

ОРТОПЕДИЧНИЙ РОЗДІЛ

УДК 615.477.2+616.716.4

Р. Ю. Матвєєнко

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»

**ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ КАПИ-ПРОТЕЗА
В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИХ СТАНІВ
ЗУБІВ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ**

У статті представлені результати математичного моделювання й аналізу напружено-деформованих станів зубів нижньої щелепи при інтактному пародонті та при пародонтиті I й II ступенів тяжкості з прикладенням різної величини й напрямку навантаження та при використанні кап із термоакрилу й вінілу, а також комбінованої капи-протеза з акриловими сідлами й штучними зубами. Доведено, що розроблена конструкція капи-протеза зменшує переміщення нижніх різців і напруги на поверхні їхніх коренів до фізіологічних показників, тим самим сприяє нормалізації процесів гемодинаміки в окологубних тканинах. Отримані результати уможливають апробацію капи-протеза в клініці як тимчасової конструкції на етапах комплексного лікування генералізованого пародонтита.

Ключові слова: напружено-деформовані стани зубів, генералізований пародонтит, ортопедичне лікування.

Р. Ю. Матвєєнко

ГУ «Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины»

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАППЫ-ПРОТЕЗА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫХ
СОСТОЯНИЙ ЗУБОВ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ**

В статье представлены результаты математического моделирования и анализа напряженно-деформированных состояний зубов нижней челюсти при интактном пародонте и пародонтите I и II степеней тяжести с приложением различной величины и направления нагрузки и при использовании кап из термоакрила и винила, а также комбинированной каппы-протеза с акриловыми седлами и искусственными зубами. Доказано, что разработанная конструкция каппы-протеза уменьшает перемещения нижних резцов и напряжения на поверхности их корней до физиологических показателей, тем самым способствует нормализации процессов гемодинамики в окологубных тканях. Полученные результаты делают возможной апробацию каппы-протеза в клинике как временной конструкции на этапах комплексного лечения генерализованного пародонтита.

Ключевые слова: напряженно-деформированные состояния зубов, генерализованный пародонтит, ортопедическое лечение.

R. Yu. Matvuyeyenko

SE "Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health"

**JUSTIFICATION OF DESIGN OF MOUTHGUARD-DENTURE
BY STUDYING STRESS-STRAIN STATES OF MANDIBULAR TEETH**

The aim of the present study has been justification of design of mouthguard-denture used for the period of comprehensive treatment of generalized periodontitis by studying stress-strain states of mandibular teeth.

Materials and methods. *It has been performed mathematical modeling and analysis of the stress-strain states of the lower incisors under condition of intact periodontal tissues and under periodontitis of the I and II degrees of severity with the application of varying magnitude and direction of the load, also under using mouthguards from thermoacryl and vinyl, as well as combined mouthguard-denture with acrylic saddles and false teeth. The calculation was performed on the computer models with boundary conditions constructed by using finite element program «T-Flex».*

Results. *When using thermoacryl mouthguard the maximum movement of lower incisors reduced to $0,15 \pm 0,03$ mm for the first degree of periodontitis; $0,19 \pm 0,04$ mm – for the second degree ($p < 0,05$). When using combined mouthguard maximum tooth movement in the direction of the load is $0,59 \pm 0,07$ mm for the first degree of periodontitis;*

0,70±0,07 mm – for the second degree ($p<0,05$). The maximum value of equivalent stress on the root surface in the application of acrylic mouthguards reduced to 30,2±1,8 MPa for the first degree of periodontitis; to 34,5±2,4 MPa – for the second degree ($p<0,05$). In turn, these indexes for the combined mouthguard constitute 67,2±3,8 MPa for the first degree of periodontitis and 72,1±4,3 MPa – for the second degree ($p<0,05$). In our opinion, thermoacryl mouthguard causes rigid immobilization of teeth that prevents even the smallest movements of teeth that characterize physiological statics. Besides it isn't comfortable for putting on dentitions. Based on these assumptions, the combined mouthguard has more attractive options for optimizing hemodynamics of periodontal tissues.

Thereafter, the calculations showed that using design that splints teeth and simultaneously replaces defects of dentitions, as expected, leads to the elimination of stress-strain states in the model being studied. Moving lower front teeth under the vertical load of 400 N is 0,05±0,01 mm versus 0,11±0,02 mm for the first degree of periodontitis and 0,12±0,02 mm – for the second degree ($p<0,05$). The most significant indicator is the dynamics of stress on the root surface of the teeth ($p<0,001$). Thus, the rate of maximum tension in periodontitis for the first degree of periodontitis reduced from 9,1±0,7 MPa to 3,7±0,3 MPa in the application of mouthguard, and with 11,0±0,7 MPa to 5,5±0,4 MPa for the second degree ($p<0,001$).

Conclusions. It is proved that the developed design reduced movement of the lower incisors to the physiological characteristics, and the stress, which was transmitted to the alveolar bone, closed to the values of intact periodontium. So the design can be recommended for testing in the clinic as temporary denture during the stages of complex treatment of generalized periodontitis.

Key words: stress-strain states of teeth, periodontal disease, prosthetic treatment.

Вступ. Питання пошуку ефективних ортопедичних конструкцій при генералізованому пародонтиті, які відновлюють дефекти зубних рядів з урахуванням функціонального стану пародонта збережених зубів, одночасно забезпечують їх шинування та запобігають вторинній травматичній оклюзії є вельми актуальним.

Зумовлене це значною поширеністю захворювання, яке посідає шосте місце за розповсюдженістю серед населення усього світу [1], а також тенденцією зростання кількості ускладнених форм, що призводять до втрати зубів [2]. Однією з причин незадовільного лікування генералізованого пародонтиту, що призводять до подібних ускладнень, називають відсутність заходів тимчасового протезування перед виготовленням постійних протезів; фіксацію адгезивними конструкціями існуючої травматичної оклюзії, що призводить до швидкої втрати зубів не тільки в ділянці шинування, а й в суміжних [3].

Для покращення ситуації, що склалася, ми визнали за доцільне створення тимчасової конструкції, яка дозволить запобігти вторинній травматичній оклюзії, шинувати збережені зуби та відновить дефекти зубних рядів від початку лікування генералізованого пародонтиту.

Натепер обґрунтувати ортопедичну конструкцію з точки зору біомеханіки дозволяють сучасні комп'ютерні технології, зокрема використання спеціалізованих програм з оцінки напружено-деформованих станів технічних систем, які основані на методі механіко-математичного моделювання – методі кінцевого елемента [4].

Таким чином, **мета** представлено дослідження – обґрунтування конструкції капи протеза, яка використовується на період проведення комплексного лікування генералізованого

пародонтиту, шляхом вивчення напружено-деформованих станів зубів нижньої щелепи.

Матеріали і методи дослідження. Вивчення напружено-деформованих станів зубів нижньої щелепи проводили для інтактного пародонта та для I і II ступенів тяжкості пародонтиту за класифікацією Данилевського М. Ф. (1994) (I – зниження висоти міжальвеолярних перегородок на 1/3 висоти, резорбція кісткової тканини 25%; II – зниження висоти на 1/2, відповідно резорбція 50 %) [5].

Для визначення напружено-деформованих станів в зубах та пародонті використовували метод кінцевих елементів, в основі якого дискретизація об'єкта для розв'язання рівнянь механіки суцільного середовища з припущенням, що ці співвідношення виконуються в межах кожної кінцевої області. Таким чином, завдання математичного описання кінцевого елемента зводиться до того, щоб зв'язати переміщення й сили, що діють у вузлах. Розрахунок здійснювався для об'ємних комп'ютерних моделей із граничними умовами, побудованих методом кінцевих елементів з використанням програми «Т-Flex».

Розрахунки здійснювались у три етапи. На першому етапі вивчались переміщення та напруги передніх зубів нижньої щелепи при інтактному пародонті та пародонтиті I-II ступеня тяжкості. На другому етапі ці ж характеристики досліджували у порівнянні при застосуванні двох варіантів кап: з термоакрилу та комбінованої з акрилу та вінілу. При цьому на перших двох етапах у якості розрахункового навантаження використовували еквівалентне площинне навантаження на кожний зуб, рівне 100 Н, що відповідає 10 кгс, яке спостерігається при попаданні на зуб твердого предмета, імітуючи цим екстремальну ситуацію. Еквівалентне навантаження, при цьому, яв-

ляло собою вектор сили, що діє під кутом 45 градусів до поверхні зуба (рис. 1).

На третьому етапі роботи розрахунки проводились для власне запропонованої конструкції капи-протеза, що представляє собою комбіновану капу з акрилу та вінілу на передні зуби та базиси з акрилової пластмаси зі штучними зубами,

які заміщують дефекти зубного ряду (рис. 2) [6]. Треба відзначити, що для виявлення ефекту розвантаження природних зубів на математичній моделі припускали лише вертикальне навантаження (під кутом 90° до оклюзійної поверхні зубів), що сумарно дорівнювало 400 Н.

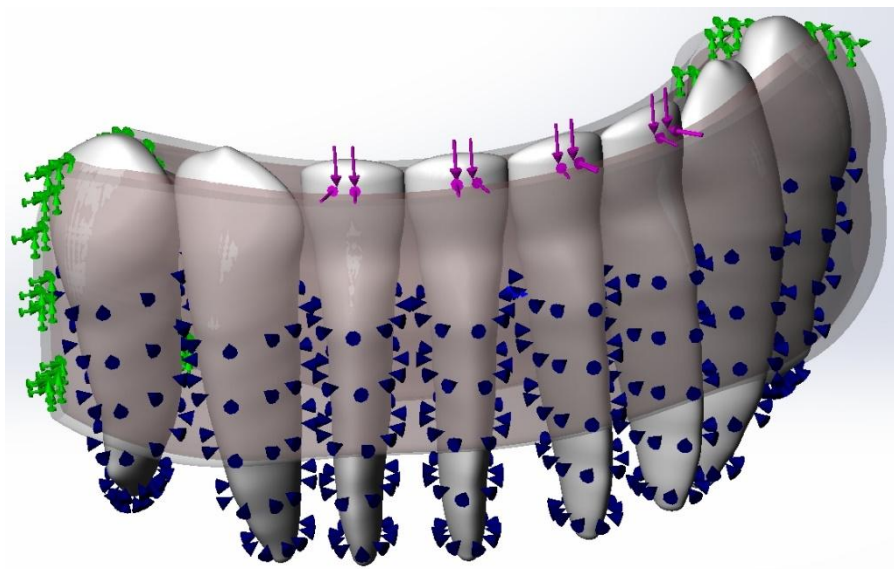


Рис. 1. Модель напружено-деформованих станів зубів нижньої щелепи при використанні капи.



Рис. 2. Капа-протез власної конструкції (пояснення в тексті).

Результати моделювання оцінювалися за двома показниками: максимальна величина переміщення різців щодо первісного положення в напрямку дії сили та величина результуючих напруг за рівнянням Губера – Мізеса.

Результати та їх обговорення. Результати проведених розрахунків максимального переміщення нижніх передніх зубів у напрямку дії навантаження приведені в табл. 1, а максимальних

величин екстремальної напруги на поверхні їхніх коренів в табл. 2.

Як видно з таблиць, застосування обох варіантів кап при пародонтиті дає позитивний вихід за значеннями переміщень зубів. Їх зрушення під дією сили залишається в межах фізіологічних значень, що наближуються до результатів, отриманих при вивченні інтактного пародонта ($p > 0,05$).

Таблиця 1

Максимальні переміщення нижніх різців при використанні кап (мм, $M \pm m_p$)

| Стан пародонта | Без капи (1) | Комбінована капа (2) | Капа з термо-акрилу (3) | P ₁₋₂ | P ₂₋₃ | P ₃₋₁ |
|-----------------------|--------------|----------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Інтактний | 0,22±0,05 | 0,20±0,05 | 0,08±0,02 | >0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Пародонтит I ступеня | 0,82±0,10* | 0,59±0,06** | 0,15±0,03* | <0,05 | <0,05 | <0,05 |
| Пародонтит II ступеня | 2,83±0,15* | 0,70±0,07** | 0,19±0,04* | <0,001 | <0,001 | <0,001 |

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,001$ між показниками, отриманими при інтактному пародонті та при пародонтиті I-II ступеня тяжкості.

Таблиця 2

Максимальні величини еквівалентної напруги на поверхні кореня при використанні кап (МПа, $M \pm m_p$)

| Стан пародонта | Без капи (1) | Комбінована капа (2) | Капа з термо-акрилу (3) | P ₁₋₂ | P ₂₋₃ | P ₃₋₁ |
|-----------------------|--------------|----------------------|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Інтактний | 112,0±8,1 | 58,6±3,5 | 16,0±1,0 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Пародонтит I ступеня | 137,1±7,3* | 67,2±3,8 | 30,2±1,8** | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Пародонтит II ступеня | 180,2±10,0** | 72,1±4,3* | 34,5±2,4** | <0,001 | <0,001 | <0,001 |

Примітка: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,001$ між показниками, отриманими при інтактному пародонті та при пародонтиті I-II ступеня тяжкості.

Застосування кап за рахунок властивостей матеріалів, які використовуються для їх виготовлення, здатне також компенсувати перевантаження зубів, а отже і тканин пародонта, що виникли внаслідок резорбтивних процесів в кістковій тканині. Отримані результати вказують на більш сприятливу картину щодо напруги на поверхні кореня при пародонтиті із застосуванням капи. Таке навантаження пародонта дозволить перебіг репаративних процесів в кістковій тканині завдяки сприянню мікроциркуляторній гемодинаміці.

Поруч з тим, привертає увагу той факт, що капа з термоакрилу призводить до жорсткої імібілізації зубів, яка не дозволяє навіть невеликі рухи зубів, які характеризують їх фізіологічну статику, що обумовлює питання про доцільність такої імібілізації. Відомо, що рухомість в межах фізіологічної є стимулом для підтримки міцностних властивостей тканин пародонта та щелепних кісток [4]. Немаловажним також є запобігання травмування пародонту опорних зубів під час накладання капи з більш еластичного матеріалу (комбінації акрилу з вінілом).

Таблиця 3

Напруги та деформації в зубах нижньої щелепи при застосуванні капи-протеза ($M \pm m_p$)

| Пародонтит | Без капи | Капа-протез | p |
|------------|-----------------------|-------------|--------|
| | Переміщення зубів, мм | | |
| I ступеня | 0,11±0,02 | 0,05±0,01 | <0,05 |
| II ступеня | 0,12±0,02 | 0,05±0,01 | <0,05 |
| | Напруга, МПа | | |
| I ступеня | 9,1±0,7 | 3,7±0,3 | <0,001 |
| II ступеня | 11,0±0,7* | 5,5±0,4** | <0,001 |

Примітка: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,001$ для показників пародонтиту I та II ступенів.

Виходячи з даних передумов, з двох розглянутих варіантів більш привабливою щодо оптимізації гемодинаміки тканин пародонта є комбінована капа аніж акрилова. З одного боку при її застосуванні рухомість зубів та оклюзійне

навантаження зменшуються порівняно з результатами, отриманими для моделей без капи, з іншого – наявність переміщення та навантаження в межах фізіологічного, а також відсутність критичних деформацій при накладанні, дозволяє нор-

малізувати кровообіг пародонта.

Отже, в подальшому розрахунок напружено-деформованих станів проводився для комбінова-

ної капи з акриловими сідлами зі штучними зубами (табл. 3).

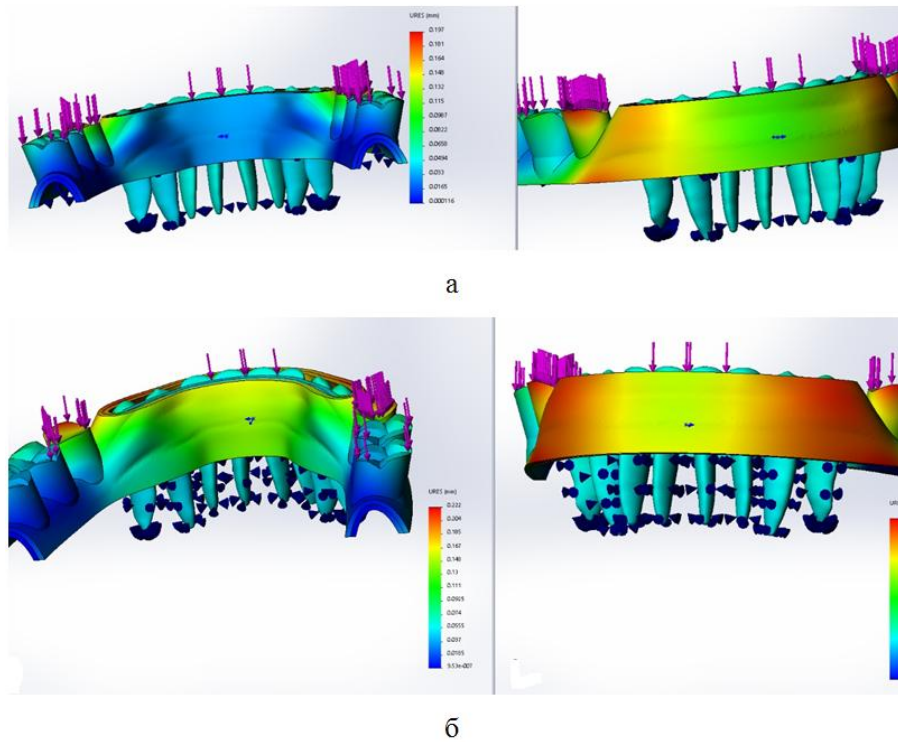


Рис. 3. Характер переміщень зубів нижньої щелепи під дією вертикального навантаження при використанні капи-протеза при різному ступені резорбції кісткової тканини: а – I ступінь; б – II ступінь.

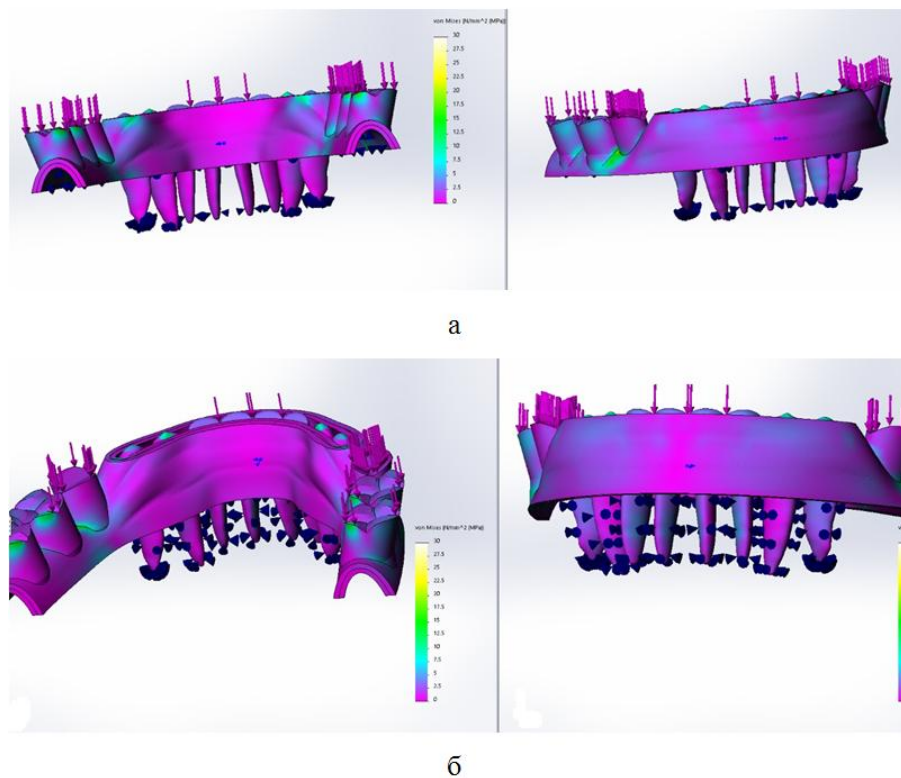


Рис. 4. Максимальна величина еквівалентної напруги на поверхні кореня при застосуванні капи-протеза при пародонтиті: а – I ступеня; б – II ступеня

Поля переміщень зубів при пародонтиті I та II ступенів тяжкості при використанні капи-протеза приведені на рис. 3. Характерний розподіл напруг при різному ступені запально-дистрофічного процесу в пародонті при їх застосуванні представлений на рис. 4.

Отже, застосування конструкції, яка шинує збережені зуби та одночасно заміщує дефекти зубних рядів, як і очікувалось, призводить до ліквідації напружено-деформованих станів в моделі, що вивчається. Так, застосування капи-протеза достовірно зменшує переміщення нижніх фронтальних зубів під дією вертикального навантаження в 400 Н ($0,05 \pm 0,01$ мм порівняно з $0,11 \pm 0,02$ мм при пародонтиті I ступеня та $0,12 \pm 0,02$ мм – II ступеня, $p < 0,05$). Поруч з тим, більш помітною є динаміка показника напруги на поверхні коренів зубів ($p < 0,001$). Так, показник максимальної напруги при пародонтиті I ступеня знижується з $9,1 \pm 0,7$ МПа до $3,7 \pm 0,3$ МПа при застосуванні капи-протеза, тобто в 2,5 разів. Тоді як при пародонтиті II ступеня – з $11,0 \pm 0,7$ МПа до $5,5 \pm 0,4$ МПа, тобто в 2,0 рази.

Показники переміщення та напруги, зареєстровані при використанні капи-протеза, знаходяться у фізіологічних межах ($p > 0,05$).

Список літератури

1. Global Burden of Severe Periodontitis in 1990-2010: A Systematic Review and Meta-regression / N. J. Kassebaum, E. Bernabé, M. Dahiya [et al.] // Journal of Dental Research. – 2014. – Vol. 93, N 11. – P. 1045-1053.
2. Global Burden of Oral Conditions in 1990-2010: A Systematic Analysis / W. Marcenes, N. J. Kassebaum, E. Bernabé [et al.] // Journal of Dental Research. – 2013. – Vol. 92, N 7. – P.592-597.
3. **Борисенко А. В.** Аналіз причин незадовільних результатів лікування генералізованого пародонтиту / А. В. Борисенко, Н. М. Ткачук, В. І. Сема, Ю. Є. Браун // Новини стоматології. – 2011. – № 2 (67). – С.80-85.
4. **Загорский В. А.** Частичные съёмные и перекрывающие протезы / Загорский В. А. – М.: ОАО «Изд-во «Медицина», 2007. – 360 с.
5. Мельничук Г. М. Гінгівіт, пародонтит, пародонтоз: особливості лікування / Г. М. Мельничук, М. М. Рожко, Л. В. Завербна. – Івано-Франківськ: Б.в., 2011. – 328 с.
6. **Пат. 81269** Україна, МПК А 61 С 13/00. Комбінована капа-протез для лікування захворювань пародонта / Фастовець О. О., Матвєєнко Р. Ю. (UA). – № u201300003; заявл. 02.01.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл. 12, 2013. – 4 с.

Надійшла 29.05.15

