

Євгеній СЕМЕНОВ¹, д-р мед. наук, проф.,

Микола СУР'ЯНИНОВ², д-р техн. наук, проф.

¹ Інститут стоматології та щелепно-лицевої хірургії НАМН України, м. Одеса, Україна, e-mail: vesnik@email.ua

² Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса, Україна

НАПРУЖЕНИЙ СТАН ГВИНТА, ЩО ПОЄДНУЄ ІМПЛАНТАТ І АБАТМЕНТ

Анотація. Досліджено напружено-деформований стан гвинта, що з'єднує імплантат і абатмент з фіксованою на ньому незнімною ортопедичною конструкцією, що заміщає центральний різець верхньої щелепи при різних кутах передачі навантаження та заданій величині стирання сусідніх зубів-антагоністів. В результаті чисельного аналізу показано, що розкручування гвинта, що з'єднує внутрішньокісткову частину імплантату з абатментом, неминуче. Перш за все це відбудеться при прямому прикусі та вугіллі передачі навантаження 145°, пізніше за все – при глибокому прикусі та вугіллі передачі навантаження 135°.

Ключові слова: гвинт, напружений стан, імплантат, абатмент, ANSYS

Актуальність дослідження

З використанням імплантатів можливе виготовлення умовно-знімних та незнімних мостоподібних протезів, а також балкових конструкцій, на яких фіксуються дентальні знімні конструкції. Основним критерієм для успішної імплантації є достатній обсяг та мінералізація кістки. Вживлений імплантат має бути оточений шаром живої кісткової тканини альвеолярного відростка. Пластинкові імпланти використовують, якщо його товщина більша за 3 мм. Гвинтові одноетапні встановлюють за його товщини більше 4,0 мм. Циліндричні та гвинтові двоетапні можна використовувати, якщо його товщина понад 5,0...6,0 мм.

Використання двоетапних циліндричних гвинтових імплантатів як опору незнімних ортопедичних конструкцій набуває все більшого поширення [1]. Але зростає кількість ускладнень протезного характеру при довгостроковому функціонуванні незнімних ортопедичних конструкцій, які спираються цей вид імплантатів [2]. Одним із найсерйозніших ускладнень є розкручування гвинта, що з'єднує внутрішньокісткову частину імплантату і абатмент з незнімною ортопедичною конструкцією, що фіксується на ньому [3]. Частота цього ускладнення за статистикою становить 6,3% від загальної кількості встановлених імплантатів. Пов'язано це зі змінами в зубощелепній системі, що виникають згодом, що призводять до стирання зубів або формування вузлів травматичної оклюзії при змінах тканин пародонту, і, як наслідок цього, зростанню навантаження на гвинт, що з'єднує внутрішньокісткову частину імплантату та абатмент з фіксованою на ньому незнімною ортопедичною конструкцією.

Таким чином, вивчення напружено-деформованого стану гвинта, що з'єднує імплантат та абатмент, є актуальним завданням.

Метою роботи є чисельний аналіз напружено-деформованого стану гвинта, що з'єднує імплантат і абатмент.

Основні матеріали досліджень

Складність об'єкта дослідження не дозволяє застосовувати аналітичні методи, тому використовують чисельний підхід, орієнтований на сучасні інженерні програми. Переважна більшість цих комплексів ґрунтується на використанні методу скінчених елементів (МСЕ). Такий підхід дозволяє з високою точністю будувати моделі будь-якої геометричної складності та визначати напружено-деформований стан об'єкта у будь-якій його точці. Тут для цього обраний програмний комплекс ANSYS [4].

Математична модель створювалася з урахуванням наступних параметрів: розміру, напрямку та тривалості силового впливу; конструкції матеріалу зубного протеза; форми матеріалу зубного імплантату; способу тканинної інтеграції в області імплантату; якості й кількості кістки.

У процесі дослідження побудованої моделі було вивчено напружено-деформований стан в області шийки центрального різця верхньої щелепи, оскільки величина цих напруг впливає на величину гвинта, що з'єднує імплантат з абатментом.

На етапі попередніх досліджень встановлено, що величина напруги в області шийки зуба центрального різця верхньої щелепи і величина напруги в області шийки штучної коронки, що

фіксується на абатменті двоетапного циліндричного імплантату, що замінює центральний різець верхньої щелепи, можна порівняти.

Нами було розглянуто три варіанти змикання зубів, що відповідало нормогнатичному, глибокому та прямому прикусу при різних кутах передачі навантаження (125°, 135°, 145°).

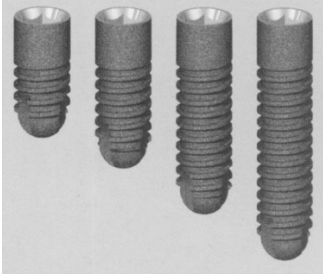
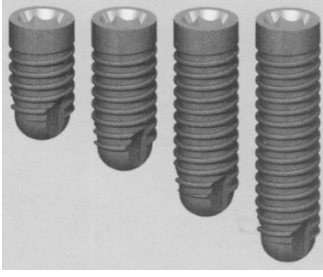
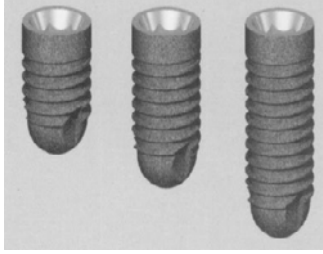
Також у попередніх роботах нами вивчено напружено-деформований стан в області шийки зуба центрального різця верхньої щелепи при кутах передачі навантаження (125°, 135°, 145°) при заданій величині стирання природних зубів і зубів-антагоністів, що дорівнює 0,5 мм; а величиною стирання металокерамічної коронки, що фіксується на центральному різці верхньої щелепи, можна знехтувати, оскільки вона схильна до значно меншого стирання, ніж природні зуби.

Результати

Отримані результати послужили основою наступного етапу обчислювального експерименту. Фронтальний різець верхньої щелепи був видалений з моделі і замінений двоетапним гвинтовим імплантатом системи «ЛИКО» з штучною короною, що фіксується на ньому. З можливих модифікацій геометричних розмірів імплантатів (табл. 1) для досліджень обрали шість: №№ 1.101, 1.102, 1.201, 1.202, 1.301, 1.302.

Таблиця 1

Геометричні параметри імплантатів

№№	Довжина, мм	Діаметр, мм	Модифікації
1.101	8	3,5	
1.102	10		
1.103	13		
1.104	16		
1.201	8	4,0	
1.202	10		
1.203	13		
1.204	16		
1.301	8	5,0	
1.302	10		
1.303	13		

Таким чином, в експериментах варіювався діаметр імплантату (три типорозміри) при двох значеннях довжини кожного з них.

У ході виконання роботи визначено напружено-деформований стан в області шийки коронки, що заміщає центральний різець верхньої щелепи, за наявності природного стирання (0,5 мм) зубів, що стоять поряд, і зубів-антагоністів. Для кожного з шести типорозмірів імплантатів визначаються напруження та деформації при тих же дев'яти варіантах навантаження, що й для вихідної непротезованої моделі, тобто загалом проведено 54 обчислювальні експерименти.

У табл. 2 наведено результати розрахунків фрагмента моделі з імплантатом №1.202. Як і слід очікувати, напруження та деформації в компонентах зубощелепної системи, виключаючи, зрозуміло,

зони імплантації, у всіх 54-х дослідях практично не відрізняються одна від одної, тобто не залежать від геометричних параметрів імплантатів.

Таблиця 2

Результати розрахунків фрагмента моделі з імплантатом №1.202

Тип змикання	Кут, град.	Напруження, МПа				Деформація
		σ	τ_{xy}	τ_{xz}	τ_{yz}	
Пряме	125	102,88	12,9	2,9	38,6	$9,247 \cdot 10^{-3}$
	135	206,6	7,5	10,5	37,0	$2,098 \cdot 10^{-2}$
	145	320,0	36,9	76,7	68,0	$5,276 \cdot 10^{-2}$
Нормогнатичне	125	160,3	20,1	4,5	59,8	$1,015 \cdot 10^{-1}$
	135	154,0	5,6	7,9	26,8	$8,383 \cdot 10^{-2}$
	145	140,2	15,8	32,9	28,9	$6,355 \cdot 10^{-2}$
Глибоке перекриття	125	122,38	15,3	3,45	41,92	$6,270 \cdot 10^{-2}$
	135	119,45	4,34	6,1	21,4	$4,872 \cdot 10^{-2}$
	145	117,12	13,5	28,1	24,9	$3,351 \cdot 10^{-2}$

Що ж до напружень у самих імплантатах, всі вони, звісно, істотно залежать від геометрії останніх, але завжди виявляються значно менше допустимих напружень, тобто. має місце значний запас міцності.

Так, для імплантату № 1.101 (мінімальні геометричні розміри) найбільші в серії дослідів напруження склали величини $\sigma_{\max}=202,4$ МПа що в 1,6 рази менше напружень, що допускаються.

Розрахунки також показали, що наявність природної стирання зубного ряду призводить не тільки до збільшення нормальних напружень, які, в основному, «відповідають» за міцність конструкції, але і до збільшення дотичних напружень у всіх трьох координатних площинах. Найбільший інтерес становлять дотичні напруження τ_{xy} , які виникають у площині, перпендикулярній фіксуємого гвинту і саме вони створюють крутний момент, що призводить в кінцевому рахунку до його розкручування (табл. 2). Дотичні ж напруження, що виникають у двох інших координатних площинах не мають відношення до розкручування. Для максимальних дотичних напружень $\sigma_{\max}=202,4$ МПа, наведених у табл. 2, відповідний крутний момент (діаметр фіксуємого гвинта $d_0=2$ мм) склав $M_{кр}=5,79$ Н·см, що становить близько 20% від вихідного крутного моменту і неминуче призводить до саморозкручування гвинта, що фіксує.

Виходячи з того, що крутний момент прямо пропорційний дотичному напруженню τ_{xy} можна, використовуючи табл. 2, оцінити величину крутного моменту при кожному з 3 типів змикання та кожному куті передачі навантаження. Очевидно, що в цих випадках крутний момент буде меншим, але він буде, і тому саморозкручування гвинта неминуче настане.

Висновок

Зубощелепна система не є стабільною і величини напружень в одних і тих же її відділах змінюються в залежності від виду змикання зубів, кута передачі навантаження, величини стирання зубів-антагоністів і зубів, що стоять поруч. За величину крутного моменту гвинта, що з'єднує внутрішньокісткову частину імплантату з абатментом з фіксованою на ній штучною коронкою, відповідає дотичне напруження одного з дев'яти видів напружень, на які розкладається повне напруження, яке відчуває шийка штучного коронки, що фіксується на абатменті центрального різця верхньої щелепи. Величина крутного моменту прямо пропорційна дотичному напруженню τ_{xy} , і його величину можна оцінити, використовуючи табл. 2. При функціонуванні розглянутої системи неминуче відбудеться розкручування гвинта, що з'єднує внутрішньокісткову частину імплантату з абатментом. Перш за все розкручування гвинта відбудеться при прямому прикусі та куту передачі навантаження 145° , пізніше всього при глибокому прикусі та куту передачі навантаження 135° .

Література

1. Заболцький Я. В. Імплантація в незнімному протезуванні / Ярослав Володимирович Заболцький. Львів: ГалДент, 2006. 156 с.

2. Лабунець В. А. Аналіз ускладнень, що виникають при протезуванні незнімними конструкціями зубних протезів, фіксованих на двоетапних остеointегрованих гвинтових імплантатах, їх усунення та профілактика / В. А. Лабунець, О. Н. Сенніков, Є. І. Семенов // Вісник стоматології. 2009. № 3. С. 82–84.
3. Широков Ю. Є. Дослідження статистичної міцності гвинтового з'єднання внутрішньокісткових та позакісткових частин імплантатів ЛІКО / Ю. Є. Широков, С. Ю. Іванов, М. В. Ломакін, А. С. Чернічкін // Стоматологія. 2007. № 1. С. 54–59.
4. Лазарева Д.В., Сорока М.М., Шиляєв О.С. Прийоми роботи з ПК ANSYS при розв'язанні задач механіки. Під редакцією М.Г. Сур'янінова: монографія / Д.В. Лазарева, М.М. Сорока, О.С. Шиляєв. Одеса: ОДАБА, 2020. 432 с.