

О.Я. Стиранівська

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-
ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТКАНИН ПРОТЕЗНОГО ЛОЖА
ЗАЛЕЖНО ВІД ФОРМИ АЛЬВЕОЛЯРНОГО ВІДРОСТКА**

Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

Вступ

На сучасному етапі розвитку стоматології для відновлення цілісності зубних рядів у пацієнтів із включеними дефектами все частіше пропонують використовувати знімні конструкції мостоподібних протезів [1,2], що пояснюється значною кількістю ускладнень після ортопедичного лікування незнімними зубними протезами [3,4]. Згідно з літературними джерелами [5-8] більшість ускладнень виникають унаслідок перевантаження опорних зубів, особливо за використання мостоподібних протезів великої протяжності.

Знімні конструкції розвантажують опорні зуби шляхом перерозподілу жувального навантаження на тканини протезного ложа. Оскільки адаптація опорних тканин протезного ложа до функціонального навантаження знаходиться в прямій залежності від їхніх анатомо-фізіологічних особливостей, форма та ступінь атрофії альвеолярних відростків у ділянці відсутніх зубів мають визначальне значення для ефективності ортопедичного лікування часткової втрати зубів із застосуванням знімних зубних протезів [9,10].

Мета дослідження: вивчити вплив форми альвеолярного відростка на напружено-деформований стан тканин протезного ложа за використання запропонованої нами конструкції розбірного мостоподібного протеза [11].

Матеріал та методи дослідження

Для вивчення впливу топографо-анатомічних особливостей будови беззубого альвеолярного відростка на напружено-деформований стан системи „знімний зубний протез – опорні зуби – тканини протезного ложа” створено математичну модель включеного дефекту зубного ряду, обмеженого першим премоляром і третім моляром, заміщеного розбірним мостоподібним протезом. Модель складалася з фрагмента нижньої щелепи, слизової оболонки альвеолярного відростка, опорних зубів, конструкційних елементів розбірного мостоподібного протеза.

Розміри зубів, товщину і форму контурів кісткової тканини, величину відхилення осі зуба та альвеолярного відростка моделювали відповідно до середньостатистичних даних, наведених у літературі [12,13]. Розглядали 3 типи форми верхівки альвеолярного відростка: гостру, опуклу та плоску.

У процесі моделювання зроблені допущення, що всі складові елементи зубощелепної системи є ізотропними та гомогенними. Стан пародонта опорних зубів характеризувався як інтактний зі збереженням нормальної висоти альвеолярного відростка. Для побудови моделей використовували тетрадральні об’ємні елементи.

Основні біомеханічні характеристики анатомічних структур зубощелепного сегмента та матеріалів протезної конструкції використані в нашому дослідженні відповідно до літературних джерел [14,15]. Сумарне навантаження 400Н прикладали до проміжної частини розбірного мостоподібного протеза (тангенціально до оклюзійної поверхні зубів).

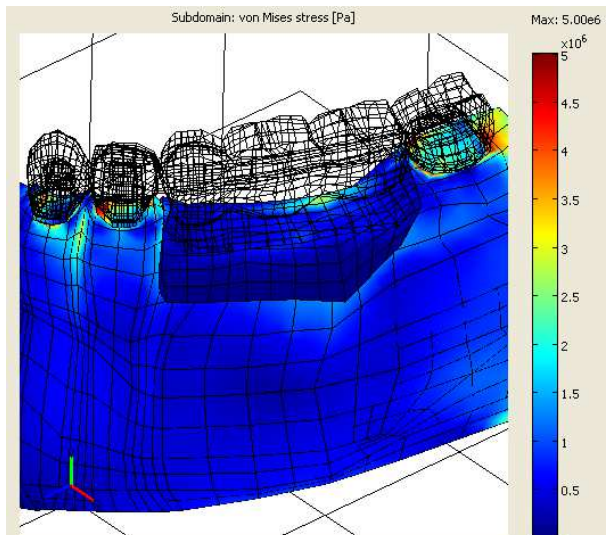
Розрахунки здійснювали за допомогою програмного комплексу “Comsol Multiphysics 3.5”.

Результати дослідження

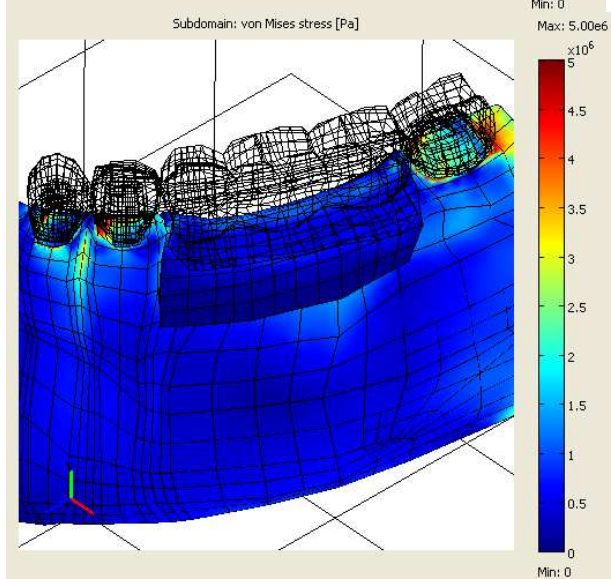
Жувальне навантаження, прикладене до проміжної частини розбірного мостоподібного протеза, трансформується в сідлоподібному базисі та передається безпосередньо на слизову оболонку і кісткову

тканину альвеолярного відростка в ділянці дефекту і через опорні коронки та зуби на кісткову тканину лунок.

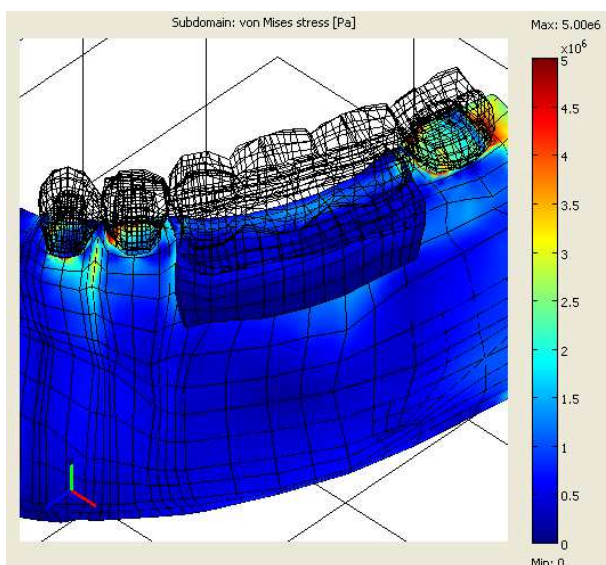
У слизовій оболонці беззубого альвеолярного відростка при гострій формі верхівки максимальні напруження (1,20 МПа) виявлено в ділянці молярів із вестибулярного та орального боків. При опуклій формі максимальні напруження (0,93 МПа) локалізувалися вздовж гребеня альвеолярного відростка і були меншими, ніж у першому випадку. При плоскій формі максимальні напруження (1,00 МПа) спостерігалися на верхівці альвеолярного відростка під дистальним краєм базису протеза і, зменшуючись, поширювалися вздовж його гребеня та в ділянці перехідної складки з орального боку. За величиною ці напруження були більшими, ніж при опуклій формі, але меншими в порівнянні з гострою формою верхівки (рис. 1, табл. 1).



А



Б



В

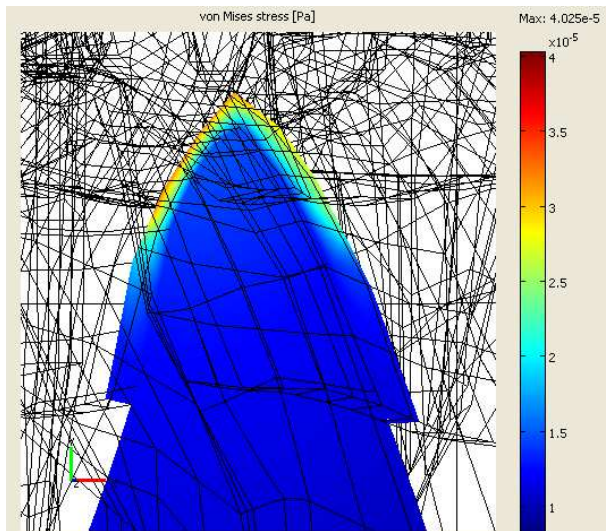
Рис. 1. Напруження, які виникали в слизовій оболонці під базисом розбірного мостоподібного протеза при різних формах верхівок альвеолярного відростка: А – гостра; Б – опукла; В – плоска

Таблиця 1

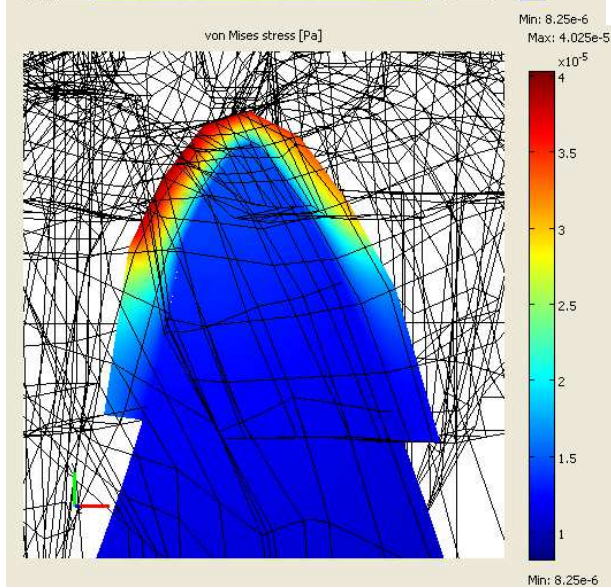
Максимальні напруження та деформації, що виникали в слизовій оболонці та кістковій тканині під дією розбірного мостоподібного протеза при різних формах верхівки альвеолярного відростка

Досліджувані параметри	Елементи моделі		Форма верхівки альвеолярного відростка		
			гостра	опукла	плоска
Напруження за Мізерсом, МПа	Слизова оболонка під базисом протеза		1.19521	0.93348	0.99521
	Кісткова тканина	під базисом протеза	3.58386	1.61216	2.90907
		біля мезіальних опорних зубів	5.00907	5.61216	6.58386
		біля дистального опорного зуба	6.06665	7.33285	7.83769
Деформації, $\times 10^{-5}$ Па	Слизова оболонка під базисом протеза		3.22491	4.00697	4.07535
	Кісткова тканина	під базисом протеза	1.65332	1.52522	1.44115
		біля мезіальних опорних зубів	0.92035	0.94206	1.01484
		біля дистального опорного зуба	1.05879	1.10706	1.10823

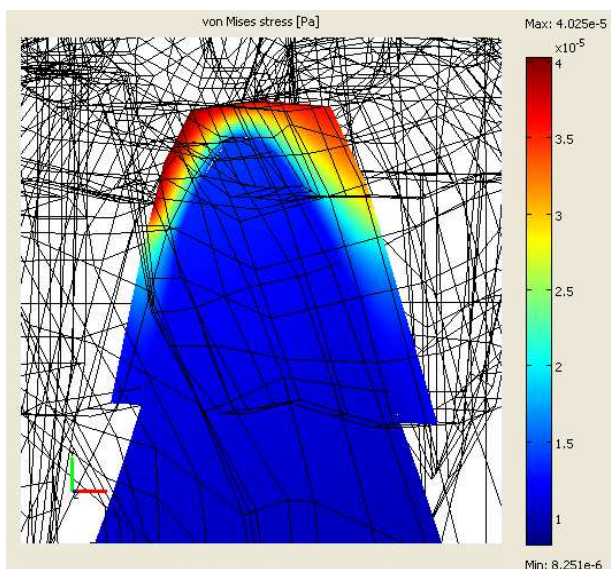
При дії навантаження в слизовій оболонці альвеолярного відростка визначалися не тільки напруження, а й деформації (зміщення). Найбільші зміщення слизової оболонки під базисом протеза відбувалися при плоскій, а найменші – при гострій формах верхівки альвеолярного відростка. З вестибулярного боку зміщення були меншими, ніж з орального, крім цього, вони опускалися нижче перехідної складки, особливо на оральному схилі альвеолярного відростка (рис. 2, табл. 1).



А



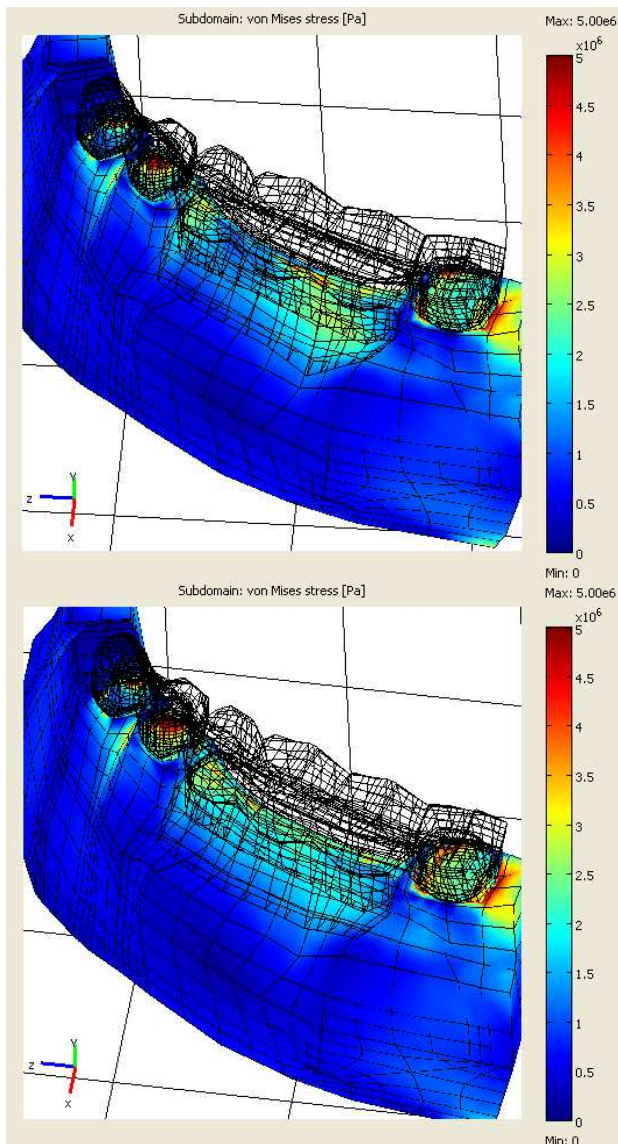
Б

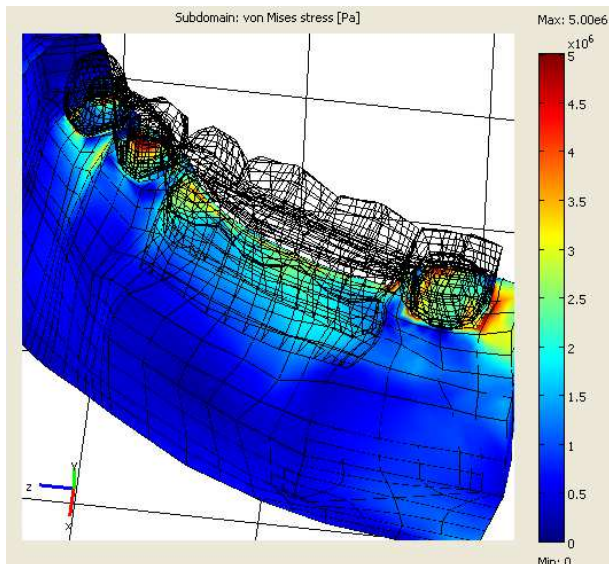


В

Рис. 2. Зміщення слизової оболонки під базисом розбірного мостоподібного протеза при різних формах верхівок альвеолярного відростка: А – гостра; Б – опукла; В – плоска

У кістковій тканині альвеолярного відростка під сідлоподібним базисом при гострій формі верхівки максимальні напруження (3,58 МПа), як і в слизовій оболонці, виникали на його гребені в ділянці молярів, а також під медіальним краєм протеза і, поступово зменшуючись, поширювалися до перехідної складки з обох боків. Максимальні напруження в кістковій тканині біля мезіальних опорних зубів (5,01 МПа) локалізувалися в пришийковій ділянці медіально-оральних стінок їхніх лунок, біля дистального (6,07 МПа) – медіальної стінки і були в 1,4-1,7 разу більшими, ніж під базисом протеза (рис. 3, табл. 1).





В

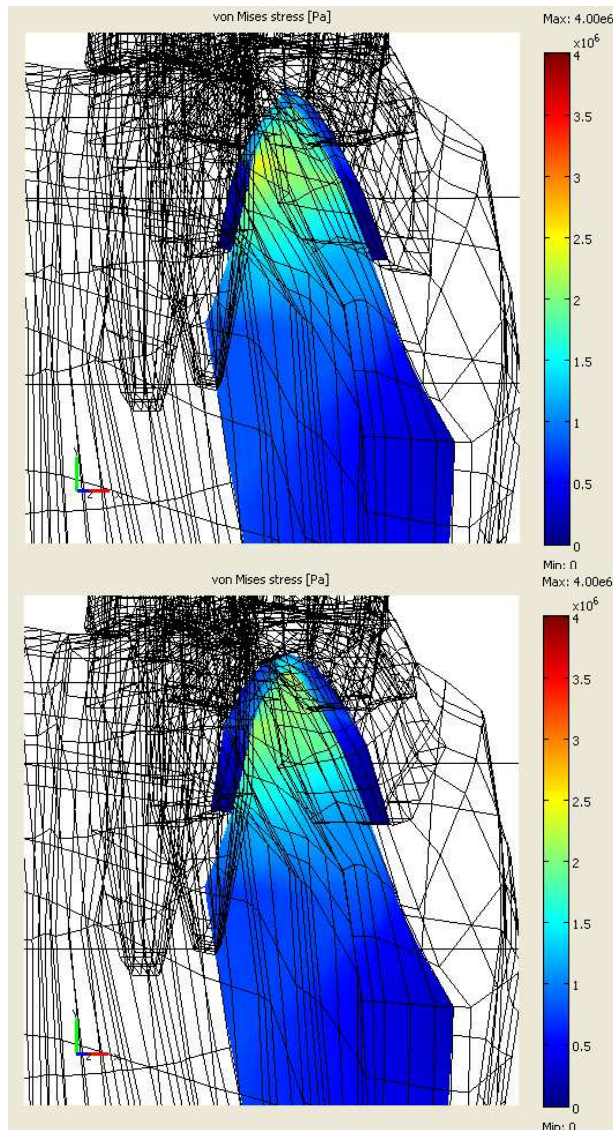
Рис. 3. Напруження, які виникали в кістковій тканині альвеолярного відростка під дією розбірного мостоподібного протеза при різних формах верхівок альвеолярного відростка: А – гостра; Б – опукла; В – плоска

При опуклій формі верхівки максимальні напруження виявлено вздовж гребеня альвеолярного відростка. За величиною і площею вони були у 2,2 разу меншими, ніж у попередньому випадку. У той же час у кістковій тканині довкола опорних зубів максимальні напруження збільшувалися на 0,60 та 1,27 МПа відповідно (рис. 3, табл. 1).

При плоскій формі верхівки максимальні напруження в кістковій тканині під сідлоподібним базисом (2,91 МПа) локалізувалися вздовж гребеня альвеолярного відростка, особливо під медіальним і дистальним краями протеза. Крім цього, вони були 1,8 разу більшими в порівнянні з опуклою формою, але в 1,2 разу меншими, ніж при гострій формі верхівки. У кістковій тканині біля опорних зубів напруження були найбільшими в порівнянні з попередніми двома випадками і становили біля ікла та премоляра 6,58 МПа, а зуба мудрості – 7,84 МПа (рис. 3, табл. 1).

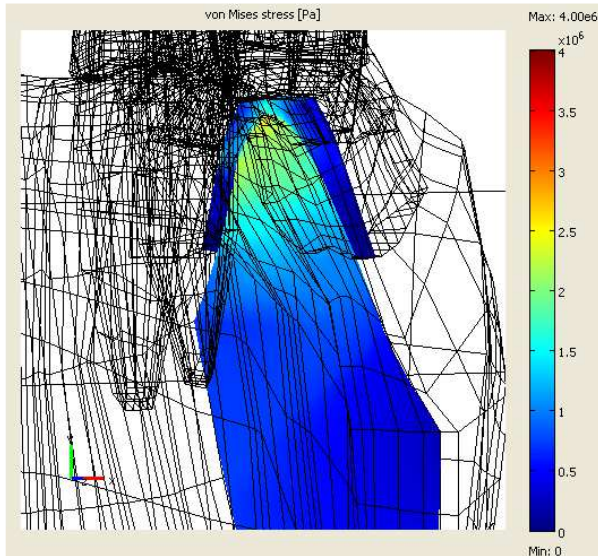
Аналіз поперечних перерізів моделей щелеп, виконаних у ділянці 1-го моляра, показав, що при гострій формі максимальні напруження в кістковій тканині під базисом протеза локалізувалися на оральному схилі біля перехідної складки і, поступово зменшуючись, поширювалися вестибулярно, вгору – до верхівки, і вниз – на тіло щелепи. При опуклій формі максимальні напруження виникали на верхівці альвеолярного

відростка, поширюючись донизу – на тіло щелепи. При плоскій формі максимальні напруження виявлено на верхівці альвеолярного відростка, з орального боку вони займали більшу площу, ніж із вестибулярного (рис. 4).



А

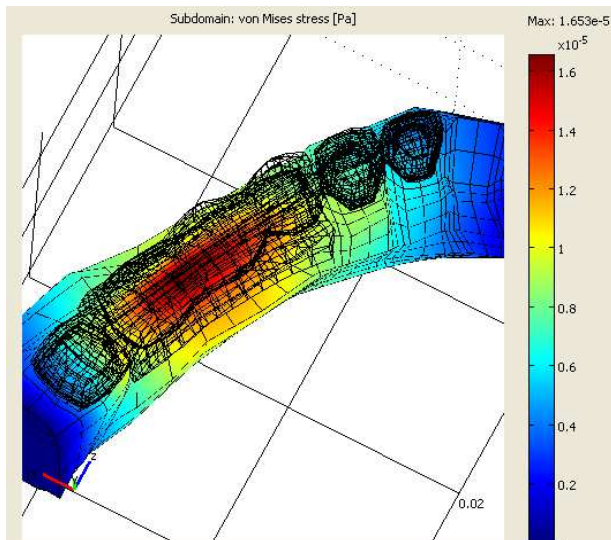
Б



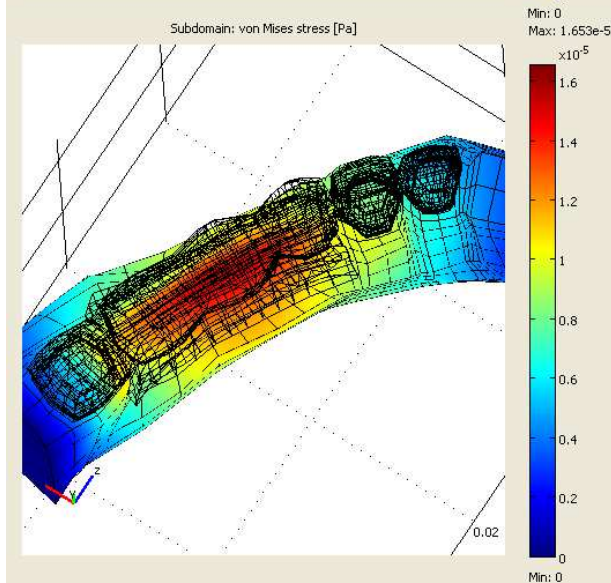
В

Рис. 4. Напруження, які виникали в кістковій тканині під базисом розбірного мостоподібного протеза при різних формах верхівок альвеолярного відростка: А – гостра; Б – опукла; В – плоска

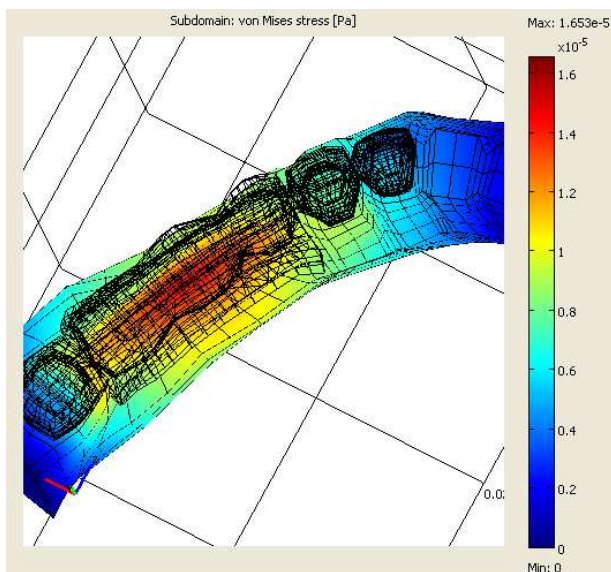
Під дією навантаження в кістковій тканині альвеолярного відростка крім напружень виникали і деформації. При гострій формі верхівки максимальні деформації ($1,65 \times 10^{-5}$ Па) розміщувались під базисом протеза. Поступово зменшуючись, вони поширювалися в мезіо-дистальному напрямку і вниз – аж до нижнього краю щелепи. При опуклій формі максимальні деформації ($1,53 \times 10^{-5}$ Па) в беззубому альвеолярному відростку були меншими в порівнянні з гострою формою. У той же час деформації в кістковій тканині навколо опорних зубів були більшими, ніж у першому випадку. При плоскій формі максимальні деформації ($1,44 \times 10^{-5}$ Па) під базисом протеза були ще меншими, а біля опорних зубів більшими ($0,73 \times 10^{-5}$ Па) в порівнянні з попередніми двома формами (рис. 5, табл. 1).



А



Б



В

Рис. 5. Деформації кісткової тканини під дією розбірного мостоподібного пртеза при різних формах верхівок альвеолярного відростка: А – гостра; Б – опукла; В – плоска

Отже, форма альвеолярного відростка має безпосередній вплив на напружено-деформований стан тканин протезного ложа. Зокрема, напруження в слизовій оболонці альвеолярного відростка зменшувалися в ряді „гостра” → „плоска” → „опукла” форми верхівки, а зміщення зростали в ряді „гостра” → „опукла” → „плоска” форми.

У кістковій тканині альвеолярного відростка під базисом протеза напруження і деформації зменшувалися в ряді „гостра” → „плоска” → „опукла” форми, а біля опорних зубів – збільшувалися в ряді „гостра” → „опукла” → „плоска” форми верхівки. Величини напружень під базисом протеза менші від таких у кістковій тканині навколо опорних зубів. Максимальні напруження в кістковій тканині біля опорних зубів виникали в пришийковій ділянці та опускалися в напрямку верхівок їхніх коренів. У всіх випадках деформація кісткової тканини під сідлоподібним базисом була більшою, ніж біля опорних зубів.

Висновки

При опуклій формі верхівки альвеолярного відростка виникають найменші напруження в тканинах протезного ложа. При плоскій формі найбільші напруження і деформації виявлено в кістковій тканині біля опорних зубів. При гострій формі верхівки напруження і деформації найменші в кістковій тканині біля опорних зубів, але найбільші в тканинах протезного ложа під базисом протеза. Отже, в плануванні ортопедичного лікування пацієнтів із частковою втратою зубів необхідно враховувати форму альвеолярного відростка в ділянці дефекту.

Література

1. Комлев А.А. Съемный мостовидный протез / А.А. Комлев, В.А. Клемин // Вісник стоматології. – 2000. – № 2. – С. 24-26.
2. Стрельников М.А. Клинико-технологические особенности изготовления съемных мостовидных протезов / М.А. Стрельников // Український стоматологічний альманах. – 2004. – № 3-4. – С. 52-53.

3. Каламкарров Х.А. Ортопедическое лечение с применением металло-керамических протезов / Х.А. Каламкарров. – М.: Мединформ, 2003. – 215 с.
4. A clinical and radiographic evaluation of fixed partial dentures (FPDs) prepared by dental school students: a retrospective study / N. Hochman, L. Mitelman, P.E. Hadani [et al.] // J. Oral Rehabil. – 2003. – V. 30. – P.165-170.
5. Маркина Н.В. Влияние размера мостовидного протеза на напряженное состояние периодонта опорных зубов / Н.В. Маркина // Российский стоматологический журнал. – 2002. – № 1. – С. 44-47.
6. Мирза Р.А. Значение резервных сил пародонта при выборе конструкции несъемного протеза / Р.А. Мирза // III (X) з'їзд Асоціації стоматологів України, 16-18 жовт. 2008 р. : матеріали доп. – Полтава, 2008. – С. 413.
7. Ожоган З.Р. Причины усладнень при використанні незнімних зубних протезів / З.Р. Ожоган // Галицький лікарський вісник. – 2000. – № 3. – С. 93-95.
8. Ступницький Р.М. Вибір ортопедичної конструкції залежно від напружено-деформованого стану кісткової тканини альвеолярного відростка / Р.М. Ступницький, О.Я. Стиранівська // Новини стоматології. – 2009. – № 3. – С. 76-79.
9. Жулев Е.Н. Частичные съёмные протезы (теория, клиника и лабораторная техника) / Е.Н. Жулев. – Н.Новгород: Изд-во НГМА, 2000. – 428 с.
10. Соснин Г.П. Бюгельные протезы / Г.П. Соснин. – Минск: Наука и техника, 1981. – 340 с.
11. Пат. 26852 Україна, МПК А 61 С 13/007. Розбірний мостоподібний протез / Ступницький Р.М., Стиранівська О.Я.; опубл. 10.10.07, Бюл. № 16.

12. Чуйко А.М. Біомеханіка пародонту: порівняльний аналіз розділів монографій „Заболевание пародонта” (под ред. Н.Ф. Данилевского) і „Особенности биомеханики в стоматологии” (А. Чуйко, В. Вовк) / А.М. Чуйко, В.Е. Вовк, В.І. Гризодуб [та ін.] // Новини стоматології. – 2006. – № 4. – С. 10-20.
13. Ash M.M. Wheeler’s dental anatomy, physiology and occlusion. – 7th ed. W.B. Saunders Company, USA, 1993. – 478 p.
14. Чуйко А.Н. Некоторые особенности биомеханики замковых креплений А.Н. Чуйко, О.В. Громов, В.Г. Выборный // Стоматолог. – 2003. – № 8. – С. 44-50.
15. Чумаченко Е.Н. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния зубных протезов / Е.Н. Чумаченко, С.Д. Арутюнов, И.Ю. Лебедеико. – М., 2003. – 271 с.

Стаття надійшла
29.10.2009 р.

Резюме

В работе с помощью математического моделирования определено напряженно-деформированное состояние слизистой оболочки и костной ткани альвеолярного отростка в зависимости от его формы при использовании разборного мостовидного протеза.

Созданная объемная модель состояла из фрагмента нижней челюсти, опорных зубов, протезной конструкции. Нагрузку 400 Н прикладывали к промежуточной части зубного протеза.

Summary

The given work has investigated the tensely-deformed condition of mucous and bone tissues of alveolar process depending on its form at the use of sectional bridge denture with the help of mathematic modelling.

The constructed three-dimensional finite element model consisted of the

mandibular patch, mucous of alveolar process, abutment teeth, and prosthetic construction. The loading of 400N has been put to the intermediate part sectional bridge denture.