

Расчет перемещений корней зубов в нормальной и ослабленной костной ткани для различных клинических случаев

*Белорусский государственный медицинский университет,
Белорусский государственный университет*

В работе представлены результаты расчета перемещений однокоренных зубов в нормальной и ослабленной кортикальной ткани под действием сосредоточенной нагрузки. Расчеты перемещений выполнены с учетом уменьшения величины нагрузки, действующей со стороны ортодонтического аппарата на корень зуба, с течением времени.

Ключевые слова: перемещения корней зубов, нормальная и ослабленная костная ткань.

Ортодонтическое лечение зубочелюстных аномалий является одним из важных вопросов современной стоматологии. Аномалии, не устраненные в детском возрасте, проявляются у взрослых в более тяжелой форме. Аномалийное положение фронтальных зубов вызывает эстетические и функциональные нарушения челюстно-лицевой области, влияет на психику взрослого человека, часто является одной из причин заболевания периодонта, иногда является ограничением в выборе профессии.

По мнению ряда авторов [1,4,7,10,13], лечение зубочелюстных аномалий у взрослых имеет свои особенности, которые обусловлены рядом следующих факторов: 1) ортодонтическое лечение проводится в период законченного формирования лицевого скелета; 2) костная ткань в этом возрасте менее податлива и труднее перестраивается под влиянием ортодонтического лечения; 3) зубочелюстные деформации усугубляются дефектами и вторичной деформацией зубных рядов; 4) ортодонтическое лечение более продолжительное, чем у детей; 5) после ортодонтического лечения аномалий часто наступают рецидивы; 6) взрослые труднее привыкают к ортодонтическим аппаратам; 7) не все виды зубочелюстных аномалий у взрослых поддаются чисто ортодонтическому лечению.

Материал и методы

Все эти факторы побудили изыскивать новые комплексные методы лечения зубочелюстных аномалий у взрослых.

Разработаны различные методы сокращения активного периода ортодонтического лечения. Все они направлены на повышение пластичности костной ткани и снижение ее механической прочности путем воздействия на компактную пластинку и губчатое вещество кости. С этой целью применяют различные оперативные вмешательства: остеотомию, компактостеотомию, декортикацию и удаление зубов [7,12].

Однако нарушение целостности костной ткани, неизбежное при хирургическом вмешательстве, сопряжено с травмой, изменением метаболических и трофических процессов, может приводить к различным осложнениям в связи с инфицированием раны. Оперативное вмешательство требует высокой квалификации хирурга в условиях стационара. Сами пациенты иногда отказываются из-за страха перед операцией. Также существуют местные и общие противопоказания для проведения лечения [4,7].

С учетом вышеизложенного возникает необходимость изыскивать эффективные методы лечения, исключая оперативные вмешательства. Перспективными в этом плане являются физиотерапевтические методы воздействия на уровень минеральной насыщенности и клеточные элементы костной ткани.

Результаты и обсуждение

Экспериментальные исследования п.Н.Аль-Хаири [2] свидетельствуют о том, что можно значительно сократить показания к оперативным вмешательствам при комплексном лечении зубочелюстных аномалий у детей, используя очаговый дозированный вакуум по В.п. Кулаженко [9]. Автор установил, что после воздействия очаговым дозированным вакуумом на периодонт в области перемещаемых зубов в его тканях происходит избирательное повреждение капилляров и тканевых структур, при этом клетки высвобождают биологически активные вещества, усиливаются ферментные процессы, способствующие направленной перестройке костных структур.

Л.В.Сорокина [16] в эксперименте, выполненном на 94 белых крысах, выявила, что изменения в тканях после вакуумного воздействия и хирургического повреждения идентичны. Это послужило предпосылкой для применения очагового дозированного вакуумного повреждения с целью стимуляции перестройки костной ткани под воздействием ортодонтической аппаратуры и сокращения сроков лечения детей. Курс вакуумной стимуляции во время лечения ортодонтическими аппаратами состоял из 4–6 процедур и зависел от выраженности аномалий.

С.п.Криштаб с соавт. [8] изучили влияние очагового дозированного вакуума на продолжительность ортодонтического лечения больных прогенией. Курс вакуумной стимуляции зависел от степени тяжести прогении и состоял из 4–5 процедур с интервалами в 3–5 дней. Продолжительность лечения больных с применением очагового дозированного вакуума сократилась в среднем на 4–7 мес по сравнению с лечением обычным способом. Кроме этого С.п.Криштаб с соавт. разработали также методику вибрационного воздействия при лечении аномалий положения отдельных зубов. Сущность его заключается в том, что колебания высокого и низкого давлений, возникающие в периодонтальной щели и прилегающей ткани при действии вибратора, создают эффект насоса, всасывающего кровь и тканевую жидкость в данную зону, а затем извлекающего их из этой зоны в ходе каждого цикла. В результате интенсивность тканевого обмена возрастает, что ведет к активизации процессов резорбции и костеобразования. Волокна периодонта расслабляются, вследствие чего облегчается движение зуба. На перемещаемый зуб оказывали вибрационное воздействие, а затем активировали ортодонтический аппарат. Вибрационное воздействие повторяли через 2–3 дня, после 3 процедур делали перерыв на 7–10 дней. Амплитуду, продолжительность вибрации и количество процедур определяли с учетом групповой принадлежности зуба и возраста больного. Полученные результаты свидетельствуют, что вибрационное воздействие сокращает сроки перемещения зубов в 1,5–2 раза.

А.Н. Чумаков с соавт. [17] с целью сокращения активного периода ортодонтического лечения применили высокочастотный ультразвук. Ускорение перемещения зубов под воздействием ультразвука авторы связывают с возникновением локального остеопороза, носящего обратимый характер, повышением пластичности кости и с вероятным селективным влиянием данного метода на ткани периодонта, находящегося в состоянии хронической микротравмы, вызываемой ортодонтическими аппаратами.

О.п. Ефанов и П.В. пванов [5] изучали влияние электрофореза трилона Б на костную ткань челюстей собак в эксперименте. На основании морфологических исследований они показали, что электрофоретическое введение трилона Б можно применять для снижения минеральной насыщенности костной ткани.

Е.Ю. Симановская с соавт. [17], основываясь на данных, полученных в эксперименте, включили в комплекс ортодонтического лечения помимо аппаратурного воздействия курс физиотерапии, состоящий из очагового дозированного вакуума и

электрофореза 2% -ного раствора лития хлорида. Сроки лечения больных детей старшего школьного возраста и взрослых при этом сократились в 2–2,5 раза.

С.А. Наумович [12] на основании клинико-экспериментальных исследований рекомендовал в активном периоде ортодонтического лечения (без компактостеотомии) ежедневное облучение периодонта перемещаемых ортодонтическим аппаратом зубов сочетанным излучением гелий-неонового ($\lambda=632,8$ нм) и гелий-кадмиевого ($\lambda= 441,6$ нм) лазеров с выходной мощностью 20мВт с экспозицией на одну точку 0,5-1 мин. с количеством процедур 8-9 на 1-2 курса лечения.

п.п. Гунько [4] получил хорошие результаты при применении в активном периоде ортодонтического лечения магнитофореза и высокочастотного ультрафонофореза трилона Б.

Таким образом, литературные данные свидетельствуют о том, что имеется много методов физиотерапевтического и лекарственного воздействия на костную ткань челюстей для оптимизации ортодонтического лечения. Все перечисленные выше методы приводят к деминерализации и ослаблению костной ткани. Однако в доступной литературе мы не нашли расчётов перемещений зубов в ослабленной костной ткани.

Цель настоящей работы: рассчитать перемещения однокоренных зубов для различных клинических случаев, соответствующих действию сосредоточенной силы в вестибуло-оральном и медио-дистальном направлениях, с учетом времени действия нагрузки и состояния костной ткани.

Определение перемещений

Будем считать корень зуба абсолютно твердым телом, которое имеет форму эллиптического двуполостного гиперболоида [13]. В этом случае уравнение поверхности корня можно представить в виде:

$$F(x_1, x_2, x_3) = 1 + x_3/H \sqrt{x_1^2/a_1^2 + x_2^2/b^2} + p^2.$$

где $x_1 \equiv x$, $x_2 \equiv y$, $x_3 \equiv z$ - пространственные координаты, H - параметр, описывающий высоту корня зуба, p - параметр, характеризующий закругление вершины корня зуба, $a_1 = a$, при $x_1 \geq 0$ и $a_1 = -a$, при $x_1 < 0$, a_1, a, b, δ - полуоси эллипса в сечении корня зуба.

Если на зуб действует произвольным образом ориентированная сосредоточенная нагрузка, корень зуба получает три поступательных перемещения вдоль осей координат и три поворота вокруг осей координат. Перемещения точек костной ткани u_1, u_2, u_3 , контактирующих с поверхностью корня зуба, в направлении координатных осей, представим в следующем виде [10]:

$$u = u_0 + \varphi \times (r - r_0), \quad (1)$$

где $u = (u_1, u_2, u_3)$, $u_0 = (u_{01}, u_{02}, u_{03})$ - вектор поступательных перемещений корня зуба вдоль координатных осей, $\varphi = (\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$ - вектор углов поворота зуба вокруг осей координат, r - радиус-вектор точки, для которой определяются перемещения, r_0 - радиус-вектор, определяющий положение центров сопротивления корня зуба. С учетом существования оси симметрии, перпендикулярной оси Oy , центр сопротивления при действии силы вдоль оси Ox имеет координаты $(0, 0, z_1)$, центр сопротивления при действии силы вдоль оси Oz имеет координаты $(x_{12}, 0, z_{12})$, центр сопротивления при действии силы вдоль оси Oz имеет координаты $(x_{11}, 0, 0)$. С учетом этого, выражения для упругих перемещений костной ткани (1) можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} u_1 &= u_{01} + (x_1 - z_{11})\varphi_2 - y\varphi_3, \\ u_2 &= u_{02} + (x_1 - x_{12})\varphi_3 - (x_3 - z_{12})\varphi_1, \\ u_3 &= u_{03} + x_3\varphi_1 - (x_1 - x_{11})\varphi_2. \end{aligned} \quad (2)$$

Поступательные перемещения корня зуба и координаты центров сопротивления определим из условия равенства нулю главного вектора и главного момента всех сил, действующих на зуб, а также условие равенства нулю напряжений, возникающих на поверхности контакта корня зуба и костной ткани $F = 0$ [10]:

$$\begin{aligned} \int (\vec{n} \cdot T dF - \vec{K}) &= 0 \\ \int ((\vec{r} - \vec{r}_0) \times (\vec{n} \cdot T) ds - \vec{M}) &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь $\vec{M} = (M_1, M_2, M_3)$ - главный момент внешних сил, $\vec{K} = (K_1, K_2, K_3)$ - главный вектор внешних сил, \vec{n} - вектор нормали к поверхности $F = 0$ корня зуба, T - тензор напряжений, возникающих на поверхности контакта корня зуба и периодонта. Компоненты тензора напряжений представим в виде:

$$T_{ij} = 2G \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\nu \delta_{ij}}{1-2\nu} \sum_{k=1}^3 \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \right), \quad i, j = \overline{1,3},$$

где $G = E/(2(1+\nu))$ - модуль сдвига, E - модуль упругости, ν - коэффициент Пуассона, $\delta_{ij} = 1$, если $i = j$, $\delta_{ij} = 0$, если $i \neq j$, $i, j = \overline{1,3}$.

После несложных преобразований граничных условий (3) будем иметь выражения для координат центров сопротивления и соотношения для поступательных перемещений [13]

$$\begin{aligned} z_{11} &= \frac{H \left(3(1-\nu) \frac{\delta^2}{H^2} + \left(\frac{\gamma \delta^2}{a a_1} + \frac{\gamma \delta^2}{H^2} + 1 \right) (1-3\nu^2 + 2\nu^2) \right)}{3 \left((1-\nu) \left(\frac{\gamma \delta^2}{2a a_1} + \frac{\delta^2}{H^2} + \frac{1}{2} \right) + \left(1 + \frac{\gamma \delta^2}{a a_1} \right) \nu \ln(\nu) \right)}, \\ z_{12} &= \frac{H \left(\frac{H^2}{b^2} \left(\frac{\sqrt{1-\nu^2}}{3} - \nu^2 \sqrt{1-\nu^2} + \nu^2 \arctg \frac{\sqrt{1-\nu^2}}{\nu} \right) + \sqrt{1-\nu^2} \right)}{3 \nu \left(\left(\frac{H^2}{a a_1} + \frac{H^2}{b^2} \right) \frac{1-\nu^2}{2} + \nu \ln(\nu) \right) + (1-\nu^2)}, \\ z_{13} &= \frac{H \left(\frac{H^2}{b^2} \left(\frac{\sqrt{1-\nu^2}}{3} - \nu^2 \sqrt{1-\nu^2} + \nu^2 \arctg \frac{\sqrt{1-\nu^2}}{\nu} \right) + \sqrt{1-\nu^2} \right)}{3 \nu \left(H^2 \left(\frac{1}{b^2} + \frac{1}{a a_1} \right) \frac{1-\nu^2}{2} + \nu \ln(\nu) \right) + (1-\nu^2)}, \\ z_{14} &= \frac{H \left(\frac{3b^2}{H^2} (1-\nu^2) + (1-3\nu^2 + 2\nu^2) \left(\frac{b^2}{a a_1} + \frac{\gamma b^2}{H^2} + \gamma \right) \right)}{3 \left((1-\nu^2) \left(\frac{b^2}{2a a_1} + \frac{b^2}{H^2} + \frac{\gamma}{2} \right) + \left(\gamma + \frac{b^2}{a a_1} \right) \nu \ln(\nu) \right)}, \\ z_{15} &= \frac{2R_1 h}{\nu G(a_1 + a_2) \left(\left(\frac{2H^2}{3a a_1} + \frac{H^2}{2b^2} + 1 \right) (1-\nu^2) + H^2 \left(\frac{1}{b^2} + \frac{\gamma}{a a_1} \right) \nu \ln(\nu) \right)}, \\ z_{16} &= \frac{2R_2 h}{\nu G(a_1 + a_2) \left(\left(\frac{H^2}{3a a_1} + \frac{\gamma H^2}{2b^2} + 1 \right) (1-\nu^2) + H^2 \left(\frac{\gamma}{b^2} + \frac{1}{a a_1} \right) \nu \ln(\nu) \right)}. \end{aligned}$$

Здесь $\gamma_1 = \gamma - 2$, $\gamma = 2(1-\nu)/(1-2\nu)$, h - толщина костной ткани, прилегающей к корню зуба.

Для определения углов поворота корня зуба относительно координатных осей воспользуемся следующими уравнениями:

$$\begin{aligned} x_{12} P_1 - (x_{13} - z_{12}) P_2 &= \varphi_1 \mu_1 + \varphi_2 \mu_3, \\ (x_{13} - z_{11}) P_1 - (x_{11} - x_{13}) P_2 &= \varphi_1 \mu_2, \\ (x_{11} - x_{13}) P_1 - x_{11} P_2 &= \varphi_1 \mu_1 + \varphi_2 \mu_2, \end{aligned}$$

где P_1, P_2 и P_3 - проекции сосредоточенной нагрузки на оси координат, x_{11}, x_{12}, x_{13} - координаты точки

1/4/p>

приложения силы, μ_1, μ_2, μ_3 - жесткости костной ткани при вращении корня зуба относительно координатных осей x_1, x_2, x_3 соответственно. Параметр μ_1 характеризует момент сил, который нужно приложить вокруг оси x_1 , чтобы повернуть зуб вокруг оси x_2 на угол $\varphi_1 = 1$. Отсюда определим выражения для углов поворота корня зуба следующим образом:

$$\varphi_1 = \frac{x_{21}(R\mu_1 + R\mu_2) + R(\mu_1(x_{22} - x_{21}) + \mu_2(x_{22} - x_{21}))}{(a_1 + a_2)(\mu_1\mu_2 - \mu_1^2)},$$

$$\varphi_2 = \frac{R(x_{21} - x_{22}) - R(x_{21} - x_{22})}{(a_1 + a_2)\mu_2}, \quad (4)$$

$$\varphi_3 = \frac{x_{31}(R\mu_1 + R\mu_2) + R(\mu_1(x_{32} - x_{31}) + \mu_2(x_{32} - x_{31}))}{(a_1 + a_2)(\mu_1^2 - \mu_2\mu_3)}.$$

Подставляя в выражения (2) для перемещений углы поворота (4), а также соотношения для координат центров сопротивления и поступательных перемещений, получим формулы, определяющие перемещения корня зуба под действием сосредоточенной нагрузки.

Расчет перемещений корня клыка и резца. В соответствии с экспериментальными данными [10] проведем интерполяцию зависимости нагрузки от времени. При расчете перемещений клыка будем считать, что действие сосредоточенной нагрузки с течением времени в ослабленной и нормальной костной ткани описывается функциями $P_c^{(1)}(t)$ и $P_c^{(2)}(t)$ в соответствии с выражением:

$$P_c^{(i)} = P_0^{(i)} = P_0 \exp(-0.0038t),$$

где P_0 - модуль сосредоточенной нагрузки, действующей на корень в начальный момент времени, со стороны ортодонтического аппарата.

Направление действия сосредоточенной нагрузки зададим таким образом, чтобы вектор силы к отрицательному направлению оси абсцисс и аппликат составлял 60° и 30° соответственно. Начальную величину сосредоточенной нагрузки P_0 примем равной 6 Н. Геометрические размеры клыка описываются параметрами $a_1 = 2$ мм, $a_2 = 5$ мм, $b = 4$ мм, $H = 25.4$ мм, $p = 0.5$ (высота корня зуба составляет 15.7 мм [14]). Координаты точки приложения нагрузки (в миллиметрах) составляют $(7, 0, -25.1)$, время действия нагрузки составляет 78 суток. На рисунке 1 показаны исходное положение корня зуба и положение корня, являющееся результатом действия на корень сосредоточенной нагрузки в ослабленной и нормальной костной ткани. Упругие свойства ослабленной костной ткани описываются модулем упругости $E = 1610$ МПа, коэффициентом Пуассона $\nu = 0.25$, нормальной костной ткани - $E = 80.5$ МПа, $\nu = 0.125$ [3,11].

A

B

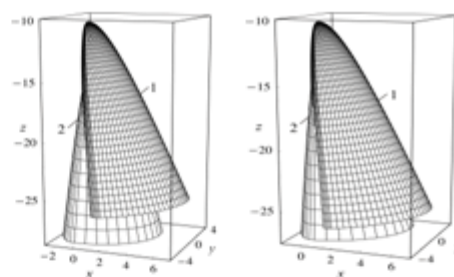


Рисунок 1. Начальное положение корня клыка (1) и положение корня после перемещения под действием сосредоточенной силы в ослабленной (A) и нормальной (B) костной ткани

Количественный анализ перемещений корня зуба, проведенный в плоскости $y = 0$, показывает, что в ослабленной костной ткани полное перемещение корня составляет ≈ 3.8 мм, в нормальной костной ткани - перемещение ≈ 1.8 мм. Чтобы перемещение корня клыка в нормальной костной ткани совпадало с перемещением в ослабленной костной ткани, необходимо воздействие сосредоточенной силы при $P_0 = 6$ Н в течение 210 суток.

В случае перемещений резца под действием сосредоточенной нагрузки вестибуло-орального и вертикального направления соответственно примем, что ее действие стечением времени в ослабленной (функция $P_c^{(1)}(t)$) и нормальной (функция $P_c^{(2)}(t)$) костной ткани изменяется в соответствии с выражениями:

$$P_c^{(1)} = P_0 \exp(-0.002t),$$

$$P_c^{(2)} = P_0 \exp(-0.00375t).$$

При вычислениях для резца принимаем $a_1 = a_2 = 2.5$ мм, $b = 3$ мм, $H = 17.07$ мм, $p = 0.3$ (высота корня зуба составляет 12.7 мм [14]). Координаты точки приложения нагрузки (в миллиметрах) составляют $(5.85, 0, -17.1)$, время действия нагрузки составляет 137 суток, начальная нагрузка $P_0 = 6$ Н. На рисунке 2 показаны исходное положение корня зуба и положение корня в ослабленной и нормальной костной ткани после действия на корень сосредоточенной нагрузки.

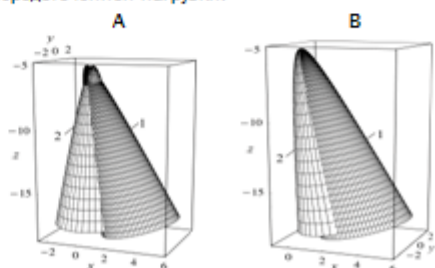


Рисунок 2. Начальное положение корня резца (1) и положение корня после перемещения под действием сосредоточенной силы в ослабленной (A) и нормальной (B) костной ткани

Количественный анализ перемещений корня зуба, проведенный в плоскости $y = 0$, показывает, что в ослабленной костной ткани полное перемещение корня составляет ≈ 3.5 мм, в нормальной костной ткани - перемещение ≈ 1.5 мм. Для перемещения корня резца в нормальной костной ткани на величину, равную перемещению резца в ослабленной костной ткани, необходимо воздействие сосредоточенной силы при $P_0 = 6$ Н в течение 231 суток.

Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования действия ортодонтических аппаратов на однокоренные зубы при их перемещении в нормальной и ослабленной костной ткани и оценки времени действия нагрузки.

Литература

1. Александрова, Ю. М. исправление зубочелюстных деформаций у взрослых / Ю. М. Александрова, А. Д. Мухина // Проблемы ортопедической стоматологии: Респ. межвед. сб. Киев: Здоров'я, 1970. Вып. 4. С. 150–155.
2. Аль-Хаири, п. Н. Влияние вакуумного воздействия на ткани пародонта по данным экспериментально-морфологического исследования / п. Н. Аль-Хаири // Стоматология. 1979. № 2. С. 5–7.
3. Гипотетическая модель биомеханического взаимодействия зубов и опорных тканей челюсти при различных значениях жевательной нагрузки / Е. Н. Чумаченко [и др.] // Стоматология. 1999. № 5, Т. 78. С. 4–8.
4. Гунько, п. п. Клинико-экспериментальное обоснование применения физиотерапевтических методов в комплексном лечении зубочелюстных аномалий сформированного прикуса: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21 / п. п. Гунько; Бел. гос. мед. ун-т. Минск, 2004. 42 с.
5. Ефанов, О. п. Влияние трилон Б - электрофореза на костную ткань челюстей в эксперименте / О. п. Ефанов, П. В. Ефанов // Новое в терапевтической детской и хирургической стоматологии: тез. докл. 8 Всесоюз. съезда стоматологов. М., 1987. Т. 2. С. 31–32.
6. Пвашенко, С. В. Лечение аномалийного положения фронтальных зубов в сформированном прикусе с применением индуктотермоэлектрофореза трилона Б: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / С. В. Пвашенко; Минский гос. мед. ин-т. Минск, 2000. 19 с.
7. Козлов, В. А. Лечение аномалий челюстно-лицевой области / под ред. В. А. Козлова. Ташкент: Медицина, 1982. 282 с.
8. Криштаб, С. п. Применение вибрационного воздействия на зубы для ускорения ортодонтического лечения / С. п. Криштаб, С. п. Дорошенко, Г. п. Лютик // Стоматология. 1986. № 3. С. 15–18.
9. Кулаженко, В. п. Вакуумный и электровакуумный метод диагностики и лечения стоматологических и некоторых воспалительно-дистрофических заболеваний: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21 / В. п. Кулаженко; Одесский мед. ин-т. Одесса, 1967. 34 с.
10. Лурье, А. п. Теория упругости / А. п. Лурье. М., 1970. 940 с.
11. Матвейчук, п. В. Структурно-функциональная адаптация костной ткани как композита с учетом видовых, возрастных и функциональных особенностей: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / п. В. Матвейчук. М., 1998. 49 с.
12. Наумович, С. А. Повышение эффективности комплексного (ортопедо-хирургического) лечения аномалий и деформаций зубочелюстной системы в сформированном прикусе (Клин.- эксперим. исслед.): автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.21 / С. А. Наумович; Бел. гос. мед. ун-т. Минск, 2001. 42 с.
13. Наумович, С. А. Биомеханика системы зуб – периодонт / С. А. Наумович, А. Е. Крушевский. Минск, 2000. 132 с.
14. Наумович, С. А. Антропометрические данные коронок и корней зубов и их значение в стоматологии / С. А. Наумович, Р. А. Батура, С. Н. Пархамович // Стоматологический журнал. 2002. № 2. С. 21–22.
15. Симановская, Е. Ю. Физиотерапия как метод оптимизации ортодонтического лечения аномалий зубного ряда у детей старшего школьного возраста и взрослых / Е. Ю.

Симановская, Л. М. Гвоздева // Ортодонтия: методы профилактики, диагностики и лечения: тр. ЦНпС. М., 1990. С. 121–124.

16. Сорокина, Л. В. Стимуляция репаративных процессов очаговым дозированным вакуумом при ортодонтическом лечении: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / Л. В.Сорокина; Одесский мед. ин-т. Одесса, 1974. 16 с.

17. Чумаков, А. Н. Результаты горизонтального и вертикального перемещения зубов у детей на фоне ультразвукового воздействия на костную ткань нижней челюсти / А. Н. Чумаков, В. Г. Лавриков // Стоматология. 1988. № 4. С. 69–70

Репозиторий БГМУ