



UNIWERSYTET MEDYCZNY
IM. PIASTÓW ŚLĄSKICH WE WROCŁAWIU

Kornelia Rumin

**Różne metody przyspieszania leczenia ortodontycznego z zastosowaniem
zakotwienia szkieletowego w postaci mini-implantów**

Rozprawa doktorska

Cykl publikacji powiązanych tematycznie

Promotor:

prof. dr hab. n. med. Joanna Lis

Samodzielna Pracownia Ortodoncji Dorosłych

Katedra i Zakład Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji

Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

Wrocław 2023

*Składam najserdeczniejsze podziękowania Pani Profesor Joannie Lis
za inspiracje naukowe i niezstąpione, cenne uwagi przy przygotowywaniu
niniejszej pracy
oraz za poświęcony mi czas i pomoc, na którą zawsze mogłam liczyć.*

*Dziękuję również dr hab. n. med. Michałowi Sarulowi
za udostępnienie badań naukowych, które były kluczowe w przygotowaniu
publikacji będących podstawą tej rozprawy doktorskiej.*

Spis treści

I	KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA CYKLU PRAC STANOWIĄCYCH PODSTAWĘ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ.....	4
II	STRESZCZENIE.....	5
	1. Wstęp.....	5
	2. Cel pracy.....	5
	3. Materiał i metody.....	5
	4. Wyniki	6
	5. Podsumowanie i wnioski.....	7
III	ABSTRACT.....	8
	1. Introduction.....	8
	2. Aim of the study.....	8
	3. Material and methods.....	8
	4. Results.....	9
	5. Summary and conclusions.....	10
IV	SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA PRAC STANOWIĄCYCH PODSTAWĘ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ.....	11
	1. Evidence-based selection of orthodontic miniscrews, increasing their success rate in the mandibular buccal shelf. A randomized, prospective clinical trial....	11
	2. Effect of the increasing operator's experience on the miniscrew survival rate...	15
	3. Wpływ minimalnie inwazyjnych mikro-osteoperforacji (MOPs) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne. [Effect of the minimally invasive micro-osteoperforations (MOPs) on the orthodontic tooth movement. A prospective, randomized clinical trial].....	17
V	PIŚMIENNICTWO.....	21
VI	KOPIE OPUBLIKOWANYCH ARTYKUŁÓW WCHODZĄCYCH W SKŁAD ROZPRAWY DOKTORSKIEJ.....	25
VII	ZAŁĄCZNIKI.....	55
	1. Informacja o indywidualnym wkładzie współautorów.....	55
	2. Opinie Komisji Bioetycznej.....	60
	3. Wykaz publikacji autorki.....	64

I KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA CYKLU PRAC STANOWIĄCYCH PODSTAWĘ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Podstawę niniejszej rozprawy doktorskiej stanowi zbiór trzech artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych o łącznym IF = 6,585.

1. Sarul Michał, Lis Joanna, Park Hyo-Sang, Rumin Kornelia: Evidence-based selection of orthodontic miniscrews, increasing their success rate in the mandibular buccal shelf. A randomized, prospective clinical trial, BMC Oral Health, 2022, vol. 22, art.414 [9 s.], DOI:10.1186/s12903-022-02460-3, 100 punktów, IF(3,747)
2. Lis Joanna, Rumin Kornelia, Sarul Michał, Kawala Beata: Effect of the increasing operator's experience on the miniscrew survival rate, Applied Sciences-Basel, 2022, vol. 12, nr 22, art.11647 [7 s.], DOI:10.3390/app122211647, 100 punktów, IF(2,838)
3. Kornelia Rumin, Beata Kawala, Joanna Lis, Michał Sarul. Wpływ minimalnie inwazyjnych mikroosteoperforacji (MOPs) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne. Forum Ortod 2022; 18 (4); <https://doi.org/10.5114/for.2022.124683>, 40 punktów

Badania do pierwszego artykułu wykonał dr hab. n. med. Michał Sarul na podstawie zgody Komisji Bioetycznej (nr 293/2007).

Materiały do drugiego artykułu zgromadzili lek. dent. Kornelia Rumin i dr hab. n. med. Michał Sarul.

Badania do trzeciego artykułu przeprowadziła lek. dent. Kornelia Rumin, uzyskawszy na nie zgodę Komisji Bioetycznej (nr 362/2018) i realizując je w ramach grantu dla Młodych Naukowców STM. B030.18.015.

II STRESZCZENIE

1. Wstęp

Współcześnie leczenie ortodontyczne z wykorzystaniem aparatów stałych, szczególnie w przypadkach z wysokimi wymogami biomechanicznymi, może być łatwiejsze i szybsze, kiedy wspomaga się je mini-implantami ortodontycznymi. Oferują one zakotwienie szkieletowe pod warunkiem stabilności, która nadal jest tematem badań, ponieważ nie wszystkie czynniki na nią wpływające zostały wnikliwie przeanalizowane. Przykładem może być wielkość mini-implantów w żuchwie, gdzie występuje największe ryzyko niepowodzeń; czy też wpływ doświadczenia operatora. Dodatkowo, w ostatnich latach, oprócz stosowania coraz bardziej przewidywalnego zakotwienia szkieletowego, popularność zyskuje zabieg kortykotomii, który ma za zadanie przyspieszyć przemieszczanie zębów pod wpływem sił mechanicznych, tym samym skracając leczenie. Tradycyjnie zabieg kortykotomii wymaga wykonania długich, pionowych nacięć przez blaszkę zbitą kości, co niesie ze sobą ryzyko wystąpienia wielu komplikacji. Obiecującym zabiegiem alternatywnym wydają się być mikro-osteoperforacje (MOPs: micro-osteoperforations), polegające na nawiercaniu otworów w blaszce kortykałnej za pomocą wiertła pilotowego do mini-implantów ortodontycznych lub za pomocą samych mini-implantów, wkręcanych i wykręcanych.

2. Cel pracy

Celem rozprawy doktorskiej było ustalenie:

- a) jaki wpływ na stabilność mini-implantów umieszczanych w kresie skośnej w żuchwie ma wielkość mini-implantów,
- b) znaczenia doświadczenia operatora dla powodzenia zastosowania mini-implantów do celów ortodontycznych, oraz
- c) czy tempo przemieszczania zębów podczas leczenia ortodontycznego wspomaganego mini-implantami wzrasta po MOPs.

3. Materiał i metody

W badaniu dotyczącym optymalnej wielkości mini-implantów wkręcanych w kresę skośną w żuchwie wzięło udział 92 pacjentów (184 mini-implanty) z III klasą szkieletową. Za pomocą techniki split-mouth porównano 2 rozmiary mini-implantów Absoanchor® (Dentos, Korea Południowa) do dystalizacji zębów w żuchwie: SH2018-10 i SH1514-08.

Wpływ doświadczenia operatora na stabilność mini-implantów (ang. Temporary Intraoral Skeletal Anchorage Devices, TISADs) zbadano na podstawie analizy odsetka przetrwania mini-implantów SH1312-08 firmy Absoanchor[®] (Dentos, Korea Południowa), implantowanych w różnych okresach przez trzech ortodontów: JA-S, MS i JŁ. Grupą badaną było 202 pacjentów, którym wkręcono 404 TISADs w szczęce, obustronnie w okolicy pomiędzy drugim zębem przedtrzonowym i pierwszym zębem trzonowym, w celu wzmocnienia zakotwienia podczas retrakcji en masse lub dystalizacji.

Badanie o charakterze split-mouth design dotyczące wpływu MOPs na tempo ortodontycznego przesuwania zębów ukończyło 14 dorosłych pacjentów z klasą II ze wskazaniami do ekstrakcji pierwszych zębów przedtrzonowych w szczęce i późniejszej retrakcji en masse sześciu zębów przednich z zakotwieniem szkieletowym. MOPs wykonano w grupie badanej (A) za pomocą wiertła pilotującego na początku leczenia i 4 miesiące później po jednej stronie szczęki; jej kwadrant jednoimienny posłużył jako grupa kontrolna (B).

4. Wyniki

W badaniu uzyskano 91,3% oraz 75% stabilnych TISADs, odpowiednio SH2018-10 i SH1514-08, a różnica stabilności była istotna statystycznie ($p < 0,05$). Stan zapalny błony śluzowej jamy ustnej występował wokół obu typów mini-implantów w 50% grupy SH2018-10 i 26,09% grupy SH1514-08 ($p < 0,05$). Ból trwający dłużej niż 48 godzin po implantacji dotyczył odpowiednio 60,87% i 20,65% zastosowanych mini-implantów SH2018-10 i SH1514-08 ($p < 0,05$). Stan zapalny wokół większych TISADs SH2018-10 nie miał wpływu na ich stabilność ($p > 0,05$), w przeciwieństwie do mini-implantów SH1514-08, które istotnie częściej ulegały destabilizacji pod wpływem inflamacji ($p < 0,05$). W przypadku obecności stanu zapalnego ogólny odsetek powodzeń spadł do 64,29% z 94,74% odnotowanych dla mini-implantów bez stanu zapalnego. Zgodnie z testem log-rank, mniejsze mini-implanty zawodziły istotnie wcześniej niż większe ($p = 0,002$).

Po pierwszych 40 implantacjach JA-S, MS i JŁ osiągnęli odpowiednio 73%, 70% i 83% stabilnych TISADs. Po 74 i 118 implantacjach uzyskali oni 80% i 85% stabilnych mini-implantów; od tego momentu krzywa uczenia się nadal rosła. Uzyskana stabilność mini-implantu wzrastała istotnie: 1,016 raza z każdym zabiegiem (iloraz szans = 1,016, $p = 0,006$).

Średnie tempo zamykania luki poekstrakcyjnej wynosiło 1 mm/6 tygodni w grupie z MOPs i 0,97 mm/6 tygodni w grupie kontrolnej. Różnica ta była statystycznie nieistotna ($p = 0,104$). Średni czas retrakcji był podobny ($p > 0,05$) i wyniósł w grupie z MOPs i w grupie kontrolnej odpowiednio 281,7 i 287,3 dnia.

5. Podsumowanie i wnioski

Większe mini-implanty SH2018-10 powinny być zakotwieniem z wyboru w kresie skośnej żuchwy pomimo tego, że wywołują stan zapalny i pozabiegowy ból znacznie częściej niż mniejsze mini-implanty SH1514-08. Z tego powodu należy omówić tę kwestię z każdym pacjentem przed zastosowaniem TISADs o większych rozmiarach.

Ponieważ odsetek stabilnych TISADs wzrastał znacząco po każdym wszczępieniu mini-implantów przedścionkowo w boczną okolicę szczęki, wynik ten może zachęcić niezdecydowanych klinicystów do wprowadzenia mini-implantów do codziennej praktyki. Uzyskane dane mogą również pomóc w zaplanowaniu skutecznego systemu szkolenia dla początkujących ortodontów.

Zastosowanie MOPs nie wpłynęło znacząco na przyspieszenie tempa retrakcji en masse, co podważa zasadność wykonywania takiego zabiegu *in vivo* w celu szybszego zamknięcia luk poekstrakcyjnych w szczęce.

III ABSTRACT

1. Introduction

Nowadays, orthodontic treatment with fixed appliances, especially in cases with high biomechanical requirements, can be easier and faster when orthodontic miniscrews are used. They offer skeletal anchorage under the condition of stability, which is still a topic of research as not all factors that affect it have been thoroughly analyzed. Examples include the size of mini-implants in the mandible, where there is the greatest risk of failure, or the role of operator experience. Furthermore, in recent years, in addition to the use of the increasingly predictable skeletal anchorage, the corticotomy procedure, which is designed to accelerate tooth movement while shortening treatment, has become popular. Traditionally, corticotomy requires making long, vertical incisions through the cortical bone, which carries the risk of many complications. A promising alternative treatment appears to be micro-osteoperforations (MOPs), which involve drilling holes in the cortical plate with a pilot drill for orthodontic mini-implants, or with the mini-implants themselves, screwed in and out.

2. Aim of the study

The purpose of the dissertation was to determine:

- a) how the size of mini-implants placed in the mandibular buccal shelf affects the stability of mini-implants,
- b) the importance of operator experience on the success of using miniscrews for orthodontic purposes, and
- c) whether the rate of tooth movement during mini-implant-assisted orthodontic treatment increases after MOPs.

3. Material and methods

A study on the optimal size of miniscrews inserted into the mandibular buccal shelf involved 92 patients (184 mini-implants) with skeletal class III. Using a split-mouth technique, 2 sizes of Absoanchor® (Dentos, South Korea) miniscrews for distalization of the mandibular teeth were compared: SH2018-10 and SH1514-08.

The effect of operator experience on the stability of miniscrews (Temporary Intraoral Skeletal Anchorage Devices, TISADs) was investigated by analyzing the survival rates of SH131208 miniscrews manufactured by Absoanchor® (Dentos, South Korea) implanted at

different times by three orthodontists: JA-S, MS and JŁ. The study group consisted of 202 patients who were implanted with 404 miniscrews in the maxilla, bilaterally in the area between the second premolar and first molar, which were used for en masse retraction or distalization.

A split-mouth design study on the efficacy of MOPs on the speed of tooth movement was completed on 14 adult Class II patients with indications for extraction of maxillary first premolars and subsequent en masse retraction of six anterior teeth with skeletal anchorage. MOPs were performed with a pilot drill at the beginning of treatment and 4 months later on one side of the jaw (group A), the opposite side served as a control (group B).

4. Results

91.3% of the SH2018-10 and 75% of the SH1514-08 TISADs were stable, and this difference was statistically significant ($p < .05$). Inflammation of the oral mucosa was noticed around both types of miniscrews and affected 50% of the SH2018-10 and 26.09% of the SH1514-08 group ($p < .05$). Pain lasting longer than 48 h after implantation was related to 60.87% and 20.65% of the SH2018-10 and the SH1514-08 miniscrews ($p < .05$), respectively. Inflammation associated with larger SH2018-10 miniscrews did not affect their stability ($p > .05$), contrary to the SH1514-08 ones ($p < .05$) which were significantly more likely to destabilize under the influence of inflammation. When inflammation was present, the overall success rate declined to 64.29%, from 94.74% noted for miniscrews without inflammation. According to the log-rank test, smaller miniscrews failed significantly sooner than the larger ones ($p = .002$).

After first 40 insertions JA-S, MS, and JŁ achieved 73, 70, and 83% of stable miniscrews, respectively. After 74 and 118 insertions, the miniscrew survival rate reached 80% and 85%, respectively, and from that point the learning curve still presented an ascending trend. The achieved stability of the mini-implant increased significantly: by 1.016 times with every procedure (odds ratio = 1.016, $p = .006$).

The mean value of space closure rate was 1 mm/6 weeks in the MOPs group (A) and 0.97 mm/6 weeks in the control group (B). This difference was statistically insignificant ($p = 0.104$). The mean retraction time was similar ($p > .05$): 281.7 and 287.3 days in the MOPs group (A) and in the control group (B), respectively.

5. Summary and conclusions

Larger SH2018-10 miniscrews should be the anchorage of choice for the mandibular buccal shelf, despite triggering inflammation and post-operative pain significantly more often than the smaller SH1514-08 miniscrews. Therefore, this issue should be discussed with every patient prior to using them.

Since the success rate significantly increased after each miniscrew insertion in the buccal maxillary area, this finding might encourage hesitating clinicians to introduce the miniscrews to the daily practices. Obtained data could also help to plan an effective training system for novice orthodontists.

The use of MOPs did not significantly accelerate the rate of en masse retraction, which calls into question the rationale for performing such a procedure in vivo for faster closure of post-extraction gaps in the maxilla.

IV SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA PRAC STANOWIĄCYCH PODSTAWĘ ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

1. Evidence-based selection of orthodontic miniscrews, increasing their success rate in the mandibular buccal shelf. A randomized, prospective clinical trial

Wstęp

Leczenie ortodontyczne z wykorzystaniem aparatów stałych lub alignerów zwykle trwa od 20 do 24 miesięcy (1, 2). O ile okres ten wydaje się racjonalny, ponieważ potrzebny jest czas na przebudowę kości w miarę przesuwania zębów na właściwe pozycje, to bez wątpienia istnieje wiele korzyści płynących ze skrócenia czasu leczenia, np.: zmniejszenie ryzyka resorpcji korzeni i demineralizacji szkliwa czy poprawienie jakości współpracy z pacjentem (3). Współcześnie leczenie, szczególnie w przypadkach z wysokimi wymogami biomechanicznymi jest łatwiejsze i szybsze, kiedy stosowane są mini-implanty ortodontyczne, czyli TISADs. Oferują one zakotwienie szkieletowe pod warunkiem stabilności stanowiącej nadal przedmiot badań, ponieważ nie wszystkie czynniki, które na nią wpływają zostały wnikliwie przeanalizowane. Przykładem może być wielkość mini-implantów w żuchwie, gdzie jest największe ryzyko niepowodzeń (4-7). W kości tej blaszka kortykałna jest grubsza i bardziej gęsta w porównaniu do szczęki, co może sprzyjać jej przegrzaniu podczas nawiercania czy powstawaniu większych naprężeń w trakcie wkręcania mini-implantów. Ze względu na budowę dziąsła luźnego w strefie przedsiionkowej żuchwy istnieje dodatkowo ryzyko podrażnień ruchomej błony śluzowej i urazów podczas żucia, które niekorzystnie wpływają na utrzymanie się TISADs w tej okolicy (6). Mimo tego Chang i wsp. (8) uzyskali lepszą stabilność w żuchwie niż w szczęce, ale mini-implantów o dużej średnicy i długości (2×12 mm). Jest to zgodne z wynikami innych badań, gdzie większy rozmiar mini-implantów sprzyjał ich lepszej stabilności uzyskanej poprzez zwiększony kontakt mechaniczny z grubszą blaszką kortykałną kości (8-10). Niezależnie jednak od lepszej stabilności, większe mini-implanty bezsprzecznie naruszają integralność kości na większym obszarze niż małe.

Cel pracy

Celem pracy było:

a) określenie wpływu wielkości TISADs na ich długoterminową stabilność w kresie skośnej żuchwy oraz

b) ustalenie, czy różna wielkość mini-implantów przyczynia się do wystąpienia stanu zapalnego błony śluzowej jamy ustnej, który może zagrażać ich stabilności, oraz bólu trwającego ponad 48 godzin po implantacji, minimalizującego komfort pacjentów.

Material i metody

Grupa badana składała się z 92 ogólnie zdrowych dorosłych pacjentów rasy kaukaskiej, którzy wymagali bezwzględnego zakotwienia do dystalizacji zębów w żuchwie. Jeśli chodzi o kryteria włączenia, obejmowały one pacjentów ze słabo nasiloną szkieletową klasą III i ze zmniejszonym lub prawidłowym kątem między płaszczyznami szczęki i żuchwy. Jeśli obecne były trzecie zęby trzonowe żuchwy, ich ekstrakcji dokonywano przed leczeniem. Wszystkich pacjentów leczono za pomocą aparatów stałych (slot 0,0"2", preskrypcja Roth'a, GC Orthodontics Europe GmbH®, Breckerfeld, Niemcy). Sekwencja ciągłych łuków zaczynała się od łuków niklowo-tytanowych o średnicy 0,016" a kończyła na łukach ze stali nierdzewnej o przekroju 0,019 × 0,025". Po założeniu ostatniego łuku (roboczego) wszczepiono 184 mini-implanty (Absoanchor®, Dentos, Korea Południowa) wykonane ze stopu tytanu (Ti-6Al-4 V) w dwóch rozmiarach:

- SH1514-08 (średnica 1,5 mm przy szyjce, 1,4 mm przy wierzchołku i 8 mm długości),
- SH2018-10 (średnica 2,0 mm przy szyjce, 1,8 mm przy wierzchołku i 10 mm długości).

Ponieważ był to projekt badań split-mouth, każdy pacjent otrzymał zarówno mini-implant SH2018-10, jak i SH1514-08. Kwadrant żuchwy i rozmiar śruby były dla klinicysty randomizowane. Ten sam ortodonta (MS) wprowadzał śruby w pobliżu połączenia śluzówkowo-dziąsłowego: w znieczuleniu miejscowym, po wykonaniu pionowego nacięcia (3-4 mm) i otworu za pomocą wiertła pilotującego, z prędkością 500-1000 obr./min, mini-implanty wkręcano ręcznie w kresie skośnej żuchwy, bocznie do powierzchni stycznych pierwszego i drugiego zęba trzonowego, pod kątem około 30° do powierzchni kości i równocześnie prawie równoległe do osi długiej sąsiadujących trzonowców. Mini-implanty obciążano siłą ortodontyczną (zamknięte sprężyny NiTi) o wartości około 200 g, w dwa tygodnie po zabiegu. Na tej samej wizycie pacjentów diagnozowano pod kątem występowania bólu trwającego dłużej niż 48 godzin. Stabilność mini-implantów i stan tkanek miękkich badano podczas każdej wizyty. Mini-implanty uznawano za stabilne, jeśli służyły jako zakotwienie do czasu zakończenia dystalizacji zębów w żuchwie.

Wyniki

Odsetek stabilnych TISADs w przypadku mini-implantów SH2018-10 i SH1514-08 wyniósł odpowiednio 91,3% i 75%, a uzyskana różnica była istotna statystycznie ($p < 0,05$). Nie stwierdzono różnicy statystycznej w stabilności, porównując prawy i lewy kwadrant żuchwy. Zapalenie błony śluzowej jamy ustnej wystąpiło wokół 50% mini-implantów SH2018-10 i 26,09% mini-implantów SH1514-08; różnica ta była również istotna statystycznie ($p < 0,05$). Ból trwający dłużej niż 48 godzin po implantacji występował trzykrotnie częściej po wprowadzeniu większych TISADs: towarzyszył odpowiednio 60,87% i 20,65% implantowanym SH2018-10 i SH1514-08, co było istotne statystycznie ($p \leq 0,001$). Wyniki testu chi kwadrat Pearsona wykazały, że statystycznie istotne ryzyko utraty TISADs z powodu stanu zapalnego dotyczyło tylko SH1514-08 ($p \leq 0,001$). Statystycznie rzecz biorąc, stan zapalny nie powodował częstszej utraty mini-implantów SH2018-10. W przypadku wystąpienia stanu zapalnego ogólny odsetek stabilnych TISADs spadł z 94,74% do 64,29%. Zgodnie z wynikami testu log-rank, mniejsze TISADs uległy utracie istotnie wcześniej niż większe ($p = 0,002$).

Dyskusja

Rozbieżność danych dotyczących stabilności TISADs w bocznej okolicy żuchwy jest znaczna i waha się od 66,7% do 92,8% (7-9,11,12). Podobnie jak w naszym badaniu, Miyawaki i wsp. (13), Chang i wsp. (8) oraz Sarul i wsp. (9) uzyskali dużą stabilność większych mini-implantów w żuchwie, w przeciwieństwie do doniesień Manni i wsp. (14), którzy jednak stosowali zakotwienie w obrębie wyrostka zębodołowego (intra-alveolar approach) i do tego w przednim jego odcinku. Lokalizacja TISADs w bocznej okolicy żuchwy, szczególnie w kresie skośnej naturalnie faworyzuje wybór większych mini-implantów z powodu konieczności zapewnienia wysokiej wytrzymałości podczas wkręcania w grubą, twardą blaszkę kortykalną, tym samym zmniejszając ryzyko ich złamania się. Zagrożeniem dla TISADs stosowanych w tej okolicy jest natomiast sąsiedztwo ruchomej błony śluzowej, co sprzyja występowaniu stanu zapalnego wokół główki mini-implantu (peri-implantitis), który według badań zwiększa ryzyko utraty TISADs (15). W naszym badaniu mniejsze TISADs SH1514-08 były prawie 8-krotnie bardziej narażone na utratę z powodu występowania stanu zapalnego w porównaniu do większych mini-implantów SH2018-10, pomimo tego, że te ostatnie prowokowały stan zapalny aż w połowie przypadków. Większe TISADs były mniej narażone na wypadnięcie, prawdopodobnie ze względu na większą powierzchnię kontaktu kość-śruba i lepsze mechaniczne umocowanie w kości w porównaniu z SH1541-08. Niezależnie od stosowanego rozmiaru mini-implantów,

peri-implantitis nigdy nie jest pożądanym zjawiskiem, dlatego ważna jest profilaktyka: umieszczanie główki TISAD około 5 mm powyżej poziomu dziąsła (8), szczegółowy instruktaż higieny i monitorowanie stanu tkanek miękkich podczas każdej wizyty czy stosowanie miejscowych preparatów z chlorheksydyną. Niemniej nawet przy zachowaniu idealnej higieny i prawidłowo przeprowadzonej implantacji niewielki ułamek pacjentów może mieć genetyczną predyspozycję do utraty TISADs, zwłaszcza gdy zawodzą one obustronnie (8). Andrucioni i wsp. (16) po ocenie ekspresji genów cytokin prozapalnych oraz mediatorów osteoklastogenezy w próbkach tkanki dziąsłowej wokół TISADs, przy użyciu reakcji łańcuchowej polimerazy w czasie rzeczywistym, doszli do wniosku, że wyższa ekspresja cytokiny prozapalnej IL-6 może być związana z utratą stabilności mini-implantów. Zwiększony poziom IL-6 występuje na przykład u pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów, chorobą Castlemana, młodzieńczym idiopatycznym zapaleniem stawów czy zespołem uwalniania cytokin (17). Potencjalne powikłania spowodowane genetycznymi uwarunkowaniami stanowią kluczowy czynnik przy wyrażaniu świadomej zgody, ponieważ w przypadku niepowodzenia TISADs potrzebne mogą okazać się alternatywne metody leczenia, takie jak ekstrakcje, headgear lub leczenie ortognatyczne. Niekorzystnym zjawiskiem jest również ból trwający dłużej niż 48 godzin, co zaobserwowali także Miyawaki i wsp. (13) oraz Kuroda i wsp. (11). Pomimo doniesień, że poziom długotrwałego bólu po założeniu TISADs jest porównywalny z bólem związanym z ekstrakcją zęba (18) czy z dyskomfortem spowodowanym niwelacją zębów (19), kwestia progu bólu pooperacyjnego jest bardzo indywidualna i dlatego nie można jej lekceważyć, szczególnie w przypadku stosowania większych TISADs.

Podsumowanie i wnioski

Większe mini-implanty SH2018-10 mogą być TISADs z wyboru, jeśli chodzi o lokalizację w kresie skośnej żuchwy, zewnętrznie do powierzchni stycznej pomiędzy pierwszym i drugim zębem trzonowym, ponieważ cechował je dużo większy odsetek przetrwania (91,3%) w porównaniu z mniejszymi mini-implantami SH1514-08 (75%). Stan zapalny związany z wszczepianiem TISADs nie miał wpływu na stabilność większych mini-implantów, w przeciwieństwie do mniejszych, które były bardziej podatne na utratę. Z tego powodu należy podjąć wszelkie środki ostrożności, aby zapobiec zapaleniu tkanek miękkich wokół implantu (periimplantitis), kładąc nacisk na prawidłową higienę jamy ustnej, ale bez podrażniania włosiem szczoteczki do zębów samych TISADs.

Większe TISADs wywołują zapalenie i długotrwały ból znacznie częściej niż mniejsze, więc kwestia ta powinna być omówiona z każdym pacjentem przed wszczęciem mini-implantu.

2. Effect of the increasing operator's experience on the miniscrew survival rate

Wstęp

Doświadczenie i wiedza klinicysty mogą znacząco wpłynąć na wynik każdej procedury medycznej, jednak wpływ doświadczenia operatora czy krzywa uczenia się wkręcania mini-implantów jako zmienne warunkujące ich stabilność doczekały się niewielu doniesień naukowych (20-25). Analiza krzywej uczenia się mogłaby pomóc lekarzom stawiać sobie realne cele podczas nauki nowych technik implantacji TISADs, co w końcowym efekcie przełożyłoby się na zapewnienie pacjentom bezpiecznej i wysokiej jakości opieki.

Cel pracy

Celem badania było określenie:

- a) w jaki sposób rosnące z czasem doświadczenie operatora wpływa na stabilność mini-implantów wkręcanych obustronnie w boczną okolicę szczęki, pomiędzy korzeniami drugich zębów przedtrzonowych i pierwszych zębów trzonowych,
- b) ile implantacji jest potrzebnych do osiągnięcia relatywnie wysokiego odsetka stabilnych TISADs: 80% i 85%.

Material i metody

W celu określenia wpływu wzrastającego doświadczenia operatora na stabilność (odsetek powodzeń) mini-implantów przeanalizowano krzywe uczenia się trzech ortodontów z różnym doświadczeniem (JA-S, MS i JŁ) podczas pierwszych 6 miesięcy ich wszczęcia. Dane dotyczące odsetka stabilnych TISADs dla JA-S i MS pochodziły sprzed 7 lat w porównaniu do trzeciego klinicysty (JŁ), który był studentem studiów podyplomowych, przeszkolonym i nadzorowanym przez JA-S i MS. Materiał badany stanowiło 202 ogólnie zdrowych dorosłych pacjentów z II klasą szkieletową, ze zmniejszonym lub prawidłowym kątem między płaszczyznami szczęki i żuchwy. Pacjenci otrzymali 404 mini-implanty. JA-S i MS oraz JŁ wszczęli, odpowiednio po 160 i 84 TISADs. Zastosowano tytanowe mini-implanty SH1312-08 (AbsoAnchor[®], Dentos, Korea Południowa) o średnicy 1,3 mm przy szyjce i 1,2 mm przy wierzchołku oraz długości 8 mm, które służyły jako zakotwienie do dystalizacji zębów w szczęce lub retrakcji en-masse sześciu przednich zębów górnych po ekstrakcji pierwszych zębów przedtrzonowych. Wszystkie TISADs obciążano bezpośrednio za pomocą zamkniętych

sprężynek NiTi działających siłą 150-200 g. Wszyscy klinicyści stosowali wrocławski protokół wkręcania mini-implantów (9). Poważną ruchomość wymagającą wymiany, jak również samoistną utratę TISADs przed zakończeniem leczenia ortodontycznego traktowano jako niepowodzenie. Stabilność TISADs sprawdzano na każdej wizycie kontrolnej aż do zakończenia leczenia ortodontycznego.

Wyniki

Łączny odsetek powodzeń osiągnął 79,46%; dla JA-S wynosił 80%, dla MS 76,25%, a dla JŁ 84,52%. Oceniając każdego ortodontę osobno, po pierwszych 40 implantacjach JA-S, MS i JŁ uzyskali odpowiednio 72,5%, 70% i 82,5% stabilnych TISADs. Następnie omawiany odsetek wzrósł do 90%, 87,5% i 85%. Analizując zbiorczą krzywą uczenia, 80% i 85% przetrwania TISADs osiągnięto odpowiednio po 74 i 118 implantacjach. Od tego momentu całkowity odsetek powodzeń TISADs nadal wykazywał tendencję wzrostową. Doktorant JŁ już na początku przekroczył 80%, natomiast JA-S i MS osiągnęli próg 80% odpowiednio po 76 i 98 wkręconych mini-implantach. JŁ, JA-S i MS osiągnęli wskaźnik powodzeń 85% po odpowiednio 48, 112 i 130 implantacjach TISADs. Analiza statystyczna wykazała, że uzyskiwanie stabilności wzrasta o 1,016 ($p = 0,006$) raza z każdym wkręconym mini-implantem, a wzrost ten jest istotnie proporcjonalny w stosunku do liczby wykonanych zabiegów lub – inaczej mówiąc – stopniowo zdobywanego doświadczenia operatora. Szansa na powodzenie nie zależała od konkretnego lekarza.

Dyskusja

W większości badań oceniających stabilność mini-implantów krzywa uczenia się dotyczyła tylko jednego operatora, natomiast nadal interesujące jest porównanie wskaźnika sukcesu TISADs u początkującego i bardzo doświadczonego specjalisty ortodonta. Oh i wsp. (26), którzy oceniali odsetek powodzeń osiągnięty przez klinicystów o różnym poziomie doświadczenia, stwierdzili, że wynik profesora (98,1%) jest wybitnie wyższy niż wynik studentów studiów podyplomowych (70,8%). Nasi eksperci (JA-S i MS) dostarczyli dane uzyskane po pierwszych 6 miesiącach stosowania TISADs, co tłumaczy stosunkowo słabe wyniki po początkowych 40 implantacjach. Krzywa uczenia się lekarza (JŁ), który szkolił się u doświadczonych ortodontów (JA-S i MS) była już szybko postępująca. Uzasadnia to w pełni stwierdzenie, że nauka wszczepiania mini-implantów jest efektywniejsza, jeśli jest wsparta wiedzą bardziej wykwalifikowanych kolegów. Zgodnie z wynikami analizy regresji logistycznej szansa na przetrwanie TISAD nie zależała jednak od lekarza, a tym samym od jego doświadczenia akademickiego lub klinicznego, ale jedynie od liczby wykonanych zabiegów.

Chociaż zwiększanie prawdopodobieństwa przetrwania TISAD o 1,016 raza z każdym zabiegiem może wydawać się niewielkie, to przy każdej krzywej uczenia się kluczowa jest konsekwencja. W badaniu Chen i wsp. (24) chirurg i ortodonta, którzy wkręcali nowy dla obojga system samonawiercających TISADs, przeszli taką samą krzywą uczenia się, niezależnie od tego, że chirurg wprowadził w przeszłości setki innego typu mini-implantów, które wymagały nawiercania. Jednakże nowatorska technika przysporzyła chirurgowi na początku sporo trudności, co dodatkowo tłumaczy, dlaczego krzywa uczenia ma taki, a nie inny wykres w jakiegokolwiek dziedzynie ortodontyki czy stomatologii. Za początkowe trudności z osiągnięciem wysokiego odsetka przetrwania stabilnych TISADs odpowiada często nieprawidłowe ich umiejscowienie, a dokładniej – za małą odległość od korzeni (27-29); uzasadnia to potrzebę szkoleń przedklinicznych: teoretycznych i praktycznych, dotyczących wszczepiania TISADs.

Podsumowanie i wnioski

Tak jak każda inna procedura medyczna, skuteczna implantacja TISADs to proces z krzywą uczenia się. Ponieważ odsetek powodzeń wynoszący 80% i 85% uzyskano po wprowadzeniu odpowiednio 74 i 118 TISADs i – co więcej – wskaźnik sukcesu rósł znacząco (1,016 raza) po każdej procedurze wkręcania mini-implantu, wyniki te mogą zachęcić niezdecydowanych klinicystów do wprowadzenia mini-implantów do ich codziennej praktyki, zwłaszcza w przypadku retrakcji en masse lub dystalizacji zębów w szczęce. Możliwość uczenia się od bardziej doświadczonych kolegów może być korzystna dla początkujących lekarzy, co wskazuje na potrzebę stworzenia skutecznego systemu szkoleniowego, pomocnego w szybkim osiągnięciu wysokiego odsetka powodzeń w uzyskiwaniu stabilnych TISADs.

3. Wpływ minimalnie inwazyjnych mikro-osteoperforacji (mops) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne. [Effect of the minimally invasive micro-osteoperforations (MOPs) on the orthodontic tooth movement. A prospective, randomized clinical trial]

Wstęp

W ostatnich latach, oprócz stosowania zakotwienia szkieletowego, popularność zyskuje zabieg korytkotomii, którego celem jest przyspieszenie ruchu zębów. Polega on na miejscowym ranieniu blaszki korytkalnej wyrostka zębodołowego, co wywołuje wzrost metabolizmu kości – efekt miejscowej akceleracji (ang. Regional Acceleratory Phenomenon, RAP). Polega on na przyspieszeniu zarówno katabolicznej aktywności osteoklastów, jak i anabolicznej aktywności

osteoblastów oraz wzroście poziomu markerów zapalenia (30). Tradycyjnie zabieg koryktomii wymaga wykonania długich, pionowych nacięć przez blaszkę zbitą kości, co niesie ze sobą ryzyko wystąpienia wielu komplikacji. Alternatywą jest mało inwazyjny zabieg mikro-osteoperforacji (MOPs: micro-osteoperforations), polegający na wykonywaniu otworów w blaszce koryktalnej za pomocą albo wiertła pilotowego do mini-implantów ortodontycznych, albo urządzenia Propel, albo samych mini-implantów, które naprzemiennie wkręca się i wykręca.

Cel pracy

Celem pracy było ustalenie, czy wykonanie MOPs pozwoli skrócić czas leczenia ortodontycznego u pacjentów z klasą II leczonych retrakcją en masse po usunięciu pierwszych zębów przedtrzonowych w szczęce, z zakotwieniem szkieletowym.

Material i metody

Do badania zakwalifikowano 17 dorosłych pacjentów, z klasą II, których plan leczenia wymagał ekstrakcji pierwszych zębów przedtrzonowych w szczęce. Model dzielony, czyli split-mouth design, pozwolił wykorzystać jeden kwadrant szczęki jako grupę badaną (grupa A, n = 17), a drugi kwadrant jako grupę kontrolną (grupa B, n = 17). U wszystkich pacjentów zastosowano ten sam protokół: ekstrakcja zębów 14 i 24, 2 tygodnie przerwy, montaż górnego i dolnego aparatu stałego (slot ,022", preskrypcja Roth'a, GC Orthodontics Europe GmbH®, Breckerfeld, Niemcy) z jednoczesnym manualnym wkręceniem TISADs (SH 1312-08 AbsoAnchor®, Dentos, Daegu, Korea Południowa) obustronnie w szczęce, pomiędzy korzeniami drugich zębów przedtrzonowych i pierwszych trzonowych, metodą wrocławską (9). Po implantacji asystentka stomatologiczna losowała literę „P” lub „L” z nieprzezroczystej koperty, randomizując tym samym kwadrant, w którym wykonywano MOPs, odpowiednio prawy lub lewy. Następnie za pomocą wiertła pilotującego o średnicy 1 mm do TISADs wykonywano sześć nawierceń o głębokości 3-4 mm, czyli przez całą grubość blaszki koryktalnej, stosując prędkość 600 obr./min, z obfitym chłodzeniem. Wizyty kontrolne odbywały się co 6 tygodni, na trzeciej wizycie powtarzano zabieg MOPs oraz obciążano TISADs za pomocą zamkniętych sprężyn niklowo-tytanowych działających siłą 150 g na stronę, rozpoczynając tym samym retrakcję en masse zębów siecznych i kłów. Na każdej wizycie mierzono odległości pomiędzy dystalną powierzchnią kła a mezjalną powierzchnią drugiego zęba przedtrzonowego w obu kwadrantach szczęki, za pomocą cyrkla ortodontycznego i suwmiarki elektronicznej z dokładnością do 0,01 mm. Pomiary przerywano

w momencie stwierdzenia, że luka poekstrakcyjna osiągnęła wymiar resztkowy: $d \leq 0,9$ mm. Ze względu na ruchomość TISADs, trzech pacjentów wykluczono z badania.

Wyniki

Badanie ukończyło 14 pacjentów. W grupie badanej i kontrolnej średnia wielkość luki poekstrakcyjnej wynosiła odpowiednio 6,88 mm oraz 6,85 mm, różnica pomiędzy grupami, która wyniosła ,029 mm była statystycznie nieistotna ($p = 0,104$). Średnie tempo zamykania luki poekstrakcyjnej wynosiło 1 mm/6 tygodni w grupie badanej i 0,97 mm/6 tygodni w grupie kontrolnej, a różnica ta nie była statystycznie istotna ($p = 0,104$). Wyniki testu U Manna-Withneya, za pomocą którego w każdym z 6-tygodniowych okresów obserwacji analizowano zachowania luki poekstrakcyjnej dowiodły, że zamykała się ona statystycznie istotnie szybciej ($p < 0,05$) w grupie badanej niż w grupie kontrolnej jedynie pomiędzy 12 a 18 tygodniem leczenia. Pomędzy 18 a 24 tygodniem, czyli bezpośrednio po drugiej koryktotomii międzygrupowa różnica w tempie zamykania luki poekstrakcyjnej była istotna jedynie na poziomie tendencji ($p = 0,0597$), a w przypadku pozostałych okresów nie występowała ($p > 0,05$). Średni czas retrakcji en masse wyniósł w grupie badanej i kontrolnej odpowiednio 281,7 i 287,3 dnia i nie był istotnie różny ($p > 0,05$).

Dyskusja

Od kiedy Cunnighan po koniec XIX wieku zaczął stosować pionowe nacięcia kości bez znieczulenia wokół przechylonych siekaczy w szczęce, wielu klinicystów próbowało udoskonalić metodę przyspieszania ruchu zębów (31). Ostatnio coraz większą popularność zyskuje zabieg MOPs, początkowo badany na zwierzętach przez Teixeira i wsp. (32), a następnie potwierdzony przez Alikhani i wsp. w 2013 roku (33) jako skuteczny u ludzi do przyspieszenia retrakcji kłów. Piśmiennictwo podaje, że wybór odpowiedniego narzędzia do MOPs, a także termin wykonania tej procedury są kluczowe. W naszym badaniu dowiedziono, że wolno obracające się wiertło pilotujące (AbsoAnchor® Dentos, Daegu, Korea Południowa) podczas kilkusekundowego nawiercenia powoduje minimalne ryzyko perforacji korzenia zęba.

Z wyjątkiem Gulduren i wsp. (34) oraz Raghav i wsp. (35), którzy również używali wiertła do MOPs, inni badacze perforowali kość za pomocą urządzenia Propel (33,36-38) albo TISADs (39-43). W tym miejscu należy zaznaczyć, że mini-implanty i wiertła pilotujące do nich są rutynowo stosowane w praktyce ortodontycznej, a urządzenie Propel jest jednorazowym, ręcznym perforatorem zbliżonym rozmiarem do małego ręcznego śrubokrętu, więc jego użycie stanowi dodatkowy koszt dla pacjenta. Biorąc pod uwagę czas na interwencję MOPs, w naszym badaniu wykonano ją niemal natychmiast po usunięciu zębów przedtrzonowych, i powtórzono

zabieg cztery miesiące później. W ludzkich kościach długich RAP rozpoczyna się w ciągu kilku dni po zabiegu, zwykle osiąga szczyt po 1-2 miesiącach, a całkowite ustąpienie może trwać nawet od 6 do 24 miesięcy, chociaż klinicznie czas trwania wynosi około 4 miesięcy (44-46). Dlatego też drugi efekt MOPs w naszym badaniu nie był spotęgowany przez RAP związany z ekstrakcją. 4-miesięczny interwał czasowy pozwolił na wykorzystanie siły ciągłej pochodzącej z zamkniętych sprężyn NiTi w połączeniu ze stalowym łukiem roboczym. Takie postępowanie jest zgodne z innymi badaniami, w których MOPs wykonywano od 4 do 6 miesięcy po ekstrakcji i/lub po zakończeniu etapu niwelacji (33,37-40,42-43,47). W większości cytowanych badań ruch zębów oceniano na podstawie zakresu retrakcji kłów tradycyjną metodą zamykania przestrzeni poekstrakcyjnej (36-37,39-41,47-48), w niewielu mechanika przewidywała retrakcję en masse sześciu zębów przednich (35,38). W naszym badaniu podczas retrakcji en masse nie wykazano, aby MOPs wykonane z zastosowaniem wiertła do TISADs przyspieszyły zamykanie luk poekstrakcyjnych. Jeżeli chodzi o zaledwie dwie prace, z którymi moglibyśmy się porównać, podobne wyniki uzyskali Raghav i wsp. (35), którzy również stosowali zakotwienie szkieletowe, natomiast Attri i wsp. (38) dowiedli, że leczenie wspomagane MOPs akceleruje przemieszczanie zębów tradycyjną mechaniką en masse. Niemniej, pomimo retrakcji en masse przeprowadzonych zarówno w obu tych badaniach, jak i w naszym, odmienna metodologia pomiarów uniemożliwia porównanie bezpośrednie. Jednolity schemat postępowania z większym prawdopodobieństwem pozwoliłby odpowiedzieć na pytanie, czy wykonywanie MOPs efektywnie wspomaga szybsze zamykanie luk po ekstrakcji.

Podsumowanie i wnioski

Zastosowanie nieinwazyjnych MOPs nie wpłynęło znacząco na przyspieszenie retrakcji en masse. Wprawdzie między 12 a 24 tygodniem od rozpoczęcia leczenia luka poekstrakcyjna w grupie badanej zamykała się szybciej w porównaniu z grupą kontrolną, to jednak kliniczna manifestacja tego efektu nie była oczywista, skutkując podobnym czasem ukończenia retrakcji. Biorąc pod uwagę aspekt małej inwazyjności MOPs, istnieje potrzeba dalszych badań tej techniki, szczególnie w poekstrakcyjnych rejonach zanikowych kości wyrostka zębodołowego czy u pacjentów z wrodzonym brakiem drugich zębów przedtrzonowych wymagających mezjalizacji zębów trzonowych żuchwy, aby aktywować uśpiony potencjał kości do przebudowy i lepiej wyeksponować korzyści płynące z MOPs.

V PIŚMIENNICTWO

1. Kurt G, Iseri H, Kisanisci RS. Rapid tooth movement and orthodontic treatment using dentoalveolar distraction (DAD): long-term (5 years) follow-up of a Class II case. *Angle Orthod.* 2010;80:597-606.
2. Kravitz ND, Dalloul B, Zaid YA, Shah C, Vaid NR. What percentage of patients switch from Invisalign to braces? A retrospective study evaluating the conversion rate, number of refinement scans, and length of treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2022;S0889-5406(22)00773-9; doi: 10.1016/j.ajodo.2022.03.016.
3. Jahanbakhshi MR, Motamedi AMK, Feizbakhsh M, Mogharehabet A. The effect of buccal corticotomy on accelerating orthodontic tooth movement of maxillary canine. *Dent Res J.* 2016;13:303-8.
4. Alharbi F, Almuzian M, Bearn D. Miniscrews failure rate in orthodontics: systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2018;40:519-30.
5. Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142:577-95.
6. Park HS, Jeong SH, Kwon OW. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130:18-25.
7. Antoszewska J, Papadopoulos MA, Park HS, Ludwig B. Five-year experience with orthodontic miniscrew implants: a retrospective investigation of factors influencing success rates. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136:158.e1-158.e10.
8. Chang C, Liu SSY, Roberts WE. Primary failure rate for 1680 extra-alveolar mandibular buccal shelf mini-screws placed in movable mucosa or attached gingiva. *Angle Orthod.* 2015;85:905-10.
9. Sarul M, Minch L, Park HS, Antoszewska-Smith J. Effect of the length of orthodontic mini-screw implants on their long-term stability: A prospective study. *Angle Orthod.* 2015;85:33-8.
10. Hong SB, Kusnoto B, Kim EJ, BeGole EA, Hwang HS, Lim HJ. Prognostic factors associated with the success rates of posterior orthodontic mini-screw implants: a subgroup meta-analysis. *Korean J Orthod.* 2016;46:111-26.
11. Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Clinical use of mini-screw implants as orthodontic anchorage: success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131:9-15.

12. Tseng YC, Hsieh CH, Chen CH, Shen YS, Huang IY, Chen CM. The application of mini-implants for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006;35:704-7.
13. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124:373-8.
14. Manni A, Cozzani M, Tamborrino F, De Rinaldis S, Menini A. Factors influencing the stability of miniscrews. A retrospective study on 300 miniscrews. *Eur J Orthod.* 2011;33:388-95.
15. Sharma P, Valiathan A, Sivakumar A. Success rate of microimplants in a university orthodontic clinic. *ISRN Surg.* 2011;2011:982671.
16. Andruccioli MCD, Matsumoto MAN, Fukada SY, Saraiva MCP, Bergamo AZN, Romano FL, et al. Quantification of pro-inflammatory cytokines and osteoclastogenesis markers in successful and failed orthodontic miniimplants. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:e20180476.
17. Narazaki M, Kishimoto T. The two-faced cytokine IL-6 in host defense and diseases. *Int J Mol Sci.* 2018;19:3528.
18. Baxmann M, McDonald F, Bourauel C, Jäger A. Expectations, acceptance, and preferences regarding microimplant treatment in orthodontic patients: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138:250.e1-250.e10.
19. Lee TCK, McGrath CPJ, Wong RWK, Rabie ABM. Patients' perceptions regarding microimplant as anchorage in orthodontics. *Angle Orthod.* 2008;78:228-33.
20. Kim YH, Yang S, Kim S, Lee JY, Kim KE, Gianelly AA, Kyung SH. Midpalatal miniscrews for orthodontic anchorage: Factors affecting clinical success. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 2010;137:66-72.
21. Lim H, Choi Y, Evans CA, Hwang H. Predictors of initial stability of orthodontic miniscrew implants. *Eur. J. Orthod.* 2011;33:528-32.
22. Papadopoulos MA, Papageorgiou SN. Current evidence on clinical performance of miniscrew implants in orthodontic treatment. *Semin. Orthod.* 2013;19:162-73.
23. Lim H, Eun C, Cho J, Lee K, Hwang H. Factors associated with initial stability of miniscrews for orthodontic treatment. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 2009;136: 236-42.
24. Chen Y, Chang H, Lin H, Lai EH, Hung HC, Yao CC. Stability of miniplates and miniscrews used for orthodontic anchorage: Experience with 492 temporary anchorage devices. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19:1188-96.

25. Jung BA, Liechti T. Prognostic parameters contributing to palatal implant failures: A long-term survival analysis of 239 patients. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23:746-50.
26. Oh YH, Park HS, Kwon TG. Treatment effects of microimplant-aided sliding mechanics on distal retraction of posterior teeth. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011;139:470-481.
27. Watanabe H, Deguchi T, Hasegawa M, Ito M, Kim S, Takano-Yamamoto T. Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthod Craniofac Res.* 2013;16:44-55.
28. Antoszewska J, Trzeźniewska P, Kawala B, Ludwig B, Park HS. Qualitative and quantitative evaluation of root injury risk potentially burdening insertion of miniscrew implants. *Korean J Orthod.* 2011;41:112-120.
29. Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Hashimoto T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131:68-73.
30. Cano J, Campo J, Bonilla E, Colmenero C. Corticotomy-assisted orthodontics. *J Clin Exp Dent.* 2012;4:e54-9.
31. Fitzpatrick BN. Corticotomy. *Aust Dent J* 1980;25:255-8.
32. Teixeira CC, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant LM. Cytokine expression and accelerated tooth movement. *J Dent Res.* 2010;89:1135-41.
33. Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, Sangsuwon C, Lee YB, Alyami. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144:639-48.
34. Gulduren K, Tumer H, Oz U. Effects of micro-osteoperforations on intraoral miniscrew anchored maxillary molar distalization. *J Orofac Orthop.* 2020;81:126-41.
35. Raghav P, Khera AK, Bhasin P. Effect of micro-osteoperforations on rate of space closure by mini-implant supported maxillary anterior en-masse retraction: A randomized clinical trial. *J Oral Biol Craniofac Res.* 2021;11:185-91.
36. Aksakalli S, Balaban A, Nazaroglu K, Saglam E. Accelerated Tooth Movement with Orthodontic Mini-Screws. *Case Rep Dent.* 2017;23:75-91.
37. Kundi I, Alam MK, Shaheed S. Micro-osteo perforation effects as an intervention on canine retraction. *Saudi Dent J.* 2020;32:15-20.
38. Attri S, Mittal R, Batra P, Sonar S, Sharma K, Raghavan S. Comparison of rate of tooth movement and pain perception during accelerated tooth movement associated with

- conventional fixed appliances with micro-osteoperforations - a randomised controlled trial. *J Orthod.* 2018;45:225-33.
39. Alkebsi A, Al-Maaitah E, Al-Shorman H, Alhajja EA. Three-dimensional assessment of the effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement during canine retraction in adults with Class II malocclusion: a randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153:771-85.
 40. Babanouri N, Ajami S, Salehi P. Effect of mini-screw-facilitated micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement: a single-center, split-mouth, randomized, controlled trial. *Prog Orthod.* 2020;21:7.
 41. Aboalnaga AA, Salah Fayed MM, El-Ashmawi NA, Soliman SA. Effect of micro-osteoperforation on the rate of canine retraction: a split-mouth randomized controlled trial. *Prog Orthod.* 2019;20:21.
 42. Feizbakhsh M, Zandian D, Heidarpour M, Farhad SZ, Fallahi HR. The use of micro-osteoperforation concept for accelerating differential tooth movement. *J World Fed Orthod.* 2018;7:56-60.
 43. Sivarajan S, Doss JG, Papageorgiou SN, Cobourne MT, Wey MC. Mini-implant supported canine retraction with micro-osteoperforation: a split-mouth randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 2019;89:183-9.
 44. Frost HM. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part II. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;248:294-309.
 45. Sanjideh PA, Rossouw PE, Campbell PM, Opperman LA, Buschang PH. Tooth movements in foxhounds after one or two alveolar corticotomies. *Eur J Orthod.* 2010;32:106-13.
 46. Aboul-Ela SM, El-Beialy AR, El-Sayed KM, Selim EM, El-Mangoury NH, Mostafa YA. Miniscrew implant-supported maxillary canine retraction with and without corticotomy-facilitated orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139:252-9.
 47. Alqadasi B, Aldhorae K, Halboub E, Mahgoub N, Alnasri A, Assiry A, Xia HY. The Effectiveness of Micro-osteoperforations during Canine Retraction: A Three-dimensional Randomized Clinical Trial. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2019;9:637-645.
 48. Khan BN, Mustafa S, Bashir U, Durrani O. Effect of alveocentesis on the rate of tooth movement. *OHDM.* 2018;17:1-5.

VI KOPIE OPUBLIKOWANYCH ARTYKUŁÓW WCHODZĄCYCH W SKŁAD
ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

RESEARCH

Open Access



Evidence-based selection of orthodontic miniscrews, increasing their success rate in the mandibular buccal shelf. A randomized, prospective clinical trial

Michał Sarul¹, Joanna Lis¹, Hyo-Sang Park² and Kornelia Rumin^{1*}

Abstract

Background: Skeletal anchorage has made it possible to perform complex orthodontic tooth movements that are difficult or even impossible to achieve with conventional orthodontic treatment. Mandibular buccal shelf miniscrews, used for distalization, play a particularly important role in treatment of Class III malocclusion. Unfortunately, stability of the miniscrews placed in the mandible is still considered at higher risk of failure compared to other intraoral locations. The aim of our study was to determine the influence of the miniscrew size on their long-term stability, occurrence of oral mucosa inflammation and pain lasting over 48 h after implantation.

Methods: 184 Absoanchor[®] miniscrews (Dentos, South Korea) in two sizes: SH2018-10 (length 10 mm, \varnothing 1.8–2.0 mm) and SH1514-08 (length 8 mm, \varnothing 1.4–1.5 mm) were inserted in the mandibular buccal shelf in 92 Caucasians aged 20–50 years, diagnosed with Class III malocclusion that required en-masse distalization of the mandibular dentition. Data was statistically analyzed with the level of significance set at $p = .05$.

Results: 91.3% of the SH2018-10 and 75% of the SH1514-08 miniscrews were stable, and this difference was statistically significant ($p < .05$). Inflammation of the oral mucosa was noticed around both types of miniscrews and affected 50% of the SH2018-10 and 26.09% of the SH1514-08 group ($p < .05$). Pain lasting longer than 48 h after implantation was related to 60.87% and 20.65% of the SH2018-10 and the SH1514-08 miniscrews ($p < .05$), respectively. Inflammation associated with larger SH2018-10 miniscrews did not affect their stability ($p > .05$), contrary to the SH1514-08 ones ($p < .05$). When inflammation was present, the overall success rate declined to 64.29%, from 94.74% noted for TADs without inflammation. According to the log-rank test, smaller TADs failed significantly sooner than the larger ones ($p = .002$).

Conclusion: Larger SH2018-10 miniscrews are the anchorage of choice for the mandibular buccal shelf, despite triggering inflammation and long-lasting pain significantly more often than the smaller ones. Therefore, this issue should be discussed with every patient prior to miniscrew use.

Trial registration ID: ClinicalTrials.gov Identifier: NCT05280678 Date of Registration: 15/03/2022. Retrospectively registered.

Keywords: Orthodontics, Orthodontic anchorage procedures, Mandible

*Correspondence: kornelia.rumin@gmail.com

¹ Department of Dentofacial Orthopedics and Orthodontics, Wrocław Medical University, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław, Poland
Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s) 2022. **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Background

Challenging issue of the reciprocal forces has been technically solved by temporary anchorage devices (TADs). Discovery of the osseointegration process by Brånemark et al. [1] and studies performed by Kanomi and Costa [2, 3] laid the foundations for the use of orthodontic miniscrews. Currently, TADs serve as skeletal anchorage reinforcement, their insertion and removal is easy, they are inexpensive and can be loaded immediately after placement. TADs are commonly used in orthodontic treatment, providing sufficient anchorage for demanding tooth movements, such as unilateral closure of extraction spaces, management of occlusal plane canting, intrusion of the lateral teeth or protraction/retraction of the entire dentition [4–6]. Considering treatment options in the mandible, TADs can serve as an excellent anchorage for en masse distalization in Class III patients, where tooth movement should be controlled 3-dimensionally [7]. This camouflage treatment option is an alternative to traditional orthodontic techniques, like Class III elastics resulting in unfavorable proclination of the maxillary incisors and extrusion of the molars, or lower premolars extractions that provoke excessive lingual inclination of the mandibular anterior teeth after the treatment [8].

According to systematic review and meta-analysis of Alharbi et al. [9], TADs have an acceptably low failure rate 13.5%, (95% CI 11.5–15.9). However, they are more likely to fail in the mandible: 16.5% (95% CI 11.6–22.7) than in the maxilla: 11.0% (95% CI 8.8–13.7) [9]. Papa-georgiou et al. [10], Park et al. [11] and Antoszewska et al. [12] also agreed that location in mandible increases the risk of their rejection. The cortical bone in the mandible is thicker and denser than in the maxilla; regardless of this, poorer results might be caused by bone overheating during drilling and TADs irritation from chewing [11]. In contrast, Chang et al. [13] obtained superior stability in the mandible, however using miniscrews with large diameter and length (2 × 12 mm). It is in accordance with other studies, where larger miniscrew size improved stability gained via mechanical interdigitation with the thicker bone [5, 13, 14]. Sarul et al. [15] demonstrated significantly higher survival rate of 8-mm long miniscrews inserted in the mandibular buccal area for retraction purposes, comparing to the 6-mm ones. Additionally, according to a finite element study of Liu et al. [16] a wider screw diameter provided superior mechanical advantages. Both screw displacement and bone stress decreased, as the diameter of the miniscrew (1.2, 1.5 and 2 mm) and cortex thickness increased. Lu et al. [17] also reported that the effect of force on stress around the implant was related to the miniscrew diameter, but not to its length.

Regardless of superior stability reported by some authors, the larger TADs indisputably break the integrity of bone in a greater area than the small ones. Therefore, the aim of our study was:

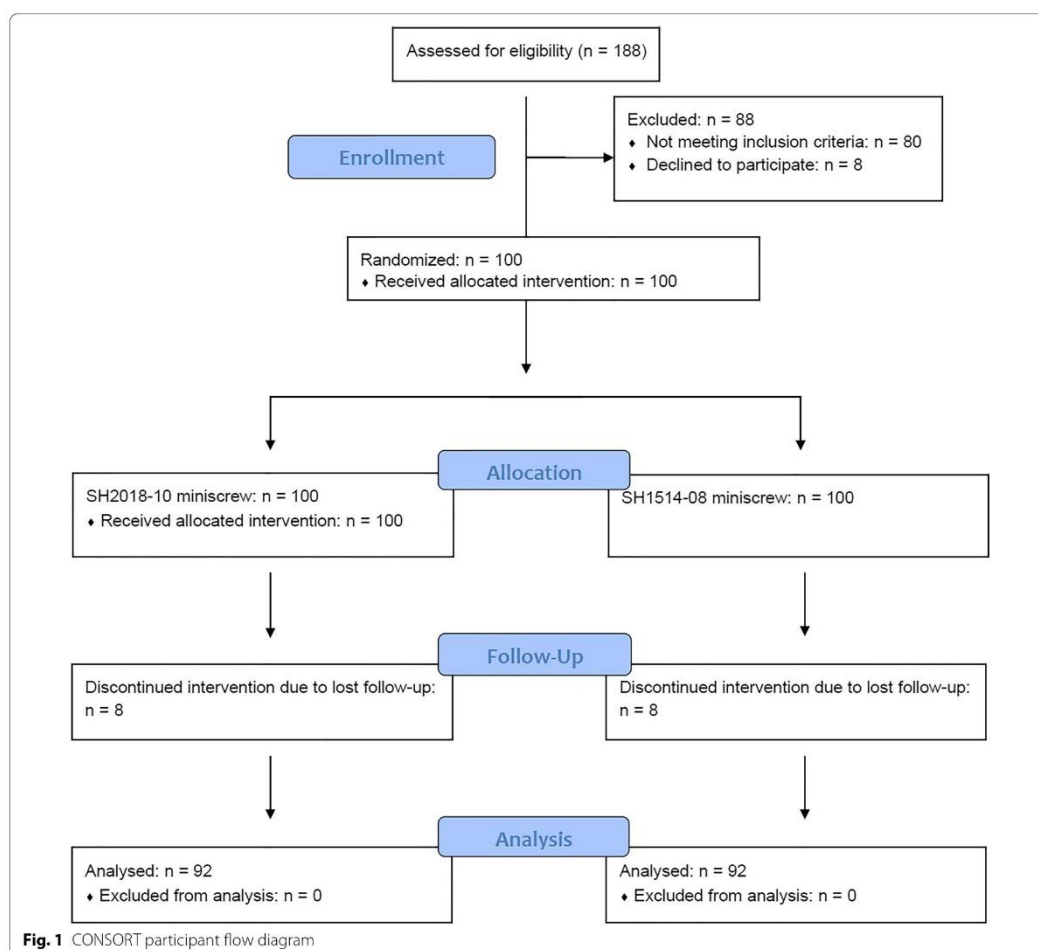
1. To determine the influence of the miniscrew size on their long-term stability in the mandibular buccal shelf location.
2. To determine whether different miniscrew size contributes to the occurrence of oral mucosa inflammation, possibly jeopardizing TADs stability, and pain lasting over 48 h after implantation, minimizing patients' comfort.

Materials and methods

This prospective, randomized clinical trial received approval of the Bioethics Committee of the Wrocław Medical University (approval no. 293/2007) and was retrospectively registered at ClinicalTrials.gov (identifier: NCT05280678, date of registration: 15/03/2022). The study group consisted of 92 generally healthy Caucasian patients [49 women, 43 men, mean age 31.8 (+7.7)], who required an absolute anchorage for en-masse distalization in the mandible. As for inclusion criteria, they comprised patients with mild skeletal Class III, with either hypodivergent or normal angle between the maxillary and mandibular planes, with excellent oral hygiene and favorable anatomical conditions (e.g. absence of a strong frenulum, potentially irritating the screw head during chewing and/or facial movement or forcing screw-head position requiring alteration of force vector directions). The trial was conducted in accordance with CONSORT guidelines (Fig. 1).

If mandibular third molars were present, their extraction was performed before treatment. Then all patients were treated with the (.022", Roth prescription, GC Orthodontics Europe GmbH®, Breckerfeld, Germany) full fixed appliance system. Both arches were leveled with continuous wires, starting with 0.016-inch nickel-titanium, and worked up to 0.019 × 0.025-inch stainless steel over the course of several months. After that, the patients were ready for TADs placement.

184 miniscrews (Absoanchor®, Dentos, South Korea) made of titanium alloy (Ti-6Al-4 V) in two sizes have been analyzed in this study (Fig. 2): SH1514-08 (diameter of 1.5 mm at the neck, 1.4 mm at the apex and 8 mm in length) and SH2018-10 (diameter of 2.0 mm at the neck, 1.8 mm at the apex and 10 mm in length). Thus, the intraosseous parts were either 8 or 10 mm long, with a button-like head with a small hole. Biocompatible Ti-6Al-4 V TADs were used, which, while releasing very



minor, clinically insignificant amounts of aluminum and vanadium, have greater mechanical strength compared to pure titanium and are best suited to a small diameter, reducing the risk of fracture during insertion and removal [18, 19].

We designed our project as a split-mouth study, therefore each patient received both SH2018-10 and SH1514-08 miniscrews. To do so, our nurse divided both TADs types into two halves (Fig. 3) and assigned symbols appropriate for blinding the intervention. Thus, two combinations of TADs sets arised: (1) SH1514-08R (right) and SH2018-10 L (left) or (2) SH1514-08 L (left) and SH2018-10R (right), which were placed separately in opaque packages marked

consecutively from “1” to “100” and stored on the tray with dividers. One hundred cards, labeled accordingly, were placed in an envelope, from which the nurse blindly pulled the card just before the miniscrew insertion, assigning the set number to every patient. Therefore both placement side and screw size were random for the clinician.

One orthodontist (M.S.) inserted the screws near the muco-gingival junction, following one surgical protocol. Under local anesthesia, the doctor performed a vertical stab incision (3–4 mm) and made a hole using a pilot drill with a working speed of 500–1000 rpm under massive saline irrigation. Miniscrews were always placed in the mandibular buccal shelf, lateral to the first and second



molar interproximal area (Fig. 4). It allowed achieving miniscrew angulation parallel to the long axis of adjacent molars (Fig. 5), as well as reducing the risk of root-contact or interference with the tooth movements. The screw head was adjusted at least 2–3 mm above the mucosa. No analgesics or antibiotics were prescribed after miniscrew placement. The patients were instructed to: maintain flawless oral hygiene, to use 0.2% chlorhexidine gel twice a day (Elugel) (Pierre Fabre Medicament Polska Ltd, Warsaw, Poland) around TADs' head for the first 2

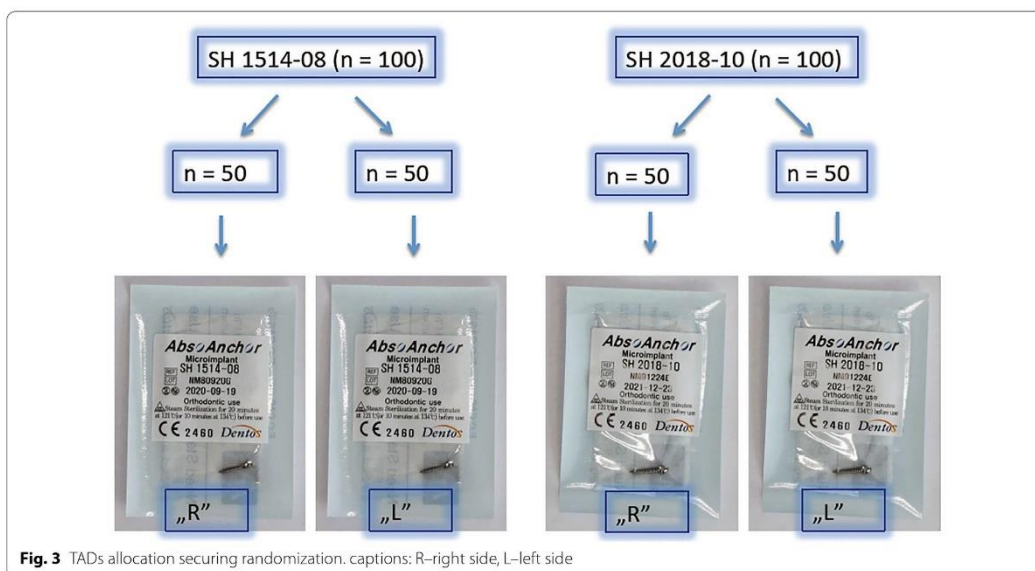
weeks after operation, and to avoid any hitting against miniscrews.

Miniscrews were loaded with orthodontic force (NiTi closed coil springs) of approximately 200 g two weeks after the surgery. On the same visit patients were surveyed upon pain incidence lasting longer than 48 h. Miniscrew stability and soft tissue condition were then closely examined at each appointment. TADs were considered long-term stable if they served as an anchorage until completion of distalization of the mandibular teeth. During the follow-up visits (every 4–6 weeks), miniscrew stability and condition of the surrounding soft tissue were evaluated. Hypertrophy of the gingiva and/or redness and/or tendency to bleed was noted as the inflammation presence.

Statistical analysis was performed with Statistica 12, with McNemar's test, the chi-square test (with Yates amendment if needed) and the phi coefficient to analyze the effect size. The level of significance was set at $p = .05$. Cumulative survival of the SH2018-10 and SH1514-08 miniscrews over time was determined with the Kaplan–Meier analysis. Comparison of cumulative survival between two TADs sizes was performed using the log-rank test.

Results

Success rates of the TADs were: 91.3% for SH2018-10 and 75% for SH1514-08 screws. Results of the McNemar's test showed a statistically significant ($p < .05$) correlation



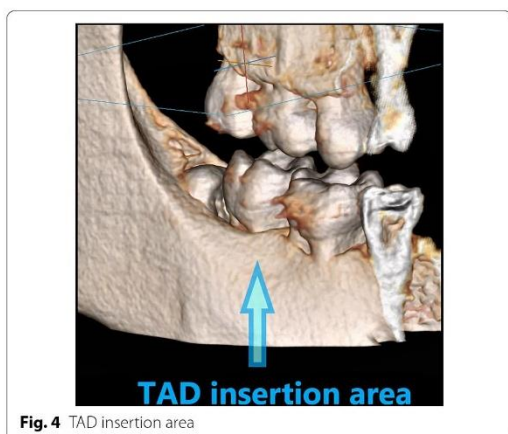


Fig. 4 TAD insertion area



Fig. 5 Frontal cross-section of mandibular buccal shelf illustrating axial inclination of the TAD (extra-alveolar approach)

between the miniscrew size and its success rate with a higher probability of survival for the larger SH2018-10 screws. No statistical difference was found between right and left sides (Table 1).

Inflammation of the oral mucosa was noticed around both types of the miniscrews, affecting 50% of the SH2018-10 and 26.09% of the SH1514-08 miniscrews; this difference was statistically significant ($p < .05$) (Table 2).

Pain lasting longer than 48 h after implantation occurred three times more frequently after insertion of the larger TADs. This pain accompanied 60.87% and 20.65% of the SH2018-10 and the SH1514-08 implanted miniscrews, respectively. The difference was statistically significant ($p \leq .001$) (Table 3).

Results of the Pearson's Chi-square test showed that a statistically significant risk of failure due to inflammation was only related to SH1514-08 screws ($p \leq .001$). Statistically, inflammation did not cause a higher failure rate of the SH2018-10 screws (Table 4). When inflammation was present, the overall success rate declined to 64.29%, from 94.74% noted for TADs without inflammation.

The results of the Kaplan-Meier survival analysis over time between SH2018-10 and SH1514-08 miniscrews are presented in Fig. 6. According to the log-rank test, smaller TADs failed significantly sooner than the larger ones ($p = .002$).

Discussion

Unfortunately, the use of TADs still carries a certain risk of failure distinctly varying in individuals [6, 20, 21]. Patient's characteristics and local bone quality are often listed as the critical factors [6, 21]. Therefore, TADs stability in the mandible or in the maxilla may differ substantially. Kuroda et al. [20] and Tseng et al. [21] reported that skeletal anchorage remains stable more often in the maxilla than in the mandible. Park et al. [11] and Chen et al. [22] came to similar conclusions placing the TADs distally in the alveolar part of the mandible. Meta-analysis carried out by Hong et al. [14] also confirmed that stability of the TADs placed in the mandible is 2.23 times lower than in the maxilla, which is a statistically significant difference. However, the multiple data demonstrating that achieving stable TAD position in the posterior part of the mandible vary substantially: from 66.7 to 92.8% of cases [1213152021], fully justifying the aim of our study.

Miyawaki et al. [23] tested mini-implants of different sizes in the mandible. The authors showed that the TADs stability improved as the diameter of the screws got larger. Chang et al. [13], quoted in the introduction of this paper, also achieved very high success rate, namely: 92.8% stability of 1680 stainless steel (2 mm × 12 mm) miniscrews inserted in the mandibular buccal shelf, parallel and distal to the lower first and second molar roots. On the contrary, in the study by Manni et al. [24] the smaller miniscrews (1.3 mm × 11 mm) showed significantly higher success rate than the larger ones (1.5 mm × 9 mm and 1.5 mm × 11 mm). However, the previous mini-implants were placed in both jaws, mainly in the anterior area (intra-alveolar approach), where the cortical bone is thin and the distance between the adjacent teeth is

Table 1 Statistical analysis results: the overall TADs stability and the TADs stability in relation to their side of placement

TAD	Side	Success rate % (n)	The Pearson's Chi-square test result	p value	Contingency (C) coefficient	Phi coefficient
SH2018-10		91.3 (84)	8.728653	p = 0,0031	0.2128141	-0.217803
SH1514-08		75.0 (69)				
SH2018-10	Right	91.11 (41)	0.0041427	p = .94,868	0.0067103	0.006710
	Left	91.49 (43)				
SH1514-08	Right	76.60 (36)	0.1304965	p = .71,792	0.0376355	0.0376622
	Left	73.33 (33)				

Table 2 Statistical analysis results: comparison of the TADs in terms of inducing inflammation of oral mucosa

TAD	Inflammation incidence % (n)	The Pearson's Chi-square test results	p value	Contingency coefficient (C)	Phi coefficient
SH2018-10	50.0 (46)	11.15990	0.00084	0.2391304	0.246276
SH1514-08	26.09 (24)				

Table 3 Statistical analysis results: comparison of the TADs in terms of inducing pain lasting longer than 48 h

TAD	pain incidence % (n)	The Pearson's Chi-square test results	p value	Contingency coefficient (C)	Phi coefficient
SH2018-10	60.87 (56)	30.81297	0.00000	0.3787359	-0.409221
SH1514-08	20.65 (19)				

Table 4 Results of statistical significance of TADs failure risk posed by the inflammation of oral mucosa

TAD	Stability	Inflammation incident % (n)		The Pearson's Chi-square test result	p value
		Present	Absent		
SH2018-10	Failure	10.87 (5)	6.52 (3)	0.5476190	0.45929
	Success	89.13 (41)	93.48 (43)	0.1369048 *	0.71138 *
SH1514-08	Failure	83.33 (20)	4.41 (3)	58.92810	0.00000
	Success	16.67 (4)	95.59 (65)		
SH2018-10 and SH1514-08	Failure	35.71 (25)	5.26 (6)	28.70611	0.00000
	Success	64.29 (45)	94.74 (108)		

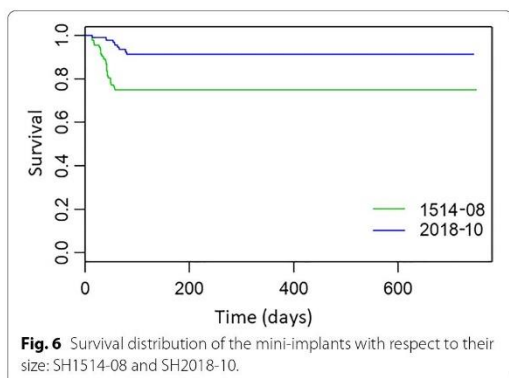
*With Yates amendment

relatively short. Such anatomy somehow forces the use of small diameter screws and immediately favors rejection of the larger ones.

Despite smaller mini-implants are easier to insert between the roots, minor reduction in their size declines the torsional strength significantly and can increase the risk of implant fracture. Therefore, it is advisable to avoid miniscrews smaller than 1.2 or 1.3 mm in diameter when placing into the thick mandibular cortical bone, where miniscrew fracture is more likely to occur [6, 17, 20–25]. A meta-analysis performed by Hong et al. [14] also showed that increasing the TAD diameter above

1.4 mm gives a 1.61 times greater chance of stability. It is in accordance with our study, where 91.3% of the SH2018-10 screws were stable compared to 75% of the SH1514-08 screws. It should be emphasized that despite a larger TADs diameter we did not violate biomechanics thanks to appropriate miniscrew location (extra-alveolar approach), that enabled bodily tooth-movement of the mandibular dentition.

Oral mucosa inflammation can result in progressive damage of the cortical bone surrounding the implant's neck, which endangers its stability [26]. Studies demonstrated that incidence of inflammation statistically



contributes to mini-implant loss [27], which is partially in accordance with our study, since it concerned only smaller miniscrews. SH1514-08 screws were nearly 8-times more likely to fail due to inflammation compared with the SH2018-10 ones. Failure of the larger SH2018-10 screws due to inflammation was of no statistical significance (Table 4), nonetheless they caused inflammation in half the cases. Despite the inflammation, the larger TADs were less likely to fail, probably due to their higher bone-miniscrew contact ratio and better mechanical interlocking compared to SH1541-08 ones. In our study, we utilized the optimal position for the TADs according to Chang [13]: lateral to the first and second molar interproximal area, approximately 5 mm from the alveolar crest, and insertion at an angulation of about 30° to the bone surface. According to CBCT measurements of mandibular buccal shelf in Class III patients at a 30° angle for sites 3–7 mm from the alveolar crest, angulating the TAD in comparison to perpendicular approach consistently increased bone contact from 0.56 to 1.23 mm, which was a ~25–30% increase at all sites. This was an important consideration, since even a 0.5 mm difference in cortical bone thickness (bone-miniscrew contact ratio) can affect the success rate. The median for inclined cortical bone thickness at the recommended sites ranged from 3.54 to 4.05 mm, which was more than sufficient for primary stability, particularly valuable for the entire arch distalization, which itself requires a stable anchorage [13].

It is known from the literature that irritation around TADs placed in the posterior part of the mandible can be triggered by chewing [11], therefore the attached gingiva is recommended for TADs location in order to avoid interference with the functional movements of the soft tissues and—subsequently—their inflammation [28]. However, larger TADs cannot be inserted into the

inter-radicular spaces. For this reason the other option proposed by Chang et al. [13], namely placing miniscrews in elevated position with the screw head at least 5 mm above the soft tissue level, is promising in terms of preventing peri-screw inflammation. Nevertheless, it does not exempt from providing instruction of oral hygiene and monitoring the condition of soft tissues at each appointment in order to reduce the risk of inflammation. Since the stability of the smaller miniscrews was significantly impaired by inflammation, even minor precautions should be taken into consideration. In our study, all patients were instructed to use chlorhexidine gel for two weeks after TADs insertion due to its antibacterial properties, that minimize risk of tissue inflammation, and its ability to slow down epithelialization, reducing the likelihood of soft-tissue overgrowth [29]. Regarding details, better hygiene is often achieved on the left side in right-handed patients, who constitute most of the population [30]. Park et al. [11] stated that TADs placed on the left side exhibited higher success rates than those placed on the right side. However, in our study no statistical difference was found between both sides.

Nevertheless, even when perfect hygiene is maintained and implantation properly performed, small fraction of patients may have a genetic predisposition to TADs failure, especially when they fail bilaterally [13]. Andruccioli et al. [31] evaluated the gene expression of proinflammatory cytokines and osteoclastogenesis mediators in peri-miniscrew gingival tissue samples using real-time polymerase chain reaction, to verify if gingival inflammation and bone resorption could be associated with implant failure. They concluded that the higher IL-6 expression could be associated with miniscrew failure, since a prolonged excessive release of IL-6 was translated into persistent oral inflammation and tissue destruction via proteases, osteoclasts and methylation changes. There are several polymorphisms in the promoter region of IL-6, and among them the IL-6 174 GG genotype plays as a risk factor of chronic periodontitis in Brazilian and Caucasian population [32]. Patients genetically predisposed to periodontitis may have the higher risk of miniscrew failure. Excessive and sustained production of IL-6 is also associated with a variety of inflammatory diseases like rheumatoid arthritis, Castleman disease, systemic-onset juvenile idiopathic arthritis or cytokine releasing syndrome [33]. Potential genetic complications constitute crucial considerations for informed consent since in case of TADs failure alternate treatment methods may be desirable: extractions, headgear or orthognathic surgery.

Pain lasting longer than 48 h is an unfavorable phenomenon, which was also observed by Miyawaki et al. [23] and Kuroda et al. [20]. In the latter study, Kuroda et al. [20] used two types of miniscrews and one type of

10. Papageorgiou SN, Zogakis IP, Papadopoulos MA. Failure rates and associated risk factors of orthodontic miniscrew implants: a meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(5):577–95.
11. Park HS, Jeong SH, Kwon OW. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;130(1):18–25.
12. Antoszewska J, Papadopoulos MA, Park HS, Ludwig B. Five-year experience with orthodontic miniscrew implants: a retrospective investigation of factors influencing success rates. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(2):158.e1–158.e10.
13. Chang C, Liu SSY, Roberts WE. Primary failure rate for 1680 extra-alveolar mandibular buccal shelf mini-screws placed in movable mucosa or attached gingiva. *Angle Orthod.* 2015;85(6):905–10.
14. Hong SB, Kusnoto B, Kim EJ, BeGole EA, Hwang HS, Lim HJ. Prognostic factors associated with the success rates of posterior orthodontic mini-screw implants: a subgroup meta-analysis. *Korean J Orthod.* 2016;46(2):111–26.
15. Sarul M, Minch L, Park HS, Antoszewska-Smith J. Effect of the length of orthodontic mini screw implants on their long term stability: a prospective study. *Angle Orthod.* 2015;85(1):33–8.
16. Liu TC, Chang CH, Wong TY, Liu JK. Finite element analysis of miniscrew implants used for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141(4):468–76.
17. Lu YJ, Chang SH, Ye JT, Ye YS, Yu YS. Finite element analysis of bone stress around micro-implants of different diameters and lengths with application of a single or composite torque force. *PLoS ONE.* 2015;10(12):e0144744.
18. Barros SE, Vanz V, Chiqueto K, Janson G, Ferreira E. Mechanical strength of stainless steel and titanium alloy mini-implants with different diameters: an experimental laboratory study. *Prog Orthod.* 2021;22(1):9.
19. Nicholson JW. Titanium alloys for dental implants: a review. *Prosthesis.* 2020;2(2):100–16.
20. Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Clinical use of mini-screw implants as orthodontic anchorage: success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(1):9–15.
21. Tseng YC, Hsieh CH, Chen CH, Shen YS, Huang IY, Chen CM. The application of mini-implants for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2006;35(8):704–7.
22. Chen CH, Chang CS, Hsieh CH, Tseng YC, Shen YS, Huang IY, et al. The use of micro-implants in orthodontic anchorage. *J Oral Maxill Surg.* 2006;64:1209–13.
23. Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;124(4):373–8.
24. Manni A, Cozzani M, Tamborrino F, De Rinaldis S, Menini A. Factors influencing the stability of miniscrews. A retrospective study on 300 miniscrews. *Eur J Orthod.* 2011;33(4):388–95.
25. Beltrami R, Sfondrini MF, Confalonieri L, Carbone L, Bernardinelli L. Miniscrews and mini-implants success rates in orthodontic treatments: a systematic review and meta-analysis of several clinical parameters. *Dentistry.* 2015;5(12):346.
26. Zitzmann NU, Berglundh T, Ericsson I, Lindhe J. Spontaneous progression of experimentally induced peri-implantitis. *J Clin Periodontol.* 2004;31(10):845–9.
27. Sharma P, Valiathan A, Sivakumar A. Success rate of microimplants in a university orthodontic clinic. *ISRN Surg.* 2011;2011:982671.
28. Luzi C, Verna C, Melsen B. Guidelines for success in placement of orthodontic mini-implants. *J Clin Orthod.* 2009;43(1):39–44.
29. Kravitz ND, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007;131(Suppl 4):43–51.
30. Tezel A, Orbak R, Canakci V. The effect of right or left-handedness on oral hygiene. *Int J Neurosci.* 2001;109(1–2):1–9.
31. Andrucicli MCD, Matsumoto MAN, Fukada SY, Saraiva MCP, Bergamo AZN, Romano FL, et al. Quantification of pro-inflammatory cytokines and osteoclastogenesis markers in successful and failed orthodontic mini-implants. *J Appl Oral Sci.* 2019;27:e20180476.
32. Zhu J, Guo B, Fu M, Guo W, Yuan Y, Yuan H, et al. Interleukin-6-174G/C polymorphism contributes to periodontitis susceptibility: An updated meta-analysis of 21 case-control studies. *Dis Markers.* 2016;2016:9612421.
33. Narazaki M, Kishimoto T. The two-faced cytokine IL-6 in host defense and diseases. *Int J Mol Sci.* 2018;19(11):3528.
34. Baxmann M, McDonald F, Bourauei C, Jäger A. Expectations, acceptance, and preferences regarding microimplant treatment in orthodontic patients: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(3):250.e1–250.e10.
35. Lee TCK, McGrath CPJ, Wong RWK, Rabie ABM. Patients' perceptions regarding microimplant as anchorage in orthodontics. *Angle Orthod.* 2008;78(2):228–33.
36. Wiechmann D, Meyer U, Büchter A. Success rate of mini- and micro-implants used for orthodontic anchorage: a prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res.* 2007;18(2):263–7.
37. Garfinkle JS, Cunningham LL Jr, Beeman CS, Kluemper GT, Hicks EP, Kim MO. Evaluation of orthodontic mini-implant anchorage in premolar extraction therapy in adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(5):642–53.

Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

At BMC, research is always in progress.

Learn more biomedcentral.com/submissions



miniplate. They observed that over 60% of the patients with the larger screws reported pain in the third day after the implantation. This result is similar to ours: smaller miniscrews were significantly better tolerated than the larger ones. Kuroda et al. [20] believed that the mucoperiosteal flap reflection was the pain-causing factor. Our results seem to decline such concept: the patients experienced pain regardless our flap-less protocol. Furthermore, despite the reports that the level of prolonged pain after TAD insertion is comparable with the one associated with tooth extraction [34], or even with discomfort related to the initial tooth alignment [35], the issue of postoperative pain threshold is very individual and, thus can't be disregarded.

In our study, the Kaplan-Meier survival analysis demonstrated that the SH1514-08 miniscrews failed significantly sooner compared to the SH2018-10 ones ($p=.002$). In the study by Wiechmann et al. [36], majority of the miniscrews with two different diameters (1.1 and 1.6 mm), placed buccally in the mandible failed within 50 days after placement, which is in accordance with the findings of Garfinkle et al. [37], who used 1.6 × 6 mm miniscrews. On the other hand, Chang et al. [13], who evaluated larger 2 × 12 mm miniscrews, reported average failure time of 3.3 months, which was similar to 3.4 months reported by Park et al. [11], evaluating smaller mini-implants with a diameter of 1.2 mm, 5–10 mm long. In our study majority of the miniscrew failures occurred within one to three months from their insertion, after which time success levels remained constant throughout the rest of the treatment. The survival curve was more steep and erratic for smaller TADs than for the larger ones. This observation lends credence to the theories suggesting that by increasing the TAD size one can achieve improved stability.

Conclusion

We provided the evidence that larger SH2018-10 miniscrews are the anchorage of choice as for the placement in the mandibular buccal shelf, out of the alveolar part, lateral to the first and second molar interproximal area, as they demonstrated a significantly higher success rate (91.3%) compared to the smaller SH1514-08 ones (75%).

Inflammation associated with the miniscrews did not affect stability of the larger TADs, contrary to the smaller ones, which were more prone to failure. For this reason, every precaution should be taken to prevent peri-miniscrew inflammation by emphasizing proper oral hygiene regimen and, avoiding irritation of TADs.

Since larger TADs trigger inflammation and long-lasting pain considerably more often than SH1514-08 miniscrews, this issue should be discussed with every patient prior to the TADs use.

Acknowledgements

Not applicable.

Author contributions

MS: principal investigator, study design, data collection, statistical analysis, results interpretation, writing manuscript. JL: methodology, draft review and editing. HSP: draft review. KR: data analysis, results interpretation, writing manuscript. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Funding

No funding to declare.

Availability of data and materials

The data that support the findings of our study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Declarations

Ethics approval and consent to participate

The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and was approved by the Bioethics Committee of the Wrocław Medical University (approval no. 293/2007). All the steps were performed in accordance with the relevant guidelines and regulations. Written informed consent was obtained from all patients.

Consent for publication

Not applicable.

Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

¹Department of Dentofacial Orthopedics and Orthodontics, Wrocław Medical University, ul. Krakowska 26, 50-425 Wrocław, Poland. ²Department of Orthodontics, School of Dentistry, Kyungpook National University, Daegu 41940, Korea.

Received: 18 June 2022 Accepted: 14 September 2022

Published online: 20 September 2022

References

- Brånemark PI. Osseointegration and its experimental background. *J Prosthet Dent.* 1983;50(3):399–410.
- Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod.* 1997;31(11):763–7.
- Costa A, Raffaini M, Melsen B. Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1998;13(3):201–9.
- Park HS, Bae SM, Kyung HM, Sung JH. Micro-implant anchorage for treatment of skeletal class I bialveolar protrusion. *J Clin Orthod.* 2001;35(7):417–22.
- Wahabuddin S, Mascarenhas R, Iqbal M, Husain A. Clinical application of micro-implant anchorage in initial orthodontic retraction. *J Oral Implantol.* 2015;41(1):77–84.
- Antoszewska J, Raftowicz-Wójcik K, Kawala B, Matthews-Brzozowska T. Biological factors involved in implant-anchored orthodontics and in prosthetic-implant therapy: a literature review. *Arch Immunol Ther Exp.* 2010;58(5):379–83.
- Tan JM, Liu YM, Chiu HC, Chen Y. Molar distalization by temporary anchorage devices (TADs)—a review article. *Taiwan J Orthod.* 2017;29(1):8–15.
- Hu H, Chen J, Guo J, Li F, Liu Z, He S, Zou S. Distalization of the mandibular dentition of an adult with a skeletal Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(6):854–62.
- Alharbi F, Almuzian M, Bearn D. Miniscrews failure rate in orthodontics: systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 2018;40(5):519–30.

Brief Report

Effect of the Increasing Operator's Experience on the Miniscrew Survival Rate

Joanna Lis , Kornelia Rumin , Michał Sarul  and Beata Kawala * 

Department of Dentofacial Orthopedics and Orthodontics, Wrocław Medical University, 50-425 Wrocław, Poland
* Correspondence: beata.kawala@umw.edu.pl; Tel.: +48-71-784-02-99

Abstract: The aim of our study was to determine the learning curve of orthodontic miniscrew insertion in novices, unsupervised and supervised by experts. Three inexperienced orthodontists, two unsupervised (JA-S, MS) and one supervised (JL) by the experts, inserted 404 AbsoAnchor[®] miniscrews (Dentos, SH131208) into 202 patients for en masse retraction or distalization purposes. Miniscrews were inserted symmetrically on both sides of the maxilla between the 2nd bicuspid and the 1st molar. Then, the miniscrew survival rate and the orthodontists' learning curves were estimated. After first 40 insertions JA-S, MS, and JL achieved 73, 70, and 83% of stable miniscrews, respectively. The overall outcome showed that after 74 and 118 insertions, the miniscrew survival rate reached 80% and 85%, respectively, and from that point the learning curve still presented an ascending trend. The success rate increased significantly: by 1.016 times with every procedure (odds ratio = 1.016, $p = 0.006$). Since the success rate significantly increased after each miniscrew insertion in the buccal maxillary area, this finding might encourage hesitating clinicians to introduce the miniscrews to the daily practices. Obtained data could also help to plan an effective training system for novice orthodontists.

Keywords: skeletal anchorage; miniscrews; orthodontic treatment



Citation: Lis, J.; Rumin, K.; Sarul, M.; Kawala, B. Effect of the Increasing Operator's Experience on the Miniscrew Survival Rate. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 11647. <https://doi.org/10.3390/app122211647>

Academic Editors: Domenico Ciavarella, Angela Pia Cazzolla, Nunzio Francesco Testa and Michele Di Cosola

Received: 20 October 2022
Accepted: 15 November 2022
Published: 16 November 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Temporary anchorage devices (TADs) have become widely popular due to their ability to provide compliance-free skeletal anchorage, which is irreplaceable in some clinical cases. Since every clinician's aim is to advocate the medical procedure perfectly, over the years researches have thoroughly investigated the risk factors associated with TADs failure, such as: age, sex, type of malocclusion, location, thickness of mucosa, type of mucosa, thickness of the cortical bone, position (left or right side), proximity of the tooth roots, hygiene, smoking habits, TAD type, length and diameter, time of loading, applied force, type of movement, and clinician's experience at the moment of TAD insertion [1].

To date, only a few clinical studies have assessed the learning curve of TAD insertion or progressive clinician's experience as variables influencing TAD stability [2–7]. The evaluation of such a learning curve could improve the accuracy of insertion and provide patients with safe and high-quality care. Therefore, the aim of our study was to determine how the operator's experience, increasing over time, affects the TAD survival rate in patients with bilaterally inserted miniscrews in the posterior region of the maxilla. To do so, we formulated two hypotheses:

1. There is a correlation between increasing operator's experience and percentage of failure/success rates,
2. There is a threshold in terms of the number of inserted TADs that secures a relatively high (80% and 85%) and subsequently increasing success rate.

2. Materials and Methods

In order to determine effect of the increasing operator's experience on the miniscrew survival rate, the learning curves of two orthodontists JA-S and MS, novices when it came

to implanting TADs, were analyzed and—seven years later—compared with an analogous chart obtained by the third clinician JL, a postgraduate student trained and supervised by JA-S and MS.

The analyzed study material comprised 202 generally healthy patients (both genders) aged from 20 to 50 years, without symptoms of oral diseases and with good oral hygiene, treated at the Department of Dentofacial Orthopedics and Orthodontics, Wrocław Medical University. All patients presented with skeletal Class II, with either a hypodivergent or normal angle between the maxillary and mandibular planes, with excellent oral hygiene determined by the Simplified Oral Hygiene Index (OHI-S), which was rated as good (0.0–1.2). Records also showed that the patients with massive frenula, which could potentially irritate the TAD's heads while chewing or during facial muscles activity, were disqualified as the recipients of skeletal anchorage reinforcement.

In total, patients received 404 TADs. Within first six months JA-S and MS inserted 160 TADs each, whilst JL implanted 84 TADs within an analogous period. Miniscrews came from one manufacturer, AbsoAnchor[®] (Dentos, Daegu, South Korea), and served as an anchorage for symmetrical dental movements: either distalization of the maxillary dentition or en masse retraction of six anterior maxillary teeth after extraction of first premolars. Eight-millimeter long, made of titanium alloy (Ti-6Al-4V), tapered (diameter of 1.3 mm at the neck and 1.2 mm at the apex) miniscrews SH1312-08 were inserted on both sides of the maxilla between the 2nd bicuspid and the 1st molar, in a high position (nonkeratinized mucosa) for en masse retraction or in a low position (keratinized mucosa) for distalization purposes. All TADs were loaded directly with the NiTi coil-springs (Dentos, Daegu, South Korea), delivering a force of 150 g–200 g.

All clinicians applied the Wrocław protocol of TAD insertion and management, with mandatory elements of (a) securing perpendicular insight into the operative area; (b) vertical stab incision (3–4 mm) and pre-drilling with a working speed of 500–1000 rpm under massive saline irrigation; (c) 30°–40° angulation of TAD to the alveolar process in order to reduce the risk of the root injury, as well as not to impair the tooth movement; (d) ligature wire extensions in every TAD inserted in a high position; (e) loading two weeks after TAD insertion and the healing of aseptic inflammation; (f) no prescription of analgesics or antibiotics; and (g) post-operative instructions for the patients to maintain perfect oral hygiene, to apply gel with chlorhexidine (Elugel[®], Pierre Fabre) around TADs for the first 4 weeks after insertion and to avoid any accidental hits against TADs, e.g., with a toothbrush [8].

Severe mobility requiring replacement, as well as spontaneous TAD loss prior to finishing an orthodontic treatment, counted as their failure; otherwise, they were considered stable.

In the case of each doctor, TAD stability/instability was checked at every control visit till the end of orthodontic treatment, which lasted 16 (± 5) months on average.

Statistical Analysis

The acquired data was subjected to statistical analysis with STATISTICA (data analysis software system), version 12, StatSoft, Inc. (2014), Tulsa, OK, United States) in order to confirm or deny the hypotheses. In order to determine the best possible model, stepwise regression, which includes forward selection and backwards elimination, was applied. Next, the logistic regression models, relative risk, and odds ratio were calculated for each physician separately and in total. Goodness-of-fit was determined to show how accurately the results supported the decision making process. Statistical significance was set at $p = 0.05$.

3. Results

Total success rate reached 79.46% (321/404). Separately, it equaled 80% (128/160) for JA-S, 76.25% (122/160) for MS, and 84.52% (71/84) for JL.

The success rate with the following groups of 40 TAD insertions is demonstrated in the Table 1. Evaluating each orthodontist's separately, after the first 40 insertions, JA-S, MS, and JL achieved 72.5%, 70%, and 82.5% of stable TADs, respectively. Then, the discussed

percentage increased up to 90%, 87.5%, and 85%. As can be seen on the overall learning curve, 80% and 85% TAD survival rates occurred after 74 and 118 insertions, respectively (Figure 1).

Table 1. Success rate of TAD insertions (according to groups of 40 TADs) for each doctor separately and in total.

	Success Rate %			
	First Group of 40 TADs	Second Group of 40 TADs	Third Group of 40 TADs	Fourth Group of 40 TADs
JAS	72.5%	77.5%	80%	90%
MS	70%	67.5%	80%	87.5%
JL	82.5%	85%		
Total	75%	76.7	80%	88.8%

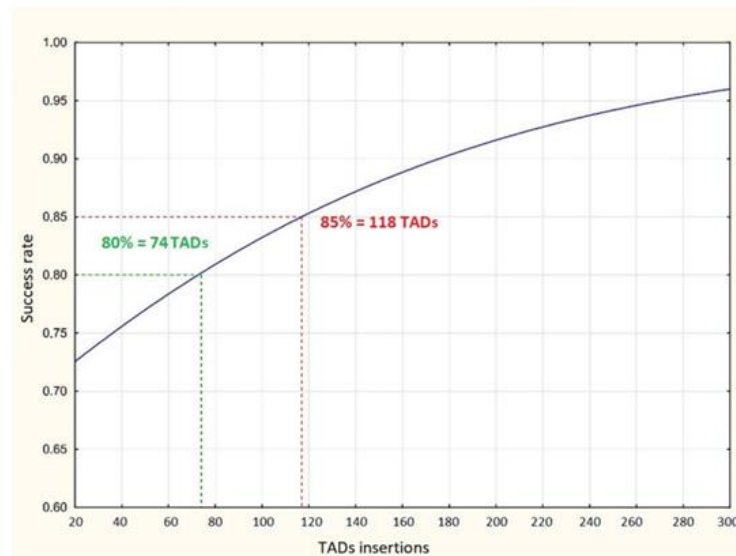


Figure 1. Total learning curve in TAD insertion—logistic regression model.

From that point, the TAD total success rate still presented an ascending tendency.

As can be seen from the learning curves, the postgraduate student JL exceeded 80% success rate from the start, while for JA-S and MS, the 80% threshold was reached after 76 and 98 TAD insertions, respectively. A success rate of 85% was achieved by JL, JA-S, and MS after 48, 112, and 130 TAD insertions, respectively (Figure 2).

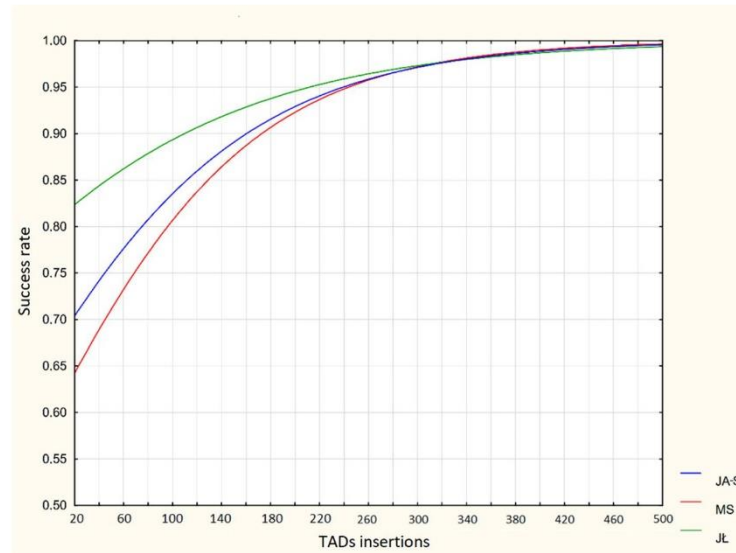


Figure 2. Each operator’s learning curves in TAD insertion—logistic regression model.

Statistical analysis proved that effectiveness in achieving stability increased by 1.016 ($p = 0.006$) times with every TAD placement (Table 2), and it was significantly affected by the number of executed procedures or—in other terms—the operator’s gradually gathered experience. The chance of a successful procedure did not depend on a particular doctor.

Table 2. Results of the logistic regression model.

	β Coefficient	Standard Error	Upper Limit of 95% CI	Lower Limit of 95% CI	p Value	Odds Ratio	Lower Limit of 95% CI for OR	Upper Limit of 95% CI for OR
Intercept	0.814	0.222	0.379	1.249	0.000	2.257	1.461	3.487
Procedure (TAD insertion)	0.016	0.006	0.004	0.027	0.006	1.016	1.004	1.027

4. Discussion

Clinician’s experience and expertise might significantly affect any medical procedure. Our study proved that this rule also applies to survival rate of TADs, which were implanted symmetrically in the maxillary buccal region. Kim et al. [2] surveyed 210 palatal miniscrews implanted by the same operator within the first 6 years of his experience. After 18 months or the insertion of 36 TADs, the success rate equaled 75% and then gradually improved to over 90%, finally reaching 97.9%. In our study, we achieved similar results at the beginning, although at the end of the survey none of the three clinicians exceeded the 90% success rate. This may be explained by two factors: 1. the lower number of TADs inserted by a single doctor in our research, and 2. the edentulous mid-palatal area utilized by Kim et al. [2], which has already been proven to secure superior TAD stability. This minor risk of TAD loss from the palate is owed to a compact bone and thin gingival tissue in this area, contrary to the buccal aspect utilized in our study. Lim et al. [5], who reported 100% stable mid-palatal miniscrews (25/25), although assessed prior to orthodontic force application, also confirmed such superiority of palate for the TAD location. In the study by Lim et al. [5], one operator also inserted 353 miniscrews in the sites other than the midpalatal one (the maxillary buccal molar, the palatal slope, the mandibular buccal molar, and the mandibular buccal canine area). Regardless of the fact that the stability increased after the insertion of

40 TADs, the authors eventually determined that the clinician's experience did not affect the success rate in statistically significant manner.

Although many studies have reported the success of TADs placed by the same operator, it is still interesting to compare the TAD progressive survival rate for a beginner and a well experienced professional, something that is absent from the literature. Oh et al. [9], who evaluated the success rates achieved by clinicians with various levels of experience, found the score of the professor (98.1%) remarkably higher than that of the postgraduate students (70.8%). The authors concluded that among many factors affecting the success of miniscrews, the operator's skill must not be neglected. Our project not only proved the role of experience in achieving the TAD high success rate but also demonstrated the process of the learning curve itself. Our current experts (JA-S and MS) provided the data collected at the beginning of their involvement in TAD insertion, when JA-S was an associate professor and MS a lecturer, which explains the relatively poor results after the first 40 insertions. However, the youngest doctor (JL) who received his training from by that time already experienced orthodontists—JA-S was already a professor and MS an associate professor—demonstrated fast-ascending learning curve. It fully justifies the statement that the learning of miniscrew insertion is highly beneficial and efficient, if supported by the expertise of more knowledgeable colleagues. However, according to the results of the logistic regression analysis, the chance of a successful procedure did not depend on the doctor (their academical or clinical experience) but only on the number of procedures performed when learning a new technique. Although increasing the probability of the miniscrew success by 1.016 times with each procedure may not seem like much, with any learning curve consistency is the key. The role of growing experience, remarkably contributing to the higher success rate of TADs, was also confirmed by the study of Fritz et al. [10], which investigated the success rate of the miniscrews serving as anchorage for premolar distalization and molar uprighting, mesialization, distalization, or intrusion. In this study, 11 out of 36 miniscrews failed before the end of treatment, corresponding to a high failure rate of 30%. Again, the failure rate tended to decline with the time duration of the study and with increasing operator's experience or the ascending learning curve.

It is natural to expect that clinicians inexperienced in TAD placement are likely to have more potential failures since they are learning a new technique. Lim et al. [3] reported that practitioners who inserted more than 20 self-drilling miniscrews obtained approximately a 3.6-fold higher rate of initial stability compared to TADs implanted by less experienced clinicians. The authors considered "wobbling" or an inadequate miniscrew angle as the two major factors responsible for failure caused by an inexperienced operator. At this point, it is worth noting that although Lim et al. [3] achieved a high overall success rate of 93.1% (379/407), they assessed stability only one week after placement, while most miniscrews usually fail several weeks or months after placement [11,12]. In our study, a period of observation lasted 16 (± 5) months; therefore, we avoided bias resulting from reporting "success" prematurely. Still raising the issue of comparison of experience and its lack, in the study by Chen et al. [6] there was no significant difference in the failure rates between an oral surgeon and an orthodontist who were both introduced to a new mini-implant system. They both exhibited the same learning curve regardless of the fact that the oral surgeon had inserted hundreds of pre-drilling miniscrews in the past. However, the novel technique, namely, the self-drilling type of miniscrews, ensured the oral surgeon encounter had a high failure rate, and again, such a result confirms the necessity of the gradually progressing learning curve in order to obtain excellence in any orthodontic or dental field. Furthermore, the same oral surgeon [13] lost 17.4% of TADs as a novice in inserting pre-drilling miniscrews, and then—three years later—reduced that number to 9.5% [6].

A lack of experience with TAD placement may possibly result in TAD insertion in the proximity of dental roots, which is recognized as a major factor for TAD loss [14–16]. In a study by Cho et al. [17], experienced and inexperienced dentists drilled 192 and 240 holes in phantoms, respectively. It turned out that novice operators generated a statistically significant

higher occurrence of root contacts (21.3%) than their advanced colleagues (13.5%). Similar results were reported in the in vitro study by Pérez et al. [18], where an orthodontist student without experience inserted stainless steel alloy orthodontic miniscrews less accurately than an orthodontist with 10 years of experience, which resulted in more intraoperative complications (root perforations). Therefore, it is no wonder that even fear of complications is a psychological factor restraining inexperienced doctors from performing new surgical procedures [19]. Antoszevska et al. [15] evaluated this issue in a group of 35 orthodontists placing miniscrews for the first time in typodonts with the gingival part covered with an opaque tape. The fear level was measured before and after the experiment and ranked on a 10-point visual scale. Regardless of the fact that the percentage of TADs that were in contact with the dental root was relatively high (23.57%), the mean fear level declined from 4.6 before the insertion to 3.2 after this procedure. The risk of the root, maxillary sinus, or mandibular canal injury occupied the main positions on the list of scaring factors. It can therefore be concluded that providing detailed theoretical and practical training to orthodontists may diminish their fear level. In this context, the particularly important result of our study is the one proving that with every procedure, the probability of the miniscrew success increased by 1.016 times, and it was regardless of whether the operator was a titled scientist (JA-S, the associate professor, and MS, the lecturer) or a newcomer (JL, the postgraduate student).

5. Conclusions

1. Just like any other technique, TAD placement has a learning curve.
2. Decent survival rates of 80% and 85% were established after the insertion of 74 and 118 TADs, respectively. Moreover, the success rate significantly increased (1.016 times) after each procedure of TAD insertion in the buccal maxillary area. These findings might encourage hesitating clinicians to introduce the miniscrews to their daily practices, especially for en masse retraction or the distalization of maxillary teeth.
3. The opportunity to learn from more experienced colleagues could be both beneficial and productive for novice clinicians. Thus, it seems advisable to create an effective training system that emphasizes all of the factors related to TAD stability prior to their placement.

Author Contributions: Conceptualization, M.S. and J.L.; methodology, M.S.; software, M.S.; validation, J.L., M.S., and B.K.; formal analysis, M.S. and K.R.; investigation, J.L., M.S., and K.R.; resources, K.R.; data curation, J.L., M.S., and K.R.; writing—original draft preparation, K.R. and J.L.; writing—review and editing, B.K.; and supervision, B.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted according to the guidelines of the Declaration of Helsinki.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Dalessandri, D.; Salgarello, S.; Dalessandri, M.; Lazzaroni, E.; Piancino, M.; Paganelli, C.; Maiorana, C.; Santoro, F. Determinants for success rates of temporary anchorage devices in orthodontics: A meta-analysis ($n > 50$). *Eur. J. Orthod.* **2014**, *36*, 303–313. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Kim, Y.H.; Yang, S.; Kim, S.; Lee, J.Y.; Kim, K.E.; Gianelly, A.A.; Kyung, S.H. Midpalatal miniscrews for orthodontic anchorage: Factors affecting clinical success. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2010**, *137*, 66–72. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Lim, H.; Choi, Y.; Evans, C.A.; Hwang, H. Predictors of initial stability of orthodontic miniscrew implants. *Eur. J. Orthod.* **2011**, *33*, 528–532. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Papadopoulos, M.A.; Papageorgiou, S.N. Current evidence on clinical performance of miniscrew implants in orthodontic treatment. *Semin. Orthod.* **2013**, *19*, 162–173. [[CrossRef](#)]

5. Lim, H.; Eun, C.; Cho, J.; Lee, K.; Hwang, H. Factors associated with initial stability of miniscrews for orthodontic treatment. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2009**, *136*, 236–242. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Chen, Y.; Chang, H.; Lin, H.; Lai, E.H.; Hung, H.C.; Yao, C.C. Stability of miniplates and miniscrews used for orthodontic anchorage: Experience with 492 temporary anchorage devices. *Clin. Oral Implants Res.* **2008**, *19*, 1188–1196. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Jung, B.A.; Liechti, T. Prognostic parameters contributing to palatal implant failures: A long-term survival analysis of 239 patients. *Clin. Oral Implants Res.* **2012**, *23*, 746–750. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Sarul, M.; Minch, L.; Park, H.S.; Antoszewska-Smith, J. Effect of the length of orthodontic mini-screw implants on their long-term stability: A prospective study. *Angle Orthod.* **2015**, *85*, 33–38. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Oh, Y.H.; Park, H.S.; Kwon, T.G. Treatment effects of microimplant-aided sliding mechanics on distal retraction of posterior teeth. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **2011**, *139*, 470–481. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Fritz, U.; Ehmer, A.; Diedrich, P. Clinical suitability of titanium microscrews for orthodontic anchorage—Preliminary experiences. *Orofac. Orthop.* **2004**, *65*, 410–418. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
11. Chang, C.; Liu, S.S.Y.; Roberts, W.E. Primary failure rate for 1680 extra-alveolar mandibular buccal shelf mini-screws placed in movable mucosa or attached gingiva. *Angle Orthod.* **2015**, *85*, 905–910. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
12. Wiechmann, D.; Meyer, U.; Büchter, A. Success rate of mini- and micro-implants used for orthodontic anchorage: A prospective clinical study. *Clin. Oral Implants Res.* **2007**, *18*, 263–267. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
13. Chen, Y.J.; Chang, H.H.; Huang, C.Y.; Hung, H.C.; Lai, E.H.H.; Yao, C.C.J. A retrospective analysis of the failure rate of three different orthodontic skeletal anchorage systems. *Clin. Oral Implants Res.* **2007**, *18*, 768–775. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Watanabe, H.; Deguchi, T.; Hasegawa, M.; Ito, M.; Kim, S.; Takano-Yamamoto, T. Orthodontic miniscrew failure rate and root proximity, insertion angle, bone contact length, and bone density. *Orthod. Craniofacial Res.* **2013**, *16*, 44–55. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Antoszewska, J.; Trzeźniewska, P.; Kawala, B.; Ludwig, B.; Park, H.-S. Qualitative and quantitative evaluation of root injury risk potentially burdening insertion of miniscrew implants. *Korean J. Orthod.* **2011**, *41*, 112–120. [[CrossRef](#)]
16. Kuroda, S.; Yamada, K.; Deguchi, T.; Hashimoto, T.; Kyung, H.M.; Takano-Yamamoto, T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* **2007**, *131*, 68–73. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Cho, U.H.; Yu, W.; Kyung, H.M. Root contact during drilling for microimplant placement. *Angle Orthod.* **2010**, *81*, 130–136. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Bufalá Pérez, M.; O'Connor Esteban, M.; Zubizarreta-Macho, Á.; Riad Deglow, E.; Hernández Montero, S.; Abella Sans, F.; Albaladejo Martínez, A. Novel Digital Technique to Analyze the Influence of the Operator Experience on the Accuracy of the Orthodontic Micro-Screws Placement. *Appl. Sci.* **2021**, *11*, 400. [[CrossRef](#)]
19. Meeran, N.; Jaseema Parveen, M.; Venkatesh, K. Current trends in miniscrew utilization among Indian orthodontists. *J. Orthod Sci.* **2012**, *1*, 46–50. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

Wpływ minimalnie inwazyjnych mikroosteoperforacji (MOPs) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne

Effect of the minimally invasive micro-osteoperforations (MOPs) on the orthodontic tooth movement. A prospective, randomized clinical trial

Kornelia Rumin ^{ABCDEF} (ORCID ID: 0000-0002-1221-284X)

Beata Kawala ^{EF} (ORCID ID: 0000-0002-3284-7893)

Joanna Lis ^{ACEF} (ORCID ID: 0000-0001-9192-1064)

Michał Sarul ^{EF} (ORCID ID: 0000-0002-2518-0007)

Wkład autorów: **A** Plan badań **B** Zbieranie danych **C** Analiza statystyczna **D** Interpretacja danych
E Redagowanie pracy **F** Wyszukiwanie piśmiennictwa

Authors' Contribution: **A** Study design **B** Data Collection **C** Statistical Analysis **D** Data Interpretation
E Manuscript Preparation **F** Literature Search

Katedra i Zakład Ortopedii Szczękowej i Ortodontji, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
Department of Maxillofacial Orthopaedics and Orthodontics, Wrocław Medical University

Streszczenie

Kortykotomia może skrócić czas leczenia ortodontycznego, ponieważ zranienie kortykalnej blaszki wyrostka zębodołowego powoduje wzrost metabolizmu kości, wywołując efekt miejscowego przyspieszenia (Regional Acceleratory Phenomenon, RAP). **Cel.** Celem pracy było zbadanie, czy wykonanie mikroosteoperforacji (MOPs), zamiast konwencjonalnej kortykotomii, pozwoli skrócić czas leczenia ortodontycznego. **Materiał i metody.** Badanie o charakterze split-mouth design ukończyło 14 dorosłych pacjentów z klasą II, ze wskazaniami do ekstrakcji pierwszych zębów przedtrzonowych w szczęce

Abstract

Corticotomy can shorten orthodontic treatment time since injuring the cortical plate of the dental alveolus enhances the tooth movement by increasing bone metabolism and inducing the regional acceleratory phenomenon (RAP). **Aim.** The aim of this study was to investigate whether performing micro-osteoperforations (MOPs) instead of conventional corticotomy, would reduce orthodontic treatment time. **Material and methods.** A split-mouth design study was completed on 14 adult Class II patients with indications for extraction of maxillary first premolars and subsequent

Adres do korespondencji/*Correspondence address:*

Kornelia Rumin
Katedra i Zakład Ortopedii Szczękowej i Ortodontji
Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
e-mail: kornelia.rumin@gmail.com



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.

i późniejszej retrakcji en masse sześciu zębów przednich, z zakotwieniem szkieletowym. MOPs wykonano na początku leczenia i cztery miesiące później po jednej stronie szczęki (grupa A), przeciwna strona posłużyła jako strona kontrolna (grupa B). **Wyniki.** Średnia szybkość zamykania się luki poekstrakcyjnej wynosiła 1 mm/6 tygodni w grupie A i 0,97 mm /6 tygodni w grupie B. Test Wilcoxon dla obserwacji sparowanych wykazał, że różnica ta była statystycznie nieistotna ($p = 0,104$). Analizując poszczególne sześciotygodniowe okresy, jedynie pomiędzy 12 a 18 tygodniem w grupie A test U Manna-Withneya wykazał, że luka poekstrakcyjna zamykała się statystycznie istotnie szybciej ($p = ,05$). Średni czas retrakcji był podobny ($p > ,05$) i wyniósł w grupie A i B odpowiednio 281,7 i 287,3 dnia. **Wnioski.** Zastosowanie nieinwazyjnych MOPs nie wpłynęło znacząco na przyspieszenie retrakcji en masse. (Rumin K, Kawala B, Lis J, Sarul M. Wpływ minimalnie inwazyjnych mikroosteoperforacji (MOPs) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne. *Forum Orthod* 2022; 18 (4): 197-209).

Nadesłano: 18.10.2021
Przyjęto do druku: 08.12.2021
<https://doi.org/10.5114/for.2022.124683>

Słowa kluczowe: zakotwienie szkieletowe, koryktomia, przyspieszenie ruchu zębów, miniimplanty ortodontyczne

Wstęp

Zazwyczaj czas leczenia aparatami stałymi mieści się w przedziale od 20 do 24 miesięcy, co jednak w opinii większości pacjentów jest okresem zbyt długim (1). Z klinicznego punktu widzenia skrócenie czasu leczenia niesie ze sobą wiele niekwestionowanych korzyści, takich jak zmniejszenie ryzyka resorpcji korzeni i demineralizacji szkliwa czy poprawienie jakości współpracy z pacjentem (2).

Jednym ze sposobów przyspieszenia ortodontycznego ruchu zębów jest koryktomia, która doprowadza do efektu miejscowej akceleracji (Regional Acceleratory Phenomenon, RAP), wywołując czasowy wzrostu metabolizmu w tkance kostnej. Zjawisko to jest spowodowane zarówno wzrostem katabolicznej aktywności osteoklastów, jak i anabolicznej aktywności osteoblastów. W obszarach sąsiadujących z miejscem koryktomii występuje poszerzenie szpary ozębnej, większa liczba osteoklastów i mniejszy stopień zmineralizowania kości gąbczastej (3, 4). Są to niewątpliwe zalety koryktomii, które powodują redukcję czasu leczenia, ułatwiają sprowadzanie do łuku zębów zatrzymanych, wspomagają ekspansję łuku zębowego i przesunięcia zębów oraz zapewniają lepszą stabilność wyników leczenia (5). Z drugiej jednak strony koryktomia polega na wykonywaniu pionowych nacięć przez blaszkę korykalaną kości przyległej do zębów, które chcemy przesunąć, więc jak każdy zabieg

en masse retraction of six anterior teeth with skeletal anchorage. MOPs were performed at the beginning of the treatment and 4 months later on one side of the maxilla (group A), the opposite side was used as the control (group B). **Results.** The mean value of space closure rate was 1 mm/6 weeks in group A and 0.97 mm/6 weeks in group B. The Wilcoxon test for paired observations showed that this difference was statistically insignificant ($p = 0.104$). When analyzing individual 6-week periods, only between weeks 12 and 18 in group A did the Mann-Withney U test show that the post-extraction space closed statistically significantly faster ($p .05$). The mean retraction time was similar ($p > .05$) - 281.7 and 287.3 days in group A and B, respectively. **Conclusions.** The use of noninvasive MOPs did not significantly affect the time of en masse retraction. (Rumin K, Kawala B, Lis J, Sarul M. Effect of the minimally invasive micro-osteoperforations (MOPs) on the orthodontic tooth movement. A prospective, randomized clinical trial. *Orthod Forum* 2022; 18 (4): 197-209).

Received: 18.10.2021
Accepted: 08.12.2021
<https://doi.org/10.5114/for.2022.124683>

Key words: corticotomy, skeletal anchorage, tooth movement acceleration, orthodontic miniscrews

Introduction

Usual duration time of an orthodontic treatment with fixed appliances ranges from 20 to 24 months, which is considered "too long" by vast majority of patients (1). From the clinical point of view, shortening the treatment time entails unquestionable benefits, like decreasing the risk of root resorption and enamel decalcification or enhancing patient compliance (2).

One of the ways of accelerating an orthodontic tooth movement is corticotomy, which induces the Regional Acceleratory Phenomenon (RAP), temporarily speeding up bone metabolism (3,4). This phenomenon occurs due to increase in both catabolic osteoclast activity and anabolic osteoblast activity. The tissues adjacent to the corticotomy area display an increased width of the periodontal ligament, higher counts of osteoclasts and less calcified spongia bone. Thus, the corticotomy has several advantages: it reduces orthodontic treatment time, increases traction of the impacted teeth, enhances the osseous expansion, accelerates the tooth movement and finally, provides better post-orthodontic stability (5). Nevertheless, corticotomy involves making vertical incisions through the cortical bone adjacent to the teeth expected to move and like any other surgical procedure carries a risk of complications and side effects: postoperative horizontal bone defects in the interdental spaces, flap detachment, temporary swelling of the treated

Effect of the minimally invasive micro-osteoperforations (MOPs) on the orthodontic tooth movement

chirurgiczny niesie ze sobą ryzyko powikłań i skutków ubocznych, takich jak jatrogenny poziomy zanik kości w przestrzeniach międzyzębowych, oderwanie się płata śluzówkowo-okostnowego, tymczasowy obrzęk leczonej okolicy, mocny ból, krwiak w regionie głowy i szyi oraz ryzyko uszkodzenia korzeni zębów. Co więcej, jest to zabieg stosunkowo drogi (6–10). Pojawia się zatem pytanie: czy istnieje możliwość skrócenia czasu leczenia, z równoczesnym ograniczeniem liczby i dotkliwości powikłań związanych z przeprowadzaniem zabiegu korytkotomii.

Cel

Celem pracy było zbadanie, czy wykonanie mikroosteoperforacji (MOPs) pozwoli skrócić czas leczenia ortodontycznego.

Materiał i metody

Hipoteza zerowa zakładała, że oszczędzająca korytkotomia przeprowadzona za pomocą wiertła pilotującego stosowanego do wytworzenia otworu na tymczasowe, wewnętrzne elementy zakotwienia szkieletowego (Temporary Intraoral Skeletal Anchorage Devices, TISAD) zmieni natężenie zjawiska RAP, a więc przyspieszy ortodontyczny ruch zębów.

Do badania zakwalifikowano 17 pacjentów (9 kobiet, 8 mężczyzn; średnia wieku 28 ± 5 lat) bez chorób ogólnoustrojowych i ze zdrowym przyzęciem, z klasą II, których plan leczenia wymagał ekstrakcji pierwszych zębów przedtrzonowych w szczęcie. Model dzielony, czyli split-mouth design, pozwolił wykorzystać jeden kwadrant szczęki jako grupę badaną (grupa A, $n = 17$), a drugi kwadrant jako grupę kontrolną (grupa B, $n = 17$). U wszystkich pacjentów zastosowano ten sam protokół: ekstrakcja obu górnych pierwszych zębów przedtrzonowych, dwa tygodnie przerwy, montaż górnego i dolnego aparatu stałego (slot .022", preskrypcja Rotha, GC Orthodontics Europe GmbH®, Breckerfeld, Germany), z jednoczesnym wkręceniem TISAD (SH 1312-08 AbsoAnchor®, Dentos, Daegu, South Korea). TISAD wkręcano obustronnie w szczęcie, pomiędzy korzeniami drugich zębów przedtrzonowych i pierwszych trzonowych, zgodnie z metodą wrocławską (11). Po implantacji asystentka stomatologiczna losowała przydział kwadrantu przeznaczonego do korytkotomii, losując literę „P” (prawy) lub „L” (lewy) z nieprzezroczystej koperty. Następnie, w znieczuleniu miejscowym i za pomocą wiertła pilotującego (średnica 1 mm) do TISAD (AbsoAnchor®, Dentos, Daegu, South Korea), wykonywano sześć nawięrtów o głębokości 3–4 mm przez całą grubość blaszki korytkalnej (Ryc. 1, 2), stosując prędkość obrotów 600/min i obfite chłodzenie roztworem soli fizjologicznej.

Podczas niwelacji przednie zęby od 13 do 23 związane osiemkową ligaturą stalową. Dodatkowo zamki na kłach

area, severe pain, hematomas in face and neck and a risk of root damage; it is also relatively expensive (6-10). Therefore, the question arises: is there any chance of shortening the treatment time with subsequent limitation of the number and severity of corticotomy-related complications?

Aim

The aim of this study was to investigate whether performing micro-osteoperforations (MOPs) would reduce the duration of orthodontic treatment.

Material and methods

The null hypothesis presumed that the preservative corticotomy performed with a pilot drill, used to create holes for Temporary Intraoral Skeletal Anchorage Devices (TISAD), would alter the intensity of the RAP phenomenon and therefore accelerate orthodontic tooth movement.

Seventeen patients (9 females, 8 males; mean age 28 ± 5 years) without systemic disease and with healthy periodontium, with Class II malocclusion, whose treatment plan required extraction of maxillary first premolars were enrolled in the study. A split-mouth design allowed us to use one maxillary quadrant as study group (group A, $n = 17$) and the other quadrant as control one (group B, $n = 17$). All patients underwent the same protocol: extraction of both upper premolars, two-week interval and mounting of upper and a lower fixed appliances (.022", Roth prescription, GC Orthodontics Europe GmbH®, Breckerfeld, Germany) together with insertion of TISAD (SH 1312-08 AbsoAnchor®, Dentos, Daegu, South Korea). The TISAD were inserted in the maxilla bilaterally between the second premolar the and first molar roots, using the Wrocław method (11). After implantation, the dental assistant drew the assignment of the quadrant designated for corticotomy by drawing the letter "P" (right) or "L" (left) from an opaque envelope. Then, under local anesthesia and using a pilot drill (1 mm diameter) for TISAD (AbsoAnchor®, Dentos, Daegu, South Korea), six perforations, 3-4 mm deep, were drilled through the entire thickness of the cortical plate (Figs. 1, 2), using a rotation speed of 600/min and abundant cooling with saline solution.

During aligning, anterior teeth from 13 to 23 were tied together with a lace-back stainless steel ligature wire. Additionally, the canine brackets were ligated to the TISAD heads in order to prevent the canines from mesial tipping. Eighteen weeks from the beginning of the treatment (at the third follow-up visit), a stainless steel working wire (.016 x .022) with 8-mm hooks crimped between the lateral incisors and the canines was applied and the MOPs were repeated. The TISAD were loaded immediately with closed nickel-titanium coil-springs exerting 150 g of force per side, thus beginning the en masse retraction of incisors and canines. All patients were instructed not to take any



Rycina 1. Znakiem "X" zaznaczone są miejsca wykonywania nawięrtów, 2 przedsionkowo i 2 podniebiennie dystalnie w stosunku do kła oraz podniebiennie: pomiędzy kłem i bocznym zębem siecznym oraz pomiędzy siekaczami danej strony.

Figure 1. The "X" marks the places of drilling, 2 vestibular and 2 palatally distal to the canine and palatally: between the canine and the lateral incisor and between the incisors.

przywiązano ligaturami metalowymi do główek TISAD, żeby uniknąć meżalnego nachylenia kłów. Osiemnaście tygodni od rozpoczęcia leczenia (na trzeciej wizycie kontrolnej) zastosowano roboczy łuk stalowy (.016 x .022) z 8 mm haczykami zaciśniętymi pomiędzy kłami a siekaczami bocznymi oraz powtórzono zabieg MOPs. TISAD obciążono natychmiastowo za pomocą zamkniętych sprężyn niklowo-tytanowych działających siłą 150 g na stronę, rozpoczynając tym samym retrakcję en masse zębów siecznych i kłów. Wszystkich pacjentów poinstruowano, by przez cały czas zamykania przestrzeni poekstrakcyjnych nie przyjmowali niesteroidowych leków przeciwzapalnych.

Wizyty kontrolne odbywały się co sześć tygodni. Na każdej wizycie mierzono odległości pomiędzy dystalną powierzchnią kła a meżalną powierzchnią drugiego zęba przedtrzonowego w obu kwadrantach szczęki za pomocą cyrkla ortodontycznego i suwmiarki elektronicznej z dokładnością do ,01 mm. Pomiary przerywano w momencie stwierdzenia, że luka poekstrakcyjna osiągnęła wymiar resztkowy $d \leq 0,9$ mm. Przyjęto bowiem, że luka o takim rozmiarze domykała się w wyniku działania biomechaniki, a nie w efekcie corticotomii. Poza tym branie pod uwagę tempa zamykania tak małych luk zafałszowałyby wynik końcowy.

W celu dalszego zaślepienia lekarz dokonujący pomiarów nie wiedział, która grupa jest badaną, a która kontrolną. Ze względu na ruchomość TISAD, trzech pacjentów wykluczono z badania (1 kobieta, 2 mężczyzn). Całkowity proces alokacji pacjentów zestawiono w diagramie CONSORT (Ryc. 3).

W zależności od normalności rozkładu lub jej braku, do porównania takiej zmiennej jak wielkość luki poekstrakcyjnej w grupie badanej (A) i kontrolnej (B) użyto testu t-Studenta lub Wilcoxon. Wykorzystano podstawowe statystyki opisowe, takie jak średnia arytmetyczna (średnia), minimum (Min.), maximum (Max.), mediana, pierwszy kwartył (1st Qu.) i trzeci kwartył (3rd Qu.) W celu porównania szybkości zamykania luki po ekstrakcji górnych pierwszych zębów przedtrzonowych w kolejnych okresach obserwacji w obu



Rycina 2. Wiertło pilotujące do mini-implantów firmy AbsoAnchor® (Dentos, Daegu, South Korea) o średnicy 1 mm.

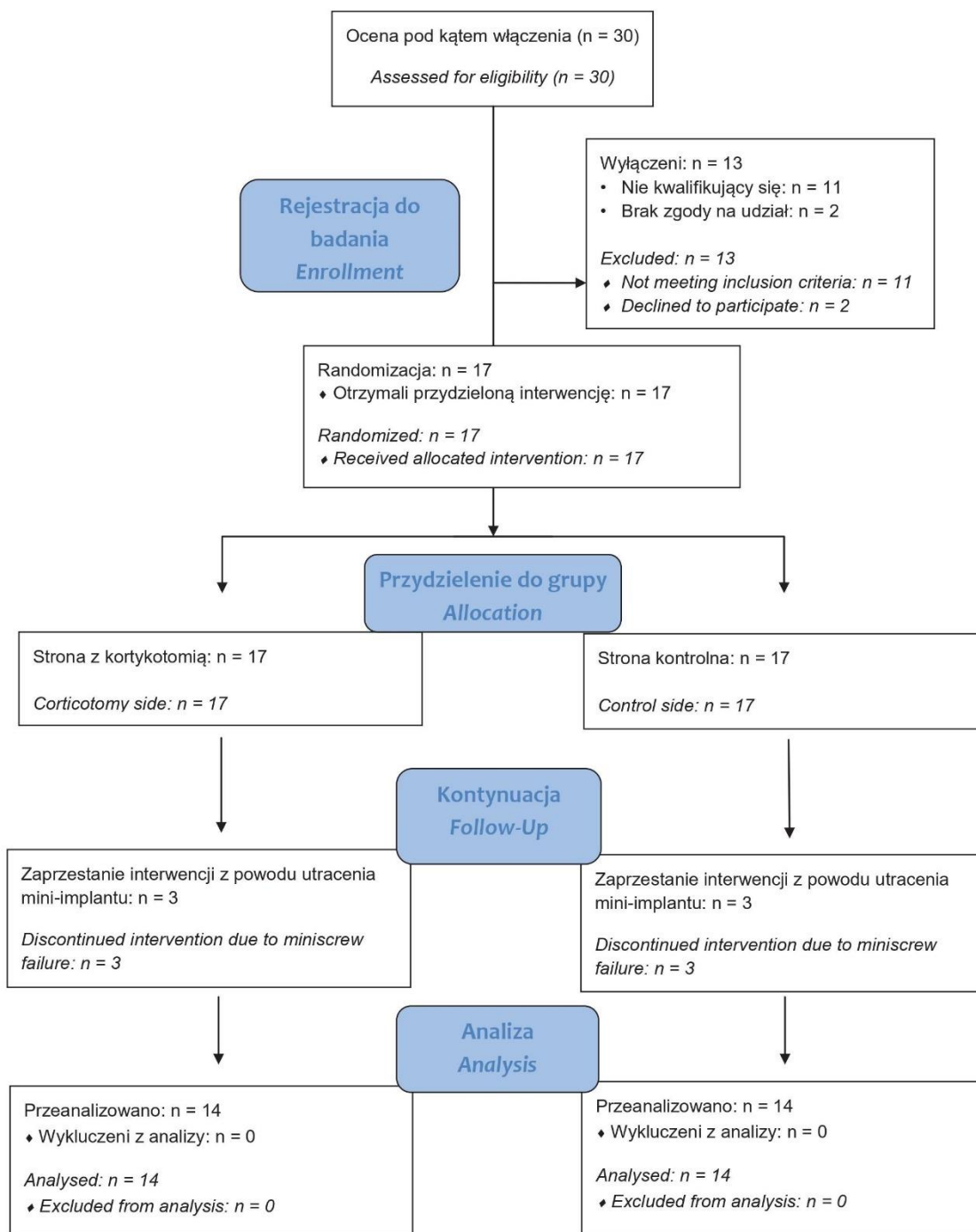
Figure 2. Mini-screw pilot drill AbsoAnchor® (Dentos, Daegu, South Korea) with a diameter of 1 mm.

non-steroidal anti-inflammatory drugs during extraction space closure.

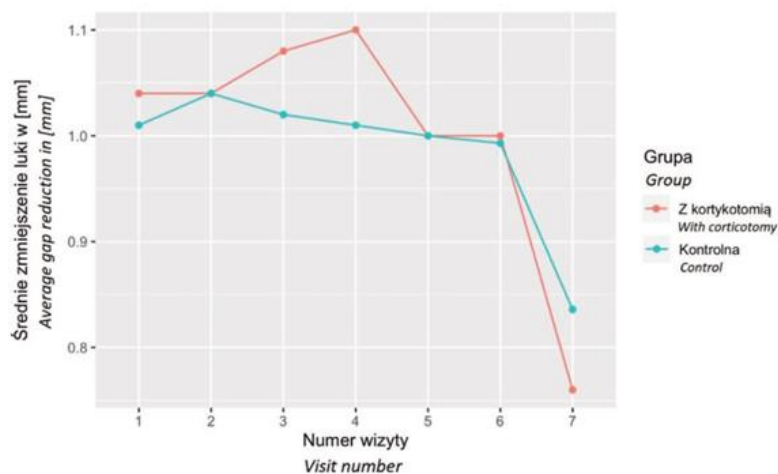
The control appointments were scheduled every 6 weeks. The distances between approximate surfaces of the second premolar and the canine in both maxillary quadrants were measured at each visit, using an orthodontic compass and an electronic gauge with an accuracy of .01 mm. Measurements were stopped when the post-extraction gap reached the residual dimension: $d \leq 0.9$ mm. It was assumed that a gap of this size closed as a result of biomechanics and not as a result of corticotomy; besides, taking into account the rate of closure of such small gaps would bias the final result.

To provide further blinding, the clinician taking the measurements was blinded as to the group under evaluation. Due to TISAD mobility, three patients were excluded from the study (1 female, 2 men). The total patient allocation process was summarized in the CONSORT diagram (Fig. 3).

Either the Student's t-test or the Wilcoxon test was used to compare a variable which was the size of the post-extraction gap in the study (A) and control (B) groups, depending on whether or not the assumption of a normal distribution was met. Basic descriptive statistics were used: the



Rycina nr 3. Diagram CONSORT.
Figure 3. CONSORT flow diagram.



Rycina 4. Średnie pomniejszenie się przestrzeni poekstrakcyjnej pomiędzy kolejnymi wizytami (dla wszystkich pacjentów) [mm] - bez uwzględnienia zmiany długości luki pomiędzy przedostatnią a ostatnią wizytą.

Figure 4. Mean reduction of the post-extraction space between consecutive visits (for all patients) [mm] - without taking into account the change in the length of the gap between the penultimate and the last visit.

grupach wykorzystano test U Manna-Withneya. Obliczenia oraz wykresy sporządzono za pomocą pakietu statystycznego R (wersja 4.0.0).

Wyniki

Badanie ukończyło 14 pacjentów. Przez cały okres leczenia nikt nie zgłaszał dodatkowego bólu ani dyskomfortu po wykonaniu MOPs.

W grupie badanej i kontrolnej średnia wartość luki poekstrakcyjnej wynosiła odpowiednio 6,88 mm oraz 6,85 mm. Testem t-Studenta dla obserwacji sparowanych wykazano, że różnica między grupami, która wyniosła ,029 mm, była statystycznie nieistotna ($p = 0,104$).

W trakcie retrakcji en masse każdemu pacjentowi wykonano od 6 do 8 pomiarów w obu kwadrantach szczęki, w zależności od tempa zamykania luki poekstrakcyjnej. Jego średnia wartość w trakcie leczenia wyniosła 1 mm/6 tygodni w grupie A i 0,97 mm/6 tygodni w grupie B (Tab. 1). Pomimo tego, że średnie tempo zamykania luki poekstrakcyjnej w grupie A było większe, to test Wilcoxon dla obserwacji sparowanych nie wykazał, aby ta różnica była statystycznie istotna ($p = 0,104$).

Między 12 a 24 tygodniem od rozpoczęcia leczenia, a więc pomiędzy drugą a czwartą wizytą kontrolną po pierwszej koryktotomii, tempo zamykania luki poekstrakcyjnej rosło w grupie A, natomiast malało w grupie B (Ryc. 4, Tab. 2). Wyniki testu U Manna-Withneya, za pomocą którego w każdym z sześciotygodniowych okresów obserwacji

arithmetical mean (average), the minimum value (Min.), the maximum value (Max.), the median, the first quartile (1st Qu.), and the third quartile (3rd Qu.). The Mann-Withney U test was used to compare the rate of gap closure after extraction of the upper first premolars during subsequent follow-up periods in both groups. Both calculations and graphs were made using the R statistical package (version 4.0.0)

Results

Fourteen patients completed the study. Throughout the treatment, patients did not report any additional pain or discomfort following MOPs.

In the study and control groups, the mean value of post-extraction space was 6.88 mm and 6.85 mm, respectively. The Student's t-test for paired observations showed that the difference between groups, which was .029 mm, was statistically insignificant ($p = 0.104$).

During the en masse retraction, each patient had 6 to 8 measurements taken in both quadrants of the maxilla, depending on the rate of post-extraction gap closure. Its mean value throughout the treatment was 1 mm/6 weeks in group A and 0.97 mm/6 weeks in group B (Tab. 1). Although the mean rate of post-extraction gap closure was higher in group A, the Wilcoxon test for paired observations, did not show that this difference was statistically significant ($p = 0.104$).

Between 12 and 24 weeks after the beginning of treatment, that is, between the second and fourth follow-up visits

Effect of the minimally invasive micro-osteoperforations (MOPs) on the orthodontic tooth movement

Tabela 1. Statystyki opisowe tempa zmniejszenia luki poekstrakcyjnej między kolejnymi pomiarami
Table 1. descriptive statistics of the extent of post-extraction space reduction between successive measurements

Statystyka Statistics	Min.	1st Qu.	Mediana Median	Średnia Mean	3rd Qu.	Max.
Grupa Group						
A	0.8	0.97	1.04	1	1.06	1.09
B	0.77	0.98	1.01	0.97	1.01	1.04

Tabela 2. Porównanie pomniejszenia przestrzeni poekstrakcyjnych [mm] pomiędzy kolejnymi wizytami: wyniki testu U Manna-Withney'a

Table 2. Comparison of post-extraction space reduction [mm] between visits: results of Mann-Withney U test

Wizyta kontrolna Follow-up visit		1	2	3	4	5	6	7
Grupa Group								
A	Retrakcje w toku (n) Retractions in progress (n)	14	14	14	14	14	10	3
	Średnia Mean (+SD)	1.04 (+0.09)	1.04 (+0.06)	1.08 (+0.07)	1.09 (+0.11)	1 (+0.1)	0.94 (+0.07)	0.80 (+0.1)
	Mediana Median (IQR)	1.1 (1 - 1.1)	1 (1 - 1.08)	1.1 (1.1-1.1)	1.1 (1-1.2)	1 (1-1)	0.95 (0.9 - 1)	0.8 (0.75-0.85)
	Zakres Range	0.9 - 1.2	1 - 1.2	0.9-1.2	0.9-1.2	0.8 - 1.2	0.8 - 1	0.7 - 0.9
	Retrakcje w toku (n) Retractions in progress (n)	14	14	14	14	14	11	3
B	Średnia Mean (+SD)	1.01 (+0.08)	1.04 (+0.06)	1.02 (+0.04)	1.01 (+0.09)	1 (+0.07)	0.95 (+0.08)	0.77 (+0.06)
	Mediana Median (IQR)	1 (1-1.1)	1 (1-1.1)	1 (1-1)	1 (0.92-1.1)	1 (1-1)	1 (0.9-1)	0.8 (0.75-0.8)
	Zakres Range	0.9-1.1	0.9 - 1.1	1-1.1	0.9-1.1	0.8-1.1	0.8-1.1	0.7-0.8
	p	0.3647	0.7695	.0082	.0597	0.624	0.7292	0.8137

analizowano zachowania luki poekstrakcyjnej, dowiodły, że zamykała się ona statystycznie istotnie szybciej ($p < ,05$) w grupie A niż w grupie B jedynie pomiędzy 12 a 18 tygodniem leczenia. Pomiedzy 18 a 24 tygodniem, czyli bezpośrednio po drugiej korytkotomii, międzygrupowa różnica

after the first corticotomy, the rate of closure of the post-extraction gap increased in group A, while it decreased in group B (Fig. 4, Tab. 2). The results of the Mann-Withney U test, by which the behavior of the post-extraction gap was analyzed at each of the 6-week observation periods, proved

w tempie zamykania luki poekstrakcyjnej była istotna jedynie na poziomie tendencji ($p = .0597$), a w przypadku pozostałych okresów nie występowała ($p > .05$).

Średni czas retrakcji en masse w grupie A i B wyniósł odpowiednio, 281,7 i 287,3 dnia. Test Wilcozona nie wykazał, żeby czas ten w grupie A z korytykotomią był istotnie różny niż w kontrolnej grupie B ($p > .05$) (Tab. 3).

that it closed statistically significantly faster ($p < .05$) in group A than in group B only between weeks 12 and 18 of the treatment. Between 18 and 24 weeks, i.e. immediately after the second corticotomy, the between-group difference in the rate of post-extraction gap closure was significant only at the trend level ($p = .0597$) and was not present for the other periods ($p > .05$).

Tabela 3. Porównanie czasu leczenia w grupie A i B: wyniki testu Wilcozona dla obserwacji sparowanych
Table 3. Comparison of treatment time in group A and B: Wilcoxon test results for paired observations

Statystyka Statistics	Czas leczenia (dni) Treatment time (days)							
	Grupa Group	Min.	1 st Qu.	Mediana Median	Średnia Mean	3 rd Qu.	Max.	p
A		243.8	269.8	277.8	281.7	296.2	326.2	0.108
B		249.6	280.1	288.6	287.3	296	321.6	
Ogółem Total		243.8	270.5	282.9	284.5	296.7	326.2	

Dyskusja

Od kiedy Cunnighan po koniec XIX wieku zaczął stosować pionowe nacięcia kości bez znieczulenia wokół przechylonych siekaczy w szczęce, wielu klinicyistów próbowało udoskonalić metodę przyspieszania ruchu zębów (12). Inwazyjne zabiegi Köle, polegające na kombinacji korytykotomii w przetrzeniach międzykorzeniowych i osteotomii ponad wierzchołkami korzeni zębów, nie znalazły wielu zwolenników prawdopodobnie z powodu znacznego ryzyka uszkodzenia tkanek przyzębia i utraty żywotności miazgi (13, 14). Obecnie preferowane są mniej inwazyjne zabiegi, takie jak corticision, piezocision, mikroosteoperforacje (MOPs) i discision (15). Jak dowiedli Teixeira i wsp. wykonywanie MOPs w kości wyrostka zębodołowego przyspiesza ortodontyczny ruch zębów u zwierząt (16). W tym celu badacze nawiercali otwory w szczęce o średnicy i głębokości 0,25 mm, położone 5 mm mezjalnie od pierwszego zęba trzonowego, od razu przykładając do niego siłę mezjalizującą. MOPs wzmocniły ekspresję markerów stanu zapalnego (chemokin i cytotin), prowadząc do wzrostu aktywności osteoklastów, co w konsekwencji przyspieszyło ruch zębów. Po 28 dniach od korytykotomii ruch zębów był statystycznie istotnie większy ($p < .05$), w porównaniu do grup bez korytykotomii.

Z kolei Alikhani i wsp. udowodnili, że u ludzi MOPs przyspiesza retrakcję kłów. W ich badaniu, u 10 dorosłych osób z wadą dotylną (II/1) bezpośrednio przed retrakcją wykonano trzy nawierty (1,5 mm średnicy i 2 do 3 mm głębokości) dystalnie od kłów, za pomocą jednorazowego urządzenia do MOPs (PROPEL Orthodontics, Ossining, NY) (17). Zastosowano jedynie znieczulenie miejscowe, bez potrzeby odsłaniania płata śluzówkowo-okostnowego. Zabieg

The mean en masse retraction time was 281.7 and 287.3 days in groups A and B, respectively. The Wilcoxon test did not show that time in the corticotomy A group was significantly different from time in the control B group ($p > .05$) (Tab. 3).

Discussion

Ever since Cunningham started vertical interdental bone cuts around palatally inclined maxillary incisors without the benefit of anesthesia at the end of the XIX century, many clinicians attempted to reinvent methods of accelerating the tooth movement (12). Köle's invasive technique, utilizing a combination of interradicular corticotomies and suprapical osteotomies, did not find many supporters, probably due to considerable risk of periodontal tissue damage and loss of pulp viability (13, 14). Currently, less invasive techniques are preferred: corticision, piezocision, micro-osteoperforations (MOPs) and discision (15). Teixeira et al. have proven that performing MOPs on alveolar bone accelerates orthodontic tooth movement in animals (16). The authors drilled holes in the maxilla, approximately .25 mm in diameter and depth, 5 mm mesially to the first molar, immediately forcing the latter to move forward. MOPs stimulated the expression of inflammatory markers (chemokines and cytokines) leading to an increase in osteoclast activity, which resulted in acceleration of the rate of tooth movement. Twenty-eight days after corticotomy, the tooth movement was significantly greater ($p < .05$) compared to the groups without corticotomy.

In turn, Alikhani et al. proved that MOPs in humans increase the rate of canine retraction. In their study, 10 adults

MOPs wybrano zatem na podstawie doniesień o małej inwazyjności i skuteczności omawianej techniki, kierując się wynikami badań doświadczalnych i klinicznych. W badaniu Alikhani i wsp. niklowo-tytanowa sprężyna zamknięta i rozciągnięta od główki miniimplantu do ramienia typu power arm dolutowanego do zamka na kle, działała siłą dystalizującą o wartości 100 g (17). Zakres retrakcji obu kłów w szczęce poddano po raz pierwszy ocenie po 28 dniach. Dokonano tego za pomocą suwmiarki elektronicznej, mierząc odległość pomiędzy powierzchniami stycznymi siekaczy bocznych i kłów. Alikhani i wsp. udowodnili, że MOPs istotnie statystycznie zwiększyły szybkość ruchu zębów 2,3-krotnie, w porównaniu z grupą kontrolną, gdzie nie stosowano MOPs przed dystalizacją (17). Pomimo obiecującego wyniku, nie można na jego podstawie przewidzieć długofalowych skutków stosowania MOPs. Co bowiem ważne, w cytowanym badaniu jako odniesienie przyjęto pozycję siekaczy bocznych, która z dużym prawdopodobieństwem ulegała zmianie w trakcie leczenia. Z tego też powodu w naszych pomiarach kierowano się stabilną pozycją drugich zębów przedtrzonowych i pomiarem szerokości luki na podstawie odległości pomiędzy tymi zębami a kłami.

Od czasu, gdy Alikhani i wsp. opublikowali swoje badania w 2013 r., ocena wpływu MOPs na ortodontyczny ruch zębów u ludzi nie była często wykonywana, ale zdecydowana większość prac dotyczyła zaburzeń z klasą II/1 leczonych ekstrakcjami pierwszych zębów przedtrzonowych, podobnie jak w naszym badaniu (17–30). Jest to zrozumiałe, bowiem u pacjentów z wadą dotylną II/1 rzadko występują przeszkody zgryzowe, co zapobiega wpływaniu sił żucia na szybkość ruchu zębów. Taka biomechanika w pełni potwierdza właściwy dobór naszego materiału badawczego, a także uzasadnia wykluczenie z niego pacjentów ze zgryzem krzyżowym lub zbaczaniem żuchwy podczas ruchu jej przywodzenia.

Piśmiennictwo podaje, że wybór odpowiedniego narzędzia do MOPs, a także termin wykonania tej procedury są kluczowe. W naszym badaniu dowiedziono, że wiertło pilotujące (AbsoAnchor® Dentos, Daegu, South Korea) zapewnia bezpieczną i korzystną pod kątem ekonomicznym technikę. Wiertło pilotujące nie niesie ryzyka uszkodzenia korzenia zęba, bowiem jego perforacja u dorosłych jest możliwa przy nawiercaniu trwającym ponad minutę, podczas gdy do perforacji kości potrzeba tylko kilka sekund. Co więcej, sam kontakt z korzeniem jest źródłem silnego oporu odczuwanego przez klinicystę; wiertło obraca się na próżno lub drży (31). Z wyjątkiem Gulduren i wsp. oraz Raghav i wsp., którzy również używali wiertła do MOPs, inni badacze perforowali kość za pomocą urządzenia Propel lub TISAD (17, 19–21, 23–25, 27–30). W tym miejscu należy zaznaczyć, że miniimplanty i wiertła pilotujące do nich są rutynowo stosowane w praktyce ortodontycznej, a urządzenie Propel jest jednorazowym, ręcznym perforatorem zbliżonym rozmiarem do małego ręcznego śrubokrętu, co stanowi dodatkowy koszt dla pacjenta.

with Class II/1 malocclusion received three perforations (1.5 mm wide and 2 to 3 mm deep) distally to the canines with the use of a disposable MOPs device (PROPEL Orthodontics, Ossining, NY) just before the retraction (17). Only local anesthesia was applied, no muco-periosteal flap was elevated. Thus, the MOPs procedure was chosen following the results of experimental and clinical studies, based on the reports of low invasiveness and efficacy of the discussed technique. In the study by Alikhani et al. a nickel-titanium closed coil spring expanded from a miniscrew head to a power arm on the canine bracket delivered 100 g of the distalizing force (17). Retraction rate of both maxillary canines was measured after 28 days. It was assessed using electronic digital caliper by measuring the distances between lateral incisors and canines. Alikhani et al. proved that MOPs increased the rate of the tooth movement 2.3-fold, which was significantly faster than in control group, where no MOPs was made prior to distalization (17). Regardless admittedly promising result, it is impossible to predict the long-term effects of MOPs from this study. What is important, the cited study took as reference the position of the lateral incisors, which was very likely to change during treatment. For this reason, our measurements were guided by the stable position of the second premolars and the measurement of the gap width based on the distance between these teeth and the canines.

Since Alikhani et al. published their studies in 2013, evaluation of the effects of MOPs on orthodontic tooth movement in humans has not been done frequently, but the vast majority of papers have focused on Class II/1 disorders treated with extractions of the first premolars, as in our study (17–30). This is understandable, since patients with class II/1 malocclusion rarely demonstrate occlusal interferences, which prevents masticatory forces from influencing the rate of tooth movement. Such biomechanics fully confirms the appropriate selection of our study material and justifies the exclusion of patients with crossbite or mandibular deviation during closure movement.

The literature informs that selection of the appropriate tool for the MOPs, as well as the timing of this procedure are crucial. Our study proved that the pilot drill (AbsoAnchor® Dentos, Daegu, South Korea) represents a safe and cost-effective technique. The pilot drill does not carry the risk of damaging the root of the tooth, since it takes more than 1 minute to penetrate the root in adults, whereas the bone perforation lasts only few seconds. Moreover, merely contacting the root is a source of strong resistance experienced by a clinician; the drill rotates in vain or is shaking (31). Except for Gulduren et al. and Raghav et al. who also used drills for MOPs, other researchers perforated bone with either a Propel device or TISAD (17, 19–21, 23–25, 27–30). At this point one has to remember that miniscrews and pilot drills are indeed routinely used in orthodontic practices, however the Propel device is a single-use, manual

Biorąc pod uwagę czas na interwencję MOPs, w naszym badaniu wykonano ją niemal natychmiast po usunięciu zębów przedtrzonowych i powtórzono zabieg cztery miesiące później. Chociaż ekstrakcje mogły zmienić tempo przemieszczania się zębów przez zwiększenie poziomu markerów stanu zapalnego, co mogło zakamuflować efekt pierwszego zabiegu mikroosteoperforacji, to na drugi zabieg nie miały wpływu korzyści z RAP związane z ekstrakcją. W ludzkich kościach długich RAP rozpoczyna się w ciągu kilku dni po zabiegu, zwykle osiąga szczyt po 1–2 miesiącach, a całkowite ustąpienie może trwać nawet od 6 do 24 miesięcy, chociaż klinicznie czas trwania RAP wynosi około 4 miesiące (32–34). Dlatego też drugi efekt MOPs w naszym badaniu nie był spotegowany przez RAP związany z ekstrakcją. Czteromiesięczny interwał czasowy pozwolił na wykorzystanie siły ciągłej pochodzącej z zamkniętych sprężyn NiTi w połączeniu z łukiem roboczym. Takie postępowanie jest zgodne z innymi badaniami, w których MOPs wykonywano 4–6 miesięcy po ekstrakcji i/lub po zakończeniu etapu niwelacji (17, 20–22, 24–25, 27, 29).

W większości cytowanych badań ruch zębów oceniano na podstawie zakresu retrakcji kłów tradycyjną metodą zamykania przestrzeni poekstrakcyjnej (18–24). Jednak w erze TISAD można zmierzyć wpływ MOPs na retrakcję en masse sześciu zębów przednich, co było przedmiotem nielicznych badań (25, 30). Attri i wsp. ocenili 60 pacjentów, których plan leczenia zakładał usunięcie czterech pierwszych zębów przedtrzonowych (25). Po fazie niwelacji i uszeregowaniu zębów oraz po ustąpieniu RAP wywołanego ekstrakcją, 30 pacjentów tworzyło grupę kontrolną, podczas gdy u pozostałych 30 osób z grupy badanej wykonano po trzy perforacje (1,5 mm x 2–3 mm) w przestrzeniach ekstrakcyjnych po obu stronach szczęki i żuchwy za pomocą urządzenia Propel. Perforacje powtarzano co cztery tygodnie przez cały okres retrakcji prowadzonej za pomocą mechaniki ślizgowej i zakotwienia konwencjonalnego. Autorzy stwierdzili statystycznie istotny wzrost tempa ruchu zębów w grupie z MOPs ($p < 0,05$) i wykazali, że średnie tempo zamykania luki poekstrakcyjnej wynosiło 0,89–0,88 mm/miesiąc w grupie z MOPs oraz 0,53–0,63 mm/miesiąc w grupie kontrolnej. W naszym badaniu średnie tempo zamykania luki poekstrakcyjnej było wprawdzie szybsze w grupie A (0,67 mm/miesiąc) niż w grupie B (0,65 mm/miesiąc), ale wartości te były zbliżone do tempa zamykania luki poekstrakcyjnej w grupie bez MOPs w badaniu Attri i wsp. (25). Można to wytłumaczyć faktem, że przednie zęby (od 13 do 23) były związane ósemkową ligaturą stalową. W ten sposób ruch zębów przyspieszony w wyniku RAP mógł zostać zablokowany przez przypuszczalnie wolniejszy ruch zębów w kwadrancie szczęki bez MOPs. Z drugiej strony Attri i wsp. nie zastosowali w swoim protokole zakotwienia absolutnego, co prawdopodobnie skutkowało biomechaniką z wzajemnym zamknięciem luki poekstrakcyjnej. W rezultacie tempo tego procesu wzrosło. Wykluczenie miniimplantów z

perforator similar in size to a small handheld screwdriver that is an additional cost to the patient.

Considering timing for MOPs intervention, in our study it was performed almost immediately after extraction of the premolars and was repeated four months later. Although extractions could change the rate of tooth movement by increasing the level of inflammatory markers, which could obscure effect of the first MOPs, the second one did not benefit from extraction-related RAP. In human long bones, RAP begins within a few days after surgery, typically peaks at 1 to 2 months, and may take even from 6 to 24 months to subside completely, though clinically, the RAP duration time is approximately 4 months (32–34). This is why the second MOPs effect in our study was not compounded by the extraction-related RAP. The 4-month time interval allowed taking advantage of continuous force derived from closed NiTi coil springs in combination with the working archwire. Such a procedure is in accordance with other studies, where MOPs were performed 4–6 months after extractions and/or when the leveling aligning stage was finished (17, 20–22, 24–25, 27, 29).

In majority of the quoted studies the tooth movement was evaluated basing on the canine retraction range in the conventional mode of an extraction space closure (18–24). However, in the TISAD era it was possible to measure the effect of MOPs on en-masse retraction of six anterior teeth, which has been done in a few studies (25,30). Attri et al. evaluated 60 patients whose orthodontic treatment plan called for extraction of four first premolars (25). After leveling and alignment, when the RAP triggered with extraction was gone, 30 patients formed the control group, whereas the other 30 individuals from the study group received three perforations (1.5 mm x 2-3 mm) in the extraction spaces on both sides of the maxilla and the mandible, with the Propel device. Perforations were repeated every 4 weeks throughout the period of retraction conducted with the sliding mechanics and a conventional anchorage. The authors found statistically significant increase in rate of the tooth movement in MOPs group ($p < .05$) and showed that the mean rate of a space closure reached 0.89 – 0.88 mm/month in patients who received MOPs, and 0.53 - 0.63 mm/month in the control group. In our study, although the mean rate of post-extraction gap closure was faster in group A (0.67 mm/month) than in group B (0.65 mm/month), these values were similar to the rate of post-extraction gap closure in the group without MOPs in the study by Attri et al. (25). It can be explained by the fact that six anterior teeth (from 13 to 23) were tied together with a stainless steel lace-back ligature. Thus, tooth movement accelerated by RAP may have been blocked by presumably slower tooth movement in the maxillary quadrant without MOPs. On the other hand, Attri et al. did not utilize an absolute

protokołu leczenia, uzasadniane tym, że ich wprowadzenie prawdopodobnie imituje MOPs, zastosowano w niewielu badaniach (24, 26, 27). Zwolennicy TISAD twierdzą bowiem, że stabilne zakotwienie zapewnia bardziej przewidywalne wyniki, jeśli chodzi o pomiar postępu zamykania luki poekstrakcyjnej (18–23, 28–30). Raghav i wsp. analizowali szybkość retrakcji en masse po MOPs, ale w przypadku stosowania zakotwienia szkieletowego (30). W tym celu u 30 spośród 60 pacjentów z wadą dotylną II/1 lub protruzją obuszczkową, po ekstrakcjach pierwszych górnych zębów przedtrzonowych lub wszystkich pierwszych zębów przedtrzonowych, bezpośrednio przed retrakcją wykonali pięć otworów na głębokość 5 mm wiertłem o średnicy 2 mm. Pomiaru tempa zamykania luki wykonywali co 4 tygodnie przez 4 miesiące. Podobnie jak w naszym badaniu, autorzy stwierdzili, że MOPs nie przyspieszyły tempa retrakcji en masse, chociaż zaobserwowali, że po pierwszych czterech tygodniach retrakcja była istotnie szybsza w grupie badanej w porównaniu z grupą kontrolną ($p = .001$), ale ten fenomen nie wystąpił w kolejnych trzech miesiącach. W naszym badaniu tempo zamykania luki poekstrakcyjnej również okresowo wzrosło, jednak finalnie czas ukończenia retrakcji w grupach A i B był podobny, więc omawiane przyspieszenie było klinicznie pomijalne.

Podsumowując, podczas retrakcji en masse w naszym badaniu nie wykazano, aby MOPs wykonane z zastosowaniem wiertła do TISAD przyspieszyły zamykanie luk poekstrakcyjnych. Jeżeli chodzi o zaledwie dwie prace, z którymi moglibyśmy się porównać, podobne wyniki uzyskali Raghav i wsp., natomiast Attri i wsp. dowiedli, że leczenie wspomagane MOPs akceleruje przemieszczanie zębów (25, 30). Niemniej, pomimo retrakcji en masse, przeprowadzonych zarówno w obu tych badaniach, jak i w naszym, odmienna metodologia pomiarów uniemożliwia porównanie bezpośrednio. Jednolity schemat postępowania z większym prawdopodobieństwem pozwoliłby odpowiedzieć na pytanie, czy wykonywanie MOPs zastępujących korytkotomię efektywnie wspomaga szybsze zamykanie luk za pomocą retrakcji en masse.

Biorąc pod uwagę aspekt małej inwazyjności MOPs, istnieje potrzeba dalszych badań tej techniki, szczególnie w poekstrakcyjnych rejonach zanikowych kości wyrostka zębodołowego lub u pacjentów z wrodzonym brakiem drugich zębów przedtrzonowych wymagających mezjalizacji zębów trzonowych zuchwy, aby aktywować uśpiony potencjał kości do przebudowy i lepiej wyeksponować korzyści płynące z MOPs (35).

Wnioski

Zastosowanie nieinwazyjnych MOPs nie wpłynęło znacząco na przyspieszenie retrakcji en masse. Wprawdzie między 12 a 24 tygodniem od rozpoczęcia leczenia luka poekstrakcyjna w grupie badanej zamykała się szybciej, w porównaniu z grupą kontrolną, jednak kliniczna

anchorage w ich treatment protocol, which was likely to produce biomechanics resulting in mutual space closure. As a result the rate of the process increased. The exclusion of mini-implants from the treatment protocol, justified by their insertion likely mimicking MOPs, has been used in few studies (24, 26, 27). TISAD advocates claim that stable anchorage provides more predictable results in terms of measuring the progress of space closure (18-23,28-30). Raghav et al. analyzed the rate of en masse retraction after MOPs, but using skeletal anchorage (30). For this purpose, they drilled five holes, 5 mm deep, with a 2 mm drill, immediately before retraction in 30 out of 60 patients with an II/1 malocclusion or bimaxillary protrusion, after extractions of the first upper premolars or all first premolars. They measured the rate of gap closure every 4 weeks for 4 months. Similar to our study, the authors found that MOPs did not accelerate the rate of en masse retraction, although they observed that after the first four weeks retraction was significantly faster in the study group compared to the control group ($p = .001$), but this phenomenon did not occur in the subsequent three months. In our study, the rate of post-extraction gap closure also increased periodically, but the final time to complete retraction in groups A and B was similar, so the discussed acceleration was clinically negligible.

In conclusion, during en masse retraction in our study, MOPs performed with a TISAD drill did not accelerate the closure of post-extraction gaps. In terms of just two papers that we could compare with, similar results were obtained by Raghav et al., while Attri et al. demonstrated that MOPs-assisted treatment accelerates tooth movement (25, 30). However, despite the en masse retraction performed in both studies and ours, the different measurement methodology prevents a direct comparison. A uniform treatment protocol would more likely answer the question of whether performing MOPs in place of corticotomy effectively promotes faster gap closure with en masse retraction.

Considering the minimally invasive aspect of MOPs, there is a need for further studies of this technique, especially in post-extraction regions of alveolar bone atrophy or in patients with congenitally missing second premolars requiring mesialization of mandibular molars to activate the dormant bone remodeling potential and to better expose the benefits of MOPs (35).

Conclusion

The use of noninvasive MOPs did not significantly affect the time of en masse retraction. Although between 12 and 24 weeks after the beginning of treatment, the post-extraction gap closed faster in the study group compared to the control group, the clinical manifestation of this effect was not so apparent, resulting in a similar completion time of retraction.

manifestacja tego efektu nie była tak oczywista, skutkując podobnym czasem ukończenia retrakcji.

Ograniczenia

Mały rozmiar grupy badanej i pomiary wykonane jedynie in vivo to główne ograniczenia naszego badania.

Podziękowania

Badania zostały wsparte finansowo z dotacji Ministerstwa Zdrowia pod numerem STM.B030.18.015 z systemu IT Simple Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu.

Limitations

Small sample size and in vivo measurements are the main limitations of our study.

Acknowledgments

This research was financially supported by the Ministry of Health subsidy according to number STM.B030.18.015 from the IT Simple system of Wrocław Medical University.

Piśmiennictwo / References

- Kurt G, Iseri H, Kısınçisi RS. Rapid tooth movement and orthodontic treatment using dentoalveolar distraction (DAD): long-term (5 years) follow-up of a Class II case. *Angle Orthod* 2010; 80: 597-606.
- Jahanbakhshi MR, Motamedi AMK, Feizbakhsh M, Mogharehabet A. The effect of buccal corticotomy on accelerating orthodontic tooth movement of maxillary canine. *Dent Res J* 2016; 13: 303-8.
- Alghamdi AST. Corticotomy facilitated orthodontics: Review of a technique. *Saudi Dent J* 2010; 22: 1-5.
- Sebaoun JD, Kantarci A, Turner JW, Carvalho RS, Van Dyke TEW, Ferguson DJ. Modeling of trabecular bone and lamina dura following selective alveolar decortication in rats. *J Periodontol* 2008; 79: 1679-88.
- Hassan AH, Al-Fraidi AA, Al-Saeed SH. Corticotomy assisted orthodontic treatment: Review. *Open Dent J* 2010; 4: 159-64.
- Patel N, Waring D, Saksena A. Corticotomy-assisted orthodontics. *Oral Surg* 2014; 7: 59-64.
- Dorfman HS, Turvey TA, Hill C. Alterations in osseous crestal height following interdental osteotomies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1979; 48: 120-5.
- Gantes B, Rathbun E, Anholm M. Effects on the periodontium following corticotomy-facilitated orthodontics: case reports. *J Periodontol* 1990; 61: 234-8.
- Dibart S, Dibart JP. *Practical Osseous Surgery in Periodontics and Implant Dentistry*. Wiley-Blackwell 2011: 196-201.
- Mathews DP, Kokich VG. Accelerating tooth movement: the case against corticotomy-induced orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 144: 5-13.
- Sarui M, Minch L, Park HS, Antoszewska-Smith J. Effect of the length of orthodontic mini-screw implants on their long-term stability: a prospective study. *Angle Orthod* 2015; 85: 33-8.
- Fitzpatrick BN. Corticotomy. *Aust Dent J* 1980; 25: 255-8.
- Kole H. Surgical operation on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1959; 12: 515-29.
- Oliveira DD, de Oliveira BF, Soares RV. Alveolar corticotomies in orthodontics: Indications and effects on tooth movement. *Dental Press J Orthod* 2010; 15: 144-57.
- Lee W. Corticotomy for orthodontic tooth movement. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2018; 44: 251-8.
- Teixeira CC, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant LM. Cytokine expression and accelerated tooth movement. *J Dent Res*. 2010; 89: 1135-41.
- Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, Sangsuwon C, Lee YB, Alyami. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 144: 639-48.
- Khan BN, Mustafa S, Bashir U, Durrani O. Effect of alveocentesis on the rate of tooth movement. *OJDM*. 2018; 17: 1-5.
- Aksakalli S, Balaban A, Nazaroglu K, Saglam E. Accelerated Tooth Movement with Orthodontic Mini-Screws. *Case Rep Dent* 2017; 23: 75-91.
- Alkebsi A, Al-Maaitah E, Al-Shorman H, Alhaja EA. Three-dimensional assessment of the effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement during canine retraction in adults with Class II malocclusion: a randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2018; 153: 771-85.
- Babanouri N, Ajami S, Salehi P. Effect of mini-screw-facilitated micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement: a single-center, split-mouth, randomized, controlled trial. *Prog Orthod* 2020; 21: 7.
- Alqadasi B, Aldharae K, Halboub E, Mahgoub N, Alnasri A, Assiry A. The Effectiveness of Micro-osteoperforations during Canine Retraction: A Three-dimensional Randomized Clinical Trial. *J Int Soc Prev Community Dent* 2019; 9: 637-45.
- Aboalnaga AA, Salah Fayed MM, El-Ashmawi NA, Soliman SA. Effect of micro-osteoperforation on the rate of canine retraction: a split-mouth randomized controlled trial. *Prog Orthod* 2019; 20: 21.
- Kundi I, Alam MK, Shaheed S. Micro-osteoperforation effects as an intervention on canine retraction. *Saudi Dent J* 2020; 32: 15-20.
- Attri S, Mittal R, Batra P, Sonar S, Sharma K, Raghavan S. Comparison of rate of tooth movement and pain perception during accelerated tooth movement associated with conventional fixed appliances with micro-osteoperforations - a randomised controlled trial. *J Orthod* 2018; 45: 225-33.
- Aksakalli S, Balaban A, Nazaroglu K, Saglam E. Accelerated Tooth Movement with Orthodontic Mini-Screws. *Case Rep Dent* 2017; 23: 75-91.
- Feizbakhsh M, Zandian D, Heidarpour M, Farhad SZ, Fallahi HR. The use of micro-osteoperforation concept for accelerating differential tooth movement. *J World Fed Orthod* 2018; 7: 56-60.
- Gulduren K, Tumer H, Oz U. Effects of micro-osteoperforations on intraoral miniscrew anchored maxillary molar distalization. *J Orofac Orthop* 2020; 81: 126-41.

Effect of the minimally invasive micro-osteoperforations (MOPs) on the orthodontic tooth movement

29. Sivarajan S, Doss JG, Papageorgiou SN, Cobourne MT, Wey MC. Mini-implant supported canine retraction with micro-osteoperforation: a split-mouth randomized clinical trial. *Angle Orthod* 2019; 89: 183-9.
30. Raghav P, Khera AK, Bhasin P. Effect of micro-osteoperforations on rate of space closure by mini-implant supported maxillary anterior en-masse retraction: A randomized clinical trial. *J Oral Biol Craniofac Res* 2021; 11: 185-91.
31. Park HS. Microimplants in orthodontic treatment. *Dentos* 2015; 40-52.
32. Frost HM. The biology of fracture healing. An overview for clinicians. Part II. *Clin Orthop Relat Res* 1989; 248: 294-309.
33. Sanjideh PA, Rossouw PE, Campbell PM, Opperman LA, Buschang PH. Tooth movements in foxhounds after one or two alveolar corticotomies. *Eur J Orthod* 2010; 32: 106-13.
34. Aboul-Ela SM, El-Beialy AR, El-Sayed KM, Selim EM, El-Mangoury NH, Mostafa YA. Miniscrew implant-supported maxillary canine retraction with and without corticotomy-facilitated orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011; 139: 252-9.
35. Chou MY, Alikhani M. A successful story of translational orthodontic research: Micro-osteoperforation, from experiments to clinical practice. *APOS Trend in Orthodontics* 2017; 6-11.

VII ZAŁĄCZNIKI

1. Informacja o indywidualnym wkładzie współautorów

Wrocław, 08.02.2023

prof. dr hab. n. med. Joanna Lis
Samodzielna Pracownia Ortodoncji Dorosłych
Katedra i Zakład Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA

1. Michał Sarul, Joanna Lis, Hyo-Sang Park, Kornelia Rumin. Evidence-based selection of orthodontic miniscrews, increasing their success rate in the mandibular buccal shelf. A randomized, prospective clinical trial. BMC Oral Health 22, 414 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02460-3>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu polegał na opracowaniu metodologii oraz recenzji projektu pracy oraz edycji artykułu.

2. Joanna Lis, Kornelia Rumin, Michał Sarul, Beata Kawala. Effect of the Increasing Operator's Experience on the Miniscrew Survival Rate. Appl. Sci. 2022, 12(22), 11647; <https://doi.org/10.3390/app122211647>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu dotyczył konceptualizacji badania, wykonania badania, zebrania wyników oraz napisaniu artykułu oraz zatwierdzeniu ostatecznej wersji artykułu.

3. Kornelia Rumin, Beata Kawala, Joanna Lis, Michał Sarul. Wpływ minimalnie inwazyjnych mikroosteoperforacji (MOPs) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne. Forum Ortod 2022; 18 (4); <https://doi.org/10.5114/for.2022.124683>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu polegał na zaplanowaniu badania, interpretacji analizy statystycznej, redagowaniu pracy i wyszukiwaniu piśmiennictwa.

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
Katedra Ortopedii i Ortodoncji
SAMODZIELNA PRACOWNIA
ORTODONCJI DOROSŁYCH
kierownik
prof. dr hab. n. med. Joanna Lis

Wrocław, 08.02.2023

dr hab. n. med. Michał Sarul
Katedra i Zakład Stomatologii Zintegrowanej
Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

OŚWIADCZENIE WSPÓŁAUTORA

1. Michał Sarul, Joanna Lis, Hyo-Sang Park, Kornelia Rumin. Evidence-based selection of orthodontic miniscrews, increasing their success rate in the mandibular buccal shelf. A randomized, prospective clinical trial. *BMC Oral Health* 22, 414 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02460-3>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu polegał na zaprojektowaniu i przeprowadzeniu badania klinicznego, zgromadzeniu danych, interpretacji analizy statystycznej i wyników oraz pisaniu manuskryptu.

2. Joanna Lis, Kornelia Rumin, Michał Sarul, Beata Kawala. Effect of the Increasing Operator's Experience on the Miniscrew Survival Rate. *Appl. Sci.* 2022, 12(22), 11647; <https://doi.org/10.3390/app122211647>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu dotyczył konceptualizacji badania, przygotowania metodologii, wykonania badania, zebrania i zestawienia wyników, analizy wyników, krytycznego zrecenzowania artykułu oraz zatwierdzenia jego ostatecznej wersji.

3. Kornelia Rumin, Beata Kawala, Joanna Lis, Michał Sarul. Wpływ minimalnie inwazyjnych mikroosteoperforacji (MOPs) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne. *Forum Ortod* 2022; 18 (4); <https://doi.org/10.5114/for.2022.124683>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu polegał na redagowaniu pracy i wyszukiwaniu piśmiennictwa.

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
KATEDRA I ZAKŁAD *Prostom* STOMATOLOGII ZINTEGROWANEJ
kierownik
M. Sarul
dr hab. n. med. Michał Sarul

Wrocław, 08.02.2023

prof. dr hab. n. med. Beata Kawala
Katedra i Zakład Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji
Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

OŚWIADCZENIE WSPÓŁAUTORA

1. Joanna Lis, Kornelia Rumin, Michał Sarul, Beata Kawala. Effect of the Increasing Operator's Experience on the Miniscrew Survival Rate. Appl Sci 2022, 12(22), 11647; <https://doi.org/10.3390/app122211647>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu polegał na recenzji i edycji tekstu, zatwierdzeniu ostatecznej wersji artykułu oraz nadzorowaniu badania.

2. Kornelia Rumin, Beata Kawala, Joanna Lis, Michał Sarul. Wpływ minimalnie inwazyjnych mikroosteoperforacji (MOPs) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne. Forum Ortod 2022; 18 (4); <https://doi.org/10.5114/for.2022.124683>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu polegał na redagowaniu pracy i wyszukiwaniu piśmiennictwa.

Podpis

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
KATEDRA I ZAKŁAD
ORTOPEDII SZCZĘKOWEJ I ORTODONCJI
[Podpis]
Prof. dr hab. Beata Kawala

Daegu, 13.02.2023

Professor Hyo-Sang Park
Department of Orthodontics
School of Dentistry, Kyungpook National University
Daegu, Korea.

CO-AUTHOR STATEMENT

1. Michał Sarul, Joanna Lis, Hyo-Sang Park, Kornelia Rumin. Evidence-based selection of orthodontic miniscrews, increasing their success rate in the mandibular buccal shelf. A randomized, prospective clinical trial. BMC Oral Health 22, 414 (2022).
<https://doi.org/10.1186/s12903-022-02460-3>

I declare that my individual contribution to the above article consisted of the following:
draft review.

Feb 13 2023

Hyo-Sang Park



Wrocław, 08.02.2023

Lek. dent. Kornelia Rumin
specjalista ortodonta

OŚWIADCZENIE WSPÓLAUTORA

1. Michał Sarul, Joanna Lis, Hyo-Sang Park, Kornelia Rumin. Evidence-based selection of orthodontic miniscrews, increasing their success rate in the mandibular buccal shelf. A randomized, prospective clinical trial. BMC Oral Health 22, 414 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02460-3>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu polegał na analizie danych, interpretacji analizy statystycznej i wyników oraz napisaniu manuskryptu.

2. Joanna Lis, Kornelia Rumin, Michał Sarul, Beata Kawala. Effect of the Increasing Operator's Experience on the Miniscrew Survival Rate. Appl. Sci. 2022, 12(22), 11647; <https://doi.org/10.3390/app122211647>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu polegał na analizie wyników, wykonaniu badania, zgromadzeniu danych, zebraniu i zestawieniu wyników oraz napisaniu artykułu.

3. Kornelia Rumin, Beata Kawala, Joanna Lis, Michał Sarul. Wpływ minimalnie inwazyjnych mikroosteoperforacji (MOPs) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne. Forum Ortod 2022; 18 (4); <https://doi.org/10.5114/for.2022.124683>

Oświadczam, że mój indywidualny wkład w powstanie powyższego artykułu polegał na zaplanowaniu i wykonaniu badania, zbieraniu danych, interpretacji analizy statystycznej, interpretacji danych, napisaniu i redagowaniu pracy oraz wyszukiwaniu piśmiennictwa.

Podpis

Lek. dent. Kornelia Rumin
specjalista ortodonta
2592468

2. Opinie Komisji Bioetycznej

1

KOMISJA BIOETYCZNA
przy
Uniwersytecie Medycznym
we Wrocławiu
ul. Pasteura 1; 50-367 WROCLAW

OPINIA KOMISJI BIOETYCZNEJ Nr KB – 362/2018

Komisja Bioetyczna przy Uniwersytecie Medycznym we Wrocławiu, powołana zarządzeniem Rektora Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu nr 133/XV R/2017 z dnia 21 grudnia 2017 r. oraz działająca w trybie przewidzianym rozporządzeniem Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 11 maja 1999 r. (Dz.U. nr 47, poz. 480) na podstawie ustawy o zawodzie lekarza z dnia 5 grudnia 1996 r. (Dz.U. nr 28 z 1997 r. poz. 152 z późniejszymi zmianami) w składzie:

dr hab. Jacek Daroszewski (endokrynologia, diabetologia)
prof. dr hab. Krzysztof Grabowski (chirurgia)
dr Henryk Kaczkowski (chirurgia szczękowa, chirurgia stomatologiczna)
mgr Irena Knabel-Krzyszowska (farmacja)
prof. dr hab. Jerzy Liebhart (choroby wewnętrzne, alergologia)
ks. dr hab. Piotr Mrzygłód (duchowny)
mgr Luiza Müller (prawo)
dr hab. Sławomir Sidorowicz (psychiatria)
dr hab. Leszek Szenborn (pediatria, choroby zakaźne)
Danuta Tarkowska (pielęgniarstwo)
prof. dr hab. Anna Wiela-Hojeńska (farmakologia kliniczna)
dr hab. Andrzej Wojnar (histopatologia, dermatologia) przedstawiciel Dolnośląskiej Izby Lekarskiej)
dr hab. Jacek Zieliński (filozofia)

pod przewodnictwem
prof. dr hab. Jana Kornafela (ginekologia i położnictwo, onkologia)

Przestrzegając w działalności zasad Good Clinical Practice oraz zasad Deklaracji Helsińskiej, po zapoznaniu się z projektem badawczym pt.

„Sposoby przyspieszenia leczenia ortodontycznego przy zastosowaniu zakotwienia szkieletowego w postaci mini-implantów”

zgłoszonym przez **lek. dent. Kornelię Rumin** zatrudnioną w Samodzielnej Pracowni Ortodoncji Dorosłych Katedry i Zakładu Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji Wydziału Lekarsko-Stomatologicznego Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu oraz złożonymi wraz z wnioskiem dokumentami, w tajnym głosowaniu postanowiła wyrazić zgodę na przeprowadzenie badania w Poradni Specjalistycznej Ortodoncji Katedry i Zakładu Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji U Med. **pod warunkiem zachowania anonimowości uzyskanych danych.**

Uwaga: Badanie to zostało objęte ubezpieczeniem odpowiedzialności cywilnej Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu z tytułu prowadzonej działalności:

Pouczenie: W ciągu 14 dni od otrzymania decyzji wnioskodawcy przysługuje prawo odwołania do Komisji Odwoławczej za pośrednictwem Komisji Bioetycznej UM we Wrocławiu

Opinia powyższa dotyczy: projektu badawczego będącego podstawą grantu dla młodych naukowców

Wrocław, dnia 14 listopada 2018 r.

Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu
KOMISJA BIOETYCZNA
przewodniczący

prof. dr hab. Jan Kornafel

BW

KOMISJA BIOETYCZNA
przy
Akademii Medycznej
we Wrocławiu
ul. Pasteura 1; 50-367 WROCLAW

OPINIA KOMISJI BIOETYCZNEJ Nr KB – 293/2007

Komisja Bioetyczna przy Akademii Medycznej we Wrocławiu, powołana zarządzeniem Rektora Akademii Medycznej we Wrocławiu nr 4XIII R/99 z dnia 27 września 1999 r., oraz działająca w trybie przewidzianym rozporządzeniem Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 12 maja 1999 r. (Dz. U. Nr 47, poz. 480) na podstawie ustawy o zawodzie lekarza z dnia 5 grudnia 1996 r. (Dz. U. Nr 28 z 1997 r. poz. 152 z późniejszymi zmianami) w składzie:

prof. dr hab. Karol Bal (filozofia)
prof. dr hab. Wiktor Bednarz (chirurgia)
ks. dr Janusz Czarny (duchowny)
dr Henryk Kaczkowski, (chirurgia szczękowa, chirurgia stomatologiczna)
mgr Irena Knabel-Krzyszowska (farmacja) przedstawiciel Dolnośląskiej Izby Aptekarskiej
prof. dr hab. Jan Kolasa (prawo)
prof. dr hab. Krystyna Orzechowska-Juzwenko (farmakologia kliniczna, choroby wewnętrzne)
prof. dr hab. Janusz Patkowski (alergologia, choroby wewnętrzne)
prof. dr hab. Zbigniew Rudkowski (pediatria)
dr hab. med. Sławomir Sidorowicz (psychiatria)
Danuta Tarkowska (położnictwo)
dr med. Andrzej Wojnar (histopatologia, dermatologia) przedstawiciel Dolnośląskiej Izby Lekarskiej)

pod przewodnictwem
prof. dr hab. Jana Kornafela (ginekologia i położnictwo, onkologia)

Przestrzegając w działalności zasad Good Clinical Practice oraz zasad Deklaracji Helsińskiej, po zapoznaniu się z projektem badawczym pt.

„Ocena implantów ortodontycznych jako najnowszej technologii leczenia wad zgryzu”

KOMISJA BIOETYCZNA
przy Uniwersytecie Medycznym
im. Piastów Śląskich we Wrocławiu
Wybrzeże L. Pasteura 1, 50-367 Wrocław
tel. 71 784 10 10, 784 12 12, fax 71 784 01 20
e-mail: umw@umw.edu.pl, umw@poczta.umw.edu.pl
<http://www.umw.edu.pl/bioetyka>

Dr apodobać o opowied

zgłoszonym przez **dr Joannę Antoszewską** zatrudnioną w Katedrze i Zakładzie Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji Akademii Medycznej we Wrocławiu oraz złożonymi wraz z wnioskiem dokumentami, w tajnym głosowaniu postanowiła wyrazić zgodę na przeprowadzenie badania w Katedrze i Zakładzie Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji Akademii Medycznej we Wrocławiu .

Pouczenie: W ciągu 14 dni od otrzymania decyzji wnioskodawcy przysługuje prawo odwołania do Komisji Odwoławczej za pośrednictwem Komisji Bioetycznej AM we Wrocławiu

Opinia powyższa dotyczy: grantu ministerialnego

PRZEWODNICZĄCY KOMISJI

prof. dr hab. Jan Kornafel

Wrocław, dnia 10 czerwca 2007 r.

KOMISJA BIOETYCZNA
przy Uniwersytecie Medycznym
im. Piłsudskiego we Wrocławiu
Wybrzeże L. Pasteura 1 Wrocław
tel. 71 784 10 10, 784 10 10, fax 71 784 01 20
e-mail: kbc@um.wroc.pl
http://www.umed.wroc.pl/bioetyka

8.02.22
de zgodzić a zgodzić

3. Wykaz publikacji autorki

Publikacje w czasopismach z IF:

1. Nahajowski Marek, Hnitecka Sylwia, Antoszevska-Smith Joanna, **Rumin Kornelia**, Dubowik Magdalena, Sarul Michał: Factors influencing an eruption of teeth associated with a dentigerous cyst: a systematic review and meta-analysis, BMC Oral Health, 2021, vol. 21, art.180 [11 s.], DOI:10.1186/s12903-021-01542-y, 100 punktów, IF(3,747)
2. Lis Joanna, **Rumin Kornelia**, Sarul Michał, Kawala Beata: Effect of the increasing operator's experience on the miniscrew survival rate, Applied Sciences-Basel, 2022, vol. 12, nr 22, art.11647 [7 s.], DOI:10.3390/app122211647, 100 punktów, IF(2,838)
3. Sarul Michał, Lis Joanna, Park Hyo-Sang, **Rumin Kornelia**: Evidence-based selection of orthodontic miniscrews, increasing their success rate in the mandibular buccal shelf. A randomized, prospective clinical trial, BMC Oral Health, 2022, vol. 22, art.414 [9 s.], DOI:10.1186/s12903-022-02460-3, 100 punktów, IF(3,747)
4. Kotarska Małgorzata, Kucukkeles Nazan, Lis Joanna, Kawala Beata, **Rumin Kornelia**, Sarul Michał: Changes in the mandible following rapid maxillary expansion in children with class II malocclusion: a systematic review, Diagnostics, 2022, vol. 12, nr 7, art.1688 [10 s.], DOI:10.3390/diagnostics12071688, 70 punktów, IF(3,992)

Publikacje w czasopismach bez IF

5. Antoszevska Joanna, **Rumin Kornelia**, Sekula Wioleta: Possibilities and limitations of using orthodontic implants in nonsurgical treatment of open bite malocclusion - review of literature = *Możliwości i granice stosowania implantów ortodontycznych w niechirurgicznym leczeniu zgryzu otwartego - przegląd piśmiennictwa*, Czasopismo Stomatologiczne, 2011, vol. 64, nr 12, s. 1005-1016, 9 punktów
6. Antoszevska-Smith Joanna, **Rumin Kornelia**, Godek Karolina: Sprowadzanie obustronnie zatrzymanych kłów górnych z wykorzystaniem tymczasowego wewnątrzustnego zakotwienia szkieletowego. Opis przypadku = *The*

management of bilaterally impacted maxillary canines using temporary intraoral skeletal anchorage. A case report, *Ortodoncja w Praktyce*, 2016, nr 1, 24-35, 69, 5 punktów

7. **Rumin Kornelia**, Rumin-Wojciechowska Agnieszka, Zając Karolina, Antoszevska-Smith Joanna, Sarul Michał: Postępowanie z zębami zatrzymanymi i przemieszczonymi z powodu torbieli zębopochodnych u pacjentów w wieku rozwojowym = Management of the teeth impacted and displaced due to the odontogenic cysts in growing patients, *Ortodoncja w Praktyce*, 2017, nr 3, 7-22, 71, 5 punktów

Abstrakty

1. Drzystek Magdalena, Żyła Tomasz, **Rumin Kornelia**, Dziejic Filip, Sieja Agnieszka, Kawala Beata: 3D system Align jako wsparcie leczenia ortodontycznego i protetycznego, W: II Kongres Polskiego Towarzystwa Techniki Ortodontycznej we współpracy z Katedrą Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu. Wrocław, 14-16 kwietnia 2016 2016, 24 poz.1
2. Szelaż Ewa, Dubowik Magdalena, Kawala Beata, Kustrzycka Dorota, **Rumin Kornelia**, Żyła Tomasz: Częstość występowania wad zębowo-zgryzowych w populacjach dziesięcio- i piętnastolatków, W: II Kongres Polskiego Towarzystwa Techniki Ortodontycznej we współpracy z Katedrą Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu. Wrocław, 14-16 kwietnia 2016 2016, 24 poz.2
3. **Rumin Kornelia**, Rumin Agnieszka, Antoszevska-Smith Joanna, Dubowik Magdalena, Żyła Tomasz: Aparaty ortodontyczne stosowane do reedukacji infantylnego typu polykiania i eliminacji doprzedniego spoczynkowego położenia języka, W: II Kongres Polskiego Towarzystwa Techniki Ortodontycznej we współpracy z Katedrą Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu. Wrocław, 14-16 kwietnia 2016 2016, 25 poz.5
4. Dubowik Magdalena, Szelaż Ewa, Żyła Tomasz, Kustrzycka Dorota, **Rumin Kornelia**, Kawala Beata: Potrzeba leczenia ortodontycznego wśród dzieci i młodzieży polskiej – monitoring 2015, W: II Kongres Polskiego Towarzystwa

Techniki Ortodontycznej we współpracy z Katedrą Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu. Wrocław, 14-16 kwietnia 2016 2016, 25-26 poz. 6

5. **Rumin Kornelia**, Rumin Agnieszka, Antoszevska-Smith Joanna, Szelał Ewa: Wykorzystanie mini-implantu jako zakotwienia bezpośredniego przy prowadzeniu podniebienne zatrzymanego kła u 11-letniej dziewczynki, W: II Kongres Polskiego Towarzystwa Techniki Ortodontycznej we współpracy z Katedrą Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu. Wrocław, 14-16 kwietnia 2016 2016, 26-27 poz.8
6. Żyła Tomasz, Kawala Beata, Dubowik Magdalena, Kustrzycka Dorota, Szelał Ewa, **Rumin Kornelia**: Zastosowanie zmodyfikowanego aparatu Nance'a w celu prowadzenia zatrzymanych siekaczy szczęki w okresie uzębienia mieszanego, W: II Kongres Polskiego Towarzystwa Techniki Ortodontycznej we współpracy z Katedrą Ortopedii Szczękowej i Ortodoncji Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu. Wrocław, 14-16 kwietnia 2016 2016, 27 poz.10
7. Drzystek Magdalena, Dziedzic Filip, Kawala Beata, Rumin Agnieszka, **Rumin Kornelia**: 3D System Align jako wsparcie leczenia ortodontycznego, protetycznego i zachowawczego = 3D Align System as a support for orthodontic, prosthetic and conservative treatment, W: 21. Zjazd PTO [Polskiego Towarzystwa Ortodontycznego]. Wrocław, 19-22 września 2018. Abstrakty 2018, 121 poz.20
8. **Rumin Kornelia**, Kawala Beata, Antoszevska-Smith Joanna, Sarul Michał: Rola doświadczenia operatora w implantacji miniśrub metodą wrocławską = The role of an operator's learning curve in Wrocław protocol of miniscrew insertion, W: 21. Zjazd PTO [Polskiego Towarzystwa Ortodontycznego]. Wrocław, 19-22 września 2018. Abstrakty 2018, s. 69-71

Praca przyjęta do druku:

9. **Kornelia Rumin**, Beata Kawala, Joanna Lis, Michał Sarul. Wpływ minimalnie inwazyjnych mikroosteoperforacji (MOPs) na ortodontyczny ruch zębów. Prospektywne, randomizowane badanie kliniczne. Forum Ortod 2022; 18 (4); <https://doi.org/10.5114/for.2022.124683>