

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНОПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРИОДОНТАЛЬНОЙ СВЯЗКИ IN VITRO

Наумович Сергей Семенович

Кандидат медицинских наук, доцент

Белорусский государственный медицинский университет

Беларусь, Минск

ortopedstom@bsmu.by

Дрик Федор Григорьевич

Кандидат технических наук

Белорусский государственный медицинский университет

Беларусь, Минск

ortopedstom@bsmu.by

Несмотря на значительные успехи в изучении морфофункциональных свойств периодонтального комплекса, многие процессы в периодонтальной связке под нагрузкой до конца не изучены. Во многом это определяется сложностью экспериментальной оценки связки из-за ее минимальных размеров. Целью данного исследования была разработка нового метода экспериментальной оценки биомеханики периодонта in vitro и оценка закономерностей деформации периодонтальной связки под нагрузкой. Эксперимент in vitro был проведен на трупных сегментах нижней челюсти с сохраненной периодонтальной связкой, отдельные зубы нагружались с последующей регистрацией деформаций с использованием метода голографической интерферометрии. Полученные результаты оценки деформации периодонта позволили рассчитать средний коэффициент, отражающий отношение деформации всего периодонтального комплекса к изолированной деформации челюстной кости в области нагруженного зуба. Этот параметр был равен $2,69 \pm 1,09$.

Ключевые слова: *периодонтальная связка, костная ткань, напряженно-деформированное состояние, линейные свойства, голографическая интерферометрия.*

DETERMINATION OF MECHANO-STRENGTH PARAMETERS OF PERIODONTAL LIGAMENT IN VITRO

Naumovich S.S.

PhD, Associate Professor

Belarus State Medical University

Belarus, Minsk

ortopedstom@bsmu.by

Drik F.G.
Candidate of Technical Sciences
Belarus State Medical University
Belarus, Minsk
ortopedstom@bsmu.by

Despite significant advances in the study of morphological and functional properties of periodontal complex, many processes in the periodontal ligament under load are not fully understood. This is largely determined by the complexity of experimental evaluation of ligament due to its minimal dimensions. Objective of this research was to develop a new method of experimental evaluation of periodontium biomechanics in vitro and to evaluate deformation regularities of periodontal ligament under load. An in vitro experiment on cadaveric segments of the mandible with a preserved periodontal ligament was carried out when individual teeth were loaded with subsequent recording of deformations using the method of holographic interferometry. The obtained evaluation results of periodontium deformation allowed to calculate the average coefficient reflecting the deformation ratio of all periodontal complex to an isolated strain of the jawbone in the area of the loaded tooth. This parameter was equal to 2.69 ± 1.09 .

Keywords: *periodontal ligament, bone tissue, stress-strained state, linear properties, holographic interferometry.*

Введение. Нагрузка на зубы, жевательная либо ортодонтическая, запускает в периодонте 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. Наиболее точным методом исследования периодонта 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 [2]. 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. Разные исследователи используют различные методы регистрации смещений зубов в периодонте: магнитные сенсоры, датчики напряжений, лазерные либо оптические регистраторы, что приводит к довольно большому разбросу результатов [3]. Все вышеназванное свидетельствует о серьезной проблеме в экспериментальной оценке биомеханических процессов, протекающих в периодонтальной связке под действием жевательной либо ортодонтической нагрузки. Поэтому актуальным является не только получение новых научных данных о реакции периодонтальной связки, но также разработка и систематизация новых методов и протоколов ее исследования.

Цель работы – разработать методику экспериментальной оценки биомеханики периодонта *in vitro* и оценить закономерности деформации периодонтальной связки под действием нагрузки.

Объекты 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 8 зубов). Исследуемые образцы фиксировались к горизонтальной поверхности с помощью акриловой самотвердеющей пластмассы. На окклюзионные поверхности исследуемых зубов наклеивались металлические шайбы для осевого центрирования нагрузки и ее равномерного распределения по окклюзионной поверхности зуба.

Получение интерферограмм проводилось методом двух экспозиций по контрнаправленной схеме. 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). Лазерный луч, отражаясь от расширителя, фиксировал на фотопластинке изображение интерферограмм, отображающих смещение 2-х лепестков датчика, опирающихся на опоры, наклеенные, соответственно, на вестибулярной поверхности исследуемого зуба и на костную ткань челюсти в области проекции верхушки корня [1].

Результаты. В первоначальный момент действия нагрузки возникает осевое смещение исследуемого зуба только в пределах периодонтальной связки, за тем 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.

Результаты эксперимента не выявили определенной закономерности по функциональным группам зубов, что, в первую очередь, связано с малым количеством исследуемых образцов. В процессе обработки данных каждого образца нами были отмечены довольно схожие цифры коэффициента, обозначенного нами как N, который характеризует соотношение степени деформации всего комплекса «зуб-связка-кость», к степени деформации костной ткани. Для всех экспериментальных образцов он незначительно колеблется в небольшом диапазоне от средних значений. Поэтому мы полагаем, что данный

коэффициент может рассматриваться как определенная константа. Этот показатель характеризует во сколько раз деформация костной ткани меньше суммарной деформации всего периодонта. И по результатам нашего эксперимента средняя величина коэффициента с учетом среднеквадратического отклонения равна $2,69 \pm 1,09$.

Также при обработке данных по деформации отдельных зубов мы выделили отдельный параметр, характеризующий степень деформации связки в зависимости от величины нагрузки и обозначенный нами, как интегральный коэффициент K . Среднее значение данного параметра составило $K=5,97 \pm 3,63$. Зная длину волны гелий-неонового лазера, использовавшегося для регистрации интерферограмм, 632,8 нм, мы смогли перевести данный коэффициент в реальную величину смещения зуба в периодонтальной связке. Так была получена деформация связки равная $1,89 \pm 1,15$ мкм/кгс. Следует отметить, что данная величина характеризует смещение зуба в связке только вдоль его вертикальной оси, что связано с особенностями метода регистрации.

Заключение. 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. Понимание механизма ответной реакции периодонта на внешнюю нагрузку является залогом успешного ортодонтического лечения и правильного выбора конструкций зубных протезов.

Список литературы

1. Голографические методы исследования в стоматологии : монография / Наумович С. А. [и др.]. – Мн. : БГМУ, 2009. – 172 с.
2. Наумович С. С., Биомеханические свойства комплекса «зуб-периодонтальная связка - костная ткань» в эксперименте / С. С. Наумович, Ф. Г. Дрик // Современная стоматология. – 2017. – №2. – С. 58-61.
3. 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.