

УДК 616.314 – 77 – 089.23: 612.76

©О. О. Фастовець, А. Є. Крижановський

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»

## Вивчення напружено-деформованих станів тканин протезного ложа при повному знімному протезуванні

**Резюме.** У статті представлено результати математичного моделювання та аналізу напружено-деформованих станів при протезуванні верхніх беззубих щелеп I, II й III типів за Шредером повними знімними протезами. Доведено, що прогресування атрофічних процесів у тканинах протезного ложа супроводжується збільшенням напружено-деформованих станів при користуванні повними знімними протезами. Проведені дослідження показали, що для всіх типів атрофії верхньої щелепи спостерігається значне напруження, найбільш виражене в ділянках штучних зубів, а також на зовнішній поверхні базису протеза. Вивчення показників переміщення й напруження, отриманих внаслідок проведеного математичного моделювання, свідчить про необхідність пошуку нових методів виготовлення повних знімних протезів, що дозволяють знизити напруження в ділянці верхівки альвеолярного відростка, яке спричиняє його атрофію.

**Ключові слова:** повні знімні протези, напружено-деформовані стани, атрофія щелеп.

Е. А. Фастовец, А. Е. Крыжановский

ГУ «Днепропетровская медицинская академия МЗ Украины»

## Изучение напряжено-деформированных состояний тканей протезного ложа при полном съёмном протезировании

**Резюме.** В статье представлены результаты математического моделирования и анализа напряженно-деформированных состояний при протезировании верхних беззубых челюстей I, II и III типов по Шредеру полными съёмными протезами. Доказано, что прогрессирующее атрофическое процессы в тканях протезного ложа сопровождается увеличением напряженно-деформированных состояний при пользовании полными съёмными протезами. Проведенные исследования показали, что для всех типов атрофии верхней челюсти наблюдается значительное напряжение, наиболее выраженное в области искусственных зубов, а также на внешней поверхности базиса протеза. Изучение показателей перемещения и напряжений, полученных вследствие проведенного математического моделирования, свидетельствует о необходимости поиска новых методов изготовления полных съёмных протезов, позволяющих снизить напряжение в области вершины альвеолярного отростка, вызывающее его атрофию.

**Ключевые слова:** полные съёмные протезы, напряженно-деформированные состояния, атрофия челюстей.

О. О. Fastovets, A. Ye. Kryzhanovsky

SI «Dnipropetrovsk Medical Academy of MPH of Ukraine»

## Study of the stress-strain states of tissues of prosthetic bed under complete removable prosthetics

**Summary.** This article presents the results of mathematical modeling and analysis of stress - strain states in prosthetics of edentulous maxillae of the I, II and III types by Schroeder with complete removable dentures.

It is proved that the progression of atrophic processes in the tissues of the prosthetic bed is accompanied by an increase in the stress-strain states for the use of complete dentures. Researches have shown that for all types of maxillary atrophy observed significant pressure most pronounced under artificial teeth and also on the outer surface of the denture's basis. Study of the indicators of movement and stresses obtained as a result of carrying out mathematical modeling suggests the need to find new methods of manufacturing of complete dentures that reduce the pressure in the top of the alveolar process, causing its atrophy.

**Key words:** complete dentures, stress-strain states, atrophy of jaw.

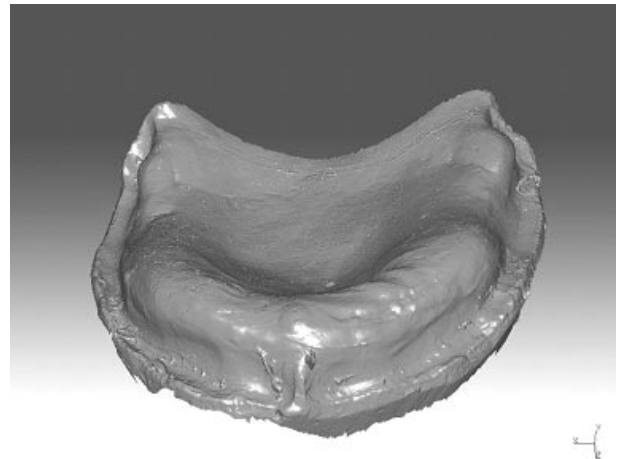
**Вступ.** За даними останніх епідеміологічних спостережень, повна відсутність зубів у віці 60 – 69 років спостерігається в 9,9 %, у віці 70 – 79 років – у 29,0 %, в осіб старше 80 – 89 років – 40,2 % і досягає свого максимуму в групі старше 90 років – 78,4 % [1]. Отже, значна поширеність повної втрати зубів з урахуванням тенденції до її збільшення залишає проблему вдосконалення методів повного знімного протезування як і раніше актуальною. У свою чергу, не дивлячись на велику кількість робіт з оптимізації клінічних та лабораторних етапів виготовлення повних знімних протезів, залишається багато невирішених питань, що підтверджується даними, згідно з якими 20 – 28 % хворих не користуються виготовленими конструкціями з різних причин [2].

Виходячи з того, що на повноцінне відновлення функцій жування, мовлення та естетики, а також на ступінь атрофії щелеп, впливає методика виготовлення повних знімних протезів, можливим шляхом вирішення проблеми, що існує, є застосування нових технологій їх виготовлення, здатних суттєво підвищити функціональну цінність даних конструкцій [3].

У свою чергу, обґрунтувати ефективність запропонованих методик з точки зору біомеханіки дозволяють сучасні комп'ютерні технології, зокрема використання спеціалізованих програм з оцінки напружено-деформованих станів (НДС), які ґрунтуються на методі механіко-математичного моделювання – методі кінцевого елемента. В основі даного методу лежить дискретизація об'єкта для розв'язання рівнянь механіки суцільного середовища з припущенням, що ці співвідношення виконуються в межах кожної кінцевої ділянки. Таким чином, завдання математичного описання кінцевого елемента зводиться до того, щоб зв'язати переміщення й сили, що діють у вузлах [4].

**Метою дослідження** стало вивчити напружено-деформовані стани тканин протезного ложа при повному знімному протезуванні.

**Матеріали і методи.** Вивчення напружено-деформованих станів тканин протезного ложа проводили для трьох типів беззубих верхніх щелеп за Шредером. Розрахунок здійснювали для об'ємних комп'ютерних моделей, побудованих методом кінцевих елементів з використанням програми «Т-Flex». Для отримання цифрового зображення верхніх беззубих щелеп (рис.) використовували оптичний лабораторний сканер inEos (Sirona, Німеччина).



**Рис.** Об'ємна комп'ютерна модель верхньої беззубої щелепи.

В подальшому аналіз здійснювали для повного знімного протеза, базис якого виготовляли з жорсткої пластмаси «Фторакс», що є найбільш популярним конструктивним матеріалом та використовували у 98 % випадках [4]. Фізико-механічні властивості тканин протезного ложа, а також пластмаси базису повного знімного протеза, зокрема твердість, жорсткість, коефіцієнт Пуассона, пружність, модуль Юнга, були взяті з літературних джерел [5].

Результати моделювання оцінювали за двома показниками: максимальною величиною переміщення штучних зубів щодо первісного положення в напрямку дії сили та величиною результуючих напружень за рівнянням Губера – Мізеса під максимально можливим з умов експлуатації навантаженням, яке становить 100 Н та прикладається під кутом  $45^\circ$  на піднебінні скати щічних горбків премолярів та молярів.

Отримані дані обробляли методами варіаційної статистики із застосуванням програмного засобу MS Excel 2003.

#### **Результати досліджень та їх обговорення.**

Проведені дослідження показали, що для всіх типів атрофії верхньої щелепи спостерігається значне напруження, локалізоване переважно в ділянках штучних зубів, а також на зовнішній поверхні базису протеза. При цьому прогресування атрофічних процесів у тканинах протезного ложа супроводжується збільшенням напружено-деформованих станів у повних знімних протезах. Так, сумарне навантаження на тканини протезного ложа при першому типі атрофії верхньої беззубої щелепи склало  $(100,7 \pm 6,8)$  МПа, при другому –  $(132,7 \pm 8,0)$  МПа, при третьому –  $(142,0 \pm 8,1)$  МПа ( $p < 0,05$ ).

Одночасно, для різних типів беззубих щелеп спостерігали різну локалізацію осередків максимального напруження. При навантаженні бічних відділів повного знімного протеза зусиллям 100 Н під кутом  $45^\circ$  на моделі верхньої щелепи, що відповідала III класу за Шредером осередки напруження розташовувались в задній третині піднебіння по обидва боки від серединного шва і на піднебінному скаті альвеолярного відростка в ділянці фронтальних зубів. У ділянці молярів підвищене напруження не відзначали, проте в ділянці штучних зубів виявляли окремі осередки з максимальними значеннями напруження. Глибоке і середнє піднебіння відповідно при I та II класах за Шредером характеризувалися ідентично розташованими осередками напружень у ділянці піднебінного ската альвеолярного відростка по всій довжині зубного ряду і в ділянці штучних зубів, але мали меншу інтенсивність.

Значення сумарних напружено-деформованих станів за рівнянням Губера – Мізеса для осередків максимального навантаження складало відповідно  $(357,0 \pm 10,0)$  МПа для пер-

шого типу беззубої щелепи,  $(380,2 \pm 10,8)$  МПа для другого типу,  $(406,5 \pm 11,0)$  МПа – для третього ( $p < 0,05$ ).

Таким чином, аналіз напружено-деформованих станів за Губером – Мізесом продемонстрував, що розподіл результуючих напружень, різниться для різних типів беззубих щелеп, але завжди найінтенсивніший на верхівці гребеня альвеолярного відростка.

Подальше вивчення напружено-деформованих станів при повному знімному протезуванні верхньої щелепи дозволило встановити, що імітація навантаження на протез викликає максимальне його переміщення в ділянці зубів, які взяли за орієнтир при моделюванні I типу атрофії на  $(0,60 \pm 0,09)$  мм; II типу – на  $(0,87 \pm 0,12)$  мм; III типу – на  $(1,02 \pm 0,15)$  мм ( $p > 0,05$ ). Встановлені переміщення протеза при всіх типах верхньої щелепи, з одного боку, здатні спричинити атрофію альвеолярного відростка, а з іншого – призводять до розвитку напружень втоми в базисі протеза.

Продовжуючи математичний аналіз створеної моделі, ми звернули увагу на те, що навантаження на тканини протезного ложа залежить не тільки від типу верхньої беззубої щелепи, а також від стану слизової оболонки. Так, за подібними конструкційними умовами, товста та пухка слизова оболонка протезного ложа збільшує напруження за рахунок більшого занурення базису протеза в середньому на  $(15,3 \pm 6,5)$  % порівняно із пружним та щільним її варіантом ( $p < 0,05$ ). Отже, щільність та пружність слизової оболонки протезного ложа здатна частково компенсувати жувальні навантаження. Навпаки, у випадках, коли слизова має велику товщину та пухку консистенцію, напруження збільшується за рахунок підвищення бокових навантажень.

Таким чином, проведений аналіз напружено-деформованих станів при повному знімному протезуванні довів, що для мінімізації рівня напружень, а також для зниження зміщень зубного протеза існує необхідність оптимізації форми базису повного знімного протеза в бокових ділянках. Особливої уваги потребує зона верхівки альвеолярного відростка, тобто місце виникнення максимальних напружень. Виходячи з того, що напруження розподіляються уздовж всієї верхівки альвеолярного відростка, то базис повного знімного протеза за своєю формою повинен максимально

співпадати з формою альвеолярного відростка та бути виготовлений з матеріалу, який здатний амортизувати підвищене навантаження, що виникає внаслідок користування протезом.

**Висновки.** Аналіз показників переміщення і напруження, які одержали внаслідок прове-

деного математичного моделювання повного знімного протезування верхньої щелепи, показав, що існує необхідність пошуку нових методів виготовлення повних знімних протезів, які дозволять знизити напруження в ділянці верхівки альвеолярного відростка, що спричиняє її атрофію.

#### Список літератури

1. Повна втрата зубів. Поширеність. Потреба в ортопедичному лікуванні / М. М. Ватаманюк, О. Б. Беліков, О. О. Максимів, Х. Ю. Манюх // Буковинський медичний вісник. — 2012. — Т. 16, № 4. — С. 191–195.
2. Абрамович А. М. Качество жизни больных с частичным и полным отсутствием зубов : автореф. дисс. на соискание научн. степени канд. мед. наук : спец. 14.00.21 / А. М. Абрамович. — Тверь, 2005. — 22 с.
3. Руководство по ортопедической стоматологии. Протезирование при полном отсутствии зубов / под ред. И. Ю. Лебеденко, Э. С. Каливраджияна, Т. И. Ибрагимова. — М. : МИА, 2005. — 400 с.
4. Деякі аспекти клінічних і лабораторних етапів виготовлення повних знімних протезів при несприятливих умовах до протезування / під ред. О. Б. Белікова. — Чернівці — Полтава — Івано-Франківськ, 2012. — 240 с.
5. Чуйко А. Н. Биомеханика в стоматологии : монография / А. Н. Чуйко, И. А. Шинчуковский. — Х. : Изд-во «Форт», 2010. — 516 с.

Отримано 18.12.13