

# ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕФОРМАЦИЙ МОСТОВИДНЫХ ПРОТЕЗОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ ПРИ ПРОТЕЗИРОВАНИИ НА ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТАХ

Головко А.И.

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

## **Актуальность**

Восстановлению зубов после удаления посвящено множество работ, связанных с эстетическими и медицинскими вопросами. И это неудивительно, ведь по разным оценкам, примерно 26% людей теряют все свои зубы к 74 годам [1]. Распространенность частичной адентии, по данным Всемирной организации здравоохранения, достигает 75% населения Земли [2]. Основными ее причинами являются кариес и его осложнения, маргинальный периодонтит, а также травмы.

В структуре оказания в нашей стране стоматологической помощи частичная потеря составляет от 75% до 96% случаев, причем встречается во всех возрастных группах пациентов [1].

Следует отметить, что широко применяемые в нашей стране мостовидные протезы имеют ряд противопоказаний, связанных с препарированием опорных зубов и их последующей биомеханической перегрузкой.

Среди вариантов замены утраченных зубов наиболее естественным и широко обсуждаемым методом в научных сообществах является попытка зубы вырастить из стволовых клеток. Однако эта технология очень дорогая, как и все работы, связанные с выращиванием культур клеток в контролируемых условиях. При успешном ее развитии, до широкого внедрения пройдет еще несколько десятков лет. Таким образом, данная разработка недоступна большинству стоматологических пациентов, но важным является найти баланс между

инновациями и качеством лечения, его стоимостью и прибылью для их практики. Следовательно, мостовидные протезы, ввиду ограничения применения и большого количества осложнений, будут использоваться реже, натуральные зубы, приготовленные по технологии стволовых клеток, в ближайшее время не станут общепринятой стоматологической практикой, поэтому ожидаемо, что технология дентальных имплантатов будет преобладать над ортопедической стоматологией в обозримом будущем.

Дентальная имплантация вошла в число рутинных хирургических и ортопедических процедур, используемых при лечении частичной адентии.

При планировании лечения в большинстве случаев применяются два основных критерия: первый — установленный имплантат должен заменять один удаленный зуб, а лучше каждый его корень, особенно в группе жевательных зубов, второй — механическая энергия от зубного протеза должна быть направлена вдоль вертикальной оси имплантата либо в соответствии с осью удаленного зуба.

Однако установка большого количества имплантатов для последующего протезирования бывает затруднена из-за различных проблем, связанных с атрофией челюсти, ее низкой минеральной плотностью и хирургическими противопоказаниями. К тому же и литературные данные о преимуществе и показаниях к различным конструкциям, способах соединения супра- и мезоструктуры, выборе необходимого количества устанавливаемых имплантатов и оптимального расстояния между ними весьма противоречивы [6, 7]. В имплантологии для решения биомеханических задач используются теоретические (математический анализ, метод конечных элементов) и экспериментальные (голографическая интерферометрия, тензометрия, поляризационно-оптический метод) подходы [9,10]. Теоретические исследования, проводимые с помощью конечно-элементной модели, основываются на определении напряжений, которые

возникают в системе имплантат – кость и последующем сопоставлении найденных напряжений с допустимыми значениями в системе зуб – челюсть были представлены на прошлогодней научной сессии. Выбор необходимого количества устанавливаемых имплантантов при потере зубов и планировании ортопедической конструкции проводили на экспериментальной модели.

### **Цель исследования**

Изучение прочностных характеристик дентальных имплантантов в экспериментальных условиях имплантантов при использовании как опорного элемента мостовидного протеза, в условиях, имитирующих функциональные нагрузки во рту.

### **Материал и методы**

На кафедре ортопедической стоматологии БГМУ, в тесном сотрудничестве с рядом белорусских производителей проводится разработка имплантационной системы, которая бы отвечала нагрузочным требованиям ISO 14801. На нагрузочном стенде проведен динамический сравнительный анализ нагружения двухэтапных дентальных имплантантов при планировании мостовидного протеза разной протяженности. Принцип работы установки заключается в изучении прочностных характеристик испытываемых образцов при механических циклических нагружениях.

В экспериментальных условиях испытания проводились в соответствии с ISO 14801:2012, где оценивали прочностные характеристики конструкций 18 дентальных двухэтапных имплантантов диаметра 3,5 мм и длиной 8 мм в сборе с абатментом и фиксирующим винтом M1,6. Под жевательной нагрузкой 30 кг, что соответствует силе 300Н. Все детали состоят из сплава Ti4Al6V. Образцы зафиксированы в заливочном материале Technovit 4071, имитирующем фиксацию

в кости на расстоянии 3,5 мм между образцами и последующим увеличении согласно отсутствию одного, двух и трех зубов соответственно.

Ось имплантата расположена под углом  $30^{\circ} \pm 2^{\circ}$  относительно направления нагрузки аппарата для испытаний. Центр нагрузки расположен на пересечении центральной продольной оси имплантата, расположенной на расстоянии 11 мм от уровня опоры имплантата.

Изгибающий момент  $M$  определяется выражением:  $M=yF$

Плечо пары  $y$  определяется как  $l \cdot \sin 30^{\circ}$ . Для испытанной конфигурации плечо момента составляет 0,5 l или 5,5 мм, тогда  $M=5,5F$  (Н·мм), где:  $M$  – максимальный изгибающий момент,  $F$  – максимальная приложенная нагрузка. Силовое воздействие осуществляли на середину ортопедической конструкции. Статистическая обработка цифровых данных проводилась с использованием пакета прикладных программ Microsot Excel 2010, Statistica 6.0.

### **Результаты исследования**

Испытание на усталость внутрикостного зубного имплантата (ISO 14801:2012) позволяет рассчитывать напряженно деформируемое состояние, возникающие внутри механической системы под воздействием внешних сил, а также отображает участки конструкции, где происходит деформация материала и последующее разрушение при функциональной нагрузке. Была проведена серия экспериментов с различными расстояниями между установленными имплантатами и ортопедическими конструкциями различной протяженности. Данные проведения циклов нагружения испытуемых образцов приведены в таблицах 1, 2.

Образец	Сила F, Н	Частота $\nu$ , Гц	Расстояние l, мм	Расстояние x между образцами, мм	Плечо момента, y, мм	Ожидаемое количество циклов
2	300	10	11	7,9	5.5	$5 \cdot 10^6$
3	300	10	11	15,8	5.5	$5 \cdot 10^6$
4	300	10	11	23,7	5.5	$5 \cdot 10^6$
5	300	10	11	31,6	5.5	$5 \cdot 10^6$

*Таб.1. Параметры испытания образцов 2–5*

Блок	Макс. нагрузка, Н	Макс. изгибающий момент, Н·мм	Количество пройденных циклов	Изгиб образцов под нагрузкой, мм	Изгиб образцов , мм	Примечание
2	300,37	1652	$5 \cdot 10^6$	0,2	0	Отсутствие повреждений
3	300,27	1651,5	$5 \cdot 10^6$	0,19	0	Отсутствие повреждений
4	299,91	1651	$5 \cdot 10^6$	0,19	0	Отсутствие повреждений
5	299,91	1651	$5 \cdot 10^6$	0,26	0	Отсутствие повреждений

*Таб.2. Результаты динамических испытаний образцов 2–5*

В ходе эксперимента установлено, что не происходит критического изменения изгиба образцов мостовидных протезов под нагрузкой при увеличении расстояния между двумя опорами мостовидного протеза при замещении дефектов зубного ряда малой протяженности. Так параметры значений при отсутствии двух, трех и четырех зубов находятся в рамках значений 0,19 мм, 0,20 мм и 0,20 мм соответственно и не вызывают деформационных изменений

имплантационных структур. При дальнейшем увеличении протяженности модели мостовидного протеза, фиксированного на дентальных имплантатах происходит значительный изгиб и деформация прежде всего супраструктуры опорных имплантатов, а также развинчивание фиксирующего винта.

### **Заключение**

1. Представленная экспериментальная установка может быть использована в ряде имплантационных систем для оценки прочностных характеристик дентальных имплантатов совместно с ортопедическими конструкциями.

2. Объединение имплантационных структур в единый блок позволяет воспринимать гораздо большие и особенно циклические нагрузки.

3. Результаты исследования позволяют шире использовать мостовидные протезы, фиксированные на имплантатах.

4. Данные модели конструкций мостовидных протезов позволяют использовать опорные элементы при наклоненных имплантатах не более 30 градусов.

### **Список литературы**

1. Рубникович С.П., Денисова Ю.Л., Андреева В.А., Карпук Н.А., Шейда А.В. Анализ распространенности ортопедических стоматологических заболеваний в г. Бресте // Стоматология. Эстетика. Инновации. – 2020. – Т. 4, №1. – С. 8-22.

2. Всемирная организация здравоохранения. Здоровье полости рта. Информационный бюллетень №318. [Электронный ресурс]. Доступ: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs318/ru/>

3. Миргазизов М.З. Критерии эффективности в дентальной имплантологии / М.З. Миргазизов, А.М. Миргазизов // Российский стоматологический журнал. - 2000. - №2. - С. 4-7.
4. Weiss C.M. Principles and Practice of Implant Dentistry / C.M. Weiss, A. Weiss - Mosby, Inc., 2001. - 447 p.
5. Dicu M.M. et al. Improving corrosion stability and antibacterial activity of the titania coatings by plasma electrolytic oxidation //Journal of Optoelectronics and Advanced Materials. – 2015. – Т. 17. – №. November-December 2015. – С. 1816-1825.
6. Харитонов Д.С. и др. Механизм получения и защитные свойства конверсионных покрытий на основе соединений марганца на поверхности сплава алюминия АД31 //Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2020. – Т. 56. – №. 1. – С. 91-103.
7. Харитонов Д.С. и др. Ингибирующая способность метаванадата натрия в условиях коррозии сплава алюминия АД31 в нейтральных хлоридсодержащих средах //Журнал физической химии. – 2020. – Т. 94. – №. 4. – С. 639-644.
8. Антихович И.В. и др. Исследование коррозионной стойкости никелевых покрытий, полученных из низкотемпературных электролитов никелирования //Журнал прикладной химии. – 2017. – Т. 90. – №. 4. – С. 469-476.
9. Салеев Р.А., Гришин П.О., Чельшев Ю.А., Салеева Г.Т., Мамаева Е.В., Калининкова Е.А. Рентгеноструктурный, частотно-резонансный и гистологический анализ состояния костной ткани челюстей при непосредственной и отсроченной имплантации с использованием имплантатов с различной микроструктурой поверхности //Медицина и образование. 2021. №2(8). С. 30-35
10. Гришин П.О., Салеев Р.А., Ксембаев С.С., Торгашова О.Е., Калининкова Е.А. Конечно-элементный анализ имплантатов системы humana dental с инновационной поверхностью и дизайном резьбы для выявления распределения

напряжений в имплантате, костной ткани и в соединении абатмент - имплантат –  
кость. //Проблемы стоматологии. 2022. Т. 18. № 1. С. 99-107.