

Nieścior Hubert, Sereda Dominika, Metelska Aleksandra, Metelski Jakub. Risk factors and diagnosis of iatrogenic damage of periodontal structures and roots during orthodontic Mini-Implants implantation procedures - a systematic literature review. *Journal of Education, Health and Sport*. 2022;12(8):407-414. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2022.12.08.042>
<https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/JEHS.2022.12.08.042>
<https://zenodo.org/record/6980931>

The journal has had 40 points in Ministry of Education and Science of Poland parametric evaluation. Annex to the announcement of the Minister of Education and Science of December 21, 2021. No. The journal has had 40 points in Ministry of Education and Science of Poland parametric evaluation. Annex to the announcement of the Minister of Education and Science of December 21, 2021. No. 32343. Has a Journal's Unique Identifier: 201159. Scientific disciplines assigned: Physical Culture Sciences (Field of Medical sciences and health sciences); Health Sciences (Field of Medical Sciences and Health Sciences).

Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 40 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 grudnia 2021 r. Lp. 32343. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201159. Przystąpienie do dyscypliny naukowej: Nauki o kulturze fizycznej (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu); Nauki o zdrowiu (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu).

© The Authors 2022;

This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Nicolaus Copernicus University in Torun, Poland

Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author (s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non commercial license Share alike. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.

Received: 01.08.2022. Revised: 07.09.2022. Accepted: 10.08.2022.

Risk factors and diagnosis of iatrogenic damage of periodontal structures and roots during orthodontic Mini-Implants implantation procedures - a systematic literature review

Nieścior Hubert

<https://orcid.org/0000-0002-4709-4396>

hniescior@gmail.com

Medical University of Lublin, Aleje Raławickie 1, 20-059 Lublin

Sereda Dominika

<https://orcid.org/0000-0003-4189-1674>

dominika.sereda1902@gmail.com

Independent Public Clinical Hospital No. 4 in Lublin, Jaczewskiego 8, 20-954 Lublin

Metelska Aleksandra

<https://orcid.org/0000-0002-3166-1296>

metelskaaleksandra@gmail.com

Provincial Specialist Hospital of the name Stefan Cardinal Wyszyński, Aleja Kraśnicka 100, 20-718 Lublin

Metelski Jakub

<https://orcid.org/0000-0002-7110-9332>

jakub.metelski@o2.pl

Provincial Specialist Hospital of the name Stefan Cardinal Wyszyński, Aleja Kraśnicka 100, 20-718 Lublin

Abstract

Introduction and purpose

In recent years, Mini-Implants (MI) have gained popularity and new complications have emerged with them. The article assesses the current reports on the scale of the problem, factors and diagnostic possibilities related to iatrogenic injuries of periodontal tissues and roots.

Description of the state of knowledge

The incidence of complications was estimated to be 13.5%. Complications are more common in the mandible and are estimated at 20-27.1%. Periodontal and root damage are an important

risk factor for treatment failure. The fact that the implant does not interfere with the alveolus structure gives the treatment effectiveness in 90%, and the contact with the alveolar “lamina dura” is 62.5%. Interference with the root structure is successful in only 31.2%.

Risk factors for failure include: young age, poor hygiene, smoking, area of mandibular molars, contact with the root, thickness of the bone and lack of experience. The implant between the roots is a risk of root trauma, as the location close to the tooth cemento-enamel junction, no preparation for surgery, not using surgical templates, strenuous implantation or implant migration under the influence of orthodontic forces. Radiographs are the gold standard in the diagnosis of complications, but they do not allow for a full assessment of the three-dimensional structures of the implant. A promising method is the evaluation of the torque as the implant is placed in its final location. The patient's subjective feelings are questionable in diagnosis and require further research.

Summary

There are many complications in using MI and the most important of these is damage to the structures of the periodontium and the tooth root. Despite the low failure rate, failure should be prevented by pre-operative evaluation, in-operative monitoring, and post-operative diagnostics.

Key words

mini-implant; orthodontic implant; orthodontic anchorage; root damage.

Wstęp

Mini-implanty (MI) jako tymczasowe zakotwienie szkieletowe z roku na rok są coraz częściej wykorzystywane w leczeniu ortodontycznym. Wprowadzenie ich do klinicznej praktyki rozpoczęła publikacja Creekmore i wsp. w 1983 r. [1]. Zapoczątkowało to zwiększenie możliwości, które do tego czasu były ograniczone przez niekorzystne metody używane do wzmacniania zakotwienia. MI zyskują na popularności dzięki korzyściom wynikającym z absolutnego zakotwienia oraz łatwych, tanich procedur implantacji i usuwania po zakończeniu etapu leczenia [2]. Klasyczne metody takie jak: aparat Nance, łuk Goshgariana, Headgear, mimo ciągłego wykorzystania w praktyce niosą za sobą wiele niekorzystnych działań, zarówno w odczuciu pacjenta, jak i w efektach leczenia. Upowszechnienie MI ortodontycznych umożliwiło wyeliminowanie niekorzystnych aspektów konwencjonalnych aparatów, ale wprowadziło do obszaru nauki wiele problemów związanych z nową metodą. Warty uwagi w tym kontekście są m.in. powikłania w postaci uszkodzeń korzeni włączając w to utratę żywotności miazgi, osteosklerozę i ankylozę [3].

W poniższej treści artykułu zawarto aktualne informacje dotyczące oceny skali problemu oraz czynników ryzyka powikłań w postaci jatrogennych urazów tkanek przyzębia i zębów, a także oceniono możliwości diagnostyczne wykrywania jatrogennych urazów tkanek przyzębia oraz zębów.

Epidemiologia

Średnia częstość występowania niepowodzeń w implantacji i leczeniu wykorzystując Mini-Implanty (MI) wynosi 13.5%, co nie stanowi wysokiego odsetka, więc metoda ta umożliwia efektywne wykorzystanie MI w praktyce [4]. Wykazano, że prawidłowo przebiegający proces leczenia częściej występuje w szczęce niż w żuchwie [5, 6]. Stosunek zysków do strat wynikający z wykorzystania MI zdecydowanie przechyla się na korzyść zastosowania tej metody. Mimo niedużego odsetka niepowodzeń, wraz z rozwojem procedur i technologii medycznych należy podejmować działania zmniejszające ryzyko utraty implantu. Częstość występowania kontaktu MI z korzeniem ocenia się na 20% [7], natomiast według Fabbroni i wsp., kontakt występował w nieznacznie większym odsetku pacjentów- 27.1% [8]. Potencjalnymi efektami urazu ozębnej i/lub korzenia mogą być: utrata żywotności miazgi, osteoskleroza, ankyloza [9] oraz resorpcja zewnętrzna korzenia [10].

Według Rodriguez i wsp. 78.45% niepowodzeń jest pochodzenia chirurgicznego, natomiast tylko 19.83% pochodzenia ortodontycznego [11]. Wśród autorów brak konsensusu co do uznania urazu korzenia zęba i/lub ozębnej za najważniejszą przyczynę niepowodzenia. Według Riad Deglow i wsp. powyższe powikłanie jest najważniejszym czynnikiem ryzyka [12] co potwierdza Watanabe i wsp.[13], natomiast według Kim i wsp. nie można go uznać za główną przyczynę niepowodzenia [14]. Najczęściej urazy dotyczą struktur zewnętrznych ozębnej, cementu lub częściowo zębiny, natomiast bardzo rzadko obserwuje się uraz miazgi prowadzący do utraty żywotności [12]. Badania przeprowadzone przez Kuroda i wsp. wykazały, że implanty nie ingerujące w struktury zębodołu (bez kontaktu z blaszką zbitą zębodołu) cechują się wskaźnikiem powodzenia w 90%, natomiast implanty kontaktujące się z blaszką zbitą zębodołu dużą powierzchnią implantu- tylko 62.5% [5]. Według Wang i wsp. współczynnik powodzenia w grupie z implantami nie mającymi kontaktu z korzeniem wynosił 87% a w grupie kontaktującej się z korzeniem 65.4% [15], natomiast w badaniu przeprowadzonym przez Min i wsp., implanty które kontaktowały się z powierzchnią korzenia, skutkowały współczynnikiem powodzenia tylko w 31.2% [16].

Czynniki ryzyka

W ogólnej ocenie czynników ryzyka niepowodzenia w trakcie leczenia z wykorzystaniem MI wymienia się:

- młody wiek,
- ubogą higienę jamy ustnej,
- palenie papierosów,
- umieszczenie śruby implantu w okolicy śluzówki niezwiązanej, nieskeratynizowanej [17],
- umieszczenie śruby w kości żuchwy, szczególnie w okolicy trzonowców żuchwy,
- kontakt śruby z korzeniem [17], [18],
- grubość blaszki zbitej wyrostka lub części zębodołowej kości [16],
- brak doświadczenia operatora [18].

W celu uzupełnienia informacji dotyczących jatrogennych urazów przyzębia wyszczególniono szereg czynników ryzyka, które sprzyjają nieprawidłowemu umieszczeniu implantu, wywołując uszkodzenie tkanek. Sam kontakt MI z korzeniem zwiększa ryzyko niepowodzenia 3 krotnie [19]. Zdecydowanie najważniejszy wpływ ma odległość implantu od tkanek

przyzębia, ponieważ lokalizacja MI bezpośrednio wiąże się z zwiększonym ryzykiem urazu korzenia i wymaga dokładnego planowania implantacji z wykorzystaniem metod pomocniczych [3, 5, 12].

Najczęstszą lokalizacją implantu jest lokalizacja międzykorzeniowa, co szczególnie wymaga przybliżenia tego aspektu [3], a udowodniono, że umieszczenie implantów w odcinkach innych niż uzębione nie niesie za sobą ryzyka uszkodzenia struktur ozębnej i zębów [20].

Lokalizacji zabiegowa między korzeniami jest obarczona ryzykiem błędu w związku z zazwyczaj nieodpowiednim wymiarem między korzeniami zębów sąsiadujących a MI [7]. W związku z powyższym poszukuje się przestrzeni o największym wymiarze między korzeniami sąsiadujących zębów. Lokalizacja odpowiednia do umieszczenia zakotwienia zazwyczaj znajduje się między drugim przedtrzonowcem a pierwszym trzonowcem szczęki od strony policzkowej wyrostka zębodołowego [14]. Oceniono, że umieszczenie implantu w okolicy stoku podniebiennego stanowi czynnik ryzyka uszkodzenia korzenia [21]. Przestrzeń międzyzębowa poszerza się od połączenia szkliwno-cementowego w kierunku wierzchołków, przez co im bliżej szyjki tym większe ryzyko uszkodzenia tkanek przyzębia. W związku z powyższym, zaleca się umieszczenie MI 6mm od blaszki zbitej brzegu wyrostka [2].

Ryzyko związane z nieprzygotowaniem do zabiegu może być związane z pominięciem i nie wykorzystaniem szablonu chirurgicznego, który zapewnia bezpieczniejsze i bardziej przewidywalne umieszczenie implantu niż w trakcie przeprowadzania procedury chirurgicznej z wolnej ręki [22]. Sama ocena radiologiczna w dwóch wymiarach ogranicza obiektywną ocenę przyszłego łoża implantu [14]. Stosowanie forsownej implantacji [23] bez oceny momentu obrotowego, którego nagły wzrost może sugerować kontakt z korzeniem są również czynnikami, które zwiększają ryzyko niepowodzenia [24].

Kravitz i wsp. opisali zjawisko niezamierzonej zmiany kąta umieszczania śruby przez niekontrolowane pociąganie mikrosilnika w stronę operatora co zwiększa ryzyko kontaktu i uszkodzenia korzenia [25].

Częstość jatrogennych urazów może zwiększać się w przypadku zmienności anatomicznych, zarówno tkanek zębów [7] jak i budowy kości w miejscu implantacji. Skośny kształt kości może powodować ześlizgiwanie się śruby, podobnie jak samo umieszczenie śruby pod kątem mniejszym niż 30° od płaszczyzny okluzyjnej [25].

Pierwotna lokalizacja implantu, mimo że początkowo może być prawidłowa, na skutek zastosowanych sił może ulec zmianie w procesie migracji nawet do 0.5mm lub stać na drodze nieodpowiednio zaplanowanych przesunięć zębowych [7, 26] skutkując kolizją implant-ząb lub ząb-implant.

Rozpoznanie

Aktualnym złotym standardem w ocenie czy implant został umieszczony prawidłowo są zdjęcia radiologiczne w technologii dwuwymiarowej. Zdjęcie zębowe okołowierzchołkowe jest najczęściej używaną formą diagnostyki obrazowej miejsca po implantacji, natomiast dodanie innych projekcji spośród konwencjonalnej radiografii może zmienić perspektywę oceny umieszczonych implantów [27]. Zdjęcie dwuwymiarowe pokazuje obraz obiektu trójwymiarowego położonego w tkance, która również posiada 3 wymiary, więc może dawać niedokładny pogląd na sytuację kliniczną i ocenę uszkodzenia korzenia [23].

Ocena trójwymiarowa, przede wszystkim CBCT, wydaje się być najbardziej wskazana w ocenie położenia implantu, chociaż mimo zmniejszenia dawki promieniowania przez minimalne pole obrazowania, wciąż nie pozwala to na przestrzeganie zasady ALARA [27]. Wiele informacji może dostarczyć ocena podmiotowa dolegliwości zgłaszanych przez pacjenta. Kontakt MI z korzeniem może skutkować odczuciem bólu, zwiększoną wrażliwością na opuk lub bólem w trakcie spożywania posiłków. Metoda powyższa nie została udowodniona jako wiarygodna [23], w związku z czym konieczne są dalsze badania. Ocena subiektywna odczuć pacjenta sama w sobie nie jest właściwą metodą diagnostyczną dopóki nie ma istotnych, bardziej obiektywnych wyników badań, ale może być wskazaniem do dalszej diagnostyki metodami bardziej standaryzowanymi.

W ostatnim czasie ocenia się zastosowanie kliniczne oporu tkanki jako momentu obrotowego wymaganego do umieszczenia implantu w kości. Moment obrotowy MI w trakcie kontaktu z korzeniem był wyższy niż bez kontaktu. Wyższe różnice wykazano wśród pacjentów, u których umieszczono implant bez wstępnej preparacji łoża [28].

Zwraca się uwagę na konieczność ciągłego monitorowania wartości momentu obrotowego w trakcie procesu umieszczania implantu [29]. Mimo że konieczne są dalsze badania, ten element procedury może mieć wpływ na zmniejszenie dawek promieniowania jonizującego koniecznego do oceny lokalizacji wszczepu, poprzez mniejszą liczbę zdjęć radiologicznych. Połączenie diagnostyki przedzabiegowej, ocena momentu obrotowego w trakcie procedury implantacji oraz badanie podmiotowe poimplantacyjne mogą być warunkiem wskazującym na konieczność lub brak wykonania drogich i wysokodawkowych badań radiologicznych.

Podsumowanie

Wykorzystanie MI w praktyce ortodontycznej ze względu na liczne czynniki ryzyka niesie ze sobą wiele powikłań, z czego prawdopodobnie najważniejszym jest uszkodzenie struktur ozębnej i korzenia zęba. Mimo niewielkiego odsetka niepowodzeń, klinicysta wykorzystujący daną metodę powinien mieć na uwadze wszystkie aspekty związane z oceną przedzabiegową, kontrolą w trakcie zabiegu oraz być świadomy możliwości i ograniczeń diagnostyki pozabiegowej.

Contribution of authors:

H.Nieścior- study concept and design; critical revision of the manuscript for important intellectual content; study supervision;

D. Sereda- acquisition of data; analysis and interpretation of data; technical support;

J. Metelski- acquisition of data; analysis and interpretation of data; technical support;

A. Metelska- acquisition of data; analysis and interpretation of data; technical support.

Disclosures:

Financial support: No financial support was received.

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

Bibliografia

1. Creekmore TD, Eklund MK. The possibility of skeletal anchorage. J Clin Orthod. 1983 Apr;17(4):266-9. PMID: 6574142.

2. Kim SH, Yoon HG, Choi YS, Hwang EH, Kook YA, Nelson G. Evaluation of interdental space of the maxillary posterior area for orthodontic mini-implants with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 May;135(5):635-41. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.06.013. PMID: 19409346.
3. Kim H, Kim TW. Histologic evaluation of root-surface healing after root contact or approximation during placement of mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 Jun;139(6):752-60. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.06.042. PMID: 21640881.
4. Riad Deglow E, Toledano Gil S, Zubizarreta-Macho Á, Bufalá Pérez M, Rodríguez Torres P, Tzironi G, Albaladejo Martínez A, López Román A, Hernández Montero S. Influence of the Computer-Aided Static Navigation Technique and Mixed Reality Technology on the Accuracy of the Orthodontic Micro-Screws Placement. An In Vitro Study. *J Pers Med.* 2021 Sep 27;11(10):964. doi: 10.3390/jpm11100964. PMID: 34683105; PMCID: PMC8539767.
5. 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 Apr;131(4 Suppl):S68-73. doi: 10.1016/j.ajodo.2006.06.017. PMID: 17448389.
6. Aly SA, Alyan D, Fayed MS, Alhammadi MS, Mostafa YA. Success rates and factors associated with failure of temporary anchorage devices: A prospective clinical trial. *J Investig Clin Dent.* 2018 Aug;9(3):e12331. doi: 10.1111/jicd.12331. Epub 2018 Mar 6. PMID: 29512336.
7. Gintautaitė G, Kenstavičius G, Gaidytė A. Dental roots' and surrounding structures' response after contact with orthodontic mini implants: A systematic literature review. *Stomatologija.* 2018;20(3):73-81. PMID: 30531161.
8. Fabbroni G, Aabed S, Mizen K, Starr DG. Transalveolar screws and the incidence of dental damage: a prospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2004 Jul;33(5):442-6. doi: 10.1016/j.ijom.2003.10.014. PMID: 15183406.
9. Qin YJ, Zhang GD, Zhang Y, Ping YF, Zhao CY. Natural reversal of tooth discoloration and pulpal response to testing following removal of a miniscrew implant for orthodontic anchorage: a case report. *Int Endod J.* 2016 Apr;49(4):402-9. doi: 10.1111/iej.12459. Epub 2015 May 9. PMID: 25877019.
10. Lee YK, Kim JW, Baek SH, Kim TW, Chang YI. Root and bone response to the proximity of a mini-implant under orthodontic loading. *Angle Orthod.* 2010 May;80(3):452-8. doi: 10.2319/070209-369.1. PMID: 20050736; PMCID: PMC8985715.
11. Rodriguez JC, Suarez F, Chan HL, Padiál-Molina M, Wang HL. Implants for orthodontic anchorage: success rates and reasons of failures. *Implant Dent.* 2014 Apr;23(2):155-61. doi: 10.1097/ID.000000000000048. PMID: 24614877.
12. Riad Deglow E, Toledano Gil S, Zubizarreta-Macho Á, Bufalá Pérez M, Rodríguez Torres P, Tzironi G, Albaladejo Martínez A, López Román A, Hernández Montero S. Influence of the Computer-Aided Static Navigation Technique and Mixed Reality Technology on the Accuracy of the Orthodontic Micro-Screws Placement. An In Vitro Study. *J Pers Med.* 2021 Sep 27;11(10):964. doi: 10.3390/jpm11100964. PMID: 34683105; PMCID: PMC8539767.

13. 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 Feb;16(1):44-55. doi: 10.1111/ocr.12003. Epub 2012 Sep 3. PMID: 23311659.
14. Kim SH, Kang SM, Choi YS, Kook YA, Chung KR, Huang JC. Cone-beam computed tomography evaluation of mini-implants after placement: Is root proximity a major risk factor for failure? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Sep;138(3):264-76. doi: 10.1016/j.ajodo.2008.07.026. PMID: 20816295.
15. Wang HN, Liu DX, Wang CL, Lü T, Liu H, Wang HL. [Influence of periodontal ligament injury on initial stability for immediately loaded mini-implant]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2009 Apr;27(2):224-6, 236. Chinese. PMID: 19472896.
16. Min KI, Kim SC, Kang KH, Cho JH, Lee EH, Chang NY, Chae JM. Root proximity and cortical bone thickness effects on the success rate of orthodontic micro-implants using cone beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2012 Nov;82(6):1014-21. doi: 10.2319/091311-593.1. Epub 2012 Mar 14. PMID: 22417652; PMCID: PMC8813147.
17. Srinivasan S, Tee BC, Wang A, Gohel A, Kim DG, Deguchi T, Sun Z. Reliability and accuracy of assessing temporary anchorage device-tooth root contact with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2021 Mar;159(3):271-280. doi: 10.1016/j.ajodo.2020.01.020. Epub 2021 Jan 21. PMID: 33485718.
18. Gintautaitė G, Gaidytė A. Surgery-related factors affecting the stability of orthodontic mini implants screwed in alveolar process interdental spaces: a systematic literature review. *Stomatologija.* 2017;19(1):10-18. PMID: 29243679.
19. 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 Nov;142(5):577-595.e7. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.05.016. PMID: 23116500.
20. Renjen R, Maganzini AL, Rohrer MD, Prasad HS, Kraut RA. Root and pulp response after intentional injury from miniscrew placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Nov;136(5):708-14. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.12.031. PMID: 19892289.
21. Oh SH, Lee SR, Choi JY, Ahn HW, Kim SH, Nelson G. Geometry of anchoring miniscrew in the lateral palate that support a tissue bone borne maxillary expander affects neighboring root damage. *Sci Rep.* 2021 Oct 6;11(1):19880. doi: 10.1038/s41598-021-99442-2. PMID: 34615963; PMCID: PMC8494793.
22. Qiu LL, Li S, Bai YX. [Preliminary safety and stability assessment of orthodontic miniscrew implantation guided by surgical template based on cone-beam CT images]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi.* 2016 Jun;51(6):336-40. Chinese. doi: 10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2016.06.004. PMID: 27256526.
23. Lim G, Kim KD, Park W, Jung BY, Pang NS. Endodontic and surgical treatment of root damage caused by orthodontic miniscrew placement. *J Endod.* 2013 Aug;39(8):1073-7. doi: 10.1016/j.joen.2013.04.037. Epub 2013 May 29. PMID: 23880281.
24. Cornelis MA, Tepedino M, Cattaneo PM, Nyssen-Behets C. Root repair after damage due to screw insertion for orthodontic miniplate placement. *J Clin Exp Dent.* 2019 Dec

- 1;11(12):e1133-e1138. doi: 10.4317/jced.56472. PMID: 31824593; PMCID: PMC6894909.
25. Kravitz ND, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Apr;131(4 Suppl):S43-51. doi: 10.1016/j.ajodo.2006.04.027. PMID: 17448385.
 26. Liou EJ, Pai BC, Lin JC. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004 Jul;126(1):42-7. doi: 10.1016/j.ajodo.2003.06.018. PMID: 15224057.
 27. Oba MK, Marañón-Vásquez GA, Romano FL, Oliveira-Santos C. Additional intraoral radiographs may change the judgment regarding the final position of orthodontic mini-implants. *Dental Press J Orthod.* 2018 Mar-Apr;23(2):54-61. doi: 10.1590/2177-6709.23.2.054-061.oar. PMID: 29898158; PMCID: PMC6018447.
 28. Meursinge Reynders R, Ladu L, Ronchi L, Di Girolamo N, de Lange J, Roberts N, Plüddemann A. Insertion torque recordings for the diagnosis of contact between orthodontic mini-implants and dental roots: a systematic review. *Syst Rev.* 2016 Mar 31;5:50. doi: 10.1186/s13643-016-0227-3. PMID: 27036120; PMCID: PMC4818448.
 29. McEwan, Michael B. Evaluation of insertion torque of orthodontic miniscrew implants in relation to tooth root contact. Saint Louis University ProQuest Dissertations Publishing, 2012. 1505761.