

УДК 539.3

С.Д. Мальований¹, М.Г. Крищук¹, Т.А. Ковтун²

1 – Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського", м. Київ,

2- Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, кафедра хірургічної стоматології та щелепно-лицьової хірургії дитячого віку, м. Київ

Вплив біомеханічних характеристик та дефектів зубних рядів верхньої щелепи на її функціональність

Питання вибору метода фіксації при травматичних пошкодженнях зубів на сьогодні залишаються актуальними, оскільки, при досить великій кількості пристроїв та засобів, не завжди вдається досягти бажаного результату. Дослідити жорсткість фіксації шинуючої конструкції травмованих зубів шляхом проведення прямих натурних експериментів у дітей практично неможливо. Тому метод математичного моделювання, заснований на фундаментальних положеннях механіки твердого деформованого тіла, дозволяє з високою точністю відтворити механічну поведінку системи «зубний ряд-шина» та за допомогою сучасної комп'ютерної техніки визначити умови, які впливають на ступінь її жорсткості

Для планування хірургічних втручань в ділянці середньої зони обличчя була розроблена стандартизована відтворювана схема навантаження верхнього зубного ряду, яка адекватно відображає тиск зубів нижнього зубного ряду на зуби верхньої щелепи в положенні центральної оклюзії, та може застосовуватися для створення комп'ютерних імітаційних моделей [1]. Вказані дослідження проводились з використанням даних комп'ютерної томографії дорослих людей та відтворювали моделі біомеханічної системи сформованого зубо-щелепного апарату.

За мету роботи покладено визначення впливу шинуючої конструкції на зубний ряд верхньої щелепи дитини в змінному прикусі для двох напрямків функціонального навантаження зубів.

Задачами даної роботи є моделювання напружено-деформованого стану (НДС) комп'ютерних моделей біомеханічних систем (БС) верхньої щелепи з зубами за допомогою інформаційних технологій та CAD/CAE систем [1,2] та основі даних знімків комп'ютерної томографії (рис.1).

Об'єктом дослідження в даній роботі вибрано тривимірні комп'ютерні моделі біомеханічної системи верхньої щелепи з шинуючою системою фіксації зубного ряду.

Для вирішення поставлених задач були створені моделі НДС БС верхньої щелепи з шинуючою конструкцією зубного ряду та використана методика та алгоритм імітаційного математичного моделювання НДС БС [1-4].

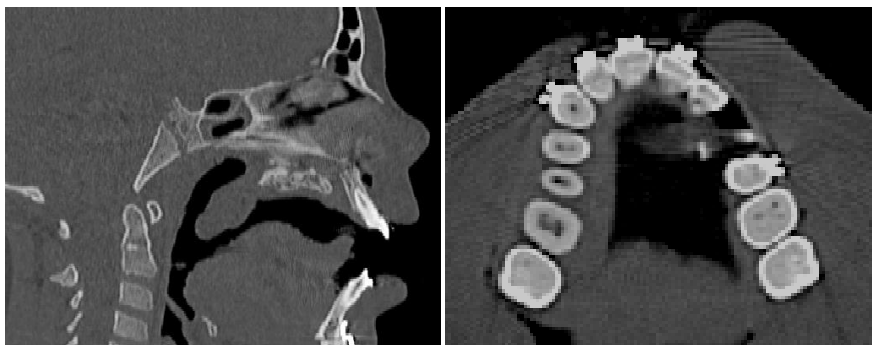


Рис.1. Знімки комп'ютерної томографії середньої зони обличчя дитини

Створення тривимірної твердотільної моделі верхньої щелепи з зубами та шиною проведено в CAD пакеті SpaceClaim. В рамках поставленої задачі створено 3D геометрію верхньої щелепи здорової дитини із симетричним розташуванням правого та лівого ряду передніх трьох зубів (рис.2).

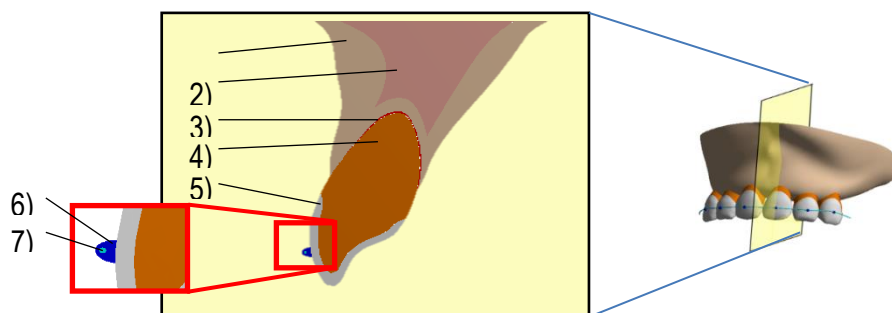


Рис.2. Твердотільна комп'ютерна імітаційна модель верхньої щелепи з шинуючою конструкцією зубного ряду

- 1) кортикальна кістка; 2) губчаста кістка; 3) періодонтальна зв'язка; 4) дентин;
- 5) емаль; 6) клей; 7) стальна проволока

Ізотропні механічні властивості матеріалів структурних елементів біомеханічної системи отримані за даними літературних джерел [5– 11] та наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Моделі матеріалів БС верхньої щелепи з шинуючою конструкцією зубного ряду

Назва матеріалу	Модуль пружності E, МПа	Коефіцієнт Пуассона ν
Кортикальна кістка	10000	0.25
Губчаста кістка	1000	0.30
Періодонт	35	0.47
Дентин	18000	0.28
Емаль	43400	0.30
Шина	193000	0.31
Клей	4250	0.30

В даній роботі розглянуто два крайніх фізіологічно можливих варіанти напрямків функціонального силового навантаження зубів для моделей біомеханічних системи верхньої щелепи з шинуючою конструкцією зубного ряду. Напрямок дії векторів зусиль визначено шістьма локальними системами координат, які були розташовані на відповідних ділянках зубів. Навантаження представлені “стискаючим” P_{zi} та “згинаючим” P_{yi} векторами зусиль (рис. 3). Для даного дослідження сумарна сила прикусу прийнята за одиницю.

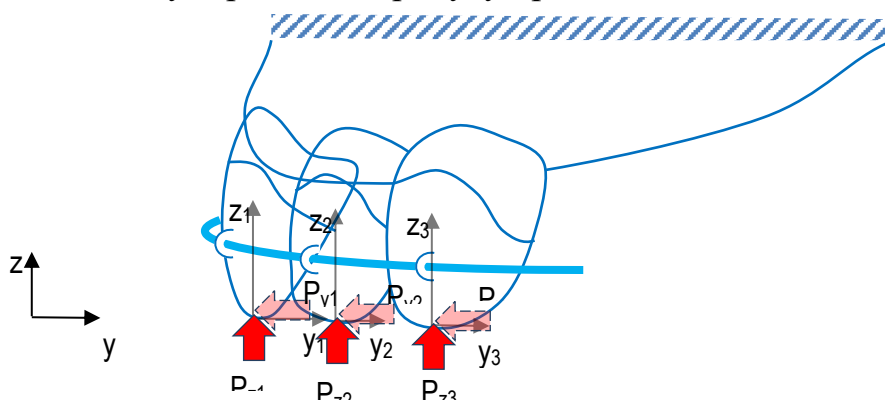


Рис.3. Розрахункова схема БС верхньої щелепи з шинуючою конструкцією зубного ряду

Результати дослідження. Ітитаційне моделювання НДС проведено для 12 варіантів створених біомеханічних систем верхньої щелепи з різною довжиною коренів зубів (100%, 95% і 70%) з шинуючою та без шинуючої конструкції

зубного ряду. Результати чисельних експериментів по розрахунках максимальних величин переміщень та еквівалентних напружень моделей зубів представлені в таблицях 3, 4.

Таблиця 3. Максимальні величини переміщень зубів біомеханічної системи верхньої щелепи

	Максимальні переміщення (мм)					
	Стиск			Згин		
Кількість зубів	4	6	4	4	6	4
Довжина кореня (%)	95	70	70	95	70	70
З шиною	1,32E-07	1,41E-07	1,38E-07	1,06E-06	1,22E-06	1,02E-06
Без шини	1,33E-07	1,49E-07	1,52E-07	1,07E-06	1,23E-06	1,03E-06
Різниця(%)	0,76	5,67	10,14	0,94	0,82	0,98

Таблиця 4. Відносні амплітуди максимальних величин еквівалентних за Мізесом напружень

	Максимальні напруження (Па)					
	стиск			згин		
Кількість зубів	4	6	4	4	6	4
Довжина кореня (%)	95	70	70	95	70	70
З шиною	3,58E+05	5,09E+05	2,50E+05	7,45E+06	7,93E+06	5,03E+06
Без шини	4,30E+05	6,00E+05	2,95E+05	8,65E+06	9,44E+06	6,04E+06
Різниця(%)	20,00	18,00	18,00	16,00	19,00	20,00

Висновки:

1) З аналізу отриманих результатів (таблиця 3) можна зробити висновки, що при відсутності шинуючої конструкції, максимальні переміщення зубів, при однакових умовах навантажень, можуть зростати на 1-10 % при стискаючому навантаженні і на 1-2 % при дії навантаження на згин.

2) Максимальні величини еквівалентних за Мізесом напружень (таблиця 4), при відсутності шинуючої конструкції можуть збільшитися при однакових умовах навантаження на 18-20% при стискаючому навантаженні і на 16-20% при дії навантаження на згин.

3) Комп'ютерне моделювання біомеханічної системи верхньої щелепи з

шинуючою конструкцією зубного ряду дозволяє детально дослідити вплив і значущість геометричних параметрів та умов навантажень на напружено-деформований стан та жорсткість біомеханічної системи.

4) Перспективами подальших досліджень є дослідження відсутності одного чи декількох зубів і зміну механічних властивостей кісток на жорсткість та розподіл полів еквівалентних за Мізесом напружень біомеханічної системи верхньої щелепи з шинуючою конструкцією зубного ряду, та порівняння з уже існуючими результатами.

Список використаних джерел

1. 1. *Маланчук В.О.* Імітаційне комп'ютерне моделювання в щелепно-лицевій хірургії. / В.О. Маланчук, М.Г. Крищук, А.В. Копчак. // – К.: Видавничий дім «Асканія», 2013, 231с.

2. Ansys Help “help/ans_elem/Hlp_E_SOLID187.html”

3. *Павленко О.В., Леоненко П.В., Крищук М.Г., Ещенко В.О.* “Раціональне планування хірургічних та ортопедичних реконструктивних заходів шляхом створення індивідуальних імітаційних моделей біомеханічної системи з дентальними імплантатами”. Вісник Української медичної стоматологічної академії.- П., 2013. – №21, Т.13, – С. 25 – 29.

4. *Леоненко П.В., Крищук М.Г., Ещенко В.О.* Порівняльний біомеханічний аналіз конструкцій зубних шин в експериментальному моделюванні генералізованого пародонтиту. Ліки України плюс. 2013, - №2 (15), – С.60–64.

5. Бабкина Т.М., Демидава Е.А. «Современные подходы к диагностике травм челюстно-лицевой области» - «Вісник стоматології» №3, 2013

6. Мандзюк Т., Вовк В. «Огляд проблем комп'ютерного моделювання біомеханічних систем у стоматології» Вісник Львів. УН–ТУ Сер. Прикл. матем. та інформ. 2008. Вип. 14. С. 105–122

7. *Ciftci Y, Canay S.* Stress distribution on the metal framework of the implant-supported fixed prosthesis using different veneering materials. Int J Prosthodont 2001;14:406-411.

8. *Lu H.P., Fu M.K., Huang J.F.* Three Dimensional Finite Element Analysis of Stress Induced by Orthodontic Forces in the Periodontal Tissue // Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 1994. Vol. 6 (29). P. 332–335, 384.

9. *Bo Huo et al.* An Homogeneous and Anisotropic Constitutive Model of Human Dentin // J. Biomech. 2005. Vol. 38. P. 587–594.

10. *Katz J. L., Meunier A.* The Elastic Anisotropy of Bone and Dentitional Tissues // J Mater Sci Mater Med. 2005. Vol. 16. N 9. P. 803–806.

11. *Neves A.A., Pereira L.C., Duda F.P.* Stress Distribution in Bidimensional Finite– element Models Regarding Enamel Anisotropic Properties // 83rd General Session Exhibition of the IADR. 2005. Vol. 1. P. 1–2.