

Metody kontroli torqu przedniego podczas retrakcji: przegląd systematyczny

Methods of anterior torque control during retraction: a systematic review

Anna Kuc DDS¹, Marek Nahajowski DDS, PhD¹, Jacek Kotuła DDS, PhD¹, Grzegorz Olchowski DDS¹, Maciej Warnecki DDS², prof. dr hab. n. med. Joanna Lis¹, prof. Elie Amm³, prof. dr hab. n. med. Beata Kawala¹, dr hab. n. med. Michał Saru¹

¹ Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, Zakład Ortopedii Stomatologicznej i Ortodontji, Krakowska 26, 50-425 Wrocław

² Praktyka prywatna, Praxi-Dent, Niemodlińska 63, 45-864 Opole, Polska, e-mail: maciej.warnecki@gmail.com

³ Department of Orthodontics, School of Dental Medicine, Saint Joseph University, Bejrut, Liban

Wstęp

Kontrola torqu jest kluczowym elementem leczenia ortodontycznego z zastosowaniem ekstrakcji pierwszych zębów przedtrzonowych (1-16). W takich przypadkach konieczne jest dokładne zdiagnozowanie i zaplanowanie odpowiedniej kontroli torqu. Autorzy starali się wykazać, która z metod leczenia ortodontycznego daje największą skuteczność z zachowaniem prawidłowej inklinacji siekaczy górnych (6-19).

Istotnym zagadnieniem podczas leczenia ortodontycznego jest kontrola torqu korzeni zębów przednich. Zapewnia ona stabilność prawidłowego kąta międzysiecznego, co z kolei odpowiada za właściwe podparcie tkanek miękkich (20-22), zapewniając harmonijny profil twarzy (6, 7). Nachylenie wargowo-podniebienne długiej osi zębów siecznych jest również istotne w celu utrzymania zdrowego przyzębia, co minimalizuje ryzyko nawrotu po leczeniu, recesji, fenestracji czy dehiscencji w przedniej części łuku zębowego (6).

Oprócz prób kontroli nachylenia siekaczy podczas ich cofania, związanych bezpośrednio z oddziaływaniem drutu ortodontycznego z powierzchnią szczeliny zamka, można również zastosować modyfikację kierunku wektora siły. W szczególności zastosowanie miniimplantów ortodontycznych – jednego z największych osiągnięć ortodontji ostatnich 20 lat. Metoda ta może wpłynąć nie tylko na lepszą kontrolę zakotwienia, ale także na sposób ruchu siekaczy podczas retrakcji (22).

Konieczność mechanicznej kontroli położenia korzeni siekaczy pojawia się w leczeniu stłoczeń zębów o nasileniu od średniego do ciężkiego, protruzji zębowo-wyrostkowej obuszczkowej, zgryzu otwartego (12) lub pacjentów z wadami zgryzu II klasy. Planowanie leczenia ortodontycznego we wskazanych wadach wymaga często usunięcia przedtrzonowców w celu retrakcji kłów. Przestrzenie występujące mezjalnie do dystalizowanych kłów powodują, że siekacze są szczególnie podatne na procesy niekontrolowanego/

Introduction

Torque control is a key element in the extraction of the first premolars during orthodontic treatment (1-16). In such cases, it is necessary to thoroughly diagnose and plan the appropriate control of the torque. The authors tried to show which of these methods gives the greatest effectiveness (6-19).

During orthodontic treatment, torque control of the anterior teeth roots is relevant. It ensures the stability of the proper interincisal angle that, in turn, is responsible for the proper support of soft tissues (20-22), providing a harmonious facial profile (6, 7). The labio-palatal inclination of the long axis of the incisors is also relevant to maintaining a healthy periodontium, which minimises the risk of recurrence after treatment, recession, fenestration or dehiscence in the anterior part of the dental arch (6).

In addition to attempts to control the inclination of the incisors during their retraction directly related to the interaction of the orthodontic wire with the surface of the breach gap, a modification of the direction of the force vector can also be used. In particular, the use of orthodontic mini-implants – one of the greatest achievements of orthodontics of the last 20 years – should be taken into account here. This method can affect not only better anchor control but also the way the incisors move during their retraction (22).

There is a need for the mechanical control of the incisor root position in the treatment of moderate to severe crowding, bimaxillary protrusion (12), and open bite or Class II malocclusion. The extraction of premolars is often necessary to distalize canines into good position. Spaces occurring mesially to distalised canines make the incisors particularly susceptible to uncontrolled/excessive inclination. To avoid this effect, such different methods of incisor torque control were suggested as brackets with increased built-in torque (7), arch torsion (12), placement of temporary intraoral skeletal anchorage devices (TISAD) (8-11, 14-17) that enable group distal movement of the „social six” (en-masse

nadmiernego przechylania się. W celu uniknięcia tego efektu zaproponowano różne metody kontroli torqu siekaczy, takie jak: zamki o podwyższonej wartości wbudowanego torqu (7), skręcanie łuków (12), zakładanie tymczasowych wewnętrznych urządzeń kotwiczących (TISAD – *Temporary Intraoral Skeletal Anchorage Devices*) (8-17), umożliwiających grupowy ruch dystalny „social six” (retrakcja *en-masse*) (8, 12, 13), lub miniimplant wprowadzony pomiędzy siekacze szczęki (9, 14, 15). Niezależnie od różnych procedur wspierających prawidłowe ustawienie korzenia podczas zamykania przestrzeni, ocena ich skuteczności opiera się prawie wyłącznie na indywidualnym doświadczeniu klinicystów.

Dlatego celem niniejszego przeglądu systematycznego było obiektywne określenie skuteczności różnych metod kontroli torqu korzeni siekaczy szczęki podczas ich retrak-

tion) (8, 12, 13), and a mini-implant inserted between the maxillary incisors (9, 14, 15). Regardless of various procedures that support proper root position during space closure, the evaluation of their effectiveness is based almost exclusively on individual clinicians' experience.

Therefore, this systematic review aims to objectively determine the effectiveness of different methods for root torque control of the maxillary incisors during their orthodontic retraction, and thus to identify which of the suggested procedures deserve the highest recommendations in clinical practice.

Methods

The systematic review was registered in the PROSPERO database under identification number CRD42021215408.

Słowa kluczowe:

retrakcja zębów, kontrola torqu, ortodoncja

Keywords:

tooth retraction, torque control, orthodontics

Streszczenie: Istnieją różne metody kontroli inklinacji siekaczy podczas retrakcji, ale nie ma dowodów na przewagę jednych metod nad innymi. Celem tego przeglądu systematycznego i metaanalizy było określenie skuteczności metod stosowanych do kontroli torqu podczas przemieszczania zębów przednich. Metody: Zgodnie z wytycznymi PRISMA (1-3) główne pytanie badawcze zostało zdefiniowane w formacie PICO [P: pacjenci z pełnym uzębieniem stałym; I: torqu siekaczy szczęki po (I) i przed (C) retrakcją z aparatem w technice łuku prostego i różnymi technikami kontroli torqu; O: statystycznie istotne różnice w wartości torqu górnych siekaczy po leczeniu ortodontycznym]. W naukowych bazach danych MEDLINE, EMBASE i Cochrane Central Register of Controlled Trials (2) wyszukiwano słowa kluczowe łączące: retrakcja ortodoncja, kontrola torqu ortodoncja, torqu ortodoncja, inklinacja ortodoncja, kontrola torqu retrakcja. Artykuły poddano analizie ryzyka błędu systematycznego i jakości odpowiednio za pomocą protokołu ROBINS-I (4) i zmodyfikowanego QAS Newcastle-Ottawa (5). Metaanalizy przeprowadzono z wykorzystaniem modeli efektów stałych i losowych. Wyniki: Wybrano 13 artykułów (6-19), w których przebadano łącznie 580 osób. We wszystkich badaniach siekacze zostały przechylone podczas retrakcji o 2,46° (średnia różnica), co było statystycznie istotne. Rozpatrując oddzielnie artykuły, różnice w torqu pomiędzy grupą badaną a grupą kontrolną były statystycznie istotne w sześciu artykułach. Wartość statystyki Q wyniosła 36,25 przy $p = 0,0003$ i $I^2 = 66,9\%$, co wskazuje na wysoki poziom heterogeniczności badania. Wniosek: Zarówno prawidłowo wykonana koryktomia, jak i cofnięcie *en-masse* przy użyciu mikroimplantów ortodontycznych wydają się być najskuteczniejszymi i naukowo potwierdzonymi metodami kontroli torqu. Dalsze wysokiej jakości badania są potrzebne, aby przeprowadzać analizy lepszej jakości i wyciągać bardziej wiarygodne wnioski.

Summary: Background: There are various methods of controlling the inclination of the incisors during retraction, but there is no evidence as to the advantages of some methods over others. The purpose of this systematic review and meta-analysis was to determine the effectiveness of the methods used to control torque during anterior teeth retraction. Methods: In accordance with the PRISMA guidelines, the main research question was defined in the PICO format [P: patients with complete permanent dentition; I: the maxillary incisor torque after (I) and before I retraction with straight-wire appliance and different modes of torque control; O: statistically significant differences in torque values of the upper incisors after orthodontic treatment]. The MEDLINE, EMBASE, and Cochrane Central Register of Controlled Trials databases were searched for keywords combining: retraction orthodontics, torque control orthodontics, torque orthodontics, inclination orthodontics, torque control retraction. The articles were subjected to risk of bias and quality analyses with the ROBINS-I protocol and the modified Newcastle-Ottawa QAS, respectively. Meta-analyses were performed with both fixed- and random-effects models. Results: 13 articles were selected in which total number of 580 subjects took part. In all studies, incisors were retroclined during retraction by 2.46° (mean difference), which was statistically significant. Considering the articles separately, the differences in torque between the study group and the control group were statistically significant in six articles. The Q statistic was 36.25 with $p = 0.0003$ and $I^2 = 66.9\%$, which indicated a high level of study heterogeneity. Conclusion: Both properly performed corticotomy and *en-masse* retraction using orthodontic microimplants seem to be the most effective and scientifically validated methods of torque control. Further high-quality research is needed to perform better quality analyses and draw more reliable conclusions.

cji ortodontycznej, a tym samym ustalenie, które z zaproponowanych procedur zasługują na najwyższe rekomendacje w praktyce klinicznej.

Metody

Przegląd systematyczny został zarejestrowany w bazie PROSPERO pod numerem identyfikacyjnym CRD42021215408.

Badanie przeprowadzono zgodnie z wytycznymi PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (3, 4). Projekt badania został zdefiniowany w formacie PICO:

Populacja (P): pacjenci z pełnym uzębieniem stałym.

Interwencja (I): ortodontyczne leczenie ekstrakcyjne aparatem stałym w technice łuku prostego z dodatkową metodą kontroli torqu korzeni siekaczy.

Porównanie (C): ocena torqu korzeni siekaczy przed leczeniem i po nim.

Wynik (O): wpływ metod kontroli torqu korzeni siekaczy na końcowy efekt leczenia ortodontycznego.

Dwoje badaczy (A.K., J.K.) przeszukało elektroniczne bazy danych: PubMed, EMBASE oraz Cochrane Central Register of Controlled Trials (20), wpisując następujące słowa kluczowe:

- retrakcja siekaczy i ortodoncja;
- kontrola torqu korzeni siekaczy i ortodoncja;
- torqu korzeniowy i ortodoncja;
- inklinacja siekaczy i ortodoncja;
- kontrola torqu korzenia siekaczy i retrakcja.

Filtry wyszukiwania objęły czas publikacji artykułu – 10 lat – oraz język angielski, w którym artykuł na temat konwencjonalnego leczenia aparatami stałymi został opublikowany. Na podstawie informacji zawartych w abstraktach artykuły zostały wybrane według następujących kryteriów: randomizowane badania kliniczne (RCTs – *randomized clinical trials*) i kontrolowane kliniczne prospektywne badania kliniczne (CCTs – *controlled clinical prospective trials*) opublikowane w ciągu ostatnich 10 lat. Odrzucono: opisy pojedynczych przypadków, serie przypadków, przeglądy literatury, badania eksperymentalne, badania z ograniczonymi danymi (w tym streszczenia z konferencji i pisma z czasopism), badania z udziałem niereprezentatywnej grupy pacjentów (mniej niż 10 osób), badania na pacjentach z zespołami oraz eksperymenty na zwierzętach. Wykluczono również artykuły w języku innym niż angielski oraz niezwiązane z tematem planowanego badania.

Spśród wybranych artykułów pełnotekstowych wykluczono te, które nie zawierały informacji o zmianie nachylenia siekaczy szczęki po leczeniu ortodontycznym. Artykuły, w których nie podano liczby pacjentów, którzy zakończyli leczenie ortodontyczne, również zostały odrzucone.

W przypadku pozostałych artykułów dokonano przeglądu piśmiennictwa i ręcznie przeszukano następujące czasopisma: „American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics”, „International Orthodontics”, „Journal of Clinical Orthodontics” oraz „Angle Orthodontist”.

The study was conducted according to PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines (3, 4). The research questions were defined in PICO format:

Population (P): The patients undergoing the study had complete permanent dentition.

Intervention (I): The orthodontic extraction treatment with braces using a straight arch technique and an additional method for incisor root torque control was used.

Comparison (C): Evaluation of the torque of the incisor roots before and after the treatment.

Outcome (O): The influence of methods of incisor root torque control on the final effect of orthodontic treatment.

The following electronic databases were searched by two researchers (AK, JK): PubMed, EMBASE, and Cochrane Central Register of Controlled Trials (20), entering the following keywords:

- incisor retraction & orthodontics;
- incisor root torque control & orthodontics;
- root torque & orthodontics;
- incisor inclination & orthodontics;
- incisor root torque control & retraction.

Search filters include the time of publication of the article, the last 10 years, and publications that appeared in English in relation to conventional labial/buccal braces.

Based on the information provided in abstracts, articles were selected according to the following criteria: randomised clinical trials (RCTs) and controlled clinical prospective trials (CCTs). Individual case reports, case series reports, literature reviews, experimental studies, studies with limited data (including conference abstracts and journal writings), studies involving an unrepresentative group of patients (less than 10 patients), studies concerning patients with syndromes, and animal experiments were rejected. Articles unrelated to the subject of the planned study were also excluded.

In terms of the selected full-text articles, those that did not include information concerning the change in the inclination of the maxillary incisors after orthodontic treatment were excluded. Articles that did not report the number of patients who completed orthodontic treatment were also rejected.

For the remaining articles, references were reviewed, and such journals as *American Journal of Orthodontics*, *Dentofacial Orthopedics*, *International Orthodontics*, *Journal of Clinical Orthodontics*, and *Angle Orthodontist* were manually searched.

The following data were extracted from reviewed articles: year of publication, group size, characteristics of treatment and control groups, method of root torque control, maxillary incisor root torque before and after orthodontic treatment, together with mean changes in these angular values (Table 1).

Risk of Bias

The risk of bias analysis was performed for various articles using the Cochrane Collaboration's tool (2). The following

Z recenzowanych artykułów wyodrębniono następujące dane: rok publikacji, liczebność grupy, charakterystyka grupy badanej i kontrolnej, sposób kontroli torku korzeni, tork korzeni siekaczy szczęki przed leczeniu ortodontycznym i po nim wraz ze średnimi zmianami tych wartości kątowych (tab. 1).

Ryzyko błędu systematycznego

Analiza ryzyka błędu systematycznego została przeprowadzona dla różnych artykułów przy użyciu narzędzia Cochrane Collaboration (2). Zastosowano następujące kryteria: losowe generowanie sekwencji, ukrywanie alokacji, zaślepienie uczestników i personelu, zaślepienie oceniających, niekompletne dane wynikowe, selektywne raportowanie wyników i inne potencjalne źródła błędu systematycznego (*bias*). Do oceny jakościowej zastosowano zmodyfikowaną *Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale* (7), składającą się z trzech części:

- 1) Dobór pacjentów, w którym oceniano następujące elementy:
 - a) reprezentatywność grupy wystawionej na badany czynnik,
 - b) dobór pacjentów do grupy kontrolnej,
 - c) źródło danych dotyczących poszczególnych pacjentów,
 - d) wykazanie, że badane efekty nie wystąpiły na początku badania.

Za każdy podpunkt przyznano maksymalnie 1 punkt, co dało możliwy wynik 4 punktów.
- 2) Czynniki zakłócające, w przypadku których oceniano, czy grupa kontrolna jest identyczna z grupą badaną pod względem innych czynników, które mogłyby ewentualnie wpływać na wyniki.

W tej kategorii przyznawano od 0 do 2 punktów, w zależności od znaczenia wpływu czynników zakłócających.
- 3) Ocena wyników, w której analizowano:
 - a) zaślepienie oceniających,
 - b) czas trwania obserwacji,
 - c) odsetek pacjentów, którzy ukończyli badanie, co umożliwiło uzyskanie maksymalnej oceny 3 punktów.

Analiza statystyczna

Dla każdego artykułu przeprowadzono analizę statystyczną różnicy średnich zmian inklinacji siekacza szczęki między grupą kontrolną a grupą badaną. Wybrano badania z istotną statystycznie różnicą. Wyniki przedstawiono graficznie na wykresie leśnym (*forest plot, blobbogram*). Ponadto przeprowadzono analizę niejednorodności włączonych badań. W tym celu przeprowadzono test heterogeniczności w oparciu o statystykę Q i obliczono statystyki I². Wszystkie obliczenia wykonano w programie Statistica 13 PLM (StatSoft Polska, Kraków, Polska).

Wyniki

Wprowadzenie słowa kluczowego do uwzględnionych baz danych dało 3154 abstrakty. 44 artykuły zostały wstępnie

criteria were used: random sequence generation, allocation concealment, blinding of participants and personnel, blinding of assessors, incomplete outcome data, reporting of selective outcomes and other potential sources of bias. A modified Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale (7) consisting of three parts was used for the qualitative assessment:

1. patient selection, where the following elements were evaluated:
 - a. the representativeness of the group exposed to the test agent,
 - b. the selection of patients for a control group,
 - c. the source of data concerning individual patients,
 - d. a demonstration that studied effects did not occur at the beginning of the study.

A maximum of 1 point was awarded for each sub-point, resulting in a possible score of 4 points.
2. Confounding factors that evaluated whether a control group was identical to a treatment group in terms of other factors that could possibly influence the outcomes.

In this category, 0-2 points were awarded according to the significance of the influence of confounding factors.
3. Outcome assessment, which analysed:
 - a. the blinding of assessors,
 - b. the duration of observation,
 - c. the percentage of patients who completed the study

Enabling a maximum score of 3 points.

Statistical analysis

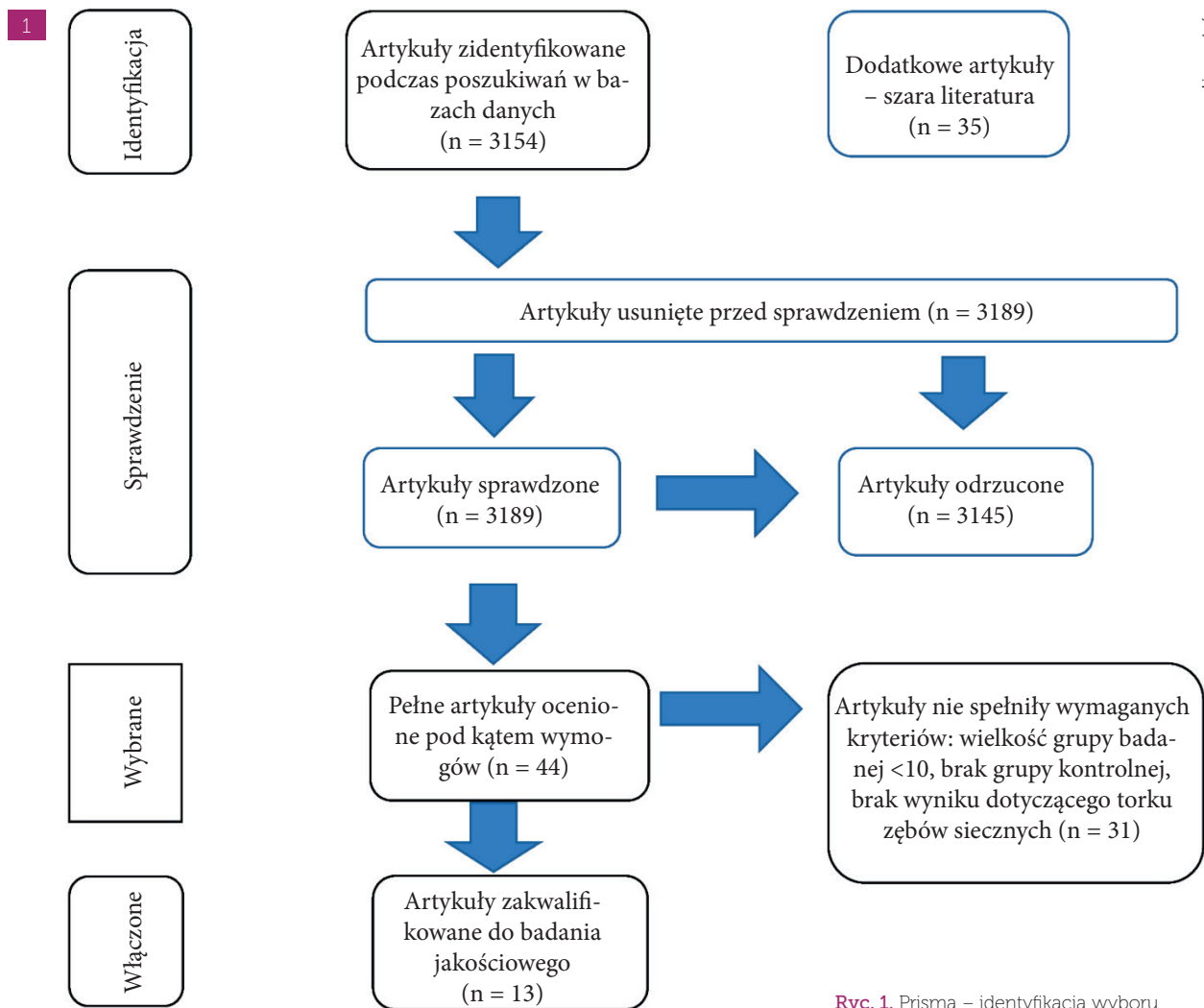
For each article, a statistical analysis was performed for the differences in the mean changes in maxillary incisor inclinations between treatment and control groups. Studies with a statistically significant difference were selected. The outcomes are shown graphically as a forest plot (blobbogram). Moreover, a heterogeneity analysis of the included studies was conducted. For this purpose, a heterogeneity test based on the Q-statistic was performed, and I² was calculated. All calculations were performed using Statistica 13 PLM software (StatSoft Poland, Krakow, Poland).

Results

By entering keywords into the included databases, 3175 abstracts were yielded. Fortyfour articles were initially validated as eligible for the systematic review, and they were analysed in detail. A final total of 13 articles was selected, including 7 RCTs and 6 CCTs. The complete selection process is shown in Figure 1.

Group size

The total number of participants was 580. The average group size was 20 patients. The largest groups were described by Chen et al. (2) and Xu et al. (8): 32 patients per group. The smallest groups were reported by Deepak et al. (9): 10 participants per group. In most studies, the sizes of the study and control groups were identical (Table 1).



potwierdzone jako kwalifikujące się do przeglądu systematycznego i zostały szczegółowo przeanalizowane. Ostatecznie wybrano 13 artykułów, w tym 7 RCT i 6 CCT. Pełny proces selekcji przedstawiono na ryc. 1.

Wielkość grupy

Łączna liczba badanych wynosiła 580 osób. Średnia liczebność grupy wynosiła 20 pacjentów. Najliczniejsze grupy zostały opisane w artykułach Chena i wsp. (2) oraz Xu i wsp. (8) 32 osoby w grupie. Najmniejsze grupy zostały opisane w badaniu Deepaka i wsp. (9) – po 10 osób w grupie. W większości badań liczebność grupy badanej i kontrolnej była identyczna (tab. 1).

Wiek i płeć

Wiek pacjentów różnił się istotnie między artykułami: od 10 lat w badaniu Xu i wsp. (8) do 35 lat w badaniu Chena i wsp. (7). W związku z tym niektórzy pacjenci byli leczeni przed uzyskaniem maksymalnego wzrostu lub w trakcie rośnięcia, podczas gdy inni byli leczeni jako dorośli. Badania Sadeka i wsp. (10), Lee i wsp. (11), Li i wsp. (12) oraz Jee i wsp. (13) obejmowały tylko kobiety. W badaniach Deepa-

Age and sex

The ages of the patients varied significantly between articles, ranging from 10 years in (8) to 35 years in (7). Therefore, some patients were treated before or during maximum growth, while others were treated upon reaching adulthood. The studies by Sadek et al. (10), Lee et al. (11), Jiao et al. (12), and Jee et al. (13) included only women. The studies conducted by Deepak et al. (9) and Ruan et al. (14) lacked information concerning patients' sex. In each of the remaining studies, the female group was larger than the male group (Table 1).

Treatment strategy

In all treated patients, extractions of the maxillary premolars were performed to gain space for the incisor and canine retraction. In 10 articles, maximum anchorage was used as TISAD in the treatment groups (8-11, 14-17). Other studies evaluated the effects of changes in the width of the slot inclination in brackets placed on the first upper molars (7), the use of corticotomy (17, 19), and the use of elastics and power chains (12). Those studies also compared the effectiveness of en-masse retraction to two-step anterior teeth retraction (8).

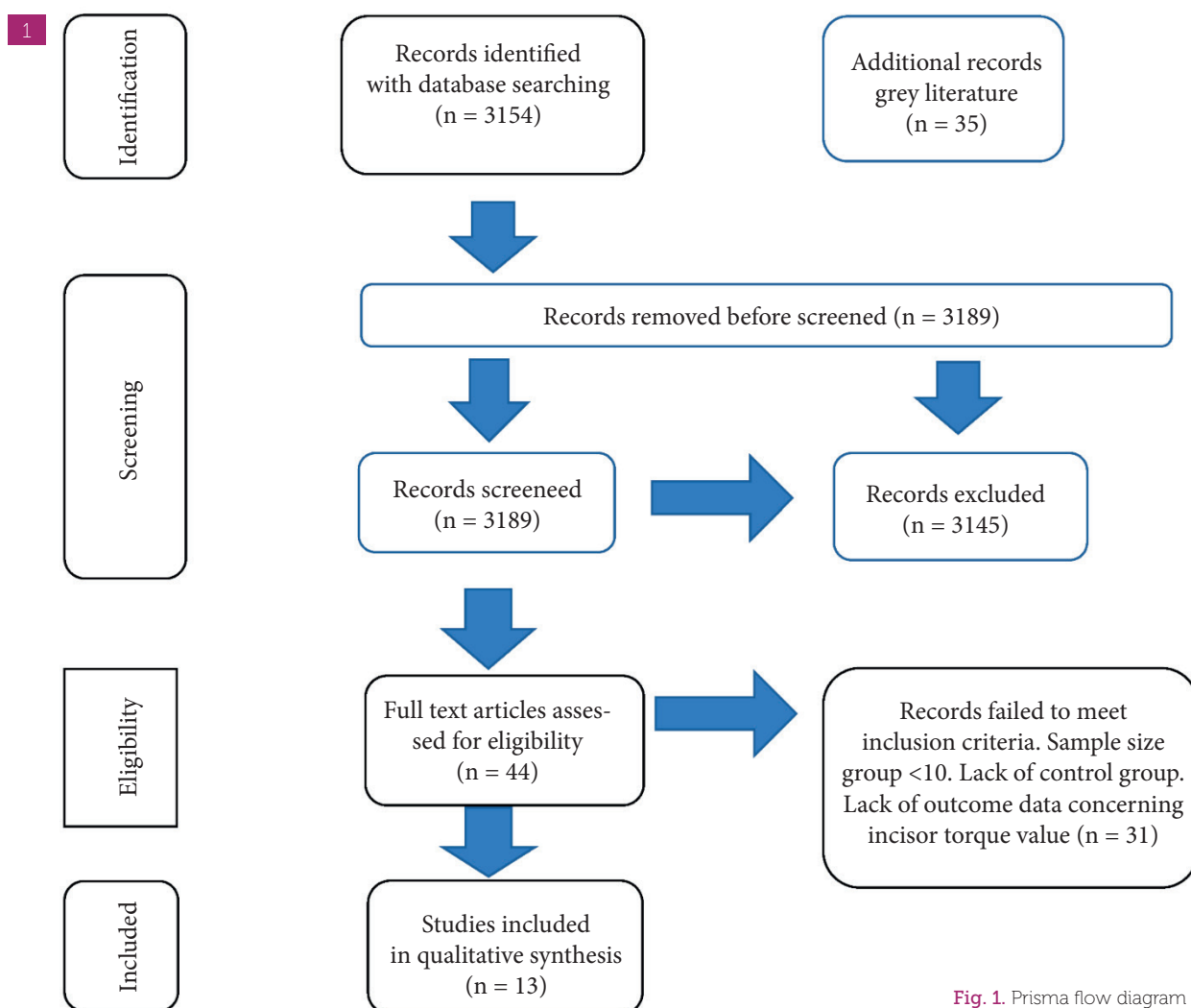


Fig. 1. Prisma flow diagram

ka i wsp. (9) oraz Ruana i wsp. (14) brakowało informacji dotyczących płci pacjentów. W każdym z pozostałych badań liczebność grupy kobiet była większa niż liczebność grupy mężczyzn (tab. 1).

Strategia leczenia

U wszystkich leczonych pacjentów wykonano ekstrakcję przedtrzonowców szczęki w celu uzyskania miejsca na cofnięcie siekaczy i kłów. W 10 artykułach w badanych grupach zastosowano maksymalne zakotwiczenie w postaci TISAD (8-11, 14-17). W innych badaniach oceniano wpływ zmian w szerokości inklinacji slotu w zamkach pierwszych górnych trzonowców (7), zastosowanie korytokomii (17, 19), zastosowanie śródszczękowych wyciągów elastycznych i łańcuszków elastycznych (12), porównano również skuteczność retrakcji *en-masse* do cofania zębów przednich dwuetapowego (8).

Analiza ryzyka

Wyniki oceny zarówno ryzyka błędu systematycznego w randomizowanych badaniach klinicznych, jak i jakościowej analizy CCT przedstawiono w tab. 2 i 3.

Risk analysis

The outcome assessment findings for the risk of bias in the randomised clinical trials and the qualitative analysis of CCTs are shown in Tables 2 and 3, respectively.

Main parameter:

change in the maxillary incisor root torque

In all studies, incisor inclination was observed during the retraction movement, i.e., there was a vestibular root torque. In the treatment groups, the mean change in buccopalatal inclination of the incisor roots was 10.46°. The greatest change in incisor torque (19.13°) was described by Lee et al. (11), in the group where mini-implants were used. Completely different results were obtained by Sadek et al. (10) who found the smallest change, 4.41°, in the root inclination of the anterior teeth in a vestibulo-palatal direction after mini-implants were used on the vestibular side to retract the anterior teeth (Table 1).

Taking into account all studies, the mean difference in the upper incisor inclination between the control and treatment groups was 2.46°, which was statistically significant ($p = 0.0003$). The largest discrepancy between

Badanie	Grupa kontrolna	Grupa badana	Wiek badanych	Strategia leczenia	Zmiana inklinacji U1 w trakcie leczenia	SD (°)	Różnice mediany inklinacji U1-w grupach (G1-G2, °)	SE (odchylenie standardowe)	P	Wkład w wynik analizy (%)
RCTs										
Davoody i wsp. (2012)	G1: 15 (M5 K10)	G2: 13 (M7 K6)	Mediana 17-18	G1: 2-krok retrakcja; G2: retrakcja z TADs	U1-X; G1: -10.63; G2: -18.66	G1: 9.9 G2: 8.21	8.02	3.471	.0207	3.14
Al-Sibaie i Hajeer (2013)	G2: 28 (M12 K16)	G1: 28 (M9 K19)	Mediana 20-23	G1: retrakcja z TADs; G2: 2-krok retrakcja z TPA	U1-Sn; G1: -5.03; G2: -7.94	G1: 3.39 G2: 2.51	2.91	.797	.0003	12.75
Sadek i wsp. (2019)	G1: 14K	G2: 14K	Mediana 20±2	G1: retrakcja z TADs, mechanika policzkowa; G2: retrakcja z TADs, mechanika lingwalna	U1-PP; G1: -4.41; G2: -10.26	G1 2.33 G2: 4.7	5.85	1.402	0	9.39
Al-Imam i wsp. (2019)	G2: 20 (M4 K16)	G1: 20 (M5 K15)	Mediana 19.5 (16-31)	G1: 2-krok z retrakcją wspomaganą kortykotomią; G2: 2-krok z retrakcją bez kortykotomii	U1-Sn; G1: -7.88; G2: -9.40	G1: 2.28 G2: 1.39	1.52	0.597	.0109	13.78
Chen et al. (2020)	G2: 32 (M11 K21)	G1: 32 (M10 K22)	11-35	G1: retrakcja z zamkami PASS; G2: retrakcja z zamkami MBT	G1: -6.94; G2: -11.76	G1: 6.35 G2: 7.65	4.82	1.758	.0061	7.69
Tunçer et al. (2017)	G2: 15 (M2 K13)	G1: 15 (M2 K13)	14<	G1: retrakcja z TADs wspomaganą piezochirurgią; G2: retrakcja z TADs bez zastosowania piezochirurgii	U1/HRP; G1: -8.87; G2: -9.98	G1: 5.38 G2: 8.08	1.11	2.506	.6579	5.07
Xu et al. (2010)	G1: 32 (M12 K20)	G2: 31 (M12 K19)	10-16	G1: retrakcja z TADs; G2: 2-krok retrakcja	U1 językowy tipping korony; G1: -10.7; G2: -10.1	G1: 5.1 G2: 4.7	-0.6	1.237	.6276	10.28

Tab. 1. Dane z artykułów włączonych do przeglądu (1)

Główny parametr: zmiana torqu korzeni siekaczy szczęki

We wszystkich badaniach podczas wykonywania ruchu cofania na siekaczach występowało przechylenie, tj. występował przedśionkowy torqu korzenia. Średnia wartość zmiany policzkowo-podniebiennego nachylenia korzenia w badanych grupach wyniosła 10,46°. Największą zmianę torqu siekaczy (19,13°) opisali Lee i wsp. (11) w grupie, w której zastosowano miniimplanty. Zupełnie inne wyniki uzyskali Sadeka i wsp. (10), którzy po zastosowaniu miniimplantów po stronie przedśionkowej do cofania zębów przednich stwierdzili najmniejszą zmianę nachylenia korzeni zębów przednich w kierunku przedśionkowo-podniebiennym: 4,41° (tab. 1).

Po uwzględnieniu wszystkich badań średnia różnica w zmianie nachylenia górnych siekaczy pomiędzy grupą kontrolną a badaną wyniosła 2,46°, co było statystycznie

groups was observed by Davoody et al. (15). In contrast, no discrepancy was observed between groups by Deepak et al. (9) (Table 1).

The effectiveness of methods for upper incisor torque control

Out of 13 articles (6-19) included in this review, the differences between study and control groups in upper anterior teeth inclination were statistically significant ($p = 0.05$) in only 6 articles. The analysis results are shown in a forest plot (blobbogram) (20) (Figure 2).

The results of the studies and their significant statistical value are shown below, in gradation from the study with the highest to the lowest statistical significance (Table 4).

1. Al-Imam et al. (18) revealed that corticotomy during incisor retraction reduces their inclination by an average of 1.5° compared with non-surgically assisted retraction.

Badanie	Grupa kontrolna	Grupa badana	Wiek badanych	Strategia leczenia	Zmiana inklinacji U1 w trakcie leczenia	SD (°)	Różnice mediany inklinacji U1-w grupach (G1-G2, °)	SE (odchylenie standardowe)	p	Wkład w wynik analizy (%)
CCTs										
Deepak et al. (2014)	Gk: 10 (płeć NR)	G1: 10 (płeć NR)	14-25	G1: retrakcja z TADs; Gk: retrakcja z łukami postędi sprężynami do pierwszych trzonowców stałych	G1: -5.8; Gk: -5.8	G1: 1.3 Gk: 1.3	0	0.581	1	13.86
Koyama et al. (2011)	G2: 14 (M2 K12)	G1: 14 (M1 K13)	Mediana 24.9±5	G1: retrakcja z TADs; G2: retrakcja z zastosowaniem aparatu headgear	SN-U1; G1: -10.3; G2: -11.1	G1: 5.8 G2: 5.9	0.8	2.211	.7175	5.95
Lee and Kim (2011)	G1: 20K	G2: 20K	Mediana 23.32	G1: retrakcja z zastosowaniem aparatu head-gear; G2: retrakcja z TADs	U1-PP; G1: -16.20; G2: -19.13	G1: 5.59 G2: 6.61	2.93	1.936	.1301	6.95
CTs										
Ruan et al. (2018)	G1: 10 (płeć NR)	G1: 19 (płeć NR)	G1: nastolatko-wie; G2: dorośli	G1, G2: retrakcja z TADs	Tor1; G1: -9.82; G2: -11.47	G1: 8.97 G2: 6.70	1.65	2.685	.5389	4.61
Zhao et al. (2018)	G1: 18K	G2: 21K	15<	G1: retrakcja z zastosowaniem elastików (TADs do kontroli zakotwienia); G2: retrakcja z silnymi łańcuskami (TADs dla kontroli zakotwienia)	U1-Sn; G1: -8.84; G2: -15.98	G1: 8.53 G2: 5.60	7.14	2.28	.0017	5.73
Jeea et al. (2013)	G1: 15K	G2: 16K	Mediana 21	G1: retrakcja w konwen-cji łuku C i TADs; G2: retrakcja z prefabrykowa-nym łukiem C i TADs	U1-Sn; G1: -13.77; G2: -11.31	NR	-2.46	7.482	.7423	.80

Tab. 1. Dane z artykułów włączonych do przeglądu (2)

istotne ($p = 0,0003$). Największą rozbieżność między grupami zaobserwowano w badaniu Davoody’ego i wsp. (15), natomiast w badaniu Deepaka i wsp. (9) nie zaobserwowano żadnych rozbieżności między grupami (tab. 1).

Skuteczność metod kontroli torku siekacza górnego

Spośród 13 artykułów (6-19) uwzględnionych w niniejszym przeglądzie jedynie w sześciu z nich różnice w nachyleniu zębów przednich górnych między grupą badaną a grupą kontrolną były istotne statystycznie ($p = 0,05$). Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono na wykresie leśnym (*forest plot, blobbogram*) (20) (ryc. 2).

Wyniki badań i ich istotną wartość statystyczną przedstawiono poniżej, w gradacji od badania o największej do najmniejszej istotności statystycznej (tab. 4):

1. Al-Imam i wsp. (18) wykazali, że korytkotomia podczas cofania siekaczy zmniejsza ich przechylenie średnio

- Al-Sibaie et al. (16) revealed that en-masse retraction of the anterior teeth using TISAD results in an incisor inclination on average 2.9° lower compared with the standard two-step process.
- Sadek et al. (10) revealed that the en-masse retraction using mini-implants and arches on the vestibular side results in a reduction of maxillary incisor inclination by an average of 5.85° compared with the same en-masse movement from the lingual access and mini-implants placed on the palate.
- Chen et al. (2) revealed that patients treated with the PASS system had on average 4.8° lower maxillary incisor inclination compared with patients treated with the MBT system.
- Zhao et al. (12) found that the use of intramaxillary elastics during incisor retraction results in an inclination of the maxillary anterior teeth that is on average 7.14° lower compared with the use of power chains.

Study	Control group	Study group	Age of participants (yrs)	Treatment strategy	Change in the U1-inclination during the observation period (°)	SD (°)	Median difference of U1-inclination between groups (G1-G2, °)	SE (Standard Error)	P	Contribution for analysis result (%)
RCTs										
Davoody et al. (2012)	G1: 15 (M5 K10)	G2: 13 (M7 K6)	Median 17-18	G1: 2-step retraction; G2: retraction with TADs	U1-X; G1: -10.63; G2: -18.66	G1: 9.9 G2: 8.21	8.02	3.471	.0207	3.14
Al-Sibaie and Hajeer (2013)	G2: 28 (M12 K16)	G1: 28 (M9 K19)	Median 20-23	G1: retraction with TADs; G2: 2-step retraction with TPA	U1-Sn; G1: -5.03; G2: -7.94	G1: 3.39 G2: 2.51	2.91	.797	.0003	12.75
Sadek et al. (2019)	G1: 14K	G2: 14K	Median 20±2	G1: retraction with TADs, buccal mechanics; G2: retraction with TADs, lingual mechanics	U1-PP; G1: -4.41; G2: -10.26	G1 2.33 G2: 4.7	5.85	1.402	0	9.39
Al-Imam et al. (2019)	G2: 20 (M4 K16)	G1: 20 (M5 K15)	Median 19.5 (16-31)	G1: 2-step retraction with corticotomy; G2: 2-step retraction without corticotomy	U1-Sn; G1: -7.88; G2: -9.40	G1: 2.28 G2: 1.39	1.52	0.597	.0109	13.78
Chen et al. (2020)	G2: 32 (M11 K21)	G1: 32 (M10 K22)	11-35	G1: retraction with PASS; G2: retraction with MBT	G1: -6.94; G2: -11.76	G1: 6.35 G2: 7.65	4.82	1.758	.0061	7.69
Tunçer et al. (2017)	G2: 15 (M2 K13)	G1: 15 (M2 K13)	14<	G1: retraction with TADs and piezosurgery; G2: retraction with TADs without piezosurgery	U1/HRP; G1: -8.87; G2: -9.98	G1: 5.38 G2: 8.08	1.11	2.506	.6579	5.07
Xu et al. (2010)	G1: 32 (M12 K20)	G2: 31 (M12 K19)	10-16	G1: retraction with TADs; G2: 2-step retraction	U1 ling crown tipp; G1: -10.7; G2: -10.1	G1: 5.1 G2: 4.7	-0.6	1.237	.6276	10.28

Tab. 1. Data from articles (1)

- o 1,5° w porównaniu z brakiem retrakcji wspomaganej chirurgicznie;
- Al-Sibaie i wsp. (16) wykazali, że cofanie zębów przednich *en-masse* przy użyciu TISAD powoduje przechylenie siekaczy średnio o 2,9° mniejsze w porównaniu do tradycyjnego 2-etapowego procesu;
- Sadek i wsp. (10) wykazali, że retrakcja *en-masse* przy użyciu mikroimplantów i łuków po stronie przedślonkowej powoduje zmniejszenie przechylenia siekaczy szczęki średnio o 5,85° w porównaniu z takim samym przesunięciem *en-masse* z dostępu językowego i mikroimplantów umieszczonych na podniebieniu;
- Chen i wsp. (2) wykazali, że u pacjentów leczonych systemem PASS przechylenie siekacza szczęki było śred-

6. Davoody et al. (15) found that the standard two-step retraction using an extra-intrusive arch results in a maxillary incisor inclination on average 8° lower compared with TISAD-assisted *en-masse* retraction.

Q was 36.25 with $p = 0.0003$ and $I^2 = 66.9\%$. Those data indicate a high level of study heterogeneity. This is most likely due to the different orthodontic techniques that were used in individual studies.

Additionally, an analysis of the heterogeneity of the studies included in the metaanalysis was performed. For this purpose, a test of heterogeneity based on Q and I^2 was performed. The results are summarized in Table 5.

As is shown, I^2 is 67%, which means that 67% of the differences observed between the test results are the re-

Study	Control group	Study group	Age of participants (yrs)	Treatment strategy	Change in the U1-inclination during the observation period (°)	SD (°)	Median difference of U1-inclination between groups (G1-G2, °)	SE (Standard Error)	p	Contribution for analysis result (%)
CCTs										
Deepak et al. (2014)	Gk: 10 (sex NR)	G1: 10 (sexNR)	14-25	G1: retraction with TADs; Gk: retraction with posted wires and springs from first molars	G1: -5.8; Gk: -5.8	G1: 1.3 Gk: 1.3	0	0.581	1	13.86
Koyama et al. (2011)	G2: 14 (M2 K12)	G1: 14 (M1 K13)	Median 24.95	G1: retraction with TADs; G2: retraction with a headgear appliance	SN-U1; G1: -10.3; G2: -11.1	G1: 5.8 G2: 5.9	0.8	2.211	.7175	5.95
Lee and Kim (2011)	G1: 20K	G2: 20K	Median 23.32	G1: retraction with a headgear appliance; G2: retraction with TADs	U1-PP; G1: -16.20; G2: -19.13	G1: 5.59 G2: 6.61	2.93	1.936	.1301	6.95
CTs										
Ruan et al. (2018)	G1: 10 (sex NR)	G1: 19 (sex NR)	G1: adolescents; G2: adults	G1, G2: retraction with TADs	Tor1; G1: -9.82; G2: -11.47	G1: 8.97 G2: 6.70	1.65	2.685	.5389	4.61
Zhao et al. (2018)	G1: 18K	G2: 21K	15<	G1: retraction with elastics (TADs for anchorage control); G2: retraction with power chains (TADs for anchorage control)	U1-Sn; G1: -8.84; G2: -15.98	G1 8.53 G2: 5.60	7.14	2.28	.0017	5.73
Jeea et al. (2013)	G1: 15K	G2: 16K	Median 21	G1: retraction with a conventional C-wire and TADs; G2: retraction with a preformed C-wire and TADs	U1-Sn; G1: -13.77; G2: -11.31	NR	-2.46	7.482	.7423	.80

Tab. 1. Data from articles (2)

nio o 4,8° mniejsze niż u pacjentów leczonych systemem MBT;

5. Zhao i wsp. (12) wykazali, że użycie śródszczękowych wyciągów elastycznych podczas cofania siekaczy powoduje przechylenie zębów przednich szczęki średnio o 7,14° mniejsze w porównaniu z zastosowaniem łańcuszków elastycznych;

6. Davoody i wsp. (15) wykazali, że tradycyjna dwuetażowa retrakcja z użyciem dodatkowego łuku intruzyjnego skutkuje przechyleniem siekaczy szczęki średnio o 8° mniejszym w porównaniu z retrakcją *en-masse* wspomaganą przez TISAD.

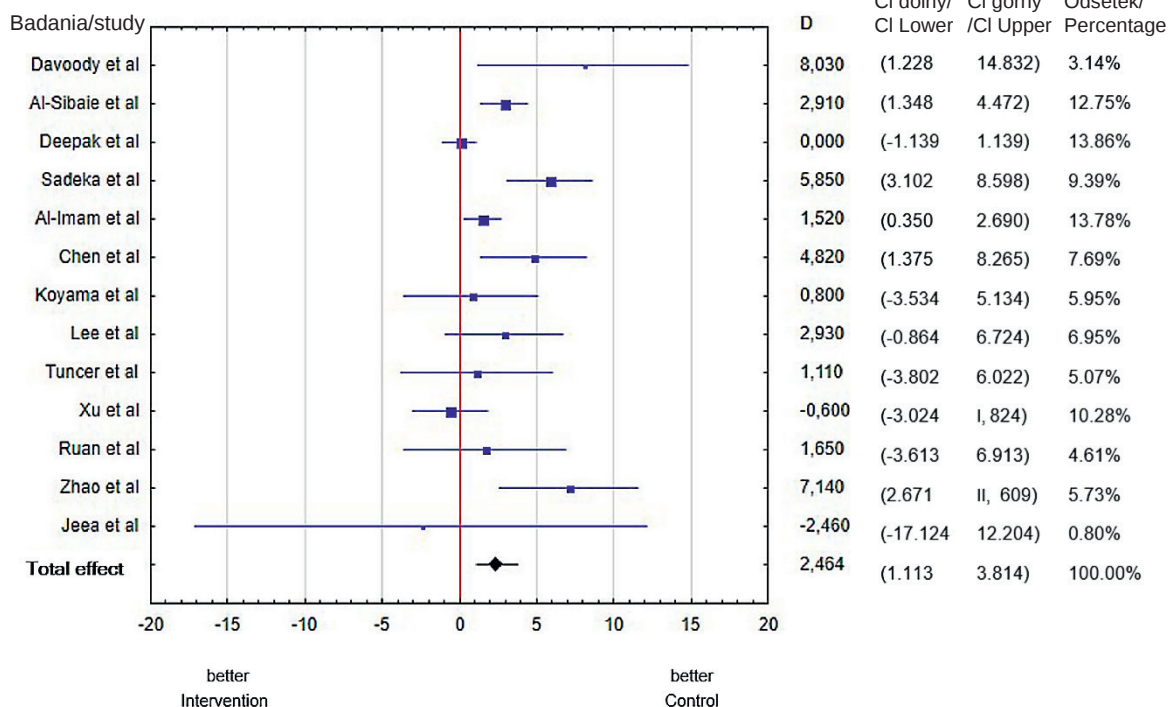
Wartość statystyczna Q wyniosła 36,25 przy $p = 0,0003$ i $I^2 = 66,9\%$. Dane te wskazują na wysoki poziom niejednorodności badań. Wynika to najprawdopodobniej z róż-

sult of heterogeneity. They are the result of differences between populations and the methods of torque control.

Table 6 shows the results of the heterogeneity of the studies broken down into the individual studies. The change in the cumulative effect shows how the result of metaanalysis would change if the study were not included. The percentage share of the study in the meta-analysis is the effect of the effectiveness of the torque control and the size of the study group (Deepak et al. studied only 10 people each in the study and control groups). The studies by Jeea, Davoody and Rua had the highest level of sensitivity and heterogeneity.

The last column includes the change in standard error, which shows how the combined effect would change,

2



Ryc. 2. Średnia różnica inklinacji siekaczy pomiędzy grupą badaną a kontrolną

Fig. 2. The mean differences in the incisor inclination between the treatment and control groups

nych technik ortodontycznych stosowanych w poszczególnych badaniach.

Dodatkowo przeprowadzono analizę heterogeniczności badań objętych metaanalizą. W tym celu przeprowadzono test niejednorodności oparty na Q i I^2 . Wyniki podsumowano w tab. 5.

Jak pokazano, I^2 wynosi 67%, co oznacza, że 67% różnic zaobserwowanych pomiędzy wynikami testów wynika z niejednorodności. Są one wynikiem różnic pomiędzy populacjami i metodami kontroli toroku.

W tab. 6 przedstawiono wyniki heterogeniczności badań w podziale na poszczególne badania. Zmiana skumulowanego efektu pokazuje, jak zmieniłby się wynik metaanalizy, gdyby badanie nie zostało uwzględnione. Procentowy udział badania w metaanalizie jest efektem skuteczności kontroli toroku oraz liczebności grupy badanej (Deepak i wsp. badali jedynie po 10 osób w grupie badanej i kontrolnej). Badania Jee, Davoody'ego i Rua charakteryzowały się najwyższym poziomem czułości i heterogeniczności.

Ostatnia kolumna zawiera zmianę błędu standardowego, która pokazuje, jak zmieniłby się efekt łączny, czyli jak dane badanie wpływa na heterogeniczność. Największy wpływ na heterogeniczność w tym aspekcie miały badania Al-Immama i Al-Sibaie.

Wyniki heterogeniczności przedstawiono na ryc. 3-5.

Dyskusja

Ryzyko błędu systematycznego

W większości artykułów ryzyko błędu systematycznego uznano za niskie ze względu na zastosowane szczegółowe,

i.e., how a given study affects heterogeneity. The research by Al-Immam and Al-Sibaie had the greatest impact on heterogeneity in this aspect.

The heterogeneity results are shown in Figures 3-5.

Discussion

Risk of bias

In most articles, the risk of bias was considered low due to the detailed, rigorous randomisation methods used. Only Tunçer et al. (17) described the risk of bias as moderate because the randomisation was not performed in a fully objective manner; instead, patients were assigned by the individual identification of their patient eligibility based on the criteria met.

The risk associated with the disclosure of group eligibility was considered low in all RCTs due to the use of opaque, sealed envelopes or other equivalent randomisation methods.

The use of specific treatments and the differences between them were known to both study participants and clinicians. Patients were aware of their participation in the study and signed an informed consent for proposed treatment. For this reason, the blinding of participants and personnel regarding treatment status was impossible, and the risk of bias for this criterion was identified as high.

Although the blinding of participants was not possible, the overall risk of bias was reduced in some studies by the blinding of assessors during the outcome analysis. In the articles by Al-Sibaie et al. (16), Al-Immam et al. (18), Chen et al. (2) and Tunçer et al. (17), assessors were not directly involved

Badanie	Generowanie losowych sekwencji	Alokacja ukrycia	Zaślepienie uczestników i personelu	Zaślepienie oceny wyniku	Niekompletne dane wynikowe	Raportowanie selektywne	Inne błędy i odchylenia
Al-Sibaie i Hajeer (2013)	Niski	Niski	Wysoka	Niski	Niski	Niski	Niski
Davoody i wsp. (2012)	Niski	Niski	Wysoka	Niejasny	Niski	Wysoki	Niski
Sadek i wsp. (2019)	Niski	Niski	Wysoka	Wysoki	Niski	Niski	Niejasny
Al-Imam i wsp. (2019)	Niski	Niski	Wysoka	Niski	Niski	Niski	Niski
Chen i wsp. (2020)	Niski	Niski	Wysoka	Niski	Niski	Umiarkowany	Niejasny
Tunçer i wsp. (2017)	Umiarkowany	Niski	Wysoka	Niski	Niski	Umiarkowany	Niski
Xu i wsp. (2010)	Niski	Niski	Wysoka	Niski	Niski	Niski	Niejasny

Tab. 2. Ocena ryzyka błędu statystycznego w RCT

Study	Random sequence generation	Allocation concealment	Blinding of participants and personnel	Blinding of an outcome assessment	Incomplete outcome data	Selective reporting	Other bias
Al-Sibaie and Hajeer (2013)	Low	Low	High	Low	Low	Low	Low
Davoody et al. (2012)	Low	Low	High	Unclear	Low	High	Low
Sadek et al. (2019)	Low	Low	High	High	Low	Low	Unclear
Al-Imam et al. (2019)	Low	Low	High	Low	Low	Low	Low
Chen et al. (2020)	Low	Low	High	Low	Low	Moderate	Unclear
Tunçer et al. (2017)	Moderate	Low	High	Low	Low	Moderate	Low
Xu et al. (2010)	Low	Low	High	Low	Low	Low	Unclear

Tab. 2. Risk of bias assessment in the RCTs

rygorystyczne metody randomizacji. Tylko w pracy Tunçera i wsp. (17) określono ryzyko błędu systematycznego jako umiarkowane, ponieważ randomizacja nie została przeprowadzona w sposób w pełni obiektywny, ale poprzez indywidualne określenie kwalifikacji pacjentów na podstawie spełnianych kryteriów.

Ryzyko związane z ujawnieniem kwalifikacji do grupy uznano za niskie we wszystkich RCT ze względu na zastosowanie nieprzejrzystych, zaklejonych kopert lub innych równoważnych metod randomizacji.

Stosowanie określonych metod leczenia i różnice między nimi były znane zarówno uczestnikom badania, jak i klinicystom. Pacjenci byli świadomi swojego udziału w badaniu i podpisali świadomą zgodę na zaproponowany sposób leczenia. Z tego powodu zaślepienie uczestników i personelu o statusie leczenia było niemożliwe, a ryzyko błędu systematycznego (*bias*) w tym kryterium określono jako wysokie.

Chociaż zaślepienie uczestników było niemożliwe, ogólne ryzyko błędu systematycznego (*bias*) zostało zmniejszo-

in the studies and did not know their purpose; therefore, the risk of bias was considered low. In the article by Sadek et al. (10), assessors could easily define the purpose of the study (patients treated with vestibular or lingual orthodontic appliances), and thus blinding was not possible, and the risk was considered high. In contrast, Davoody et al. (15) provided no information on the blinding of assessors. However, they emphasised that assessors could easily identify patients in each group based on the analysis of cephalograms (presence or absence of mini-implants). A similar risk may have occurred in the study by Al-Sibaie et al. (16). However, the authors clearly emphasised the blinding of assessors in their study. As it was difficult to determine the actual impact on risk of bias, it was finally considered uncertain in the article by Davoody et al. (15).

In all studies, complete data from patients were obtained and analysed. Therefore, the risk in this category was considered low.

In the articles by Davoody et al. (15) and Chen et al. (2), the authors highlighted the possibility of bias due to a re-

Badanie/Study	Wybór/Selection	Porównywalność/Comparability	Ocena wyników/Outcome assessment
Deepak i wsp. (2014)	4	2	2
Lee i Kim (2011)	4	2	2
Koyama i wsp. (2011)	4	2	2
Ruan i wsp. (2018)	3	–	1
Zhao i wsp. (2018)	3	–	2
Jeea i wsp. (2013)	3	–	2

Tab. 3. Ocena jakości CCT według zmodyfikowanej skali Newcastle-Ottawa

Tab. 3. The quality assessment of CCTs according to the modified Newcastle-Ottawa Scale

Badanie	Strategia leczenia	Mediana różnicy pomiędzy grupami inklinacji U1- (G1–G2, °)	p	Wkład w wynik analizy (%)
Al-Imam i wsp. (2019) (18)	G1: 2-retrakcja z korytkotomią; G2: 2-krok retrakcja bez korytkotomii	1.52	0.0109	13.78
Al-Sibaie i Hajeer (2013) (16)	G1: retrakcja wsparta o TADs; G2: 2-retrakcja wsparta o TPA	2.91	0.0003	12.75
Sadek i wsp. (2019) (10)	G1: retrakcja wsparta o TADs, mechanika policzkowa; G2: retrakcja wsparta o TADs, mechanika językowa	5.85	0	9.39
Chen i wsp. (2020) (2)	G1: retrakcja przy użyciu systemu PASS; G2: retrakcja przy użyciu systemu MBT	4.82	0.0061	7.69
Zhao i wsp. (2018) (12)	G1: retrakcja z zastosowaniem elastików (TADs dla kontroli zakotwienia); G2: retrakcja z zastosowaniem silnych wyciągów (TADs dla kontroli zakotwienia)	7.14	0.0017	5.73
Davoody i wsp. (2012) (15)	G1: 2-krok retrakcja; G2: retrakcja z zastosowaniem TADs	8.02	0.0207	3.14

Tab. 4. Najbardziej efektywna strategia leczenia ortodontycznego z kontrolą toru w trakcie retrakcji siekaczy

ne w niektórych badaniach przez zaślepienie oceniających podczas analizy wyników. W artykułach Al-Sibaie i wsp. (16), Al-Imam i wsp. (19), Chena i wsp. (7) oraz Tunçer i wsp. (17) oceniający nie był bezpośrednio zaangażowany w badanie i nie znał jego celu; w związku z tym ryzyko błędu systematycznego (*bias*) uznano za niskie. W artykule Sadeka i wsp. (10) oceniający mógł łatwo określić cel badania (pacjenci leczeni aparatami przedścionkowymi lub lingwalnymi); w ten sposób zaślepienie nie było możliwe, a ryzyko uznano za wysokie. Z kolei badanie Davoody'ego i wsp. (15) nie podało żadnych informacji dotyczących zaślepienia oceniających. Podkreślono jednak, że oceniający mogli łatwo zidentyfikować pacjentów w każdej grupie na podstawie analizy cefalogramów (obecność lub brak mikroimplantów). Podobne ryzyko mogło wystąpić w badaniu Al-Sibaie i wsp. (16). Jednak autorzy wyraźnie podkreślili zaślepienie oceniających w tym badaniu. Ponieważ trudno było

redukcja w liczbie uczestników podczas badania. W pierwszym badaniu, liczba uczestników została zmniejszona o około 30%, a w drugim badaniu o około 6%. Zatem, ryzyko selektywnej raportowania w artykule Davoody et al. (15) zostało zidentyfikowane jako wysokie, natomiast w artykule Chen et al. (2) zostało zidentyfikowane jako umiarkowane. W tej kategorii, artykuł Tunçer et al. (17) również miał umiarkowane ryzyko. Powodem było selektywne wybieranie uczestników do badania.

Additional potential sources of bias were identified in several studies. In the article by Sadek et al. (10), the authors highlighted that a different vertical position of miniimplants in the treatment groups, which was not included in the outcome analysis, may have influenced the inclination of the upper incisors. In contrast, Chen et al. (2) considered the influence of various anchorage methods that were used in individual patients as a poten-

Study	Treatment strategy	Median difference of U1-inclination between groups (G1-G2, °)	p	Contribution for analysis result (%)
Al-Imam et al. (2019) (18)	G1: 2-step retraction with corticotomy; G2: 2-step retraction without corticotomy	1.52	0.0109	13.78
Al-Sibaie and Hajeer (2013) (16)	G1: retraction with TADs; G2: 2-step retraction with TPA	2.91	0.0003	12.75
Sadek et al. (2019) (10)	G1: retraction with TADs, buccal mechanics; G2: retraction with TADs, lingual mechanics	5.85	0	9.39
Chen et al. (2020) (2)	G1: retraction with PASS; G2: retraction with MBT	4.82	0.0061	7.69
Zhao et al. (2018) (12)	G1: retraction with elastics (TADs for anchorage control); G2: retraction with power chains (TADs for anchorage control)	7.14	0.0017	5.73
Davoody et al. (2012) (15)	G1: 2-step retraction; G2: retraction with TADs	8.02	0.0207	3.14

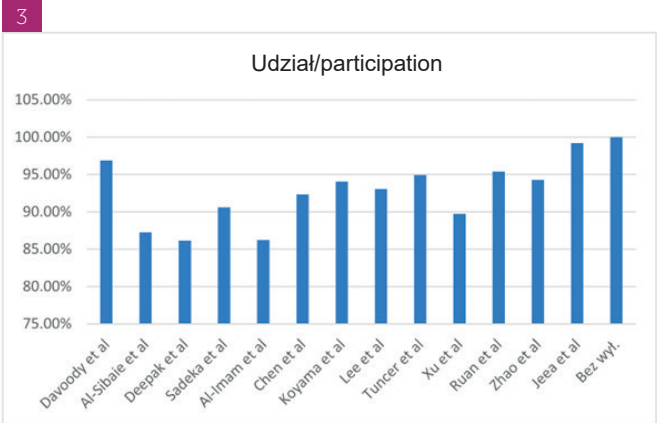
Tab. 4. The most efficient treatment strategies of anterior torque control during retraction

określić rzeczywisty wpływ na ryzyko błędu (*bias*), w artykule Davoody’ego i wsp. (15) zostało ono uznane ostatecznie za niepewne.

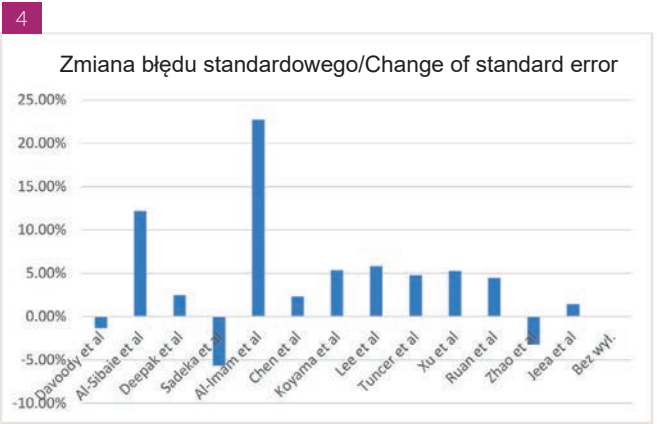
We wszystkich badaniach uzyskano i przeanalizowano komplet danych od pacjentów. Dlatego ryzyko w tej kategorii uznano za niskie.

W artykułach Davoody’ego i wsp. (15) oraz Chena i wsp. (7) autorzy podkreślili możliwość wystąpienia błędu z powodu zmniejszenia liczby badanych w jego trakcie. W pierwszym badaniu liczba uczestników została zmniejszona o około 30%, a w drugim badaniu o około 6%. Dlatego ryzyko selektywnego raportowania w artykule Davoody’ego i wsp. (15) zostało określone jako wysokie, podczas gdy w artykule Chena i wsp. (7) zostało określone jako umiarkowane. W tej kategorii artykuł autorstwa Tunçer i wsp. (17) również był obciążony umiarkowanym ryzykiem. Powodem była selektywność podczas kwalifikowania uczestników do badania.

W kilku badaniach zidentyfikowano dodatkowe potencjalne źródła błędów *bias*. W artykule Sadeka i wsp. (10) autorzy podkreślili, że odmienna pionowa pozycja ustawienia mikroimplantów w badanych grupach, która nie została uwzględniona w analizie wyników, może wpływać na inklinację górnych siekaczy. Natomiast Chen i wsp. (7) uznali wpływ różnych metod zakotwienia stosowanych u poszczególnych pacjentów za potencjalne źródło błędu w wynikach. Xu i wsp. (8) podkreślali, że leczenie pacjentów odbywało się zgodnie ze standardami klinicznymi, tj. często było dostosowywane do indywidualnych potrzeb pacjenta i modyfikowane wraz z przebiegiem terapii. W związku z tym nie było możliwe bezpośrednie porównanie poszczególnych metod leczenia, co mogło wpłynąć na mniejszą



Ryc. 3. Wyniki analizy heterogeniczności w badaniach
Fig. 3. Heterogeneity analysis results by study



Ryc. 4. Analiza heterogeniczności: studium istotności wpływu na heterogeniczność
Fig. 4. Heterogeneity analysis: study impacts on heterogeneity

Q	df	p	I ²	Dolny limit/Lower limit 95% PU (I ²)	Górny limit/Upper limit 95% PU (I ²)
36,249	12	0.0003	66.90%	40.72%	81.51%

Tab. 5. Analiza heterogeniczności

Tab. 5. Heterogeneity analysis

Badania/ Study	D	Błąd standardowy/ Standard error	Limit dolny/ Lower limit 95% PU	Limit górny/ Upper limit 95% PU	p	Udział/ Participation %	Zmiana błędu standardowego /Change of standard error
Davoody i wsp. (15)	2.2687	0.6798	0.9363	3.6011	0.001	96.86%	-1.33%
Al-Sibaie i wsp. (16)	2.4392	0.7731	0.9240	3.9545	0.002	87.25%	12.21%
Deepak i wsp. (9)	2.8349	0.7060	1.4511	4.2186	0.000	86.14%	2.47%
Sadek i wsp. (10)	2.0259	0.6500	0.7519	3.2999	0.000	90.61%	-5.66%
Al-Imam i wsp. (18)	2.6975	0.8454	1.0407	4.3544	0.000	86.22%	22.69%
Chen i wsp. (2)	2.2559	0.7052	0.8738	3.6380	0.000	92.31%	2.35%
Koyama i wsp. (19)	2.5864	0.7259	1.1637	4.0090	0.000	94.05%	5.35%
Lee i wsp. (11)	2.4437	0.7291	1.0146	3.8728	0.000	93.05%	5.83%
Tunçer i wsp. (17)	2.5522	0.7218	1.1374	3.9669	0.000	94.93%	4.76%
Xu i wsp. (8)	2.8121	0.7250	1.3912	4.2331	0.000	89.72%	5.22%
Ruan i wsp. (14)	2.5183	0.7198	1.1075	3.9290	0.000	95.39%	4.47%
Zhao i wsp. (12)	2.1462	0.6666	0.8396	3.4529	0.000	94.27%	-3.24%
Jeea i wsp. (13)	2.5113	0.6987	1.1419	3.8807	0.000	99.20%	1.41%
Bez wytł.	2.4636	0.6890	1.1132	3.8140	0.000	100.00%	0.00%

Tab. 6. Wyniki analizy heterogeniczności; zmiany skumulowanych wyników; D – średnia różnica

Tab. 6. Heterogeneity analysis results; changes in the cumulative effects; D – difference in means

istotność statystyczną uzyskanych wyników. Tunçer i wsp. (17) zwrócili uwagę na fakt, że pobieranie próbek molekularnych od pacjentów rozpoczęło się zbyt późno od początku badania, a kolejne próbki były pobierane w zbyt dużych odstępach czasu. W tym przypadku jednak pomiary te nie miały znaczenia dla niniejszego przeglądu. Wreszcie, biorąc pod uwagę trudność w określeniu rzeczywistego wpływu tych ograniczeń na uzyskane wyniki, ryzyko w badaniach Sadeka i wsp. (10), Chena i wsp. (7) oraz Xu i wsp. (8) uznano za niejasne.

Artykuły Deepaka i wsp. (9), Lee i wsp. (11) oraz Koyama i wsp. (18) otrzymało 4 punkty (maksymalnie) za kryterium doboru pacjentów. Pozostałe artykuły Ruana i wsp. (14), Jee i wsp. (13) straciły 1 punkt z powodu braku kontroli. Jeśli chodzi o czynniki zakłócające, również ze względu na brak kontroli, artykuły Ruana i wsp. (14) oraz Jee i wsp. (13) nie otrzymały punktów, natomiast pozostałe artykuły otrzymały maksymalną ich liczbę (2 punkty). Jeśli chodzi o ostatnie kryterium (ocena efektów badania), wszystkie artykuły straciły 1 punkt z powodu braku zaślepienia oceniającego.

tial source of bias in the results. Xu et al. (8) emphasised that the treatment of patients followed clinical standards, i.e., it was often tailored to the individual needs of patients and modified with the course of therapy. Therefore, a direct comparison of different treatments was not possible, which may have affected the lower statistical significance of the results obtained. Tunçer et al. (17) pointed out that the collection of molecular samples from patients started too late from the beginning of their study and that subsequent samples were taken at too-large intervals. In this case, however, these measurements were not relevant to this review. Finally, given the difficulty in determining the true impact of these limitations on the results obtained, the risk in the studies by Sadeka et al. (10), Chen et al. (2), and Xu et al. (8) was considered unclear.

The articles by Deepak et al. (9), Lee et al. (11) and Koyama et al. (18) received 4 points (maximum) for the patient selection criterion. Other articles (Ruan et al. (14), Jee et al. (13)) lost 1 point due to lack of control. Because of confounding factors, also due to lack of control, the ar-

Ponadto badanie Ruana i wsp. (14) straciło 1 punkt z powodu znacznego zmniejszenia liczby pacjentów kwalifikujących się do analizy wyników w porównaniu z początkową liczebnością grupy. Ostatecznie ww. badanie uzyskało w tej kategorii 1 punkt.

Oprócz omówionych metod kontroli toru siekaczy w momencie zamykania luk poekstrakcyjnych, wymienia się również metody nieortodontyczne, takie jak koryktomia. Zdaniem badaczy zastosowanie tych metod może mieć także wpływ na szybkość i zakres pochylenia siekaczy (21). Odpowiedni wpływ na metabolizm określonych obszarów kości zbitęj może wpływać na rozmieszczenie podpory kostnej zębów, a co za tym idzie – na lokalizację zarówno środka oporu, jak i środka rotacji zębów. Może to skutkować łatwiejszą kontrolą toru zębów przednich podczas ich cofania. Podobnie Zedeh i in. (21) wykazali, że dostęp do podokostnowego tunelu przedsionkowego (VISTA) w celu leczenia ortodontycznego wspomaganego chirurgicznie (SFOT) może poprawić kontrolę ustawienia osiowego siekaczy podczas terapii ekstrakcyjnej (21).

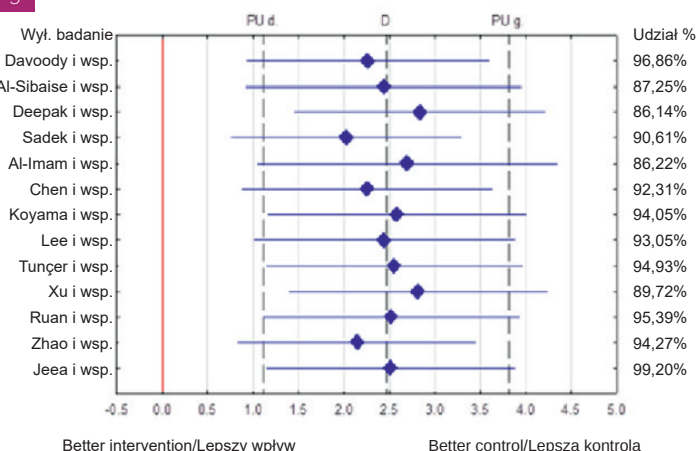
Analiza wyników

Istnieje wiele różnych metod nadzoru nad nachyleniem korzeni podczas cofania zębów przednich, jednak większość z nich nie została dostatecznie przeanalizowana, dlatego ich skuteczność nie jest w pełni potwierdzona. Zgodnie z obecnym przeglądem systematycznym nie wszystkie metody kontroli nachylenia siekaczy różnią się pod względem wydajności w sposób istotny statystycznie.

Wśród metod kontroli toru przedstawionych w tym przeglądzie systematycznym warto przeanalizować te o największej skuteczności potwierdzonej statystycznie.

Zastosowanie koryktomii podczas cofania zębów przednich znacznie zmniejsza przechylenie siekaczy szczęki (19), a technika koryktomii może mieć znaczenie dla nadzoru nachylania korzeni zębów, tzn. nacięcia powinny być wykonywane zarówno po stronie przedsionkowej, jak i podniebiennej. W pracy Al-Imam (18) wykazano, że kontrola toru po zastosowaniu koryktomii była dobra. Badanie to miało wysoką wartość dowodową. W badaniu Tunçer i wsp. (17), w którym nacięcia wykonywano tylko po stronie przedsionkowej, nie uzyskano statystycznie istotnej różnicy w utracie kontroli nachylenia korzeni siekaczy w porównaniu z grupą kontrolną. W związku z tym badanie wykazało, że kontrola toru nie była dość dobra przy ograniczeniu zabiegu koryktomii jedynie do strony przedsionkowej, gdyż nie wykazano istotnej statystycznie różnicy między grupą badaną a kontrolną. Badanie to miało umiarkowaną wartość dowodową. Mając na uwadze powyższe analizy, można uznać, że możliwość kontroli toru za pomocą zabiegu koryktomii została potwierdzona, jednakże wymaga dodatkowych badań na większej grupie, podzielonej na grupę kontrolną i badaną z porównaniem wykonania zabiegu jedynie po stronie przedsionkowej w korelacji

5



Ryc. 5. Wyniki analizy heterogeniczności

Fig. 5. Heterogeneity analysis results

titles by Ruan et al. (14) and Jeea et al. (13) did not receive points, while other articles received the maximum number of points (2 points). Regarding the last criterion (evaluation of study effects), all articles lost 1 point due to the lack of blinding of assessors. Moreover, the study by Ruan et al. (14) lost 1 point due to a significant reduction in the number of patients eligible for the outcome analysis compared with the initial group. Finally, the study in question received 1 point in this category.

In addition to the discussed methods of controlling the axial inclination of incisors at the time of closing the post-extraction hatches, non-orthodontic methods are also mentioned such as corticotomy. According to the researchers, the use of these methods can also affect the rate as well as the range of the tilting of the incisors (21). Adequate influence on the metabolism of specific areas of the compact bone can affect the distribution of the bone support of the teeth and thus the location of both the centre of resistance and the centre of rotation of the teeth. This may result in easier control of the torque of the front teeth during their retraction. Similarly, Zedeh et al. (21) showed, access to the subperiosteal vestibular incision tunnel (VISTA) for surgically assisted orthodontic treatment (SFOT) may improve the control of the axial position of the incisors during extraction therapy (21).

Outcome analysis

There are many different methods for controlling root inclination during the retraction of the anterior teeth; however, most of them have not been sufficiently analysed, and hence, their effectiveness is not fully validated. According to the current systematic review, not all methods of incisor inclination control differ in terms of performance in a statistically significant way.

In terms of the methods of torque control that were reported in this systematic review, those with the highest statistically validated efficacy are worth analysing.

z zabiegiem wykonanym zarówno po stronie przedsionkowej, jak również podniebiennej.

Stosowanie TISADs podczas retrakcji również znacznie zmniejsza przechylenie siekaczy szczęki (utratę nadzoru nad policzkowo-podniebiennym nachyleniem korzeni siekaczy). Dzieje się tak dlatego, że wektor siły użytej do cofania bardziej zbliża się do środka oporu zębów niż np. podczas tradycyjnej retrakcji, gdy siła przykładana jest do zamków na zębach trzonowych szczęki. Co więcej, tradycyjna technika cofania jest często wykonywana w dwóch etapach, co może dodatkowo wpłynąć na większą retroklinację siekaczy. Potwierdzają to badania Al-Sibaie i wsp. (16). Wartość dowodowa tych badań jest wysoka. Mając to na względzie, można uznać, że kontrola torku na pomocą TISAD jest potwierdzona, jednakże ze względu na przeprowadzone tylko jedno badanie, aby jednomyślnie uznać tę tezę, będą wymagane dodatkowe badania porównawcze.

Przy cofaniu zębów przednich bardziej korzystne jest zastosowanie mechaniki przedsionkowej niż językowej (10). Retrakcja *en-masse* przy użyciu mikroimplantów i łuków po stronie przedsionkowej powoduje zmniejszenie przechylenia siekaczy szczęki w porównaniu z takim samym przesunięciem *en-masse* z dostępu językowego i mikroimplantów umieszczonych na podniebieniu. W tym ostatnim wektor siły leży dalej od środka oporu cofanego segmentu, co sprawia, że zęby są mocniej przechylane, a kontrola torku staje się słabsza. Zagadnienia te zostały poruszone w badaniach Sadeka i wsp. (10), które charakteryzują się umiarkowaną wartością dowodową. Mankamentem badania jest nieuwzględnienie przez autorów w analizie wyników odmiennej pionowej pozycji ustawienia mikroimplantów w badanych grupach, co może wpływać na inklinację górnych siekaczy i uniemożliwia precyzyjne porównanie kontroli torku. Mając powyższe zastrzeżenia na uwadze, należy przeprowadzić szczegółowe badania uwzględniające powtarzalność umiejscowienia mikroimplantów, aby uzyskać wiarygodne wyniki badań opisujące wpływ tego rodzaju zakotwienia i jego umiejscowienia na ostateczne nachylenie osi długich siekaczy. Rozpatrując badania dotyczące stosowania mikroimplantów w celu nadzoru nad nachyleniem siekaczy podczas ich cofania, uznając pewne niedoskonałości przeprowadzonych badań, ale uwzględniając ich wysoki poziom dowodowy, można uznać tę metodę za udowodnioną.

Należy również wspomnieć o wykorzystaniu podczas cofania siekaczy protokołów postępowania, takich jak łuk intruzyjny (10, 15) czy system PASS (7). Zamki na trzonowce w systemie PASS posiadają dodatkową szczelinę o nachyleniu 25°. Wprowadzenie dodatkowego łuku w tę szczelinę i przymocowanie go do siekaczy ma podobny efekt jak zastosowanie łuku intruzyjnego – wzmacnia zakotwiczenie w okolicy trzonowców i powoduje intruzję siekaczy oraz ich protruzję, zwiększając tym samym nadzór nad nachyleniem korzeni zębów podczas retrakcji. W badaniach zastosowano łuk intruzyjny zarówno w połączeniu z mikro-

The use of corticotomy when retracting anterior teeth significantly reduces maxillary incisor inclination (19), and corticotomy may be relevant to root inclination control, i.e., incisions should be made on both the vestibular and palatal sides. Al Ihmam (19) revealed that torque control after corticotomy was good; that study had high-value evidence. In Tunçer et al.'s study. (17), in which incisions were made only on the vestibular side, there was no statistically significant difference in the loss of control of incisor root inclination compared with a control group. Therefore, the study revealed that torque control was not good enough when limiting corticotomy to the vestibular side only; that study's evidence had moderate value. Given the above-mentioned analyses, it can be concluded that the possibility of torque control using corticotomy was proven; however, it requires additional studies on a larger group divided into control and treatment groups, and it requires a comparison between corticotomy performed only on the vestibular side and that performed on both the vestibular and palatal sides.

The use of TISADs during retraction also significantly reduces the maxillary incisor inclination (loss of control over the buccal–palatal inclination of the incisor roots). This is because the vector of force used for retraction approaches the centre of resistance of the teeth more closely than, e.g., during the standard retraction, where the force is applied to brackets placed on the maxillary molars. Furthermore, the standard retraction is often performed in two steps, which may further affect the greater retroclination of the incisors. This is confirmed by Al-Sibaie et al. (16). The value of the evidence for these studies is high. In this respect, it can be concluded that the torque control using TISAD is proven; however, as only one study was conducted, additional comparative studies will be necessary to unanimously accept this thesis.

When retracting the anterior teeth, it is more advantageous to use vestibular than lingual mechanics (10). The *en-masse* retraction using mini-implants and arches on the vestibular side results in a reduction of maxillary incisor inclination compared with the same *en-masse* movement from the lingual access and mini-implants placed on the palate. In the latter, the force vector lies farther from the centre of resistance of the retracted segment, which causes the teeth to be inclined more strongly and torque control to become weaker. Those issues were addressed by Sadek et al. (10), whose study evidence had moderate value. A shortcoming of that study is that the authors did not consider the outcome analysis of the different vertical positions of the mini-implants in the analysed groups, which may affect the inclination of the upper incisors and make a precise comparison of torque controls impossible. With these concerns in mind, detailed studies taking into account the reproducibility of mini-implant placement should be conducted to obtain reliable findings that describe the effects of this type of anchorage and its placement on the final inclination of the incisor long axis. When

implantami (Sadek i wsp.) (10), jak i bez mikroimplantów (Davoody i wsp.) (15), uzyskując lepsze wyniki kontroli torqu po włączeniu zakotwiczenia szkieletowego. Niemniej jednak samo zastosowanie łuku intruzyjnego w protokole cofania zębów przednich (Davoody i wsp.) (15) okazało się skuteczniejsze w procesie nadzoru nad nachyleniem korzeni niż izolowane zakotwienie szkieletowe (Al-Sibaie i wsp.) (16). Podkreśla to rolę kontroli wymiaru pionowego podczas retrakcji w utrzymaniu prawidłowego nachylenia korzeni siekaczy. Powyższe badania miały umiarkowaną wartość dowodową. Ze względu na niską liczebność badanych grup należy uznać, że powyższe metody są skuteczne w kontroli torqu siekaczy, ale niezbędne są dalsze badania w grupach o zwiększonej liczebności, aby jednoznacznie potwierdzić wyższość tych metod nad innymi.

Zastosowanie wyciągów klasy I powoduje mniejsze przechylenie siekaczy podczas retrakcji niż użycie do tego celu łańcuszka elastycznego (12). Ta różnica jest prawdopodobnie wynikiem znacznie mniejszej siły działającej na odcinek przedni podczas stosowania wyciągów śródszczękowych (ok. 100 g) zamiast łańcuszka (ok. 250 g).

Wpływ wieku na stopień kontroli inklinacji siekaczy jest prawdopodobnie niewielki, jak sugerują Ruan i wsp. (14). Chociaż retroklinacja siekaczy w tym badaniu była większa w grupie dorosłych, nie było statystycznie istotnej różnicy pomiędzy grupami w różnym wieku. Wartość dowodową tego badania uznaje się za niską, zatem nie można przyjąć kryterium wieku jako zależności mającej wpływ na zmianę inklinacji siekaczy podczas leczenia ortodontycznego z zastosowaniem ekstrakcji przedtrzonowców.

Analiza statystyczna wykazała, że zastosowanie dodatkowych elementów nadzorujących nachylenie korzenia skutkowało mniejszym przechyleniem siekaczy podczas cofania niż zamykanie luk po brakach zębowych bez zastosowania tych metod (tab. 4). Niemniej jednak nie wszystkie metody były równie skuteczne. Największą różnicę pomiędzy grupą kontrolną a grupą badaną wspomaganą mechanizmami nadzoru nachylenia korzeni zębów wykazano w przypadku tradycyjnej dwuetapowej retrakcji z użyciem dodatkowego łuku intruzyjnego (tab. 4). Porównując skuteczność kontroli torqu podczas cofania *en-masse* w różnych badaniach i szeregując ją od najwyższej do najniższej, uzyskano następującą kolejność badań: Sadek i wsp. (10), Li i wsp. (12), Chen i wsp. (7), Al-Sibaie i wsp. (16) i Al-Imam i wsp. (19) (tab. 1). Należy zauważyć, że wiarygodność naukową tych badań, uszeregowanych od największych do najmniejszych, charakteryzowała inna kolejność badań: Al-Imam i wsp. (19), Al-Sibaie i wsp. (16), Chen i wsp. (7), Sadek i wsp. (10), Davoody i wsp. (15) oraz Zhao i wsp. (12) (tab. 2, 3).

Wpływ na łączny wynik analizy statystycznej również był zróżnicowany. W rankingu spadkowym od najwyższego wyniku zagregowanego, kolejność badań była następująca: Al-Imam i wsp. (19), Al-Sibaie i wsp. (16), Sadek i wsp. (10), Chen i wsp. (7), Zhao i wsp. (12) oraz Davoody i wsp. (15) (tab. 4). Podsumowując, wyniki badań dowo-

considering the studies concerning the use of mini-implants to control incisor inclination during retraction by acknowledging some imperfections in the studies conducted but taking into account their high-value evidence, this method can be considered proven.

The use of management protocols such as the intrusive arch (10, 15) or the PASS (7) system during incisor retraction should be mentioned. Brackets placed on the molars in the PASS system have an extra slot with an inclination angle of 25°. The insertion of an extra arch into this slot and its attachment to the incisors have a similar effect to the use of an intrusive arch: It strengthens the anchorage in the molar region and causes the intrusion of the incisors and their protrusion, thus increasing the root inclination control during retraction. The study used an intrusive arch both combined with miniimplants (10) and without mini-implants (15), with better results for torque control when a skeletal anchorage was included. Nevertheless, the use of the intrusive arch alone in anterior teeth retraction (15) turned out to be more effective in controlling root inclination compared with isolated skeletal anchorage (16). This emphasises the role of the control of the vertical dimension during retraction in maintaining the correct incisor root inclination. The evidence from the studies in question was of moderate value. Due to the small sizes of the treatment groups, it should be concluded that the above-mentioned methods are effective in terms of incisor torque control; however, further studies of larger groups are necessary to unequivocally prove the superiority of these methods over others.

The use of class I elastics results in less incisor inclination during retraction compared with the use of a power chain for this purpose (12). This difference is probably due to the significantly lower force acting on the anterior segment when using intramaxillary elastics (approx. 100 g) instead of a power chain (approx. 250 g).

The effect of age on the degree of incisor inclination control is probably minor, as suggested by Ruan et al. (14). Although the retroclination of the incisors in that study was greater in the adult group, there was no statistically significant difference between groups at different ages. The value of evidence for that study is considered low, and thus the age criterion cannot be considered a factor that influences the change in incisor inclination during orthodontic treatment involving premolar extraction.

The statistical analysis revealed that the use of additional components that control root inclination resulted in less incisor inclination during retraction compared with closing gaps after missing teeth without the use of these methods (Table 4). Nevertheless, not all methods were equally effective. The greatest difference between the control group and the treatment group assisted by control mechanisms of root inclination was found for the standard two-step retraction using the extra-intrusive arch (Table 4). In terms of comparing the effectiveness of torque

dzących o wysokiej skuteczności sterowania nachyleniem korzeni wiązać się. Niestety, często spotykamy się z niską wiarygodnością statystyczną. Jednakże można przyjąć, że zastosowanie korytkotomii z nacięciami wykonanymi zarówno po stronie przedsionkowej, jak i podniebiennej oraz cofanie zębów przednich *en-masse* przy użyciu TISAD umieszczonymi po stronie przedsionkowej, a także zastosowanie dodatkowego łuku intruzyjnego zapewniają najlepszą kontrolę toru zębów siecznych. Nie wyklucza to konieczności dalszych bardziej szczegółowych badań na liczniejszych grupach kontrolnych, aby wykazać większe różnice stosowanych metod.

Ograniczenia

Podstawowym ograniczeniem niniejszego przeglądu była cenzura czasowa zamykająca się w okresie ostatnich 10 lat oraz ograniczenia języka publikacji do języka angielskiego. Mogło to mieć wpływ na ryzyko błędu statystycznego publikacji. Kolejnym ograniczeniem była niska liczba badań klinicznych (RCT i CCT), które analizowały poruszany temat. Ograniczeniem stało się również uwzględnienie jedynie artykułów opisujących badania dotyczące wartości toru zarówno przed, jak również po przeprowadzonym leczeniu ortodontycznym, zaproponowanych według określonych protokołów leczenia.

W badaniu skuteczności różnych metod cofania zębów bardzo ważna okazała się obecność grupy kontrolnej. Z definicji grupa ta nie powinna być poddawana leczeniu. W związku z tym nie można ustalić grupy kontrolnej podczas badania zmiany nachylenia korzenia zębów przednich, ponieważ nie można m.in. ze względów etycznych zrezygnować z leczenia ortodontycznego po ekstrakcji ze wskazań ortodontycznych. Dlatego niniejsze badanie jest porównaniem różnych metod sterowania torciem. W procesie wyboru artykułów niektóre badania kliniczne uznano za równoważne z badaniami kontrolnymi, ponieważ wyniki prezentowały porównanie grup badanych pomimo różnic w opisie artykułu. Przegląd obejmował również jeden artykuł, który był badaniem retrospektywnym, ale spełniał wymagania dla CCT. Analiza statystyczna wykazała, że w wielu artykułach istotna wartość SD, przy braku licznej grupy badawczej i kontrolnej, poddaje w wątpliwość wiarygodność uzyskanych wyników. Wyjaśnia to potrzebę dalszych badań, zwłaszcza RCT z bardziej jednorodnymi grupami o wystarczająco dużej liczebności.

Wnioski

Z analizowanych badań wynika, że wykonanie korytkotomii lub zastosowanie mikroimplantów ortodontycznych są najskuteczniejszymi i naukowo potwierdzonymi metodami nadzoru nad nachyleniem siekaczy podczas ich cofania *en-masse*. Statystycznie istotna skuteczność tych dwóch protokołów zastosowanych oddzielnie została udowodniona w randomizowanych badaniach klinicznych z niskim ryzykiem błędu systematycznego (16, 19). Zastosowanie zarówno mechaniki przedsionkowej, jak i dodatkowej szczeliny

control during *en-masse* retraction in various studies and ranking it from highest to lowest, the following order of studies was obtained: Sadek et al. (10), Li et al. (12), Chen et al. (2), Al-Sibaie et al. (16), and Al-Imam et al. (18) (Table 1). It should be noted that the scientific credibility of those studies, ranked from largest to smallest, had a different order: Al-Imam et al. (18), Al-Sibaie et al. (16), Chen et al. (2), Sadek et al. (10), Davoody et al. (15) and Zhao et al. (12) (Tables 2 and 3).

The effect on the combined result of the statistical analysis also varied. In descending order from the highest aggregate score to the lowest, the ranking of studies was as follows: Al-Imam et al. (18), Al-Sibaie et al. (16), Sadek et al. (10), Chen et al. (2), Zhao et al. (12) and Davoody et al. (15) (Table 4). In conclusion, the results of studies that prove the high effectiveness of root inclination control are, unfortunately, often associated with low statistical reliability. However, it can be assumed that the use of corticotomy involving incisions made on both the vestibular and palatal sides, the *en-masse* retraction of the anterior teeth using TISAD placed on the vestibular side, and the use of the extra-intrusive arch provide the best incisor torque control. This does not preclude the need for more detailed studies of larger control groups to demonstrate greater differences in terms of methods used.

Limitations

The main limitations of this review include the time-period restriction, the last 10 years, and the restriction to English-language publications. This may have had an impact on the risk of statistical bias in the publication. Another limitation was the low number of clinical trials (RCTs and CCTs) that analysed the topic addressed. The inclusion of only articles that describe studies concerning the torque value both before and after orthodontic treatments proposed according to specific treatment protocols also became a limitation.

In terms of studying the effectiveness of different methods of teeth retraction, the presence of a control group proved to be very important. By definition, a control group should not receive treatment. Therefore, it is not possible to establish a control group when examining the change in root inclination of the anterior teeth because among other reasons, orthodontic treatment cannot be dispensed with after an extraction for orthodontic indications. Consequently, this study is a comparison of different methods of torque control. In the article selection process, some clinical trials were considered equivalent to control studies because the results showed a comparison of treatment groups despite differences in the article description. The review also included one article that was a retrospective study but met the requirements for CCTs. The statistical analysis revealed that a significant SD in the absence of large study and control groups casts doubt in many articles on the reliability of results obtained. This explains the

w zamkach na trzonowcach, dające efekt podobny do efektu łuku intruzyjnego, było badane w protokołach o niejasnym ryzyku błędu systematycznego, w których różne czynniki mogły wpływać na wiarygodność wyników (7, 10, 15). W przeciwieństwie do tego użycie lekkiej siły śródzękowych wyciągów elastycznych było analizowane tylko w nierandomizowanym badaniu klinicznym, dlatego wnioski z prezentowanego badania należy interpretować z ostrożnością (tab. 3). Wiek pacjentów wydaje się nie mieć znaczenia dla kontroli torqu (14).

Mimo że we wszystkich badaniach siekacze były przechylone po retrakcji, należy zauważyć, że ekstrakcja jest często wykonywana w przypadku nadmiernego wychylenia siekaczy. Dlatego leczenie ma na celu częściowe wyprostowanie siekaczy; w ten sposób ich lekkie przechylenie nie może być traktowane jako brak nadzoru nad przechyleniem policzkowo-podniebiennym korzeni, o ile nie jest nadmierne. Aby dać definitywną odpowiedź na pytanie, jaka metoda najskuteczniej kontroluje torqu podczas cofania zębów przednich, potrzebne są dalsze wysokiej jakości badania – przede wszystkim RCT o jasno określonej metodologii – w celu przeprowadzenia lepszej jakości analiz i wyciągnięcia bardziej wiarygodnych wniosków. 

Piśmiennictwo na s. 70

Pierwsza publikacja: *Diagnostics*, 2022; 12(7):1611
<https://www.mdpi.com/2075-4418/12/7/1611>

Lista skrótów

PRISMA – preferowane elementy raportowania do przeglądów systematycznych i metaanaliz
 PICO – populacja, interwencja, porównanie, wynik
 RCT – randomizowane badanie kliniczne
 CCT – prospektywne badanie kliniczne kontrolowane
 ROBINS-I – ryzyko błędu statystycznego w nierandomizowanych badaniach interwencji
 QAS – Skala Oceny Jakości

Deklaracje

Zatwierdzenie etyki i zgoda na uczestnictwo: nie dotyczy.

Zgoda na publikację: nie dotyczy.

Dostępność danych i materiałów: zestawy danych wykorzystane i/lub przeanalizowane podczas bieżącego badania są dostępne u odpowiedniego autora na uzasadnione żądanie.

Konkurencyjne interesy: autorzy deklarują, że nie mają sprzecznych interesów.

Finansowanie: brak.

Wkład autorów: M.S., E.A., B.K., J.K. i A.K. zebrały dane i były głównymi współautorkami w pisaniu manuskryptu. M.N., J.K., A.E.K. i J.L. przeanalizowali i zinterpretowali dane M.N., M.W., J.K., A.E.K. i M.S. stworzyły tabele i przygotowały spis piśmiennictwa. Wszyscy autorzy dokonali krytycznej rewizji i ostatecznej akceptacji artykułu.

need for further studies, especially RCTs with more homogeneous groups of sufficiently large size.

Conclusions

The analysed studies indicate that corticotomy or orthodontic mini-implants are the most effective and scientifically proven methods of incisor inclination control during incisor en-masse retraction (16, 19). The use of both vestibular mechanics and an extra slot in brackets placed on the molars, which creates an effect that is similar to that of the intrusive arch, was studied in protocols with unclear risk of bias where various factors could affect the reliability of the results (7, 10, 15). In contrast, the use of light force of intramaxillary elastics was only analysed in a non-randomised clinical trial. Therefore, the conclusions of the present study should be interpreted with caution (Table 3). The patient's age also seems to be irrelevant to torque control (14).

Although all studies reported that the incisors were inclined after retraction, it should be noted that extraction is often performed when the incisors are excessively inclined. Hence, treatment aims to partially straighten the incisors and slight incisor inclination cannot be considered as a lack of control of the buccal-palatal inclination of incisor roots provided that it is not excessive. To give a definitive answer to the question concerning which method most effectively controls torque during anterior teeth retraction, further high-quality RCTs studies. 

References: p. 70

Author contributions: M.S., E.A. and B.K. were authors of research concept; M.N., J.K. and A.E.K. collected the data and were main co-authors in terms of writing the manuscript. M.S., E.A., M.N. and J.L. analysed and interpreted the data. M.N., M.W., J.K., A.E.K. and M.S. created tables and prepared references. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional review board statement: Not applicable.

Informed consent statement: Not applicable.

Data availability statement: The data sets that are used and/or analysed during the current study are available from the corresponding author upon reasonable request.

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

Abbreviations

PRISMA Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

PICO Population, Intervention, Comparison, Outcome

RCT Randomised Clinical Trial

CCT Controlled Clinical Prospective Trial

ROBINS-I Risk of Bias in Non-randomized Studies of Interventions

QAS Quality Assessment Scale