

УДК 616.314-089.23-085.849.19

Гончарук-Хомин М.Ю.

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОРТОДОНТИЧНІЙ ПРАКТИЦІ ТА АСПЕКТИ ЇХ ПОДАЛЬШОЇ МОДИФІКАЦІЇ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

В стоматологічній практиці невирішеним залишається питання оптимізації підходу використання лазера під час ортодонтичного переміщення зубів, а саме регулювання вихідних показників лазерного апарату, тривалості та періодичності його дії, та можливої модифікації даних параметрів з метою покращення результатів ятрогенних ортодонтичних втручань. Мета дослідження - проаналізувати результати застосування лазерної терапії в ортодонтичній практиці, зокрема у випадках контрольованого переміщення одиниць зубного ряду на основі попередньо опублікованих даних та обґрунтувати доцільність подальшої модифікації вищезгаданого методу з метою оптимізації процесу комплексного лікування. Результати досліджень та їх обговорення. Дослідження впливу лазерного випромінювання під час ортодонтичного переміщення зубів можна розділити на три взаємозалежні аспекти: безпосередній вплив лазера на прискорення процесу руху одиниць зубного ряду; вплив лазера на купірування больових відчуттів під час ортодонтичного лікування; вплив лазера з метою профілактики рецидивів ортодонтичної патології. Очевидно, що варіативність показників ефективності застосування лазерного випромінювання з метою прискорення ортодонтичного переміщення одиниць зубного ряду може бути пов'язана з впливом цілого ряду факторів. Визначальними серед них є вихідні умови та тип лазерного апарату. Результати попередніх досліджень свідчать, що зміна діапазону довжини хвилі, потужності та інтенсивності випромінювання впливає не тільки на діапазон показників кінцевого корисного результату, а й в принципі на можливість досягнення такого. Дані попередніх систематичних оглядів свідчать, що якість доказів, отриманих в ході аналізу рандомізованих контрольованих досліджень, присвячених вивченню питання доцільності використання лазерної терапії для купірування больових відчуттів в ході ортодонтичного втручання та профілактики рецидивів ортодонтичної патології, є недостатньою для формулювання однозначних висновків, хоча у порівнянні із плацебо-групами відмічається позитивний вплив лазеротерапії. Висновок. За даними попередньо проведених досліджень рівень акселерації ортодонтичного переміщення зубів із додатковим застосуванням дії лазера може сягати 30-100%. Для остаточного впровадження лазерних технологій в ортодонтичну практику необхідно не тільки забезпечити подальше дослідження впливу лазера на тканини організму, а й остаточно встановити роль вихідних параметрів лазерної установки на клінічну ефективність застосовуваного методу. Останнє можливе лише в умовах постійного вдосконалення лазерних апаратів, розробки оригінальних підходів та алгоритмів їх застосування. З точки зору перспективи подальших розробок найбільш оригінальна модель лазерного апарату була описана в публікації Савченко О.В. (2017), в якій автором запропоновано нову клінічно-ефективну та конструктивно-мобільну структуру системи, що характеризувалася низкою оригінальних вдосконалених впроваджень, що дозволяють не тільки розширити застосування лазерних технологій в стоматології загалом, а й враховують динамічний розвиток технічних складових елементів даних апаратів з можливістю їх періодичного вдосконалення та заміни на етапі індивідуалізації модифікованих алгоритмів лікування, виходячи із наявних фактів доказової бази попередньо проведених систематичних досліджень.

Ключові слова: лазер, ортодонтичні втручання, переміщення зубів.

Дана робота є фрагментом науково-дослідних робіт кафедри ортопедичної стоматології ДВНЗ «Ужгородського національного університету» «Клініко-експериментальне обґрунтування застосування сучасних стоматологічних технологій та експертна оцінка якості лікування та профілактики основних стоматологічних захворювань», № державної реєстрації 0113U003611.

Використання сучасних технологій в стоматологічній практиці сприяє оптимізації процесу лікування, скороченню термінів реабілітації пацієнтів та досягненню більш прогнозованих та функціонально-стабільних результатів ятрогенних втручань. Проте використання додаткових методів терапії, в тому числі і лазерного випромінювання на шляху розробки персоналізованих алгоритмів лікування повинно базуватися на фактах відповідної доказової бази – результатах досліджень, що характеризуються відповідним рівнем якості. Аналіз проведений Salmos та колегами (2010) та присвячений питанню методологічної оцінки якості систематичних оглядів, направлених на верифікацію ефективності використання лазерної терапії в стоматологічній прак-

тиці, вказують на те, що такі огляди характеризуються низьким або ж недостатнім рівнем якості, відтак перед імплементацією в клінічну практику окремих рекомендацій та настанов висвітлених у них, лікар-стоматолог повинен критично оцінити потребу та можливість використання лазера у різних терапевтичних цілях [1]. При цьому слід відмітити, що у 71,4% таких систематичних оглядів було висвітлено аспекти використання лазера з метою діагностики та лікування карієсу зубів, у той час як інші питання залишилися поза увагою авторів. Серед таких, і доказовість використання лазерних технологій в ході ортодонтичного переміщення одиниць зубного ряду.

Burstone та Tanne K. виокремили три основні біомеханічні фази руху зубів: початкову – харак-

теризується швидким рухом одиниці зубного ряду після прикладення сили; латентну (лаг-фаза) – характеризується відсутністю, або ж дуже незначним переміщенням зубів; та кінцеву, у якій відмічається поступове, або ж швидке зростання швидкості переміщення [2]. З точки зору біологічної реакції, переміщення зубів характеризується чергуванням гострої фази, у якій розвивається запалення із характерними для нього міграцією лейкоцитів, продукцією цитокінів, стимуляцією екскреції простагландинів та факторів росту, та хронічної, в якій розпочинаються процеси проліферації фібробластів, ендотеліальних клітин, остеобластів та ремоделювальних процесів в цілому [3,4]. Розуміючи фізіологію змін у структурі пародонту під час ортодонтичного переміщення та факти, наведені у попередніх публікаціях, які свідчать про позитивний вплив лазера на процес ремоделювання кісткової тканини щелеп, використання даного методу виглядає достатньо обґрунтованим. В ході аналізу використання лазерного випромінювання в процесі ортодонтичного переміщення зубів, проведеного Савченко О.В. (2017), було резюмовано, що дія лазера сприяє злиттю мононуклеарних макрофагів для дозрівання клітин остеобластів, збільшенню кількості диференційованих клітин остеобластів та центрів формування кісткоутворення, пришвидшенню утворення мінералізованої кісткової тканини у зоні розтягування, а також підвищенню рівня синтезу колагену, експресії металпротеїнази-9, та збереженню вихідних параметрів мінеральної щільності кісткової тканини [5]. Крім того, автором було відмічено, що застосування лазера в стоматологічній практиці обґрунтовано ефектом мінімізації вираженості запальних реакцій, що робить процес комплексного лікування більш прийнятним та менш дискомфортним для самого пацієнта. Проте, досі невирішеним залишається питання оптимізації підходу використання лазера під час ортодонтичного переміщення зубів, а саме регулювання вихідних показників лазерного апарату, тривалості та періодичності його дії, та можливої модифікації даних параметрів з метою покращення результатів ятрогенних ортодонтичних втручань.

Відбір публікацій для проведення подальшого контент-аналізу здійснювався у електронній бібліотеці PubMed Central із використанням наступного пошукового алгоритму: («lasers»[MeSH Terms] OR «lasers»[All Fields] OR «laser»[All Fields]) AND («tooth movement techniques»[MeSH Terms] OR («tooth»[All Fields] AND «movement»[All Fields] AND «techniques»[All Fields]) OR «tooth movement techniques»[All Fields] OR («orthodontic»[All Fields] AND «tooth»[All Fields] AND «movement»[All Fields]) OR «orthodontic tooth movement»[All Fields]). Таким чином було сформовано вибірку із 219 публікацій. З них було виокремлено систематичні огляди, в яких проводився аналіз списку посилань, таким чином вдалось скоротити первинну

вибірку публікацій до тих, які не були розглянуті у попередньо проведених оглядах та стосувалися мети дослідження, і власне відібраних систематичних оглядів. Публікації, що були відображені у систематичних оглядах додатково не аналізуватися. Пошук патентів здійснювався на сайті Українського інституту інтелектуальної власності (УкрПатенту) (<http://uipv.org/ua/>) із застосуванням наявної форми. У ній використовували графі опції «Поля повноформатного пошуку», де в графі «Опис» уводили «лазер» та «зуб», а графі «Реферат» та «Формула» залишали пустими з метою максимального розширення потенційної пошукової вибірки, яка після пошуку складала 73 результати. З них мети даного дослідження стосувалися лише три патенти: «Спосіб лікування аномалій положення зубів, що обумовлені наявністю ретендованих надкомплексних» (№ патенту 34773 А), «Спосіб ортодонтичної терапії» (№ патенту 89142) та «Спосіб лікування зубощелепних аномалій» (№ патенту 58834). На основі проведеного аналізу публікацій та патентів у табличному редакторі було зведено результати застосування лазерної терапії в ортодонтичній практиці, зокрема у випадках контрольованого переміщення одиниць зубного ряду, та описово представлено порівняння показників аналогічних досліджень та виокремлення найбільш значущих проблем модифікації методу лазеротерапії з метою оптимізації процесу комплексного лікування

Дослідження впливу лазерного випромінювання під час ортодонтичного переміщення зубів можна розділити на три взаємозалежні аспекти: безпосередній вплив лазера на прискорення процесу рухів одиниць зубного ряду; вплив лазера на купірування больових відчуттів під час ортодонтичного лікування; вплив лазера з метою профілактики рецидивів ортодонтичної патології.

У дослідженні Domínguez та колег (2015) проводилося визначення ефективності використання лазера в ході ортодонтичного переміщення зубів у порівнянні із контрольною групою, у котрій додаткової низькорівневої лазерної терапії не проводилося. В якості критеріїв оцінки виступали зміни показників RANKL, остеопротегерину та їх відношення RANKL/остеопротегерину у складі ясеневі рідини [6]. Хоча деякі позитивні зміни вищезгаданих параметрів і спостерігалися у групі дослідження, однак різниця таких із групою контролю була статистично незначимою. Єдиним показником, який статистично відрізнявся у групі використання лазера, був акумульований рівень ретракції зубів, що потребували переміщення, у період спостереження на 30 день. Вищеописані результати даного дослідження, та порівняння їх із результатами низки інших свідчить про те, що використовуваний у дослідженні вихідні параметри лазерної дії (діодний тип, довжина хвилі – 670 нм, потужність 200 мВ, інтенсивність 6,37 В/см² та протокол використання – 6

раз на протязі перших двох тижнів), очевидно можна корегувати з метою підвищення ефективності остаточного терапевтичного ефекту. У аналогічному дослідженні Altan та колег (2012) довжина лазерної хвилі становила уже 820 нм, а в ході дослідження було апробовано алгоритми із різними параметрами сумарної лазерної енергії у 15 та 54 Дж відповідно [7]. При цьому у групі, де вихідні показники лазера становили 100 мВ, 3.18 В/см², 1717.2 Дж/см² параметри кількості остеобластів, остеокластів, рівня капілярної васкуляризації та формування кісткової тканини були статистично вищими, ніж у інших групах, що свідчить про позитивний вплив низькорівневого лазерного випромінювання довжиною хвилі 820 нм на процес ремоделювання кісткової тканини шляхом стимуляції процесу проліферації остеобластів та остеокластів під час ортодонтичного переміщення зубів. AlSayed Hasan M. та співавтори (2016) провели рандомізоване контрольоване клінічне дослідження, у якому проаналізувати результати застосування лазера з метою прискорення ортодонтичного руху зубів у випадках лікування скученості зубів в області різців верхньої щелепи [8]. Вченими застосовувався Ga-Al-As-лазерний напівпровідниковий апарат з довжиною хвилі у 830 нм. При цьому дію лазера спрямовували на область кореня зуба на кожній стороні (з вестибулярної та лінгвальної) у двох точках. В ході даного дослідження вдалось довести статистично значиму різницю у рівні переміщення зубів, а також скоротити терміни лікування приблизно на 14,18 днів. У дослідженнях також було відмічено, що одним з визначальних факторів ефективності застосування лазера з метою ортодонтичного контрольованого руху зубів є час використання даного методу. Результати отримані Moaffak та співавторами свідчать про те, що уже через 14 днів ефект дії лазера знижується майже на 20%, що очевидно пов'язано із поступовою редукцією реакції тканин, на яких направлена дія випромінювання.

У огляді проведеному Nimeri G. та колегами (2013) було відмічено, що акселерація руху зубів при використанні діодного Ga-Al-As-лазера спостерігається в діапазоні довжини хвилі 800-850 нм [9], а при перевищенні даного параметру у 860 нм в дослідженні Limranichkul W. та колег даний ефект уже не спостерігався [10]. Слід відмітити, що у дослідженнях авторів потужність лазера становила 100 мВ, і поєднання даного набору вихідних параметрів – довжини хвилі 800-850 нм та потужності 100 мВ, сприяло зростанню швидкості переміщення зубів у експериментально сформованій моделі щурів в 1,3-1,5 рази [9]. Попри те, автори зійшлись на висновку, що для остаточного впровадження лазерних технологій в ортодонтичну практику необхідно не тільки забезпечити подальше дослідження впливу лазера на тканини організму, а й остаточно встановити роль вихідних параметрів лазерної установки на клінічну ефективність застосовуваного методу.

Останнє можливе лише в умовах постійного вдосконалення лазерних апаратів, розробки оригінальних підходів та алгоритмів їх застосування, з подальшою преклінічною та клінічною перевіркою. Такий підхід був описаний у публікації Савченко О.В. (2017), що також стосувалася пропозицій модифікації лазерного апарату, який може бути використаний в ході ортодонтичного переміщення зубів. На думку автора, основна ціль вдосконалення технології зводиться до перспективи досягнення позитивних змін у термінах лікування, динаміки перебігу біологічних процесів та забезпечення максимального комфорту для пацієнта [5]. Для цього автор пропонує оригінальну модель лазерного апарату, яка характеризується можливостями для корекції вихідних параметрів випромінювання шляхом оперативної заміни робочих частин, мінімальною загальною товщиною плат, яка в свою чергу дозволяє добитися максимально швидкого охолодження системи. Крім того, у публікації автора вказано, що довжина хвилі у 810 нм є оптимальною для забезпечення відповідного клінічного ефекту. Такий параметр довжини хвилі, застосовуваної для акселерації процесу переміщення зубів, був відмічений і у дослідженні Nimeri G. та колег (2013), а також наблизений до параметру у 820 нм, котрий був описаний у дослідженні Altan та колег (2012).

К.Н. Нап та колеги (2014) підтвердили, що використання низькорівневої лазерної терапії сприяє кращій направленій диспозиції зубів, навколо яких попередньо була проведена процедура кортикотомії [11]. При цьому дослідники відмітили, що у порівнянні із групою порівняння, в якій переміщення одиниць зубного ряду проводилося після проведення навколо них кортикотомії без додаткового застосування лазера, рівень такої диспозиції був виражено нижчий, хоча статистично цієї різниці підтвердити не вдалось. Крім того, різниця у показниках переміщення зубів індукованого впливом лазерного випромінювання була відмічена лише на нижній щелепі, на верхній же жодної різниці у двох групах не спостерігалось. Для стимуляції переміщення зубів винахідниками була розроблена навіть спеціальна конструкція накусочної пластинки, яка після її позиціонування у ротовій порожнині протягом контрольованого часу випромінювала світло певної довжини хвилі, таким чином позитивно впливаючи на загальний рівень переміщення одиниць зубного ряду з метою корекції наявних ортодонтичних порушень [12].

У систематичному огляді, присвяченому вивченню питання доцільності використання лазерної терапії для купірування больових відчуттів в ході ортодонтичного втручання, було відмічено, що якість доказів, отриманих в ході аналізу рандомізованих контрольованих досліджень, є недостатньою для формування однозначних висновків, однак у більшості проаналізованих публікацій використання низькорівневого лазе-

рного випромінювання сприяло зниженню рівня вираженості больової симптоматики у порівнянні із результатами, що були отримані у плацебо-групах [13].

Дослідження впливу використання лазера на тенденцію розвитку рецидиву ортодонтичної патології на біологічній моделі щурів, в яких протягом 10 днів здійснювали мезіалізацію зубів, а після того в досліджуваній групі проводили додаткову низько-рівневу лазеротерапію, а в контрольній – лише моніторинг за змінами стану зубо-щелепового апарату після досягнутого переміщення, виявило наступне: у обох групах відмічався рецидив ортодонтичної патології, проте рівень такого у контрольній групі сягав 86,11%, а у досліджуваній – 72,22%; більш швидке зниження кількості остеокластів відмічалось у контрольній групі, у порівнянні із досліджуваною, проте дана різниця не була статистично значимою [14]. Таким чином, отримані результати свідчать, що використання лазера може знизити тенденцію рецидиву ортодонтичної патології та позитивно сприяє більш тривалій та успішній ретенції отриманих результатів ортодонтичного лікування через можливий вплив на більш рівномірний розподіл остеокластів у структурі кісткової тканини навколо мезіалізованих зубів.

В ході аналізу бази даних Українського інституту інтелектуальної власності (УкрПатенту) за допомогою форми пошуку наявної на сайті державного підприємства було виявлено лише три вітчизняні патенти, що стосувалися використання лазерних технологій з метою корекції ортодонтичних порушень. У способі лікування аномалій положення зубів, що обумовлені наявністю ретендованих надкомплектних, було передбачено видалення надкомплектних зубів, курсову дію фізичним фактором перед та після видалення надкомплектних зубів, та подальшу дію випромінюванням гелій-неонового лазера при щільності потужності 200 мВт/см² на протязі 10 хвилин через день з метою корекції положення зубів, при цьому перед застосуванням лазерного випромінювання в перехідну складку над переміщуваним зубом було запропоновано вводити розчин лідази [15]. Спосіб ортодонтичної терапії, запропонований Деньгою О.В. та співавторами (2009), передбачав на підготовчому етапі застосування дії лазерного випромінювання в червоному діапазоні, під час проведення активного ортодонтичного лікування – імпульсного лазерного випромінювання в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль і амплітудно-модульованого НВЧ-випромінювання, а у ретенційний період – лазерного випромінювання в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль і магнітним полем, що обертється [16]. Самойленко А.В. та співавтори (2011) у способі лікування зубо-щелепних аномалій описали доцільність використання ультрафонофорезу 5% масляного розчину атокоферолу ацетату, як антиоксиданту, який проводять почергово з опроміненням ділянки

альвеолярного відростка світлом гелій-неонового лазера після зняття ортодонтичної апаратури [17].

Таким чином, за даними попередньо проведених досліджень, рівень акселерації ортодонтичного переміщення зубів із додатковим застосуванням дії лазера може сягати 30-100%. Аналогічна варіативність показників була описана і у публікації Савченко О.В. (2017), в якій було наголошено крім показника довжини хвилі, також значимість впливу параметрів густини енергії, спектральної площі та потужності лазера на досягнення бажаного клінічного результату. Через це очевидно, що варіативність показників ефективності застосування лазерного випромінювання з метою прискорення ортодонтичного переміщення одиниць зубного ряду може бути пов'язана з впливу цілого ряду факторів. Визначальними серед них є вихідні умови та тип лазерного апарату. Результати попередніх досліджень свідчать, що зміна діапазону довжини хвилі, потужності та інтенсивності випромінювання впливає не тільки на діапазон показників кінцевого корисного результату, а й в принципі на можливість досягнення такого. Крім того, досі не розробленого уніфікованого алгоритму застосування лазера із оптимізованим вихідними параметрами у розрізі частоти та тривалості його дії. У статті Савченко О.В. (2018) чи не вперше чітко описано шляхи модифікації конструкції лазерного апарату, які забезпечують не тільки мобільність його використання, а й можливості адаптації до різних клінічних умов. Запропоновані автором принципи завдяки врахуванню аспектів клінічної ефективності та необхідної конструктивної мобільності дозволяють розширити спектр лазерного випромінювання, користуючись при цьому лише однією одиницею лазерного апарату. Крім того, модель, запропонована Савченко О.В. (2017), по суті представляє собою відкриту для вдосконалення систему, оскільки можливість заміни складових її елементів (оптичного кабеля, системи люмінофорів, основного робочого блока системи) дозволяє експериментувати із вихідними параметрами випромінювання, корегуючи їх до індивідуальних потреб. Дана система також враховує аспект перманентного вдосконалення технічного оснащення в стоматології, дозволяючи з легкістю замінювати одні складові апарату на інші, не забуваючи при цьому про захист конструкційних елементів від підробки в умовах серійного виробництва [5].

Було встановлено, що ефект акселерації переміщення зуба носить скінченний характер, відтак доцільним, базуючись на даних проведеного контент-аналізу, є застосування лазера одразу на первинній стадії ортодонтичного лікування, оскільки з часом даний ефект нівелюється, і уже в кінці першого місяця позитивний ефект лазерної дії на пришвидшення руху зубів зводиться до мінімального. Вплив же лазера на підтримання прогресу переміщення зуба та подальшу ретен-

цію отриманого результату досі залишається недостатньо вивченим та потребує проведення додаткових експериментальних уточнюючих досліджень.

Висновок

Результати попередніх досліджень свідчать, що зміна діапазону довжини хвилі, потужності та інтенсивності випромінювання впливає не тільки на діапазон показників кінцевого корисного результату, а й в принципі на можливість досягнення такого.

Тому для остаточного впровадження лазерних технологій в ортодонтичну практику необхідно не тільки забезпечити подальше дослідження впливу лазера на тканини організму, а й остаточно встановити роль вихідних параметрів лазерної установки на клінічну ефективність застосовуваного методу. Останнє можливе лише в умовах постійного вдосконалення лазерних апаратів, розробки оригінальних підходів та алгоритмів їх застосування з подальшою преклінічною та клінічною перевіркою, а також при формулюванні низки діагностичних критеріїв, за показниками яких і буде проводитися оцінка ефективності використання лазера в ході реалізації комплексних ятрогенних втручань та під час подальшого моніторингу за пацієнтом.

Перспективи подальших досліджень

З точки зору перспективи подальших розробок, найбільш оригінальна модель лазерного апарату була описана в публікації Савченко О.В. (2017), в якій автором запропоновано нову клінічно-ефективну та конструктивно-мобільну структуру системи, що характеризувалася низкою оригінальних вдосконалених впроваджень, що дозволяють не тільки розширити застосування лазерних технологій в стоматології загалом, а й враховують динамічний розвиток технічних складових елементів даних апаратів з можливістю їх періодичного вдосконалення та заміни на етапі індивідуалізації модифікованих алгоритмів лікування, виходячи із наявних фактів доказової бази попередньо проведених систематичних досліджень.

Література

1. Salmos J. Methodological quality of systematic reviews analyzing the use of laser therapy in restorative dentistry / J. Salmos, M. E.

- Gerbi, R. Braz [et al.] // *Lasers in medical science*. – 2010. – № 25(1). – P. 127-136.
2. Tanne K. Three-dimensional finite element analysis for stress in the periodontal tissue by orthodontic forces / K. Tanne, M. Sakuda, C. J. Burstone // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 1987. – № 92(6). – P. 499-505.
3. Krishnan V. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force / V. Krishnan, Z. E. Davidovitch // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 2006. – № 129(4). – P. 469-471.
4. Костенко С. Я. Математичне обґрунтування позиції брекетів у ділянці міні-імплантату з метою ортодонтичного корпусного переміщення зубів / С. Я. Костенко, О. Ю. Півіс, П. П. Брехлічук, М. Ю. Гончарук-Хомин, О. Л. Белей // *Клінічна стоматологія*. – 2015. – № 3-4. – С. 66-72.
5. Савченко О. В. Аналіз використання лазерного випромінювання в процесі ортодонтичного переміщення зубів та пропозиції щодо удосконалення технології / О. В. Савченко // *Вісник наукових досліджень*. – 2017. – №4. – С. 101-105.
6. Domínguez A. Effects of low-level laser therapy on orthodontics: rate of tooth movement, pain, and release of RANKL and OPG in GCF / A. Domínguez, C. Gómez, J. C. Palma // *Lasers in medical science*. – 2015. – № 30(2). – P. 915-923.
7. Altan B. A. Metrical and histological investigation of the effects of low-level laser therapy on orthodontic tooth movement / B. A. Altan, O. Sokucu, M. M. Ozkut, S. Inan // *Lasers in medical science*. – 2012. – № 27(1). – P. 131-140.
8. AlSayed Hasan M. A. Low-level laser therapy effectiveness in accelerating orthodontic tooth movement: A randomized controlled clinical trial / M.M.A. AlSayed Hasan, K. Sultan, O. Hamadah // *The Angle Orthodontist*. – 2016. – № 87(4). – P. 499-504.
9. Nimeri G. Acceleration of tooth movement during orthodontic treatment-a frontier in orthodontics / G. Nimeri, C.H. Kau, N.S. Abou-Kheir, R. Corona // *Progress in orthodontics*. – 2013. – № 14(1). – P. 42.
10. Limpanichkul W. Effects of low level laser therapy on the rate of orthodontic tooth movement / W. Limpanichkul, K. Godfrey, N. Srisuk, C. Rattanayatikul // *Orthodontics & craniofacial research*. – 2006. – № 9(1). – P. 38-43.
11. Han K.H. Effect of frequent application of low-level laser therapy on corticotomized tooth movement in dogs: a pilot study / K.H. Han, J.H. Park, M. Bayome, I.S. Jeon, W. Lee, Y.A. Kook // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. – 2014. – № 72(6). – P. 1182-1191.
12. Heacock G. U.S. Patent Application No. 14/390,895 / G. Heacock, M.K. Lowe. – 2015.
13. Li F. J. Low-level laser therapy for orthodontic pain: a systematic review / F.J. Li, J.Y. Zhang, X.T. Zeng, Y. Guo // *Lasers in medical science*. – 2015. – № 30(6). – P. 1789-1803.
14. Franzen T. J. The influence of low-level laser on orthodontic relapse in rats / T.J. Franzen, S.E. Zahra, A. El-Kadi, V. Vandevska-Radunovic // *European journal of orthodontics*. – 2014. – № 37(1). – P. 111-117.
15. Патент 34773 А UA, МПК А61N 5/00 Спосіб лікування аномалій положення зубів, що обумовлені наявністю ретенонних надкомплексних/ Куцевляк В.І., Ткаченко Ю.В.; заявник Куцевляк В.І., Ткаченко Ю.В. — № 99073815; заявл. 06.07.1999; опубл. 15.03.2001, Бюл. № 2, 2001 р.
16. Патент 89142 UA, МПК А61С 7/00 А61N 1/18 (2006.01) А61N 5/02 (2006.01) А61N 5/067 (2006.01) А61N 2/02 (2006.01). Спосіб ортодонтичної терапії / Деньга О.В., Махмуд Р., Соколовська Л.В., Соколовський І.І.; заявник Деньга О.В., Махмуд Р., Соколовська Л.В., Соколовський І.І. — № а200901430; заявл. 20.02.2009; опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24, 2009 р.
17. Патент 58834 UA, МПК А61К 33/00 А61К 33/06 (2006.01) А61Р 39/00 А61Р 39/06 (2006.01) А61N 13/00 Спосіб лікування зубощелепних аномалій / Самойленко А.В., Айман Т. С. Е., Дрок В.О., Климович Л.Д., Каюкова В.Д.; заявник Самойленко А.В., Айман Т. С. Е., Дрок В.О., Климович Л.Д., Каюкова В.Д. — № u201011945; заявл. 08.10.2010; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8, 2011 р.

Реферат

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОРТОДОНТИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ И АСПЕКТЫ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕЙ МОДИФИКАЦИИ

Гончарук-Хомин М. Ю.

Ключевые слова: лазер, ортодонтические вмешательства, перемещения зубов.

В стоматологической практике нерешенным остается вопрос оптимизации подхода использования лазера во время ортодонтического перемещения зубов, а именно регулирование выходных показателей лазерного аппарата, продолжительности и периодичности его действия, и возможной модификации данных параметров с целью улучшения результатов ятрогенных ортодонтических вмешательств. Целью исследования было проанализировать результаты применения лазерной терапии в ортодонтической практике, в частности, в случаях контролируемого перемещения единиц зубного ряда на основе ранее опубликованных данных и обосновать целесообразность дальнейшей модификации вы-

шеупомянутого метода с целью оптимизации процесса комплексного лечения. *Результаты и их обсуждение.* Исследование воздействия лазерного излучения во время ортодонтического перемещения зубов можно разделить на три взаимосвязанные аспекты: непосредственное влияние лазера на ускорение процесса движения единиц зубного ряда; воздействие лазера на купирование болевых ощущений во время ортодонтического лечения; воздействие лазера с целью профилактики рецидивов ортодонтической патологии. Очевидно, что вариативность показателей эффективности применения лазерного излучения с целью ускорения ортодонтического перемещения единиц зубного ряда может быть связана с влиянием целого ряда факторов. Определяющими среди них исходные условия и тип лазерного аппарата. Результаты предыдущих исследований свидетельствуют, что изменение диапазона длины волны, мощности и интенсивности излучения влияет не только на диапазон показателей конечного полезного результата, но и в принципе на возможность достижения такого. Данные предыдущих систематических обзоров свидетельствуют, что качество доказательств, полученных в ходе анализа рандомизированных контролируемых исследований, посвященных изучению вопроса целесообразности использования лазерной терапии для купирования болевых ощущений в ходе ортодонтического вмешательства и профилактики рецидива ортодонтической патологии, недостаточно для формулирования однозначных выводов, хотя по сравнению с плацебо-группами отмечается положительное влияние лазеротерапии. Вывод. По данным предварительно проведенных исследований, уровень акселерации ортодонтического перемещения зубов с дополнительным применением действия лазера может достигать 30-100%. Для окончательного внедрения лазерных технологий в ортодонтическую практику необходимо не только обеспечить дальнейшее исследование влияния лазера на ткани организма, но и окончательно установить роль выходных параметров лазерной установки на клиническую эффективность применяемого метода. Последнее возможно только в условиях постоянного совершенствования лазерных аппаратов, разработки оригинальных подходов и алгоритмов их применения. С точки зрения перспективы дальнейших разработок, наиболее оригинальная модель лазерного аппарата была описана в публикации Савченко О.В. (2017), в которой автором предложено новую клинически эффективную и конструктивно-мобильную структуру системы, что характеризовалась рядом оригинальных усовершенствованных разработок, позволяющих не только расширить применение лазерных технологий в стоматологии целом, но и учитывать динамичное развитие технических составляющих элементов данных аппаратов с возможностью их периодического совершенствования и замены на этапе индивидуализации модифицированных алгоритмов лечения, исходя из имеющихся фактов доказательной базы предварительно проведенных систематических исследований.

Summary

EXPERIENCE OF APPLYING LASER TECHNOLOGIES IN ORTHODONTIC PRACTICE AND SOME ASPECTS OF THEIR MODIFICATION

Goncharuk-Khomyn M. Yu.

Key words: laser, orthodontic interference, tooth movement.

The issue to improve the laser techniques during orthodontic tooth movements, and namely the regulation of the output values of the laser apparatus, the duration and frequency of its operation, and the possible modification of these parameters in order to improve the results of iatrogenic orthodontic interventions remain unresolved in current dental practice. *The purpose of the study* was to analyze the results of the laser therapy used in orthodontic practice, particularly in cases of controlled teeth movement on the basis of published data and to substantiate the appropriateness of further modification of the above-mentioned method in order to improve the process of complex treatment. The study of the laser effect during orthodontic movement of teeth can be divided into three interrelated aspects: the direct impact of the laser on the acceleration of the teeth movement; the effect of laser to get relief of pain during orthodontic treatment; the effect produced by laser to prevent relapses of orthodontic pathology. It is obvious that the variability of the indicators of the efficiency of laser influence in order to accelerate the orthodontic movement of teeth can be related to the summation action of a number of factors. Among such determinants there are the initial conditions and the type of laser apparatus. The results of previous studies indicate that the change in the wavelength range, power and intensity affects not only the range of the final positive result, but also, the ability to achieve such result. Data of previous systematic reviews point out the quality of the evidence obtained during the analysis of randomized controlled trials carried out to study the appropriateness of using laser therapy for relieving pain during orthodontic treatment and for preventing relapses of orthodontic pathology is not sufficient to formulate unambiguous findings, although compared with placebo groups we can find some positive effect of laser therapy. According to preliminary studies, the level of acceleration of orthodontic teeth movement with additional application of laser can reach 30-100%. For the final introduction of laser technologies in orthodontic practice, it is necessary not only to provide further research on the influence of the laser on the tissues of the body, but also finally to determine the role of the output parameters of the laser on the clinical effectiveness of the method. This is possible only in conditions of continuous improvement of laser devices, the development of original approaches and algorithms for their application. In terms of the further development perspective, the most original model of the laser device was described in the publication of Sevchenko O.V.

(2017), in which the author proposed a new clinically effective and portable structure of the system, characterized by a number of original upgraded implementations that enable not only to expand the application of laser technologies in dentistry in general, but also to take into account the dynamic development of the technical components of these devices with the ability of their periodic improvement and replacement at the stage of choosing modified patient-centred treatment algorithms, based on available evidence base of provided systematic research.

УДК: 615.916'16+616-092.9

Костенко В.О., Акімов О.Є., Ковальова І.О., Міщенко А.В., Френкель Ю.Д.

МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ ВПЛИВУ ФТОРИДІВ НА ОРГАНІЗМ ССАВЦІВ

ВДНЗУ «Українська медична стоматологічна академія», м. Полтава

Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського, м. Миколаїв

У статті представлений огляд літератури з метою узагальнення сучасних даних про вплив йонів фтору на організм людини та ссавців. Зроблено висновки, що йони фтору можуть мати позитивний вплив на кісткову систему та зубну емаль, молекулярний механізм якого полягає в утворенні більш резистентних до кислот фтор-апатитів. Проте їх позитивний ефект можливий лише у мікромолярних дозах. У той же час навіть у цих концентраціях генерація вільних радикалів і, як наслідок, активація MAPK-залежних шляхів апоптозу зростає у всіх інших органах та системах. Окрім апоптичних змін в різних органах та тканинах відбувається посилення процесів пероксидації ліпідів. Функціонування циклу оксиду азоту зміщується в бік активації індукцйбельних форм NO-синтаз, зниження аргіназного шляху метаболізму L-аргініну. Фтор здатний викликати одночасний розвиток декількох видів гіпоксії. Розвиток деяких, найбільш загрозливих, ефектів фторидів є дозозалежним і вимагає мілімолярних концентрацій. Враховуючи дані останнього десятиліття постає питання ефективності фторування води як засобу профілактики стоматологічних захворювань. Тому дослідження молекулярних механізмів впливу фторидів, незважаючи на дослідження проведені до цього часу, є перспективним напрямком для розширення уявлень про загальні механізми розвитку фтор-асоційованих захворювань.

Ключові слова: фториди, молекулярні механізми, органи та системи, організм ссавців

Вступ

Фтор – один із найрозповсюдженіших елементів на Землі. Він, у зв'язаному стані, складає 0,078% маси земної кори. Оптимальний вміст фтору у питній воді 0,7-1,1 мг/л. Існують регіони, де його вміст значно нижчий. Наприклад, у водах Англії та Уельсу вміст фтору не перевищує 0,3 мг/л [8]. Аналогічна ситуація спостерігається у високогірних регіонах Закарпатської області, де вміст фтору не перевищує 0,15 мг/л. У той же час для вод Португалії характерна концентрація фтору 12 мг/л, в Іспанії вміст фтору може досягати в окремих регіонах 21 мг/л. У Полтавській області вміст фтору у питній воді складає 5 мг/л [13]. Отже, на території Європи та України є регіони, де вміст фтору відрізняється від оптимального як у більшу, так і у меншу сторону. Обидва відхилення від норми можуть мати негативний вплив на організм ссавців.

Метою роботи є огляд та систематизація даних літературних джерел, що висвітлюють вплив йонів фтору на організм ссавців та механізми цього впливу.

Джерела надходження фтору в організм

В організм людини фторид-йони можуть надходити з питною водою, особливо в регіонах, де вміст цих йонів в ґрунтових водах значно перевищує допустимі показники. Продукти харчування, особливо рослинного походження, також можуть виступати джерелом надлишкового надходження йонів фтору. В останні роки фтор на-

буває все більшої актуальності у якості галогеного модифікатора лікарських препаратів. Завдяки тому, що радіус Ван-дер-Ваальса атома фтору знаходиться між атомом водню та кисню, включення цього галогену до структури лікарських засобів збільшує їх розчинність у ліпідах та кислотостійкість, одночасно суттєво не впливаючи на їх конформацію. Тому ятрогенне фторидне навантаження потребує ретельного контролю. Йони фтору, маючи велику електронегативність, здатні в умовах шлункової кислотності утворювати плавикову кислоту (HF), яка набагато легше проходить крізь біологічні мембрани [39].

Вплив фторидів на органи та системи

Вплив на кісткову систему та зуби. Позитивний вплив йонів фтору на формування емалі є досить вивченим. Так фтор, як більш електро-негативний йон, має здатність витіснити із молекули гідроксиапатиту гідроксильну групу, утворюючи таким чином новий вид апатиту – фторидний. Цей вид апатиту є більш стійким до дії кислот, що утворюються в порожнині рота, та має більшу мікротвердість [20, 25, 35]. Фториди здатні впливати і на швидкість ремінералізації зубів, особливо в умовах ураження зубів флюорозом. Так Н. Alhawij та співавтори показали, що зуби, вражені флюорозом, мають вищу здатність до ремінералізації, ніж інтактні. Проте такий ефект спостерігається лише за умов наявності надлишку йонів фтору [19]. Також кислотність у порожнині рота впливає на швидкість реакції заміщення гідроксильної групи на йон фтору. Так,