

УДК 616.31-007.24-089.843

Рівіс О.Ю., Мельник В.С., Рівіс М.В., Зомбор К.В.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МОНОКОРТИКАЛЬНОГО І БІКОРТИКАЛЬНОГО СПОСОБІВ УСТАНОВЛЕННЯ МІНІІМПЛАНТАТІВ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна

Робота є фрагментом комплексної науково-дослідної теми кафедри дитячої стоматології стоматологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет» «Профілактика, діагностика, лікування основних стоматологічних захворювань у дітей Закарпаття» (номер державної реєстрації 0116U003555).

Актуальність

Клінічний досвід показує, що ефективність мініімплантатів залежить від фізико-хімічних властивостей імплантованого матеріалу, конструкційних особливостей мінігвинта, методу обробки його поверхні, анатомо-фізіологічних особливостей і біологічних процесів, які відбуваються в кістці навколо нього [1].

Деякі методи встановлення мініімплантатів передбачають penetрацію двох кортикальних пластинок і губчастої кістки, як, наприклад, при встановленні мініімплантатів на піднебінні або в ділянці альвеолярного відростка верхньої щелепи [2]. На думку багатьох дослідників, такий спосіб встановлення забезпечує надійнішу опору для переміщення зубів і зменшує навантаження на кісткову тканину щелеп [3].

Poorsattar-Bejeh A. порівнював анкораж при монокортикальному й бікортикальному встановленні мініімплантатів на піднебінні при однаковій загальній товщині кортикальної пластинки. За результатами дослідження було виявлено, що монокортикальна фіксація мінігвинта забезпечує сильніший опір при вертикальному напрямку дії сили. Натомість бікортикальний спосіб фіксації мініімплантата стійкіший до горизонтально діючої сили [4].

За допомогою методу скінченних елементів Holberg S. і співавтори довели, що чим глибше мініімплантат занурений у кісткову тканину, тим менше напруження в його пришийковій частині й кортикальній кістці щелепи, а також, що бікортикальна фіксація сприятливіша щодо біомеханіки переміщення зубів, ніж монокортикальна [5].

Нині використання різноманітних мінігвинтів дозволяє розв'язувати широкий спектр ортодонтичних проблем. Але мінігвинти мають і певні недоліки.

Проаналізувавши позитивні й негативні властивості відомих мініімплантатів вітчизняних і зарубіжних виробників, ми поставили за мету вдосконалити форму внутрішньокісткової частини й різьби мініімплантата, покращити конструкцію шийки й над'ясенної його частини. За результатами проведених досліджень нами була розроблена вітчизняна система ортодонтичних мініімплантатів OMG.

Мета дослідження

Провести порівняльний аналіз опороздатності кісткової тканини щелеп людини в разі монокортикального й бікортикального встановлення мініімплантата власної конструкції OMG.

Матеріали і методи дослідження

З метою вивчення біомеханічних характеристик розробленого мініімплантата OMG і опороздатності кісткової тканини в разі монокортикального й бікортикального його встановлення використовували метод скінченних елементів (МСЕ). Схема й скінченно елементна 2D-модель бікортикального встановлення мініімплантата OMG (довжина 8 мм, діаметр 1,8 мм) передбачала повне проникнення крізь один шар кортикальної кістки, що дорівнює 1 мм, усю губчасту кістку й занурення в другий шар кортикальної кістки на 0,5 мм. За монокортикального встановлення мініімплантат у другий кортикальний шар кістки не занурювали. Одиночне силове навантаження 1 Н було прикладене в горизонтальному напрямку паралельно кортикальній пластинці кістки (рис. 1).

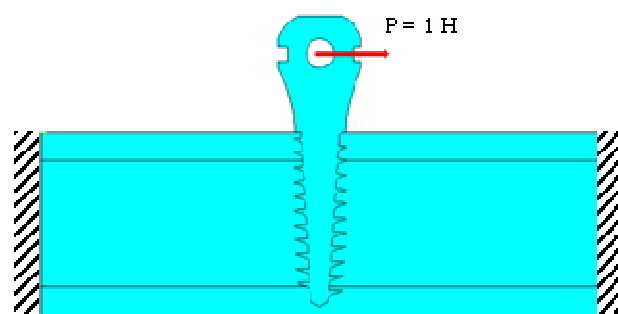


Рис. 1. Розрахункова схема бікортикального встановлення мініімплантата OMG і його силового навантаження

Результати дослідження та їх обговорення

Одним із найважливіших факторів, що впливають на успішність використання мініімплантата, є його стабільність у процесі ортодонтичного лікування [6]. Досить високий рівень невдач при монокортикальному встановленні мінігвинтів спонукав до пошуку кращих методів забезпечення стабільності їх використання [7]. Таким ви-

явився бікортикальний спосіб фіксації, що ґрунтується на розміщенні мінігвинта в товщі двох кортикальних пластинок щелепи. Місцями для такого встановлення мінігвинтів можуть бути ділянка піднебіння й альвеолярні відростки при встановленні мініімплантатів на всю їхню товщину [8]. Проте відкритим залишається питання, наскільки бікортикальний метод установаження мініімплантатів ефективніший від монокортикального, що дозволить також визначити величину ортодонтичних сил, які можуть бути прикладені до мінігвинта.

Як показали отримані нами дані використання методу скінченних елементів при силовому навантаженні біомеханічної системи «кістка – мініімплантат», зона концентрації напружень розташована в ділянці кортикальної кістки щелепи. Результати розрахунку максимальних напружень (σ_{\max} , МПа) і максимальних можливих переміщень (u_{\max} , мм) мініімплантата в біомеханічній системі «кістка – мініімплантат» представлені в таблиці 1.

Таблиця 1
Порівняння двох типів фіксації мініімплантата ОМГ у кортикальній кістці

| | σ_{\max} , МПа | u_{\max} , мм |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Монокортикально | 8,27 | $0,300 \cdot 10^{-8}$ |
| Бікортикально | 6,00 | $0,201 \cdot 10^{-8}$ |

Бікортикальний спосіб фіксації мініімплантата в кістках щелепи суттєво збільшує опороздатність деформаціям даного типу біомеханічної системи при силових навантаженнях мініімплантата (рис. 2).

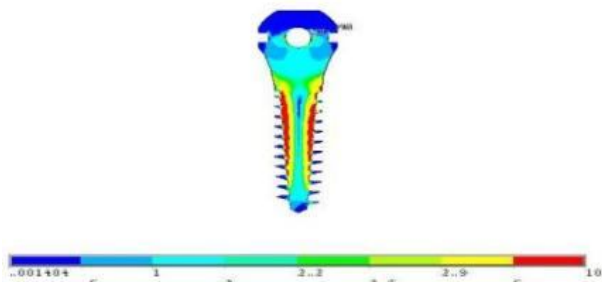


Рис. 2. Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень у мініімплантаті ОМГ за бікортикального способу його фіксації

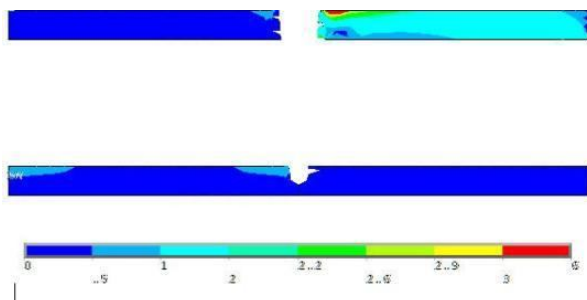


Рис. 3. Розподіл еквівалентних за Мізесом напружень у кортикальній кістці за бікортикального способу фіксації мініімплантата

За бікортикального способу встановлення мініімплантата екстремальні величини еквівалентних за Мізесом напружень у верхній частині кортикальної кістки щелепи зменшуються на 27 %. Це можна пояснити значним збільшенням площі контакту за рахунок двох шарів кортикальної кістки щелепи з поверхнею мініімплантата (рис. 3).

Висновок

Бікортикальне встановлення мініімплантатів – ефективніший і надійніший спосіб забезпечення скелетної опори при переміщенні зубів у процесі ортодонтичного лікування.

Список літератури

1. Cho IS, Kim TW, Ahn SJ. Effects of insertion angle and implant thread type on the fracture properties of orthodontic mini-implants during insertion. *Angle Orthodontist* [Internet]. 2013; 83(4): p.698-704. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23216058/>
2. Pan CY, Chou ST, Tseng YC. Influence of different implant materials on the primary stability of orthodontic mini-implants. *Journal of Medical Science*. [Internet]. 2012; 28(12): p.673-678. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23217360/>
3. Brettin B, Grosland N, Qian F. Bicortical vs monocortical orthodontic skeletal anchorage. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. [Internet]. 2008; 5(134): p.625-635. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18984394/>
4. Poorsattar-Bejeh A. Monocortical versus bicortical hard palate anchorage with the same total available cortical thickness: a finite element study. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*. [Internet]. 2017; 8(3):p.10-16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27157504/>
5. Holberg C, Winterhalder P, Rudzki-Janson I. Finite element analysis of mono- and bicortical mini-implant stability. *European Journal of Orthodontics*. [Internet]. 2014; 36(5): p. 550-556. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23598610/>
6. Leo M, Cerroni L, Pasquantonio G. Temporary anchorage devices (TADs) in orthodontics: review of the factors that influence the clinical success rate of the mini-implants. *Clinical Therapeutics*. [Internet]. 2016; 167(3): p. 70-77. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27424513/>
7. Gurdan Z, Szalma J. Evaluation of the success and complication rates of self-drilling orthodontic mini-implants. *Nigerian Journal of Clinical Practice*. [Internet]. 2018; 21(5): p. 546-552. Available from: <https://www.njcponline.com/article.asp?issn=1119-3077;year=2018;volume=21;issue=5;spage=546;epage=552;aulast=Gurdan>
8. Lee R, Moon W, Hong C. Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on boneborne palatal expansion using finite element analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. [Internet]. 2017; 151(5): p. 887-897. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28457266/>

Стаття надійшла
22.02.2021 р.

Резюме

Порівняно бікортикальний і монокортикальний способи встановлення мініімплантатів власної конструкції OMG із використанням методу скінченних елементів. За результатами дослідження виявлено, що бікортикальний спосіб фіксації мініімплантатів зменшує напруження в кортикальному шарі кісткової тканини на 27%, що забезпечує кращу його стабільність у процесі ортодонтичного лікування й можливість використання більшого силового навантаження.

Ключові слова: мініімплантат, метод скінченних елементів, бікортикальне і монокортикальне встановлення.

UDC 616.31-007.24-089.843

COMPARATIVE ANALYSIS OF MONOCORTICAL AND BICORTICAL METHODS OF INSTALLING MINI-IMPLANTS

Rivis O.Yu., Melnyk V.S., Rivis M.V., Zombor K.V.

State Educational Institution "Uzhhorod National University", Uzhhorod, Ukraine.

Summary

The aim of the study. Carry out a comparative analysis of the support ability of human jaw bone tissue in monocortical and bicortical installation of a mini-implant of own design OMG.

Research methods. In order to study biomechanical characteristics of developed OMG mini-implant and bone tissue capacity during monocortical and bicortical installation, the finite element method (MSE) was used. The scheme and finite element 2-D model of bicortical installation of OMG mini-implant (length 8 mm, diameter 1.8 mm) provided full penetration through one layer of cortical bone equal to 1 mm, the entire cancellous bone and immersion in the second layer of cortical bone by 0, 5 mm. No implantation was immersed in the second cortical layer of bone during monocortical installation. A single force load of 1 N was applied in the horizontal direction parallel to the cortical plate of the bone.

Results of the study. One of the most important factors leading to the success of the use of a mini-implant is its stability in the process of orthodontic treatment. Quite a high level of failure in the monocortical installation of mini-screws has led to the search for better methods to ensure the stability of their use. This was a bicortical method of fixation, based on the placement of the minig screw in the thickness of the two cortical plates of the jaws. Area for such installation of mini-screws can be a site of a palate and alveolar sprouts at installation of miniimplants through all its thickness.

As shown by our data on the use of the finite element method under the force load of the biomechanical system "bone - mini-implant", the stress concentration zone is located in the area of the cortical bone of the jaw.

The results of the calculation of the maximum stresses (σ_{max} , MPa) and the maximum possible displacements (u_{max} , mm) of the mini-implant in the biomechanical system "bone - mini-implant" in monocortical installation were, respectively, 8.27 MPa and $0.300 \cdot 10^{-8}$ mm and in bicortical installation 6.00 MPa and $0.201 \cdot 10^{-8}$ mm.

The bicortical method of fixing the mini-implant in the jaw bones significantly increases the ability to resist deformation of this type of biomechanical system under force loads of the mini-implant.

In the bicortical method of mini-implant placement, the extreme values of equivalent according to Mises stresses in the upper part of the cortical bone of the jaw are reduced by 27%. This can be explained by a significant increase in the area of contact due to the two layers of the cortical bone of the jaw with the surface of the mini-implant.

Conclusion. The bicortical method of installing mini-implants is a more effective and reliable way to provide skeletal support during orthodontic treatment.

Key words: mini-implant, finite element method, bicortical and monocortical installation.