

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ БИОМЕХАНИКИ ПЕРИОДОНТА IN VITRO

Наумович С.С., Дрик Ф.Г.

Белорусский государственный медицинский университет, Минск, РБ

Введение. Нагрузка на зубы, жевательная либо ортодонтическая, запускает в периодонтальном комплексе целый механизм реакций, которые врачи-стоматологи пока не могут полностью описать, несмотря на значительные достижения современной стоматологии. Все исследователи признают главенствующую роль деформации периодонтальной связки, которая впоследствии запускает другие процессы [1, 3]. Важность связки определяется ее значительно менее прочными свойствами по сравнению с твердыми тканями зуба и костной тканью, которые можно условно считать абсолютно жесткими телами, если рассматривать диапазон обычных нагрузок.

В настоящее время процесс изучения биомеханических процессов в периодонте проводится с использованием методов математического либо физического моделирования. Несмотря на наличие большого количества преимуществ, математический метод имеет значительный недостаток, который заключается в определенном приближении модели к реальности и невозможности учесть все условия ее функционирования. Более точным методом исследования является физический эксперимент. Однако провести нагружение периодонтальной связки *in vivo* (на живом человеке) с одновременной регистрацией смещений и деформаций в периодонте на современном уровне развития науки не представляется возможным. В то же время эксперимент *in vitro*, чаще всего проводящийся на трупных сегментах челюстей человека либо животных имеет ряд ограничений и недостатков. В первую очередь это связано со сложностью сохранения периодонтальной связки в трупном материале. Также до настоящего времени не выработаны общие принципы и условия проведения эксперимента. Большинство

результатов экспериментов, описанных в научной литературе, получены на морфологических образцах различных животных [2, 4]. Однако зубочелюстная система человека эволюционно сформировалась для функционирования в иных условиях, поэтому, на наш взгляд, не совсем верно переносить результаты с животных на человека.

Цель работы – разработать и обосновать методику исследования биомеханических свойств периодонта *in vitro*.

Материалы и методы. Для достижения поставленных задач в качестве объекта исследования мы использовали две трупных нижних челюсти человека с различным количеством сохранившихся зубов. Непосредственно после извлечения макропрепарата они были помещены в консервирующий раствор (10% формалин) на 1 неделю. Затем была проведена препаровка нижней челюсти с удалением остатков мышц и сохранением надкостницы. Дальнейшее хранение макропрепаратов проводилось в физиологическом растворе (0,9% водный раствор хлорида натрия) с целью предотвращения высыхания периодонтальной связки.

Перед экспериментом макропрепараты нижней челюсти распилили на сегменты, включающие тело челюсти, альвеолярный отросток, периодонтальную связку и однокорневые зубы. Всего в эксперименте использовали 3 сегмента нижней челюсти, включающие суммарно 8 однокорневых зубов: 4 резца, 3 клыка и 1 премоляр. Исследуемые образцы фиксировались к горизонтальной поверхности с помощью акриловой самотвердеющей пластмассы.

Получение интерферограмм проводилось методом двух экспозиций по контрнаправленной схеме. Лазерный луч, отражаясь от расширителя, фиксировал на фотопластинке изображение интерферограмм, отображающих смещение лепестков датчика, опирающихся на опоры, наклеенные, соответственно, на вестибулярной поверхности исследуемого зуба и на костную ткань челюсти в области проекции верхушки корня. Подобная

сложность регистрации объясняется невозможностью непосредственного контактного исследования периодонтальной связки.

Первая экспозиция производилась при некоторой нагрузке F1, а вторая – при F2. Учитывая определенные ограничения метода исследования, разница между нагрузками задавалась постоянной, равной 3 кгс (около 30 N), и последовательно сдвигалась вдоль абсолютной нагрузочной шкалы.

Результаты и обсуждение. Оценка результатов эксперимента для каждого из 8 зубов проводилась по контрольным интерферограммам, которые отражали деформационную картину при осевой нагрузке на зуб. В первоначальный момент возникает осевое смещение исследуемого зуба только в пределах периодонтальной связки, затем к нему присоединяется прогиб внутренней кортикальной пластинки. Эта деформация увеличивает количество интерференционных полос на лепестке датчика, фиксированном к зубу. Однако, вычитая количество интерференционных полос на лепестке датчика, фиксированном в области костной ткани, можно получить реальное смещение зуба в пределах периодонтальной связки. Именно смещение зуба и является косвенным показателем деформации связки.

В области соединения связки с цементом корня зуба возникают как нормальные, так и касательные напряжения. Соотношение между этими составляющими на начальном отрезке нагрузок остается постоянным и их суммарная ответная реакция на нагрузку сохраняется прямо пропорциональной, что объясняет линейную реакцию связки на нагрузку. В дальнейшем из-за закругления верхушки корня, по мере роста прикладываемой силы (более 18 кгс), основной вклад в суммарную реакцию периодонта начинает вносить нормальная составляющая деформации. Это и нарушает линейную зависимость. При этом деформация по мере роста внешних усилий переходит на внутреннюю кортикальную пластинку и далее губчатую кость.

Кроме определения общих закономерностей деформации связки в эксперименте также была поставлена задача по определению модуля Юнга.

Для этого нами снимался целый ряд параметров для каждого из 8 экспериментальных зубов. Полученный результат величины модуля упругости связки в 7,11 МПа соотносится с диапазоном величин, описанных в научных журналах.

Заключение. Уникальная природа периодонтальной связки не позволяет при ее исследовании использовать классические экспериментальные методы. Разработанный подход по использованию голографической интерферометрии на трупных образцах, включающих комплекс тканей «зуб - периодонтальная связка - костная ткань», позволил оценить биомеханику смещения зуба и, косвенно, деформацию связки. Данные о линейной природе деформации связки в диапазоне небольших нагрузок (до 18 кгс) с последующим появлением нелинейных свойств периодонта могут служить важной информацией как при проведении научных исследований на математических моделях, так и в клинической практике врачей-стоматологов.

Литература:

1. Fill, T.S., Toogood, R.W., Major, P.W., Carey, J.P. Analytically determined mechanical properties of, and models for the periodontal ligament: critical review of literature // *J Biomech.* – 2012. – Vol.45, #1. – P. 9-16.
2. Meyer, B. N., Chen, J., Katona, T. R. Does the center of resistance depend on the direction of tooth movement? // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* – 2010. – Vol.137, # 3. – P.354–361.
3. Papadopoulou, K, Keilig, L., Eliades, T., Krause, R., Jäger, A., Bourauel, C. The time-dependent biomechanical behaviour of the periodontal ligament--an in vitro experimental study in minipig mandibular two-rooted premolars // *Eur J Orthod.* – 2014. – Vol.36, #1. – P. 9-15.
4. Ted, S.F., Carey, J.P., Toogood, R.W., Major, P.W. Experimentally Determined Mechanical Properties of, and Models for, the Periodontal Ligament: Critical Review of Current Literature // *Journal of Dental Biomechanics.* – 2011. - doi:10.4061/2011/312980.