pośrednią pozwala na większą precyzję niż w przypadku zastosowania metody bezpośredniej (9, 21–23). Istnieją jednak prace, które tego nie potwierdzają (10, 14). Według ich autorów negatywny wpływ na precyzję pozycjonowania zamków za pomocą szyn transferowych może mieć kontakt szyny z tkankami miękkimi, zmienna grubość warstwy materiału wiążącego oraz błędy operatora skutkujące nieprecyzyjnym przeniesieniem zamka na ząb. Potencjalny wpływ błędu operatora na precyzję pozycjonowania zamków w przypadku metody pośredniej został jednak wykluczony w badaniu przeprowadzonym przez Duarte i wsp., które wykazało brak wpływu doświadczenia operatora na precyzję pozycjonowania zamków za pomocą szyn transferowych (4). Natomiast jak udowodnili Balut i wsp. klejenie aparatu metodą bezpośrednią przez doświadczonego ortodontę zmieniało pozycję zamka w wymiarze wertykalnym średnio o 0,34 mm, z odchyleniem standardowym 1,80 mm (24). W świetle tych wyników precyzja metody bezpośredniej jest zależna od umiejętności pozycjonowania zamków przez operatora.

Obecnie pojawiły się pierwsze publikacje oceniające precyzję szyn transferowych uzyskanych z pomocą drukarek 3D (4, 6, 13, 17). Nie ma jednak możliwości porównania wyników tych badań, ze względu na różnorodność zarówno ich metodologii, jak i sposobów projektowania szyn. Podczas produkcji szyny przy udziale drukarki 3D jest wiele czynników decydujących o finalnych właściwościach szyny, takich jak typ drukarki, poziom precyzji wydruku, rodzaj żywicy oraz sposób opracowania wydruku. Niemniej jednak Duarte i wsp. oraz Zhang i wsp. wykazali powtarzalność i precyzję szyn projektowanych cyfrowo uzyskanych za pomocą drukarki 3D, co uzasadnia wykorzystanie tej metody w pracy klinicznej (4, 17).

Większość badań na temat różnych metod klejenia pośredniego porównuje szyny silikonowe z szynami termoformowanymi, zgodnie wskazując na większą precyzję szyn silikonowych (3, 8, 20). W momencie pisania pracy tylko

Precision of lock positioning

The results of some studies indicate that bonding brackets using the indirect method allows a greater precision than the direct method (9, 21–23). However, there are papers that do not confirm this (10, 14). According to their authors, the precision of bracket positioning with transfer splints may be negatively affected by the contact of the splint with soft tissues, the variable thickness of the bonding material layer and an operator error resulting in imprecise transfer of the bracket onto the tooth. However, the potential influence of an operator error on the precision of bracket positioning with the indirect method was excluded in a study by Duarte et al., which showed no influence of the operator's experience on the precision of bracket positioning with transfer splints (4). On the other hand, as demonstrated by Balut et al., bonding braces using the direct method by an experienced orthodontist altered bracket position vertically by an average of 0.34 mm, with a standard deviation of 1.80 mm (24). In light of those results, the precision of the direct method is dependent on the operator's skillfulness in positioning the brackets.

Recently, the first publications evaluating the precision of transfer splints obtained with the help of 3D printers have appeared (4, 6, 13, 17). However, comparison of the results of those studies is not possible due to the diversity of both their methodologies and splint design approaches. When producing a splint using a 3D printer, there are many factors that determine the final properties of the splint, such as the printer type, print precision level, resin type and the way the print is processed. Nevertheless, Duarte et al. and Zhang et al. demonstrated the reproducibility and precision of digitally designed splints obtained with a 3D printer, which justifies the use of this method in clinical work (4, 17).

Most studies of different indirect bonding methods compare silicone splints with thermoformable splints, unanimously indicating that silicone splints are more precise (3, 8, 20). At the time of writing, only one publication has compared the precision of 3D printer-generated and silicone splints (13). The study showed a higher accuracy of silicone transfer splints relative to 3D printed splints. However, it is worth noting that the materials and printer used in that study both deviated from today's standards of 3D printing technology.

Duration

When comparing the duration of the bracket fitting procedure using the direct and indirect method, it is important to take into account not only the time spent on bonding the brackets onto the teeth, but also the time required to prepare the transfer splint. When only the time spent in the office is compared, the indirect method of bonding brackets is found to be the faster method, which has been proven multiple times (10, 16, 18, 25). In studies by Czołgosz et al., the time taken to bond brackets in one dental arch using the

w jednej publikacji porównano precyzję szyn wytworzonych za pomocą drukarki 3D i silikonowych (13). Badania te wykazały większą dokładność silikonowych szyn transferowych względem szyn drukowanych 3D. Warto jednak zwrócić uwagę, że zastosowane w tym badaniu zarówno materiały, jak i drukarka odbiegały od dzisiejszych standardów technologii druku 3D.

Czas

Porównując czas trwania procedury montażu aparatu metodą bezpośrednią i pośrednią, należy wziąć pod uwagę nie tylko czas spędzony na samym przyklejeniu zamków do zębów, ale również czas niezbędny do przygotowania szyny transferowej. Jeżeli porównać wyłącznie czas pracy w gabinecie, to okaże się, że metoda pośredniego klejenia zamków jest metodą szybszą, co zostało wielokrotnie udowodnione (10, 16, 18, 25). W badaniach Czołgosz i wsp. czas klejenia zamków w jednym łuku zębowym metodą pośrednią był średnio o 4 minuty krótszy w porównaniu z metodą bezpośrednią (18). Z kolei Aguirre oraz Bozelli informują, że omawiany czas może być krótszy nawet o 9 minut (10, 25). Na czas potrzebny na przyklejenie zamków każdą z metod istotnie wpływa doświadczenie lekarza, czego dowodzą cytowane badania. Czas potrzebny na przyklejenie zamków w jednym łuku zębowym metodą pośrednią wynosił od 6 minut i 20 sekund do 12 minut i 52 sekund; różnice dotyczyły również bezpośredniej metody klejenia zamków, która zajęła od 14 minut i 50 sekund do 21 minut i 9 sekund (10, 25).

Jeśli przeanalizujemy całkowity czas niezbędny do przyklejenia zamków, to jest on znacznie wydłużony przy klejeniu metodą pośrednią, co zgodnie potwierdzają badania (10, 16, 17, 25), bez względu na to, czy szyny wykonane są manualnie, czy metodą CAD. Według Aguirre i wsp. oraz Bozelli i wsp. wyprodukowanie szyn transferowych dla dwóch łuków na bazie gipsowego modelu zajmuje około 30 minut, co odzwierciedla kolejno od 55% do 70% całkowitego czasu potrzebnego do przyklejenia aparatu metodą pośrednią (10, 25). Czas ten nie uwzględnia jednak wykonania modelu roboczego, do którego przyklejane są zamki. W przypadku wykorzystania metod CAD/CAM, według badań przeprowadzonych przez Czołgosz i wsp., czas projektowania szyny dla jednego łuku zajmuje 15 minut, co stanowi średnio 54% całkowitego czasu potrzebnego na przyklejenie aparatu i jest wynikiem podobnym, jak w przypadku manualnego tworzenia szyny (18). Podkreślić jednak należy, że czas ten uwzględnia jedynie etap projektowania szyny, nie jej produkcji, a te same badania dowodzą, że czas wymagany do zaprojektowania szyny metodą CAD/CAM może się znacząco różnić w zależności od wykorzystanego oprogramowania oraz doświadczenia operatora. Tym samym określenie całkowitego czasu pracy nad szyną wykonaną za pomocą technik cyfrowych jest trudne do określenia.

Higiena

indirect method was on average 4 minutes shorter compared to the direct method (18). Aguirre and Bozelli, on the other hand, report that the time can be reduced by up to 9 minutes (10, 25). The time needed to bond brackets with each method is significantly influenced by the doctor's experience, as demonstrated by the studies cited above. The time required to bond brackets in one dental arch using the indirect method ranged from 6 minutes and 20 seconds to 12 minutes and 52 seconds; differences were also found in the direct method of bonding the brackets, which took from 14 minutes and 50 seconds to 21 minutes and 9 seconds (10, 25).

The analysis of the total time required to bond brackets shows that it is significantly prolonged with indirect bonding, as studies agree (10, 16, 17, 25), regardless of whether the splints are made manually or by CAD. According to Aguirre et al. and Bozella et al., it takes approximately 30 minutes to produce transfer splints for two arches based on a plaster model, reflecting between 55% and 70%, respectively, of the total time required for bonding by the indirect method (10, 25). However, the time does not take into account the execution of the working model onto which brackets are bonded. According to a study by Czołgosz et al., when using CAD/CAM methods, the time taken to design a splint for one arch takes 15 minutes, which is on average 54% of the total time needed to bond the braces and is a similar result to that for manual splint creation (18). However, it should be emphasised that the time only takes into account the design stage of the splint, not its production, and the same study shows that the time required to design a splint by CAD/CAM can vary significantly depending on the software used and the experience of the operator. Thus, determining the total working time on a splint made using digital techniques is difficult to determine.

Hygiene

Poor oral hygiene and enamel demineralisation are a major challenge for orthodontists. Proper patient education and the patient's compliance with recommendations ensure a level of oral hygiene that guarantees the absence of complications during orthodontic treatment, as demonstrated by systematic reviews and studies (11, 26-28). They proved that during the first four months of treatment, the formation of biofilm and white spots was more intense in the group where brackets were bonded using the direct method than in the group where the indirect method was used. However, no significant difference in hygiene was found long-term, i.e. within two and a half years (11).

Incidence of accidents

A meta-analysis by Li et al. found no significant difference between failure rates (bracket detachment) following either direct or indirect bracket bonding, with the authors of the meta-analysis only having included studies with a minimum

Indirect bonding of brackets - literature overview

Zła higiena jamy ustnej i demineralizacja szkliwa są wielkim wyzwaniem dla lekarzy ortodontów. Prawidłowa edukacja pacjentów i przestrzeganie zaleceń przez pacjenta zapewniają poziom higieny jamy ustnej gwarantujący brak powikłań w trakcie leczenia ortodontycznego, czego dowodzą systematyczne przeglądy oraz badania (11, 26–28). Dowiedziano w nich, że w ciągu pierwszych czterech miesięcy leczenia tworzenie błony biologicznej i białych plamek w grupie, w której zamki klejono metodą bezpośrednią było bardziej nasilone, niż w grupie, gdzie wykorzystano metodę pośrednią. Nie stwierdzono jednak istotnej różnicy w higienie w obserwacji długoterminowej, tj. w ciągu dwóch i pół roku (11).

Częstość występowania awarii

W metaanalizie przeprowadzonej przez Li i wsp. nie znaleziono istotnej różnicy pomiędzy częstością awarii (odrywania zamków) po zastosowaniu pośredniej lub bezpośredniej metody klejenia aparatu, przy czym autorzy metaanalizy włączyli do niej jedynie badania z minimalnym okresem obserwacji sześciu miesięcy (29). Wyniki uzyskane przez Li i wsp. potwierdzają również najnowsze badania wskazujące, że średni wskaźnik powodzenia przyklejenia zamka metodą bezpośrednią i pośrednią wynosi odpowiednio 98,6% i 98,3% (30). W metaanalizie Li i wsp. nie wykazano także znaczącego wpływu typu kleju chemo- lub światłoutwardzalnego, który został zastosowany do osadzenia zamków, na częstość występowania awarii. Badania dowiodły również, że w przypadku pośredniej metody klejenia zamków istotne jest dokładne dopasowanie szyny do zębów. Brak tej precyzji powoduje nierównomierne, nieprawidłowe rozprowadzenie kleju, czego efektem są małe siły wiążące (1, 14, 30).

Podsumowanie

Metody bezpośredniego i pośredniego klejenia standardowych zamków przedścionkowych nie różnią się istotnie pod względem wpływu na stan higieny jamy ustnej oraz na częstość występowania awarii (odrywania zamków). Klejenie aparatu metodą pośrednią jest mniej czasochłonne w trakcie samej procedury montażu, czyli na etapie klinicznym. Niemniej jednak całkowity czas pracy jest dłuższy w porównaniu z techniką klejenia bezpośredniego. Precyzja pozycjonowania zamków podczas stosowania obu metod nie została jednoznacznie określona i aby móc sformułować ostateczne wnioski na ten temat potrzebne są dobrze zaprojektowane, randomizowane badania kontrolne.

follow-up period of six months (29). The results obtained by Li et al. also corroborate recent studies showing that the average success rate of bracket bonding by direct and indirect methods is 98.6% and 98.3%, respectively (30). The meta-analysis by Li et al. also showed no significant effect of the type of chemo- or light-curing adhesive used to bond the brackets on the failure rate. The study also found that an exact fit of the splint onto teeth is important in the indirect method of bonding the brackets. Lack of this precision results in uneven, incorrect adhesive distribution, resulting in low bonding forces (1, 14, 30).

Summary

The direct and indirect bonding methods for standard vestibular brackets do not differ significantly in terms of their impact on oral hygiene and the incidence of failure (bracket detachment). Indirect bonding of appliances is less time-consuming during the fitting procedure itself, i.e. at the clinical stage. Nevertheless, the total working time is longer compared to the direct bonding technique. The precision of bracket positioning when using both methods has not been clearly established, and well-designed randomised control studies are needed to form definitive conclusions on this subject.

Piśmiennictwo / References

- Silverman E, Cohen M, Gianelly AA, Dietz VS. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. *Am J Orthod* 1972; 62: 236-44.
- Keim RG, Gottlieb EL, Vogels DS 3rd, Vogels PB. 2014 JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, Part 1: results and trends. *J Clin Orthod* 2014; 48: 607-30.
- Castilla AE, Crowe JJ, Moses JR, Wang M, Ferracane JL, Covell DA Jr. Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques. *Angle Orthod* 2014; 84: 607-14.
- 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* 2020; 90: 92-9.
- Grünheid T, Lee MS, Larson BE. Transfer accuracy of vinyl polysiloxane trays for indirect bonding. *Angle Orthod* 2016; 86: 468-74.
- Kim J, Chun YS, Kim M. Accuracy of bracket positions with a CAD/CAM indirect bonding system in posterior teeth with different cusp heights. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018; 153: 298-07.
- Koga M, Watanabe K, Koga T. Quick indirect bonding system (Quick IDBS): An indirect bonding technique using a double-silicone bracket transfer tray. *Semin Orthod* 2007; 13: 11-18.
- Schmid J, Brenner D, Recheis W, Hofer-Picout P, Brenner M, Crismani AG. Transfer accuracy of two indirect bonding techniques-an in vitro study with 3D scanned models. *Eur J Orthod* 2018; 40: 549-55.
- Koo BC, Chung CH, Vanarsdall RL. Comparison of the accuracy of bracket placement between direct and indirect bonding techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 116: 346-51.
- Aguirre MJ, King GJ, Waldron JM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. *Am J Orthod* 1982; 82: 269-76.
- Dalessandri D, Dalessandri M, Bonetti S, Visconti L, Paganelli C. Effectiveness of an indirect bonding technique in reducing plaque accumulation around braces. *Angle Orthod* 2012; 82: 313-18.
- Deahl ST, Salome N, Hatch JP, Rugh JD. Practice-based comparison of direct and indirect bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007; 132: 738-42.
- Pottier T, Brient A, Turpin YL, et al. Accuracy evaluation of bracket repositioning by indirect bonding: hard acrylic CAD/CAM versus soft one-layer silicone trays, an in vitro study. *Clin Oral Investig* 2020; 24: 3889-97.
- Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod* 1978; 74: 62-78.
- Nojima LI, Araújo AS, Alves Júnior M. Indirect orthodontic bonding--a modified technique for improved efficiency and precision. *Dental Press J Orthod* 2015; 20: 109-17.
- Yıldırım K, Sağlam-Aydinatay B. Comparative assessment of treatment efficacy and adverse effects during nonextraction orthodontic treatment of Class I malocclusion patients with direct and indirect bonding: A parallel randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018; 154: 26-34.
- Zhang Y, Yang C, Li Y, Xia D, Shi T, Li C. Comparison of three-dimensional printing guides and double-layer guide plates in accurate bracket placement. *BMC Oral Health* 2020; 20: 127.
- Czołgosz 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* 2021; 43: 144-51.
- Sondhi A. Efficient and effective indirect bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115: 352-59.
- Möhlhenrich SC, Alexandridis C, Peters F, et al. Three-dimensional evaluation of bracket placement accuracy and excess bonding adhesive depending on indirect bonding technique and bracket geometry: an in-vitro study. *Head Face Med* 2020; 16: 17.
- Hodge TM, Dhoptkar AA, Rock WP, Spary DJ. A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct versus indirect bracket placement. *J Orthod* 2004; 31: 132-37.
- Shpack N, Geron S, Floris I, Davidovitch M, Brosh T, Vardimon AD. Bracket placement in lingual vs labial systems and direct vs indirect bonding. *Angle Orthod* 2007; 77: 509-17.
- Shin SH, Lee KJ, Kim SJ, et al. Accuracy of bracket position using thermoplastic and 3D-printed indirect bonding trays. *Int J Comput Dent* 2021; 24: 133-45.
- Balut N, Klapper L, Sandrik J, Bowman D. Variations in bracket placement in the preadjusted orthodontic appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 102: 62-7.
- Bozelli JV, Bigliuzzi R, Barbosa HA, Ortolani CL, Bertoz FA, Faltin Junior K. Comparative study on direct and indirect bracket bonding techniques regarding time length and bracket detachment. *Dental Press J Orthod* 2013; 18: 51-7.
- Huang J, Yao Y, Jiang J, Li C. Effects of motivational methods on oral hygiene of orthodontic patients: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2018; 97: e13182.
- Migliorati M, Isaia L, Cassaro A. Efficacy of professional hygiene and prophylaxis on preventing plaque increase in orthodontic patients with multibracket appliances: a systematic review. *Eur J Orthod* 2015; 37: 297-307.
- Atilla AO, Ozturk T, Eruz MM, Yagci A. A comparative assessment of orthodontic treatment outcomes using the quantitative light-induced fluorescence (QLF) method between direct bonding and indirect bonding techniques in adolescents: a single-centre, single-blind randomized controlled trial. *Eur J Orthod* 2020; 42: 441-53.
- Li Y, Mei L, Wei J. Effectiveness, efficiency and adverse effects of using direct or indirect bonding technique in orthodontic patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health* 2019; 19: 137.
- Demirovic K, Slaj M, Spalj S, Slaj M, Kobaslija S. Comparison of Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Using Direct and Indirect Bonding Methods in Vitro and in Vivo. *Acta Inform Med* 2018; 26: 125-9.