

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ФИБРО- И ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ НЕТКАНОГО ТИТАНОВОГО МАТЕРИАЛА СО СКВОЗНОЙ ПОРИСТОСТЬЮ С УЧЁТОМ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В СИСТЕМЕ «КОСТЬ – ДЕНТАЛЬНЫЙ ИМПЛАНТАТ»

¹Щербовских А.Е., ²Гафуров С.А.

¹Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, Россия, e-mail: info@samsmu.ru.

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», Россия, г. Самара, e-mail: ssau@ssau.ru

Для анализа процессов остеоинтеграции нетканого титанового материала со сквозной пористостью была выполнена серия расчётов напряжённо-деформированного состояния в системе «кость – дентальный имплантат». Расчёт проводился в САЕ пакете ANSYS Mechanical. Расчётная модель представляла собой фрагмент конструкции дентального имплантата, состоящего из втулки на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью. Нагрузку прикладывали к штифту–распорке в двух направлениях: вертикальном и горизонтальном. Остеоинтеграция нетканого титанового материала со сквозной пористостью способствует равномерному распределению напряжений по стенкам костного ложа по сравнению с фиброинтеграцией. Отсутствие костной ткани во внутривторном пространстве нетканого титанового материала со сквозной пористостью увеличивает смещение внутрикостной пористой втулки, что может негативно сказаться на стабильности имплантата.

Ключевые слова: остеоинтеграция, фиброинтеграция, дентальный имплантат, нетканый титановый материал со сквозной пористостью, напряжённо-деформированное состояние.

COMPARATIVE ANALYSIS OF FIBRO - AND OSSEOINTEGRATION OF THE NON-WOVEN TITANIUM MATERIAL WITH A THROUGH-POROSITY VIEW OF RESEARCH STRESS - STRAIN STATE IN THE BONE - DENTAL IMPLANTS

¹Scherbovskikh A.E., ²Gafurov S.A.

¹Samara State Medical University, Samara, e-mail: info@samsmu.ru.

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Samara State Aerospace University named academician S.P. Korolev (National Research University)", Russia, Samara, e-mail: ssau@ssau.ru

To analyze the process of osseointegration of titanium non-woven material with through porosity carried out a series of calculations of the stress-strain state in the bone - dental implant. The calculation was carried out in CAE package ANSYS Mechanical. The estimated model is a piece of dental implant structure consisting of the sleeve on the basis of non-woven titanium material with through porosity. Load is applied to the pin-strut in two directions: vertical and horizontal. Osseointegration of titanium non-woven material with continuous porosity promotes uniform stress distribution along the walls of the bone bed compared to fibro integration. The absence of bone inside the pore space in a non-woven material with titanium through porosity increases the displacement of intraosseous porous sleeve that can adversely affect the stability of the implant.

Keywords: osseointegration, fibro integration, dental implant, titanium non-woven material with through porosity, stress-deformation state.

В современном понятии остеоинтеграция определяется как процесс регенерации, посредством которого клинически обеспечивается жесткая фиксация аллопластических материалов, достигаемая и поддерживается в костной ткани при функциональной нагрузке [5; 6]. Гистологическая картина остеоинтеграции обеспечивается костным анкилозом без наличия фиброзной или соединительной ткани между костью и поверхностью имплантата [2]. Остеоинтеграция является ярким явлением, в котором костная ткань напрямую

контактирует с поверхностью дентального имплантата без матрицы коллагена и фибробластов. Многочисленные исследования показали, что сила фиксации к костной ткани в остеоинтегрированных имплантатах намного больше, чем у инкапсулированных волокнистой соединительной тканью имплантатов. Одним из факторов, могущих повлиять на прочность интерфейса «кость - имплантат», является биофизическое стимулирование и время, текстурированность имплантата [3].

Наиболее перспективными материалами для изготовления внутрикостных имплантатов являются пористые. Они могут увеличить прочность на растяжение с помощью роста костной ткани в трех измерениях, а также обеспечить равномерную нагрузку на костную ткань [4]. Одним из перспективных материалов для изготовления дентальных имплантатов технологией холодного прессования является нетканый титановый материал со сквозной пористостью (металлорезина - MP), представляющий собой упруго-демпферную пористую систему [1]. Однако процессы остеоинтеграции данного материала с учётом анализа напряжённо-деформированного состояния в системе «кость – дентальный имплантат» до сих пор не были изучены.

Цель исследования – проведение сравнительного анализа процессов фибро- и остеоинтеграции нетканого титанового материала со сквозной пористостью с учётом исследования напряжённо-деформированного состояния в системе «кость – дентальный имплантат».

Материалы и методы. Расчётная схема показана на рисунке 1. В качестве модели дентального имплантата нами был использован фрагмент конструкции, состоящий из втулки на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью высотой 0,8 мм, с внутренним диаметром 1,6 мм, наружным диаметром 3,5 мм. Нагрузку прикладывали к штифту-распорке в двух направлениях: вертикальном и горизонтальном. Горизонтальную нагрузку в виде силы, равной 20 Н, прикладывали к штифту-распорке диаметром 2,3 мм. Она была направлена в сторону внутренней стенки втулки. Вертикальную нагрузку прикладывали к штифту-распорке силой 400 Н. Высота стенок костного ложа составила 2 мм. Построенная модель состоит из двух тел: кость и имплантат. Имплантат состоит из стержня и втулки из материала MP. Контакт между костным ложем, нетканым титановым материалом и штифтом-распоркой был задан в виде контактной пары. По внутреннему диаметру втулки произведено жёсткое связывание, по наружному диаметру втулки выполнено жёсткое закрепление (рис. 1).

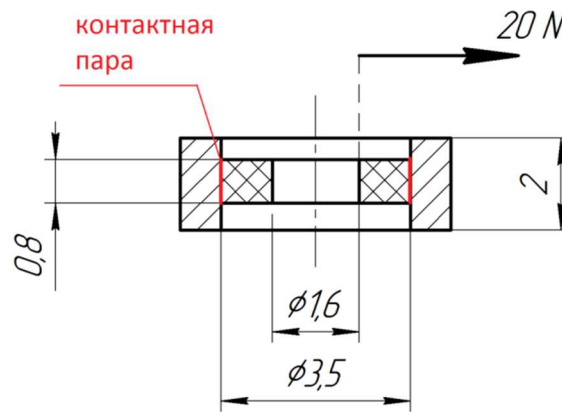


Рис. 1. Внутрикостная втулка дентального имплантата.

Модуль Юнга (E) и коэффициент Пуассона (μ) костной ткани принят с учётом исследований Carl E Misch [11] для усреднённых физико-механических параметров, характерных для 4 типов плотности костной ткани. При этом учитывали суммарные физико-механические свойства как губчатой, так и кортикальной пластины. Для нетканого титанового материала (MP) со сквозной пористостью и титана марки ВТ 1-00 использовали стандартные справочные данные (табл. 1).

Таблица 1

Физико-механические характеристики материалов

Характеристика		Костная ткань	Титан	Материал MP
Модуль Юнга (E), ГПа	Область 1	107,36	108000	213
	Область 2	83,86		
	Область 3	80,98		
	Область 4	96,23		
Коэффициент Пуассона (μ)		0,32	0,35	0,3

Для выполнения расчёта была построена параметрическая модель в программном комплексе ANSYS. Модель разбита на конечно-элементную упорядоченную сетку, состоящую из 8-узловых элементов типа SOLID185.

Результаты и обсуждение

Напряжения в случае фиброинтеграции нетканого титанового материала со сквозной пористостью концентрировались точно на стенках костного ложа, в проекции витков проволоки и краевых элементов пор имплантата. При суммарном перемещении, равном 0,213 мм, напряжение в проволоке составило 234 МПа, напряжение в костной ткани - 26,3 МПа, напряжение в нетканом титановом материале составило 5,68 МПа (рис. 2, 3).

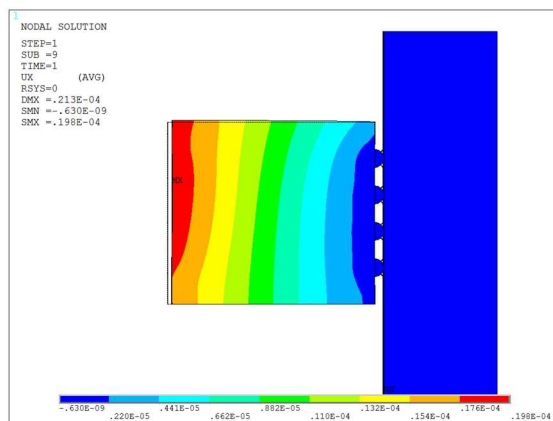


Рис. 2. Суммарные перемещения в модели при фиброинтеграции

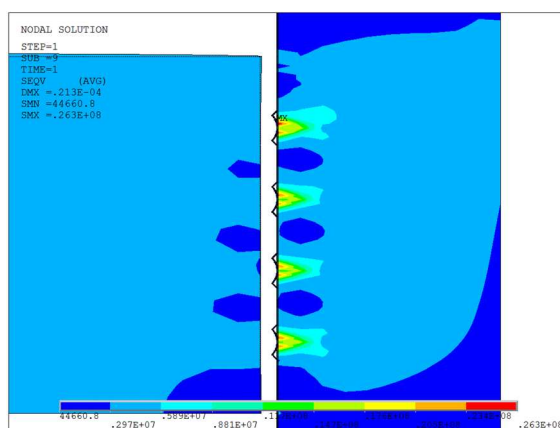


Рис. 3. Эквивалентные напряжения в модели по Мизесу при фиброинтеграции

Напряжения в случае остеоинтеграции нетканого титанового материала со сквозной пористостью концентрировались на стенках костного ложа равномерно, распределяясь по периметру имплантата. При суммарном перемещении, равном 0,209 мм, напряжение в проволоке составило 223 МПа, напряжение в костной ткани - 19,6 МПа, напряжение в нетканом титановом материале составило 8,21 МПа (рис. 4, 5).

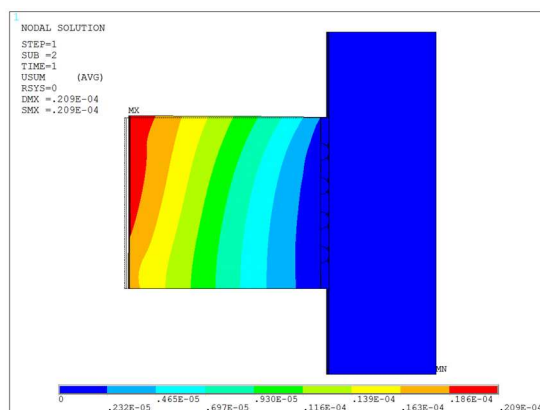


Рис. 4. Суммарные перемещения в модели при остеоинтеграции

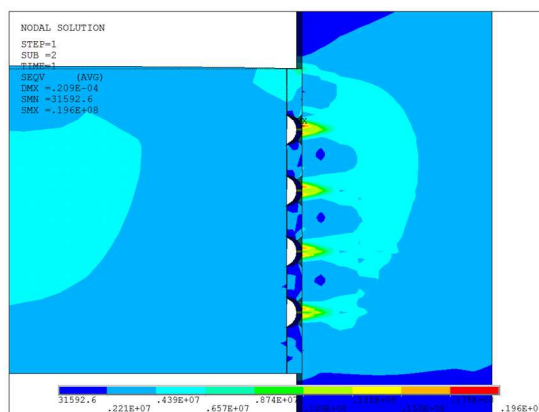


Рис. 5. Эквивалентные напряжения в модели по Мизесу при остеоинтеграции

Заключение. Остеоинтеграция нетканого титанового материала со сквозной пористостью способствует равномерному распределению напряжений по стенкам костного ложа по сравнению с фиброинтеграцией. Отсутствие костной ткани во внутрипоровом пространстве нетканого титанового материала со сквозной пористостью увеличивает смещение внутрикостной пористой втулки, что может негативно сказаться на стабильности имплантата.

Список литературы

1. Щербовских А.Е. Оценка биологической совместимости нетканого титанового материала со сквозной пористостью на культуре мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток в эксперименте // Аспирантский вестник Поволжья. – 2014. - № 1-2. – С. 210-213.
2. Albrektsson T., Branemark P.-I., Hansson H.-A., Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting direct bone-to-implant anchorage in man // Acta Orthop Scand.- 1981. - 52:155–170.
3. Albrektsson T., Jansson T. Osseointegrated dental implants // Dent Clin North Am. – 1986. - 30:151.
4. Cochran D.L. A comparison of endosseous dental implant surfaces // J. Periodontol. – 1999. - 70(12):1523–1539.
5. Zarb G.A., Albrektsson T. Osseointegration: a requiem for periodontal ligament? // Int J Periodontal Restor Dent. – 1991. - 11:88–91.
6. Zarb C.A., Albrektsson T. Nature of implant attachments // Branemark P.-I., Zarb C., Albrektsson T., editors. Tissue-integrated prostheses osseointegration in clinical dentistry. – Chicago : Quintessence Publishing Co.; 1985. - P. 88–98.

Рецензенты:

Бережной В.П., д.м.н., профессор кафедры терапевтической стоматологии ГБОУ ВПО «СамГМУ Минздрава России», г. Самара;

Хамадеева А.М., д.м.н., профессор кафедры стоматологии детского возраста ГБОУ ВПО «СамГМУ Минздрава России», г. Самара.