

DOI: 10.37988/1811-153X\_2024\_1\_90

[Д.А. Шутова](#)<sup>1</sup>,аспирант кафедры ортопедической  
стоматологии[Р.Э. Харченко](#)<sup>1</sup>,аспирант кафедры ортопедической  
стоматологии[Н.С. Гильманова](#)<sup>1</sup>,к.м.н., доцент кафедры ортопедической  
стоматологии[Н.Н. Белозерова](#)<sup>2</sup>,к.м.н., ассистент кафедры кариесологии  
и эндодонтии[М.В. Михайлова](#)<sup>1</sup>,к.м.н., доцент кафедры ортопедической  
стоматологии<sup>1</sup> Первый МГМУ им. И.М. Сеченова,  
119991, Москва, Россия<sup>2</sup> МГМСУ им. А.И. Евдокимова,  
127473, Москва, Россия

## FOR CITATION:

Шутова Д.А., Харченко Р.Э., Гильманова Н.С., Белозерова Н.Н., Михайлова М.В. Консервативные методы оптимизации активного периода ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий и деформаций: обзор. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2024; 27 (1): 90—98 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X\_2024\_1\_90

[D.A. Shutova](#)<sup>1</sup>,postgraduate at the Prosthodontics  
Department[R.E. Kharchenko](#)<sup>1</sup>,postgraduate at the Prosthodontics  
Department[N.S. Gilmanova](#)<sup>1</sup>,PhD in Medical Sciences, associate professor  
of the Prosthodontics Department[N.N. Belozerova](#)<sup>2</sup>,PhD in Medical Sciences, assistant professor  
of the Caries research and endodontics  
Department

## Консервативные методы оптимизации активного периода ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий и деформаций: обзор

**Аннотация.** Одна из важных проблем ортодонтического лечения — его длительность. Поэтому проводятся исследования по ускорению активного периода лечения. Одним из ведущих хирургических методов является компак-остеотомия и ее разновидности. Несмотря на эффективность такого вмешательства существуют ряд противопоказаний к его применению и высокий риск возникновения послеоперационных осложнений. Учитывая вышесказанное, появилась необходимость в изучении и внедрении неинвазивных методов ускорения ортодонтического лечения зубов. **Цель** — провести анализ отечественных и зарубежных научных работ, в которых изучается влияние различных консервативных методов на временные показатели ортодонтического лечения, а также выделить методы, наиболее перспективные для широкого применения в клинической практике врача-ортодонта. **Материалы и методы.** Проведен анализ электронных баз данных eLibrary, PubMed, Google Scholar, Research Gate, Web of Science и Cyberleninka по ключевым словам «акселерация ортодонтического лечения», «ремоделирование кости», «физико-фармакологическая вспомогательная терапия», «ускорение активного периода ортодонтического лечения», «зубочелюстные аномалии». **Результаты.** В статье представлены физические, фармакологические и физико-фармакологические методы ускорения ортодонтического лечения. Большинство консервативных методов по ускорению ортодонтического лечения эффективны — они позволяют сократить сроки активного периода лечения: вибрационное воздействие — в 4 раза; ультразвук — в 2 раза; электрофорез, магнитофорез, низкочастотной ультрафонофорез, индуктотермоэлектрофорез с трилоном Б — в 2,2 раза. Исследования по методам применения постоянного тока и протагландиннов проводились в рамках перемещения отдельных зубов, они не показывают сокращения общих сроков ортодонтического лечения. Исследования о влиянии витамина D и паратиреоидного гормона на ускорение лечения проводились только на животных, они не содержат сведений о сокращении общего периода ортодонтического лечения. **Заключение.** Физико-фармакологические методы совмещают в себе положительные эффекты лекарственных веществ и физических факторов. Благодаря физиотерапевтическим силам улучшаются микроциркуляция мягких тканей и репаративные реакции, повышается проницаемость слизистой для лекарственных веществ. А лекарственные вещества в то же время позволяют воздействовать непосредственно на перестройку костных структур. Необходимо провести дополнительные исследования на большой выборке с дополнительным анализом изменений плотности костных структур и микроциркуляции околозубных тканей после вспомогательной терапии на разных этапах лечения. Также необходимы дальнейшие исследования в этой области с дополнительным вниманием к протоколам применения, неблагоприятным последствиям, анализу затрат и выгод.

**Ключевые слова:** акселерация ортодонтического лечения, ремоделирование кости, физико-фармакологическая вспомогательная терапия, продолжительность активного периода ортодонтического лечения, зубочелюстные аномалии

## Conservative methods for optimizing the active phase of orthodontic treatment of dentoalveolar anomalies and deformities: A review

**Annotation.** One of the important problems of orthodontic treatment is its duration. Therefore, research is being conducted to accelerate the active period of treatment. One of the leading surgical methods is compact osteotomy and its variants. Despite the effectiveness of such intervention there are a number of contraindications to its use and a high risk of postoperative complications. Given the above, there is a need to study and introduce non-invasive methods of accelerating

M.V. Mikhailova<sup>1</sup>,

PhD in Medical Sciences, associate professor  
of the Prosthodontics Department

<sup>1</sup> Sechenov University,  
119991, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow State University of Medicine  
and Dentistry, 127473, Moscow, Russia

#### FOR CITATION:

Shutova D.A., Kharchenko R.E., Gilmanova N.S., Belozeroва N.N., Mikhailova M.V. Conservative methods for optimizing the active phase of orthodontic treatment of dentoalveolar anomalies and deformities: A review. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2024; 27 (1): 90—98 (In Russian). DOI: 10.37988/1811-153X\_2024\_1\_90

#### ВВЕДЕНИЕ

Ортодонтическое лечение — это комплекс стоматологических манипуляций, направленных на исправление зубочелюстных аномалий и деформаций различной этиологии, восстановление правильного функционирования зубочелюстной системы и улучшение эстетики. Ортодонтическое лечение в среднем длится около 20—30 месяцев [1, 2], однако длительная эксплуатация ортодонтической аппаратуры усложняет удовлетворительную гигиену полости рта [3], что вызывает деминерализацию эмали, кариозные поражения [4] и воспалительные заболевания пародонта [5]. Увеличение сроков лечения провоцирует резорбцию корня зуба [6] и рецессию десны [7]. Для оптимизации лечения были разработаны вспомогательные методы, направленные на ускорение ортодонтического перемещения зубов.

Продолжительность ортодонтического лечения зависит от скорости перемещения зубов, на что, в свою очередь, влияет скорость альвеолярного ремоделирования [8, 9]. Процессы ремоделирования кости начинаются, когда ортодонтическая сила направлена на пародонт, что, в свою очередь, вызывает асептический воспалительный ответ [10]. Этот тканевый ответ первоначально включает сосудистые изменения, за которыми следует синтез простагландинов, цитокинов, факторов роста, нейротрансмиттеров, метаболитов арахидоновой кислоты и гормонов [10]. Предполагается, что цитокины и другие воспалительные маркеры, такие как простагландин E2, могут активировать ремоделирование кости, характеризующееся ее резорбцией в области сжатия и образованием кости в области растяжения периодонтальной связки [11]. Поэтому считается, что

ортодонтическое лечение зубов. **The aim** is to analyze domestic and foreign scientific works, in which the influence of various conservative methods on time indicators of orthodontic treatment is studied, as well as to select the methods most promising for wide application in the clinical practice of an orthodontist. **Materials and methods.** The electronic databases eLibrary, PubMed, Google Scholar, Research Gate, Web of Science and Cyberleninka were analyzed by the key words “acceleration of orthodontic treatment”, “bone remodeling”, “physical-pharmacological auxiliary therapy”, “acceleration of the active period of orthodontic treatment”, “dento-mandibular anomalies”. **Results.** The article presents physical, pharmacological and physical-pharmacological methods to accelerate orthodontic treatment. The majority of conservative methods of orthodontic treatment acceleration are effective — they allow to reduce the terms of active period of treatment: vibration influence — 4 times; ultrasound — 2 times; electrophoresis, magnetophoresis, low-frequency ultraphonophoresis, inductothermoelectrophoresis with trilon B — 2.2 times. Studies on the methods of application of direct current and prostaglandins were conducted within the framework of moving individual teeth, they do not show a reduction in the total time of orthodontic treatment. Studies on the effect of vitamin D and parathyroid hormone on treatment acceleration have only been conducted on animals, they do not show a reduction in the total period of orthodontic treatment. **Conclusion.** Physical-pharmacological methods combine the positive effects of drugs and physical factors. Due to physiotherapeutic forces, soft tissue microcirculation and reparative reactions are improved, the permeability of the mucosa for medicinal substances is increased. And medicinal substances at the same time allow to influence directly on the remodeling of bone structures. It is necessary to conduct additional studies on a large sample with additional analysis of changes in the density of bone structures and microcirculation of peri-dental tissues after adjuvant therapy at different stages of treatment. Further research is also needed in this area with additional attention to application protocols, adverse effects, and cost-benefit analysis.

**Key words:** acceleration of orthodontic treatment, bone remodeling, physical and pharmacological auxiliary therapy, duration of the active period of orthodontic treatment, dentofacial anomalies

можно добиться увеличения скорости лечения, влияя на биологические реакции альвеолярной кости, периодонтальной связки, а также сосудов [11, 12].

R.S. Goldie и соавт. (1984) одни из первых в экспериментах на животных показали взаимосвязь между плотностью альвеолярной кости и скоростью ортодонтического перемещения зубов: что при сниженной плотности костной ткани перемещение зубов происходит быстрее.

Таким образом, дополнительные методы по ускорению ортодонтической терапии основываются на вышеперечисленных биологических процессах и реализуются за счет стимуляции клеток тканей, прилегающих к зубам, или посредством уменьшения сопротивления альвеолярной кости [13].

Выделяют две основные группы методов сокращения активного периода ортодонтического лечения: хирургические и консервативные [14]. К хирургическим методам относятся компакт-остеотомия и ее разновидности: нарушается целостность компактной пластинки путем ее перфорации [15]. Результаты исследований данных методов доказали свою эффективность и на протяжении многих лет используются на практике [16], при этом сроки ортодонтического лечения в среднем сокращались в 2,2—3 раза [17]. Однако нарушение целостности костной ткани неизбежно сопряжено с травмой, изменением метаболических и трофических процессов и может приводить к различным осложнениям в связи с инфицированием раны.

Консервативные методы: физические (лазерная терапия, магнитотерапия, ультразвуковая терапия, воздействие электрическим током), физико-фармакологические (электрофорез, магнитофорез, низкочастотной ультрафонофорез, индуктотермоэлектрофорез)

и фармакологические (местное введение простагландинов, витамина D, паратиреоидного гормона) являются альтернативой хирургических вмешательств для ускорения ортодонтического перемещения зубов. В настоящее время существуют разработки физических и фармакологических методов, позволяющие сократить сроки лечения в среднем в 1,5–2 раза.

Однако большинство данных методов не нашли широкого применения в клинической практике из-за невозможности применения их пациентом самостоятельно или ввиду неосведомленности врачей-ортодонтов о данных методах.

**Цель обзора** — провести анализ отечественных и зарубежных литературных источников, в которых изучается влияние различных консервативных методов на временные показатели ортодонтического лечения, и выделить методы, наиболее перспективные для широкого применения в клинической практике врача-ортодонта.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данное исследование представлено в соответствии с требованиями для составления систематических обзоров и метаанализов (PRISMA).

Проведен анализ электронных баз данных eLibrary, PubMed, Google Scholar, Research Gate, Web of Science и Cyberleninka. Поиск данных проводился по ключевым словам «акселерация ортодонтического лечения», «ортодонтическое перемещение зубов», «ремоделирование кости», «физико-фармакологическая вспомогательная терапия», «ускорение активного периода ортодонтического лечения», «зубочелюстные аномалии», «acceleration of orthodontic treatment», «orthodontic tooth movement», «bone remodeling», «physico-pharmacological auxiliary therapy», «acceleration of the active period of orthodontic treatment», «dental anomalies». Всего было проанализировано 43 статьи с временным промежутком публикаций с 1990 по 2024 г. В обзор были включены материалы, в которых исследуется влияние вспомогательных физических и/или фармакологических методов на ортодонтическое перемещение зубов и сокращение сроков ортодонтического лечения.

Первоначально исследования были отобраны по названию и аннотации (66 публикаций). Критерии включения публикаций в обзор: рандомизированные контролируемые исследования; систематические обзоры и метаанализы; публикации, содержащие данные о влиянии вспомогательного метода на костные структуры и процессы ремоделирования кости; описаны скорость ортодонтического перемещения зубов или общие сроки ортодонтического лечения. Поиск рандомизированных контролируемых исследований проводился в ClinicalTrials.gov. Критерии исключения публикаций из обзора: клинические случаи; описана методика без проведения доклинических или клинических исследований; в исследовании описаны хирургические методы; не описаны лабораторные или клинические результаты. По итогу применения критериев отбора были выбраны 43 публикации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Консервативные методы можно разделить на 3 группы:

1) Физические:

- очаговый дозированный вакуум;
- вибрационное воздействие;
- постоянный ток;
- ультразвук;
- лазерное излучение.

2) Фармакологические:

- простагландины;
- витамин D;
- паратиреоидный гормон.

3) Физико-фармакологические.

Физические методы основаны на воздействии на ткани природных или искусственно создаваемых физических факторов: ультрафиолетового и инфракрасного излучения, ультразвука, магнитного поля, электрического тока. Физический фактор воздействует на нервные окончания, затем импульс направляется в головной мозг, а оттуда ответный импульс по другим нервным волокнам возвращается к тканям. Процедуры с использованием данных методов оказывают трофическое, противовоспалительное, обезболивающее и сосудорегулирующее действия. Эти свойства дали предпосылки к использованию физических факторов и в ортодонтии, в частности для сокращения сроков ортодонтического лечения.

Физические факторы могут существенно влиять на кожную проницаемость, изменять фармакокинетику и фармакодинамику лекарств, а также оказывать терапевтическое действие на различные системы организма и течение патологического процесса. Вышеперечисленные свойства лечебных физических факторов в сочетании с лекарственными веществами позволяют использовать их в ортодонтии для ускорения перемещения зубов. Применяются различные сочетания физических факторов и лекарственных веществ: электрофорез, магнитофорез, низкочастотный ультрафонофорез, индуктотермоэлектрофорез с трилоном Б.

### Очаговый дозированный вакуум

Вакуумное воздействие на ткани осуществляется при помощи специализированного прибора, который действует на поверхности слизистой оболочки, создавая на ней зоны разряжения. Эти участки постепенно перемещаются и создается эффект массажа.

Очаговый дозированный вакуум при ортодонтическом лечении зубов — один из первых физических методов. Впервые в 1979 г. И.Н. Аль-Хаири показал, что после вакуумного воздействия на периодонт происходит избирательное повреждение его капилляров и тканевых структур, усиливаются ферментные процессы, в частности в 2–4 раза возрастает ферментативная активность дегидрогеназ и аминотрансфераз, что стимулирует перестройку костных структур. Вышеперечисленные изменения позволяют обосновать применение очагового дозированного вакуума для стимуляции репаративных процессов в альвеолярной кости при ортодонтическом лечении. Т.Ф. Косырева и соавт. (2020) показали, что

вакуумное воздействие в лечении зубочелюстных аномалий позволяет улучшить микроциркуляцию в области перемещаемых зубов и сократить сроки ортодонтического лечения с меньшим риском развития нарушений микрогемо- и лимфоциркуляции, связанных с длительным периодом лечения [18]. В исследовании Л.В. Сорокиной (1974) при комплексном ортодонтическом лечении с применением очагового дозированного вакуума средние сроки лечения небного смещения 4-х верхних резцов сократились на 66 дней. В другом исследовании пациентам с прогенией проводили курс процедур с применением очагового дозированного вакуума до начала лечения, чтобы подготовить ткани периодонта к перестройке, и сократили период активного ортодонтического лечения в среднем на 4–7 месяцев по сравнению с лечением без вспомогательной терапии [19].

Несмотря на положительные результаты в сокращении сроков ортодонтического лечения данные исследований не показывают фактических изменений в структуре компактной пластинки и снижении ее плотности, что требует дальнейшего изучения данного метода в проекции ортодонтического лечения и его воздействия на костные структуры.

### Вибрационное воздействие

Метод вибрационного воздействия в целях сокращения сроков активного периода лечения основан на использовании портативного аппарата, при котором высокочастотные вибрации воздействуют непосредственно на слизистую оболочку альвеолярного отростка или на зубной ряд. В исследовании, проведенном на крысах, биологические эффекты, возникающие при воздействии высокочастотных вибраций в области перемещаемых зубов, авторы объясняют таким образом: высокочастотные циклические силы увеличивают количество медиаторов воспаления и остеокластогенеза, а также снижают плотность альвеолярной кости во время ортодонтического перемещения зубов [20].

T.S. Shipley провел исследование эффективности применения высокочастотных вибраций при лечении посредством элайнеров. Частота смены элайнеров у пациентов, использующих вибрационное устройство — 120 Гц, по 5 минут ежедневно, составила в среднем 4,75 дней, что на 66% меньше рекомендованного производителем. Также данным пациентам потребовалось на 43% меньше элайнеров для завершения лечения и не требовалось проведения ревизий, а время лечения сократилось на 77,5 недели по сравнению с контрольной группой [21].

Также в исследовании D. Pavlin и соавт. изучали влияние вибрационных сил на скорость ретракции клыка. В лечебной группе они применяли циклическую нагрузку в течение 20 минут в день с помощью устройства, которое создавало усилие 0,25 Г с частотой 30 Гц, по сравнению с контрольной группой, где проводилось лечение без вибрационного воздействия. В результате средняя скорость движения оказалась значительно выше в группе с применением вибрационного воздействия и составила 1,16 мм в месяц по сравнению с 0,79 мм в месяц в контрольной группе [22].

В исследовании 2015 г. ученые исследовали высокочастотные вибрации силой 0,2 Н и частотой 30 Гц. Пациенты проводили процедуры с использованием вибрационных сил по 20 минут в день. Скорость движения зубов была от 2 до 3 мм в месяц. Также ученые отметили, что скорость перемещения зависела от того, на какой зубной дуге проводилось измерение: общая скорость движения на нижней челюсти составила 0,526 мм в неделю, или 2,1 мм за месяц, а общая скорость движения на верхней челюсти составила 0,759 мм в неделю, или 3,0 мм за месяц [23].

Исходя из вышесказанного метод вибрационного воздействия можно выделить как один из наиболее перспективных подходов комплексного лечения для ускорения ортодонтического лечения и широкого применения в клинической практике ввиду эффективности и удобства применения.

### Постоянный ток

Раннее проведенные исследования показывают привлечение большого количества остеобластов и повышение клеточной активности в пародонтальной связке в области воздействия электрического тока. В наблюдении на 7 женщинах Kim D.H. и соавт. [24] оценивали скорость ретракции клыка и определили, что электрический ток способен ускорять ортодонтическое перемещение зубов. Стационарный электроприбор устанавливался на слизистую оболочку верхней челюсти и обеспечивал подачу постоянного электрического тока силой 20 мА. Клык верхней челюсти с одной стороны представлял собой лечебную сторону, а клык верхней челюсти с другой стороны — контрольную сторону. В лечебной группе на клык воздействовали ортодонтической силой и электрическим током. На контрольную сторону воздействовали только ортодонтической силой. К клыкам лечебной группы прикладывали электрический ток в течение 5 ч ежедневно. Ученые показали, что через 1 месяц пройденное расстояние было значительно больше в лечебной группе ( $2,42 \pm 0,26$  против  $1,89 \pm 0,27$  мм). Также ученые отметили, что количество движений зубов на лечебной стороне в течение первых 2 недель было больше, чем в последующие 2 недели.

Несмотря на положительные результаты данного исследования на данный момент невозможно сделать окончательные выводы о данной методике, поскольку в нее были включены только 7 женщин, кроме того, мы не знаем о влиянии электрического тока на мужчин.

### Ультразвук

Метод включает применение портативного электронного устройства, соединенного с каппой, в которую на уровне корней зубов встроены датчики, передающие импульсы низкочастотного ультразвука. Последний ускоряет скорость ортодонтического перемещения зубов путем стимуляции остеокластогенеза за счет активации RANKL и сигнальных молекул, таких как митоген-активируемая протеинкиназа [25, 26].

Влияние низкоинтенсивных импульсных ультразвуковых вмешательств на продолжительность ортодонтического лечения изучали R. Al-Dboush и соавт.

(2021) при лечении прозрачными элайнерами. В контрольную группу входили 28 пациентов — их лечили только с использованием элайнеров. Лечебную группу составляло 28 пациентов; их лечение проводилось с ежедневным использованием ультразвукового аппарата в течение 20 минут в день. Частота ультразвукового импульса в лечебной группе составляла 1,5 МГц, длительность импульса — 200 мкс, частота повторения импульсов — 1 кГц, среднепространственная временная интенсивность — 30 мВт/см<sup>2</sup>. По результатам данного исследования было продемонстрировано сокращение продолжительности лечения в среднем на 26% по сравнению с контрольной группой. Средняя продолжительность лечения в днях составила 719±220 для контрольной группы и 533±242 для лечебной [27].

Также влияние низкоинтенсивного импульсного ультразвука у пациентов, проходивших ортодонтическое лечение на элайнерах, изучали Н. Каур и соавт. (2020). Параметры ультразвука низкой интенсивности, используемые пациентами дома в течение 20 мин/день, составляли те же значения, что и в вышеуказанном исследовании. В контрольную группу входили 11 мужчин и 23 женщины, у них применялось ортодонтическое лечение на элайнерах без дополнительной терапии. В лечебной группе участвовали 9 мужчин и 25 женщин, проходивших комплексное ортодонтическое лечение с применением ультразвука. По результатам исследования продолжительность лечения была значительно снижена в лечебной группе (541,44±192,23 дня) по сравнению с контрольной группой (1061,05±455,64 дня). Общее время лечения в лечебной группе сократилось в среднем на 49% по сравнению с контрольной группой [28].

Схожие результаты получили Т. El-Bialy и соавт. (2020), применяя ультразвук с теми же параметрами. Результаты исследования показали, что средняя скорость перемещения зубов с применением ультразвука составила 0,266±0,092 мм/неделю, а на контрольной стороне — 0,232±0,085 мм в неделю. В среднем скорость перемещения зубов у лечебной группы увеличилась на 29% по сравнению с контрольной. В этом же исследовании ученые определили скорость резорбции корня в лечебной и контрольной группах: 0,0092±0,022 и 0,0223±0,022 мм в неделю соответственно [29].

### Лазерное излучение

Лазерное излучение в ортодонтии применяется посредством стационарного устройства с возможностью выбора параметров облучения. D.R. Cruz и соавт. (2004) первыми опубликовали результаты исследования о влиянии низкоинтенсивного лазерного облучения на среднюю скорость движения зубов. Выборка состояла из 11 пациентов, которым выполняли двустороннюю ретракцию верхних клыков в течение 2 месяцев, при этом одна сторона зубного ряда являлась лечебной группой и подвергалась облучению лазером, а другая — была контрольной группой. Параметры лазерного излучения: длина волны — 780 нм, мощность — 20 мВт, поток энергии — 2 Дж, плотность энергии — 5 Дж/см<sup>2</sup>, общая доза излучения составляла — 8 Дж. Ученые зарегистрировали

увеличение скорости перемещения зубов на 34% на лечебной стороне по сравнению с контрольной.

A.D. Samacho и соавт. (2014) провели исследование с другими показателями облучения и выборкой из 45 пациентов. В лечебной группе применяли лазерное воздействие на каждом приеме на расстоянии 1 мм от слизистой щечной и небной сторон, следуя вдоль длинной оси зуба в течение 22 секунд на каждой поверхности. Контрольная группа не подвергалась лазерному облучению. Параметры излучения: длина волны — 830 нм, мощность — 100 мВт, плотность энергии — 80 Дж/см<sup>2</sup>, поток энергии — 2,2 Дж. Эти параметры позволили ученым снизить средние сроки лечения на 30% в группе, получавшей лазерное облучение [30].

Также ученые обнаружили, что формирование минерализованной костной ткани в зоне растяжения при использовании лазерного излучения в 1,7 раза быстрее. В исследовании, изучающем влияние лазера на сроки ретракции клыка, лазерное облучение применялось в первое посещение, а затем повторялось в следующие 2 приема с периодичностью 3 недели. На стороне, обработанной лазером, общая ретракция клыков составила 1,60±0,38 и 0,79±0,35 мм, где лазер не применялся, что в 2,02 раза больше [31]. G. Doshi-Mehta и соавт. подтвердили ускорение движения зубов с применением низкоуровневого лазера в среднем на 30% [32].

По данным систематического обзора и метаанализа 2015 г., ускорение ортодонтического движения зубов наблюдается в период 7 дней и 2 месяцев при использовании лазера. Также отмечается, что более низкие показатели плотности энергии показывают более высокую клиническую эффективность по сравнению с теми, что превышали 20 Дж/см<sup>2</sup> [33]. Исследования, посвященные применению лазерного излучения низкой мощности, указывают на то, что данный метод способствует повышению уровня синтеза коллагена, который, в свою очередь, является основным матричным протеином в структуре кости [34]. Таким образом, применение лазерного излучения может способствовать ускорению ортодонтического лечения, но только при правильном выборе показателей плотности энергии и времени воздействия.

Применение лазерного излучения может стать перспективным методом сокращения сроков ортодонтического лечения, однако сложность широкого применения данного метода заключается в том, что использовать его можно только в амбулаторных условиях.

### Простагландины

Применение простагландинов осуществляется путем их системного или местного введения в область перемещаемых зубов.

Во время ортодонтического перемещения зубов остециты высвобождают различные биомолекулы, среди которых особую роль играют простагландины. Они считаются наиболее значимыми, поскольку стимулируют как остеокласты, так и остеобласты [35].

К. Yamasaki (1984) и соавт. провели исследование, которое было разделено на 3 этапа. Первый этап проводился на премолярах, которые должны были быть

удалены: с одной стороны применяли подслизистые инъекции простагландина E1, а с другой — вводили физиологический раствор. Скорость перемещения зубов в сторону щечной области была примерно 2-кратной в месте инъекции простагландина E1. Аналогичный результат был получен на втором этапе, когда инъекции PGE1 вводили в области ретракции клыков в течение 3 недель. Третья фаза включала ретракцию клыков и применение простагландинов E1 только на одной стороне, что привело к ускорению движения на обработанной стороне в 1,6 раза. Исследователи не обнаружили никаких неблагоприятных макроскопических эффектов ни в ткани десны, ни в альвеолярной кости. Наблюдалась только легкая боль, связанная с движением зубов.

М. Sağlaroğlu и А. Erdem (2012) провели исследование на кроликах, чтобы оценить влияние различного введения простагландина E2 на ортодонтическое перемещение зубов. В ходе исследования 1-й исследуемой группе вводили простагландин E2 внутривенно, 2-й группе — подслизисто и 3-й группе — интралигаментарно. Инъекции проводили после установки ортодонтического аппарата и на 1, 3, 7 и 14-й дни. Наибольшая скорость перемещения зубов наблюдалась в группе с интралигаментарным введением простагландина E2 (в среднем в 1,3–1,58 раз быстрее) [36].

А.К. Patil и соавт. (2005) провели клинический анализ 14 пациентов, которым в течение 3-х дней проводили инъекции 1 г простагландина E1, используя лидокаин, в дистально-щечную область правых клыков, левая сторона была контрольной. Пациентов наблюдали в течение 60 дней, и авторы пришли к выводу, что после минимальной дозы простагландина E1 отмечалось очевидное увеличение скорости движения по сравнению с контрольной группой: среднее движение клыков с правой стороны составило 3,5 мм за 2 месяца, клыков с левой стороны — 2 мм за 2 месяца.

В исследованиях на животных также сообщается, что простагландины увеличивают скорость ортодонтического перемещения зубов, не вызывая значительной резорбции корня [37].

Необходимы современные проспективные клинические испытания, чтобы сделать правильный вывод о местном введении фармакологического агента и его влиянии на сокращение общих сроков ортодонтического лечения.

### **Витамин D**

Витамин D (1,25-дигидроксиголекальциферол) представляет собой мощный модулятор костного метаболизма, который влияет на остеокласты [38]. Группа исследователей провела эксперимент, в котором вводили метаболит витамина D в периодонтальную связку у кошек в течение нескольких недель. Было обнаружено, что перемещение зубов с применением витамина D ускорилось на 60% по сравнению с контрольной группой за счет увеличения количества остеокластов в месте давления, что было обнаружено гистологически. В другом исследовании витамин D вводили интралигаментарно по 42 пг/мл 1 раз в неделю в течение

3 недель 4 пациентам, разделив 6 зубных дуг на лечебные (с введением витамина D) и контрольные квадранты (без введения витамина D). На лечебной стороне скорость перемещения зубов была на 70% больше, чем на контрольной [39]. Также было проведено сравнение местных инъекций витамина D и простагландина двум различным группам крыс, параллельно с инъекциями на протяжении 9 дней им проводили ортодонтическое перемещение резцов верхней челюсти. В результате существенной разницы не обнаружено в ускорении между двумя группами (2,11 и 2,16 мм соответственно), а в контрольной группе, где проводилось только ортодонтическое лечение, перемещение составило 1,72 мм.

Применение витамина D перспективно в качестве биологического агента для ускорения ортодонтического перемещения зубов, однако для широкого применения данного метода следует провести дополнительные доклинические и клинические исследования, определить оптимальную дозу вводимого препарата и составить протокол комплексного лечения.

### **Паратиреоидный гормон**

Паратиреоидный гормон (ПТГ) — основной гормон, который регулирует ремоделирование костной ткани и гомеостаз кальция. Данные свидетельствуют о том, что инъекции ПТГ потенциально могут ускорять ортодонтическое перемещение зубов за счет увеличения скорости обновления альвеолярной кости [40]. S. Soma и соавт. (2000) предположили, что системное непрерывное или местное введение ПТГ в область перемещаемых зубов с замедленным высвобождением было приемлемо для ортодонтической терапии (на 12-й день общая величина перемещения первых моляров составила 0,52 и 0,72 мм в среднем между контрольной группой без введения ПТГ и группой с введением ПТГ соответственно), в то время как системное прерывистое введение ПТГ не увеличивало скорость ортодонтического перемещения зубов. Также ученые считают, что местное применение ПТГ более безопасно, чем системное, поскольку оно имеет меньше побочных эффектов [41].

Применение ПТГ имеет потенциальное клиническое применение для сокращения ортодонтического лечения, однако для использования данного метода по ускорению перемещения зубов требуются дальнейшие клинические исследования с определением точных дозировок введения и сокращения общего периода ортодонтического лечения.

### **Электрофорез, магнитофорез, низкочастотный ультрафонофорез, индуктотермоэлектрофорез трилона Б**

Метод электрофореза заключается в аппликации геля трилона Б на слизистую десны в области альвеолярного отростка и воздействии электродов с разными зарядами в области перемещаемых зубов. Для аппликаций раствора используют индивидуальные каппы. Электрофорез позволяет повысить проницаемость слизистой оболочки и увеличить количество поступающего через слизистую оболочку раствора трилона Б,

что позволяет эффективно воздействовать на структуру кости. Исследование, направленное на изучение влияния электрофореза 5%-ного раствора трилона Б на костную ткань челюстей собак, показало, что электрофоретическое введение трилона Б приводит к снижению минеральной насыщенности костной ткани, способствуя ускорению ортодонтического перемещения зубов [42].

С.В. Ивашенко изучал воздействие электрофореза 1, 3 и 5%-ных растворов трилона Б на костную ткань челюсти кролика [42]. Плотность тока составляла 0,5–1 мА/см<sup>2</sup>. Процедуры электрофореза трилона Б проводились на протяжении 10 дней по 10 минут. Наибольшая эффективность декальцинации костной ткани достигнута при применении для электрофореза 1%-ного раствора трилона Б. Также авторы показали, что местная декальцинация кости обратима при комплексном лечении с применением электрофореза трилона Б.

Известно, что декальцинированная костная ткань легче резорбируется, чем недекальцинированная. В связи с вышесказанным данную методику можно рекомендовать для ослабления костной ткани для последующего форсированного перемещения блока костного матрикса вместе с находящимися в нем зубами без травматических последствий.

Магнитофорез, низкочастотный ультрафонофорез, индуктотермоэлектрофорез трилона Б применяют только в амбулаторных условиях, путем аппликации раствора на слизистую оболочку альвеолярного отростка и воздействием аппаратами с физическими факторами. И.И. Гунько и соавт. (2016) провели исследование, используя магнитофорез и 4%-ный раствор трилона Б. Процедуры проводились магнитоиндуктором с рабочей поверхностью 5–7 см<sup>2</sup>. Параметры магнитного поля: частота 50 Гц в непрерывном режиме с индукцией 20–25 мТл. Курс лечения составлял от 10 до 15 процедур ежедневно по 12–15 минут. Применение магнитофореза позволило сократить сроки активного периода ортодонтического лечения в 2,1–2,3 раза [43]. Для оптимизации активного периода лечения зубоальвеолярных деформаций применялся индуктотермоэлектрофорез трилона Б, что позволило сократить общие сроки лечения в 1,9 раза по сравнению с лечением аналогичных деформаций без процедур индуктотермоэлектрофореза [42].

Несмотря на то что вышеперечисленные методики продемонстрировали положительное влияние на динамику перемещения зубов, ограниченное количество научных данных не позволяет внедрить их в широкое клиническое применение врачами-ортодонтами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство консервативных физических и фармакологических методов для ускорения ортодонтического перемещения зубов, представленных в статье, не востребованы среди ортодонтв ввиду недостатка научных доказательств эффективности или целесообразности использования их на людях либо из-за неосведомленности о данных методах и их эффективности.

Резюмируя данные, представленные в статье, можно сделать выводы о том, что консервативные методы по ускорению ортодонтического лечения являются эффективными — они позволяют сократить сроки активного периода лечения в среднем в 1,5–2 раза. Среди вышеперечисленных методов можно выделить физико-фармакологическую группу как наиболее перспективную и эффективную для оптимизации ортодонтического лечения. Данная группа совмещает положительные эффекты лекарственных веществ и физических факторов: благодаря физиотерапевтическим силам можно улучшить микроциркуляцию тканей и ускорить репаративные реакции, они могут оказывать обезболивающее и противовоспалительное действие, а также улучшают проницаемость слизистой для лекарственных веществ, способствуя накоплению и депонированию в области воздействия вводимых лекарственных веществ. Кроме того, под влиянием физических факторов активно меняется фармакодинамика и фармакокинетика лекарств, в то время как лекарственные вещества позволяют воздействовать непосредственно на перестройку костных структур.

Тем не менее до сих пор одной из главных проблем, ограничивающих широкое применение данных консервативных методов, остается их формат — возможность применения только в кабинете врача-стоматолога, что подразумевает увеличение количества посещений. Имеет смысл провести исследования, направленные на изучение влияния данных методов с различными возрастными, биологическими и физическими характеристиками, с разными исходными состояниями зубочелюстной системы и полости рта в целом, и определить индивидуальные параметры применяемых физических факторов и дозы препаратов под каждую группу пациентов. Необходимо провести дополнительные проспективные исследования с большей выборкой, применяя дополнительные методы обследования, направленные на анализ изменения плотности костных структур, микроциркуляции околозубных тканей, после проведения вспомогательной терапии на разных этапах лечения, разработать протоколы применения данных методов, а также модифицировать существующие устройства для применения их пациентом самостоятельно — это позволит оптимизировать ортодонтическое лечение.

В целом, результаты следует интерпретировать с осторожностью, учитывая небольшое количество, качество и неоднородность включенных исследований. Необходимы дальнейшие исследования в этой области с дополнительным вниманием к протоколам применения, неблагоприятным последствиям, анализу затрат и выгод.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Поступила:** 26.09.2023      **Принята в печать:** 21.02.2024

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.  
**Received:** 26.09.2023      **Accepted:** 21.02.2024

## Л И Т Е Р А Т У Р А / R E F E R E N C E S :

1. Abid M.F. Can we move teeth faster? The effectiveness of different approaches. — *Annals of Dentistry and Oral Health*. — 2018; 1: 1001. DOI: [10.33582/2639-9210/1001](https://doi.org/10.33582/2639-9210/1001)
2. Tsihklaki A., Chin S.Y., Pandis N., Fleming P.S. How long does treatment with fixed orthodontic appliances last? A systematic review. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. — 2016; 149 (3): 308—18. PMID: [26926017](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26926017/)
3. Müller L.K., Jungbauer G., Jungbauer R., Wolf M., Deschner J. Biofilm and orthodontic therapy. — *Monogr Oral Sci*. — 2021; 29: 201—213. PMID: [33427218](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33427218/)
4. Mohammed H., Rizk M.Z., Wafaie K., Ulhaq A., Almuzian M. Reminders improve oral hygiene and adherence to appointments in orthodontic patients: a systematic review and meta-analysis. — *Eur J Orthod*. — 2019; 41 (2): 204—213. PMID: [29947755](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29947755/)
5. Кереева З.В., Тхазаплизева М.Т., Шххагасоева К.А., Карданова Л.В., Карданова К.Х. Влияние ортодонтического лечения на состояние тканей пародонта (обзор литературы). — *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. — 2021; 8: 174—179. [Kerefova Z.V., Tkhasaplizheva M.T., Shkhagapsoeva K.A., Kardanova L.V., Kardanova K.K. Influence of orthodontic treatment on the state of periodontal tissues. — *Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Natural and Technical Sciences*. — 2021; 8: 174—179 (In Russian)]. eLibrary ID: [46716063](https://elibrary.ru/46716063)
6. Deng Y., Sun Y., Xu T. Evaluation of root resorption after comprehensive orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a meta-analysis. — *BMC Oral Health*. — 2018; 18 (1): 116. PMID: [29945577](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29945577/)
7. Liu Y., Li C.X., Nie J., Mi C.B., Li Y.M. Interactions between orthodontic treatment and gingival tissue. — *Chin J Dent Res*. — 2023; 26 (1): 11—18. PMID: [36988062](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36988062/)
8. Лосев Ф.Ф., Попова Н.В., Арсенина О.И., Махортова П.И., Надточий А.Г. Оценка результатов ортодонтического лечения пациентов со скелетными аномалиями по сагиттале на основании конусно-лучевой компьютерной томографии. — *Клиническая стоматология*. — 2022; 1: 81—90. [Losev F.F., Popova N.V., Arsenina O.I., Makhortova P.I., Nadtochiy A.G. Cone beam computed tomography assessment of orthodontic treatment results in patients with sagittal skeletal anomalies. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2022; 1: 81—90 (In Russian)]. eLibrary ID: [48156203](https://elibrary.ru/48156203)
9. Московец О.О., Слабковская А.Б., Московец О.Н. Гидратация внеклеточной среды тканей пародонта в динамике ортодонтического лечения у пациентов с дистальной окклюзией. — *Клиническая стоматология*. — 2021; 3: 98—103. [Moskovets O.O., Slabkovskaya A.B., Moskovets O.N. Hydration of the extracellular environment of periodontal tissues in the dynamics of orthodontic treatment in patients with distal occlusion. — *Clinical Dentistry (Russia)*. — 2021; 3: 98—103 (In Russian)]. eLibrary ID: [46657562](https://elibrary.ru/46657562)
10. Andrade I. Jr, Sousa A.B., da Silva G.G. New therapeutic modalities to modulate orthodontic tooth movement. — *Dental Press J Orthod*. — 2014; 19 (6): 123—33. PMID: [25628089](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25628089/)
11. Teixeira C.C., Khoo E., Tran J., Chartres I., Liu Y., Thant L.M., Khabensky I., Gart L.P., Cisneros G., Alikhani M. Cytokine expression and accelerated tooth movement. — *J Dent Res*. — 2010; 89 (10): 1135—41. PMID: [20639508](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20639508/)
12. Gkantidis N., Mistakidis I., Kouskoura T., Pandis N. Effectiveness of non-conventional methods for accelerated orthodontic tooth movement: a systematic review and meta-analysis. — *J Dent*. — 2014; 42 (10): 1300—19. PMID: [25072362](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25072362/)
13. Li Y., Jacox L.A., Little S.H., Ko C.C. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. — *Kaohsiung J Med Sci*. — 2018; 34 (4): 207—214. PMID: [29655409](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29655409/)
14. Fleming P.S., Fedorowicz Z., Johal A., El-Angebawi A., Pandis N. Surgical adjunctive procedures for accelerating orthodontic treatment. — *Cochrane Database Syst Rev*. — 2015; 2015 (6): CD010572. PMID: [26123284](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26123284/)
15. Miles P. Accelerated orthodontic treatment — what's the evidence? — *Aust Dent J*. — 2017; 62 Suppl 1: 63—70. PMID: [28297096](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28297096/)
16. Apalimova A., Roselló À., Jané-Salas E., Arranz-Obispo C., Marí-Roig A., López-López J. Corticotomy in orthodontic treatment: systematic review. — *Heliyon*. — 2020; 6 (5): e04013. PMID: [32490239](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32490239/)
17. Попова Н.В., Арсенина О.И., Махортова П.И., Попова А.В., Шугайлов И.А. Комбинированное ортодонтно-хирургическое лечение взрослых пациентов с зубочелюстными аномалиями и деформациями зубных рядов. — *Стоматология*. — 2020; 2: 66—78. [Popova N.V., Arsenina O.I., Makhortova P.I., Popova A.V., Shugaylov I.A. Complex orthodontic-surgical rehabilitation of adults with malocclusions and deformations in dentition. — *Stomatology*. — 2020; 2: 66—78 (In Russian)]. eLibrary ID: [42851809](https://elibrary.ru/42851809)
18. Косырева Т.Ф., Бирюков А.С., Воейкова О.В., Давидян О.М. Эффект ускорения ортодонтической коррекции зубочелюстных аномалий вакуум-градиентной терапией. — *Стоматология*. — 2020; 5: 69—73. [Kosyryeva T.F., Biruykov A.S., Voeykova O.V., Davidian O.M. Efficacy of vacuum-gradient therapy in reducing orthodontic treatment time. — *Stomatology*. — 2020; 5: 69—73 (In Russian)]. eLibrary ID: [44027961](https://elibrary.ru/44027961)
19. Наумович С.А. Особенности лечения аномалий и деформаций зубочелюстной системы в сформированном прикусе. — *Современная стоматология (Беларусь)*. — 2014; 2 (59): 6—12. [Naumovich S.A. Features of treatment of anomalies and deformities of dentofacial system in formed bite. — *Sovremennaya stomatologiya (Belarus)*. — 2014; 2 (59): 6—12 (In Russian)]. eLibrary ID: [22364080](https://elibrary.ru/22364080)
20. Alikhani M., Alansari S., Hamidaddin M.A., Sangsuwon C., Alyami B., Thirumoorthy S.N., Oliveira S.M., Nervina J.M., Teixeira C.C. Vibration paradox in orthodontics: Anabolic and catabolic effects. — *PLoS One*. — 2018; 13 (5): e0196540. PMID: [29734391](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29734391/)
21. Shipley T.S. Effects of high frequency acceleration device on aligner treatment—A pilot study. — *Dent J (Basel)*. — 2018; 6 (3): 32. PMID: [30002296](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30002296/)
22. Pavlin D., Anthony R., Raj V., Gakunga P.T. Cyclic loading (vibration) accelerates tooth movement in orthodontic patients: A double-blind, randomized controlled trial. — *Seminars in Orthodontics*. — 2015; 21 (3): 187—194. DOI: [10.1053/J.SODO.2015.06.005](https://doi.org/10.1053/J.SODO.2015.06.005)
23. Woodhouse N.R., DiBiase A.T., Johnson N., Slipper C., Grant J., Alsaleh M., Donaldson A.N., Cobourne M.T. Supplemental vibrational force during orthodontic alignment: a randomized trial. — *J Dent Res*. — 2015; 94 (5): 682—9. PMID: [25758457](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25758457/)
24. Kim D.H. The effects of electrical current from a micro-electrical device on tooth movement. — *Korean Journal of Orthodontics*. — 2008; 38 (5): 337—346. DOI: [10.4041/kjod.2008.38.5.337](https://doi.org/10.4041/kjod.2008.38.5.337)



25. Sato M., Nagata K., Kuroda S., Horiuchi S., Nakamura T., Karima M., Inubushi T., Tanaka E. Low-intensity pulsed ultrasound activates integrin-mediated mechanotransduction pathway in synovial cells. — *Ann Biomed Eng.* — 2014; 42 (10): 2156—63. [PMID: 25096496](#)
26. Arai C., Kawai N., Nomura Y., Tsuge A., Nakamura Y., Tanaka E. Low-intensity pulsed ultrasound enhances the rate of lateral tooth movement and compensatory bone formation in rats. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2020; 157 (1): 59—66. [PMID: 31901282](#)
27. Al-Dboush R., Esfahani A.N., El-Bialy T. Impact of photobiomodulation and low-intensity pulsed ultrasound adjunctive interventions on orthodontic treatment duration during clear aligner therapy. — *Angle Orthod.* — 2021; 91 (5): 619—625. [PMID: 34407180](#)
28. Kaur H., El-Bialy T. Shortening of overall orthodontic treatment duration with low-intensity pulsed ultrasound (LIPUS). — *J Clin Med.* — 2020; 9 (5): 1303. [PMID: 32370099](#)
29. El-Bialy T., Farouk K., Carlyle T.D., Wiltshire W., Drummond R., Dumore T., Knowlton K., Tompson B. Effect of low intensity pulsed ultrasound (LIPUS) on tooth movement and root resorption: A prospective multi-center randomized controlled trial. — *J Clin Med.* — 2020; 9 (3): 804. [PMID: 32188053](#)
30. Camacho A.D., Velásquez Cujar S.A. Dental movement acceleration: Literature review by an alternative scientific evidence method. — *World J Methodol.* — 2014; 4 (3): 151—62. [PMID: 25332914](#)
31. Qamruddin I., Alam M.K., Mahroof V., Fida M., Khamis M.F., Hussein A. Effects of low-level laser irradiation on the rate of orthodontic tooth movement and associated pain with self-ligating brackets. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2017; 152 (5): 622—630. [PMID: 29103440](#)
32. Doshi-Mehta G., Bhad-Patil W.A. Efficacy of low-intensity laser therapy in reducing treatment time and orthodontic pain: a clinical investigation. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2012; 141 (3): 289—297. [PMID: 22381489](#)
33. Ge M.K., He W.L., Chen J., Wen C., Yin X., Hu Z.A., Liu Z.P., Zou S.J. Efficacy of low-level laser therapy for accelerating tooth movement during orthodontic treatment: a systematic review and meta-analysis. — *Lasers Med Sci.* — 2015; 30 (5): 1609—18. [PMID: 24554452](#)
34. Базикян Э.А., Чунихин А.А., Чобанян А.Г., Ахмазов Е.В., Журули Г.Н., Саакян М.Ю., Зайратьянц О.В. Влияние низкоэнергетической наносекундной лазерной терапии на репаративный остеогенез in vivo. — *Современные технологии в медицине.* — 2019; 2: 44—49. [Bazikyan E.A., Chunikhin A.A., Chobanyan A.G., Akhmazov E.V., Zhuruly G.N., Sahakyan M.Y., Zayratyants O.V. Effect of low-energy nanosecond laser therapy on reparative osteogenesis in vivo. — *Modern Technologies in Medicine.* — 2019; 2: 44—49 (In English)]. [eLibrary ID: 39194318](#)
35. Pilbeam C. Prostaglandins and bone. — *Handb Exp Pharmacol.* — 2020; 262: 157—175. [PMID: 31820176](#)
36. Çağlaroğlu M., Erdem A. Histopathologic investigation of the effects of prostaglandin E2 administered by different methods on tooth movement and bone metabolism. — *Korean J Orthod.* — 2012; 42 (3): 118—28. [PMID: 23112942](#)
37. Seifi M., Hamed R., Khavandegar Z. The Effect of Thyroid Hormone, Prostaglandin E2, and Calcium Gluconate on Orthodontic Tooth Movement and Root Resorption in Rats. — *J Dent (Shiraz).* — 2015; 16 (1 Suppl): 35—42. [PMID: 26106633](#)
38. Kaklamanos E.G., Makrygiannakis M.A., Athanasiou A.E. Does medication administration affect the rate of orthodontic tooth movement and root resorption development in humans? A systematic review. — *Eur J Orthod.* — 2020; 42 (4): 407—414. [PMID: 31421637](#)
39. Iosub Ciur M.D., Zetu I.N., Haba D., Viennot S., Bourgeois D., Andrian S. Evaluation of the Influence of Local Administration of Vitamin D on the Rate of Orthodontic Tooth Movement. — *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi.* — 2016; 120 (3): 694—99. [PMID: 30148332](#)
40. Li F., Li G., Hu H., Liu R., Chen J., Zou S. Effect of parathyroid hormone on experimental tooth movement in rats. — *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* — 2013; 144 (4): 523—32. [PMID: 24075660](#)
41. Khurshid Z., Asiri F.Y. Influence of intermittent parathyroid hormone (PTH) administration on the outcomes of orthodontic tooth movement — a systematic review. — *Applied Sciences.* — 2021; 11: 5268. [DOI: 10.3390/app11115268](#)
42. Ивашенко С.В. Оптимизация активного периода ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий и деформаций. — *Медицинский журнал.* — 2014; 2 (48): 129—132. [Ivashenko S.V. Optimization of the active period of orthodontic treatment dentoalveolar anomalies and deformations formed bite through by the application of physical and physical-pharmacological methods. — *Medical Journal.* — 2014; 2 (48): 129—132 (In Russian)]. [eLibrary ID: 21476951](#)
43. Гунько Т.И., Сагалович Е.Е., Гунько И.И. Реакция системы компонента сыворотки кровяных телец на воздействие на них магнитотерапии и проводимого ортодонтического лечения зубочелюстных аномалий. — *Стоматологический журнал.* — 2016; 1: 19—21. [Gunko T., Sagalovich E., Gunko I. Reaction of the complement system of the blood serum of rabbits on the influence of magnetotherapy and ongoing orthodontic treatment of dentofacial abnormalities. — *Stomatologičeskij žurnal.* — 2016; 1: 19—21 (In Russian)]. [eLibrary ID: 41709736](#)