



УДК 616.314-089.87-06:616.716.4-001.4-089-085.

DOI 10.11603/2311-9624.2020.2.11257

©Я. Е. Варес, Н. В. Штибель

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

e-mail: shnw05@gmail.com

## Клінічна оцінка ефективності застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії при післяопераційних порожнинних кісткових дефектах щелеп

### ІНФОРМАЦІЯ

Надійшла до редакції/Received:  
05.04.2020 р.

**Ключові слова:** кісткове загоєння; щелепно-лицева ділянка; екстракорпоральна ударно-хвильова терапія.

### АНОТАЦІЯ

**Резюме.** Низка вітчизняних та іноземних вчених довела ефективність застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії з метою оптимізації репаративного остеогенезу. Втім, залишається нез'ясованою клінічна ефективність пропонованого методу в поєднанні з класичним підходом до заміщення порожнинних кісткових дефектів щелеп.

**Мета дослідження** – визначити клінічну ефективність застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії з метою оптимізації загоєння порожнинних післяопераційних кісткових дефектів нижньої щелепи.

**Матеріали і методи.** Обстежено та проліковано 18 пацієнтів віком від 21 до 46 років, яким було показано атипове видалення третіх нижніх молярів. Операційні втручання проводили за модифікованою методикою S. Asanami та Y. Kasazaki, перед ушиванням усі дефекти виповнювались колагеновою губкою, імпрегрованою гідроксиапатитом кальцію та  $\beta$ -трикальцієм фосфатом. У післяопераційному періоді пацієнти основної групи (n=12) отримували курс екстракорпоральної ударно-хвильової терапії. На основі конусно-променевої комп'ютерної томографії проводили кількісну (визначення товщини та відносної площі) та якісну (визначення оптичної щільності та характер гістограм щільності) оцінку регенерату в ділянках із компактизованою та губчастою основою. Також визначали рівень втрати маргінальної кісткової тканини.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Достовірно значний приріст товщини кісткового регенерату спостерігався в усіх ділянках вимірювання в основній групі. Через 3 місяці після втручання кісткові дефекти контрольної групи було виповнено лише на 60,16 %, натомість, в основній групі спостерігалось заміщення до 98,15 % дефекту. Вертикальна редукція становила до  $(1,6 \pm 1,0)$  мм в усіх досліджуваних випадках, незалежно від групи, при цьому ознаки горизонтальної втрати маргінальної кістки були відсутні. В основній групі приріст оптичної щільності кісткового регенерату був достовірно більшим, ніж у контрольній. У пацієнтів основної групи спостерігалась структурна спорідненість регенерату до інтактної кісткової тканини: в ділянках з губчастою основою переважав гетерогенний регенерат, а в ділянках із компактизованою основою структура регенерату була більш гомогенною. При цьому в контрольній групі спостерігався гомогенний регенерат із градієнтом щільності, що зменшувалась до середини дефекту.

**Висновки.** Додаткове застосування екстракорпоральної ударно-хвильової терапії значно стимулює процеси загоєння порожнинних післяопераційних кісткових дефектів нижньої щелепи пацієнтів, порівняно з виповненням дефектів лише колагеновою губкою, імпрегрованою гідроксиапатитом кальцію та  $\beta$ -трикальцієм фосфатом.

**Вступ.** Незважаючи на існування низки методів заміщення післяопераційних кісткових дефектів (ПКД) з метою відновлення анатомічної цілості та функції зубощелепної системи, проблема реабілітації післяопераційних хворих залишається актуальною [1–3]. При цьому відносно високою є частка порушень кісткоутворювальних процесів, яка за повідомленнями різних дослідників, становить 2,7–27,1% [2–4], що вказує на доцільність пошуку додаткових засобів впливу на процеси репаративної регенерації.

Наявна в літературі інформація засвідчує позитивний вплив екстракорпоральної ударно-хвильової терапії (ЕУХТ) на об'єм і структуру здорової кісткової тканини – як на потовщення кортикального шару та підвищення мінерального насичення кісткової тканини, так і на процеси остеогенезу [4, 5]. В низці досліджень описано вплив радіальної ЕУХТ на індукцію остеогенетичних факторів росту, таких, як трансформуючий фактор росту- $\beta 1$  та кісткових морфогенетичних білків, що ініціює активність остеобластів [6–9]. Також важливим для репаративного остеогенезу є позитивний ефект ЕУХТ на ангиогенез шляхом активації мітогенного ендотеліального фактора росту (VEGF), який забезпечує проліферацію клітин судинної стінки [10, 11].

Низка вітчизняних та іноземних вчених довела ефективність застосування радіальної ЕУХТ з метою оптимізації репаративного остеогенезу як в царині загальної ортопедії [12–14], так і стоматології [8, 15–17]. Втім, залишається нез'ясованою клінічна ефективність пропонованого методу в поєднанні з класичним підходом до заміщення ПКД щелеп.

**Метою дослідження** було визначити клінічну ефективність застосування ЕУХТ з метою оптимізації загоєння порожнинних ПКД нижньої щелепи.

**Матеріали і методи.** Для визначення клінічної ефективності застосування ЕУХТ у ділянці порожнинних ПКД було обстежено та проліковано 12 пацієнтів (5 жінок та 7 чоловіків) віком від 21 до 46 років (медіана 27,5

(25,25; 34,25)), які перебували на лікуванні у відділенні ЩЛХ ЛОКЛ після атипичного видалення третіх нижніх молярів. Контрольну групу склали 6 пацієнтів (3 жінок та 3 чоловіків) віком від 23 до 30 років (середнє значення віку (27,2 $\pm$ 2,9) року), яким попередньо було проведено аналогічне операційне втручання. Критеріями включення були: відсутність соматичних захворювань; проведене атипичне видалення одного або двох третіх молярів на нижній щелепі; підписана згода пацієнта на участь у дослідженні та проведення у післяопераційному періоді додаткових обстежень (КПКТ) та курсу ЕУХТ на ділянку кісткового дефекту. Критеріями виключення були: вагітність; встановлена попередньо остеопенія/остеопороз; захворювання паращитоподібних залоз; злоякісні новоутворення, у т. ч. в анамнезі; заперечення з боку пацієнта щодо включення у дослідження.

Усі дослідження проводили відповідно до Конвенції Ради Європи «Про захист прав людини і людської гідності в зв'язку з застосуванням досягнень біології та медицини: Конвенція про права людини та біомедицину (ETS №164)» від 04.04.1997 р. і Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації (2008 р.). Кожен пацієнт підписав інформовану згоду на участь у дослідженні, а з боку дослідників – вжито усіх заходів для забезпечення анонімності пацієнтів. Протокол дослідження схвалено на засіданні комісії з питань етики при Львівському національному медичному університеті імені Данила Галицького (протокол № 5 від 23.02.2017 р.).

Операційні втручання усім пацієнтам проводили за модифікованою методикою S. Asanami та Y. Kasazaki [18]. Перед ушиванням усі ПКД виповнювались колагеновою губкою, імпрегрованою гідроксиапатитом кальцію та  $\beta$ -трикальцієм фосфатом («Колпол КП-ЛМ», «Полістом»). У післяопераційному періоді усі пацієнти отримували німесил (Laboratorios Menarini S.A., Італія) по 2 г 2 рази на добу впродовж 4 днів та аугментин (Glaxo Wellcome Production, Франція) по 625 мг 2 ра-

зи на добу впродовж 4 днів. При необхідності зняття больового синдрому на першій післяопераційний день додатково призначали дексалгін (Laboratorios Menarini S.A., Італія) по 50 мг per os разово. Після завершення курсу медикаментозної терапії та зменшення післяопераційного набряку пацієнтам проводили рентгенологічне обстеження (двох груп) та курс ЕУХТ (основна група).

Для проведення аплікацій ЕУХТ було використано апарат «Storz Medical Master Plus MP100» (Storz Medical, Німеччина) в режимі роботи 500 імпульсів частотою 5 Гц та величиною максимального тиску на фронті хвилі від 1,2 Бар із збільшенням на 0,2 Бар з кожною наступною процедурою (від 1,2 Бар до 1,6 Бар). Аплікатор розташовували зовнішньоротово, мезіальніше переднього краю жувального м'яза перпендикулярно до площини тіла нижньої щелепи, безпосередньо в проекції ПКД. Для кращої провідності на шкіру наносили 1 порцію ECO Supergel 260 (Ceracarta SpA, Італія). Курс включав у себе 3 вищеописані процедури з інтервалом 1 тиждень.

КПКТ нижньої щелепи проводили після 4-го післяопераційного дня, на 30-й та 90-й дні після видалення третіх молярів за допомогою апарату «Vatech Green 16» (Vatech, Південна Корея) із введенням кістково еквівалентного фантома в поле сканування. Було застосовано уніфіковані налаштування: об'єм сканування 9x6 см, величина вокселя – 0,18 мм. Також в усіх серіях сканувань використовували однакові показники роботи рентгенівської трубки, а саме, 7,7 мА та 94 кВ, що було необхідним для нівелювання можливих оптичних похибок для визначення оптичної щільності кісткової тканини (ЩКТ). Рендеринг отриманих сканів здійснювався на платформі програми Ez3D Plus 1.2.6.20 (Vatech, Південна Корея) та ImageJ версії 1.52a (NIH, США). На основі КПКТ проводили кількісну (визначення товщини та відносної площі) та якісну (визначення оптичної щільності та характер гістограм щільності) оцінку регенерату в ділянках із компактизованою та губчастою основою. Також визначали рівень втрати маргінальної кісткової тканини.

Товщину та відносну площу регенерату вимірювали на 30-й та 90-й дні на платформі ImageJ, попередньо калібруючи лінійні значення відносно масштабної шкали на сканах для стандартизації отриманих результатів. Для визначення товщини кісткового регенерату було використано стандартний інстру-

мент «Straight» із функцією аналізу «Length». Точки вимірюваних відрізків вибирали на межі основи дефекту з базальною частиною кісткового регенерату та межі цього регенерату із м'якими тканинами, що виповнюють маргінальну частину дефекту. Вимірювання здійснювали щонайменше у 6 відрізках на корональних та сагітальних зрізах. Середні значення товщини подано у міліметрах (М) із вказанням стандартного відхилення (SD).

Вимірювання відносної площі кісткового регенерату проводили на корональних сканах за допомогою інструмента «Polygon selection» та функцією аналізу «Area». Для цього вимірювали власну площу післяопераційного кісткового дефекту та площу кісткового регенерату на серійних зрізах та визначали співвідношення площі регенерату до площі дефекту, яку приймали за 100 % у випадку кожного окремого зрізу. Відносну площу утвореного кісткового регенерату виражено через співвідношення площі та подано в усереднених відсотках (М) для кожної групи із вказанням стандартного відхилення (SD).

Для оцінки рівня вертикальної та горизонтальної втрати маргінальної кісткової тканини визначали різницю висоти вестибулярної та лінгвальної стінок дефекту та товщини альвеолярного відростка на 30-й і 90-й дні спостереження із такими параметрами на 4-й день, які вимірювали стандартним інструментом «Straight» із функцією аналізу «Length».

Враховуючи особливості та обмеження визначення ЩКТ за допомогою КПКТ [19, 20], вимірювання проводили за оцінкою одиниць градацій сірого та оптичної щільності із калібруванням значень відповідно до відхилень рентгенологічної щільності фантома за методикою, описаною нами раніше [17]. Для отримання загального профілю щільності на корональному зрізі будували відрізок довжиною до 4 см, який обов'язково перетинав м'які тканини підщелепної ділянки, кортикальний шар тіла нижньої щелепи, нижньощелепний канал, губчасту або компактизовану інтактну основу дефекту, тканини в товщі дефекту, слизово-окісний шар післяопераційної ділянки. Щільність кісткового регенерату визначали окремо шляхом побудови профілю щільності в межах безпосередньо регенерату. Приріст ЩКТ оцінювали за формулою:

$$\Delta\text{ЩКТ} = \Sigma\text{ЩКТ}_n - \Sigma\text{ЩКТ}_0,$$

де ЩКТ – виміряна щільність кісткової тканини, n – 30-й або 90-й дні після операції, 0–4-й

післяопераційний день [17]. Середні значення приросту подано в одиницях градації сірого [GV] (M) із вказанням стандартного відхилення (SD).

Якісна оцінка передбачала порівняння гомогенності кісткового регенерату в різних ділянках та його структурної відповідності до навколишньої інтактної кісткової тканини залежно від локалізації. Для цього використовували гістограми ЩКТ аналогічних профілів, побудованих для кількісної оцінки ЩКТ.

Отримані результати дослідження були опрацьовані способом варіаційної статисти-

ки за допомогою програми StatSoft Statistica 10 із застосуванням параметричного критерію Манна-Уїтні при довірчому інтервалі репрезентативності  $p < 0,05$ .

**Результати досліджень та їх обговорення.** При оцінці товщини кісткового регенерату, отриманого у порожнинному ПКД нижньої щелепи через 30 та через 90 днів (табл. 1), його достовірно значний приріст спостерігали в усіх ділянках вимірювання в основній групі. Водночас виявлено статистично значущу різницю між цими ділянками всередині груп.

**Таблиця 1.** Товщина кісткового регенерату, отриманого у післяопераційному дефекті нижньої щелепи (M±SD, мм)

| Група, ділянка дефекту | 30-й день | 90-й день   |
|------------------------|-----------|-------------|
| Компактизована основа  |           |             |
| Основна (n=12)         | 2,3±0,8   | 4,4±1,0* λ  |
| Контрольна (n=6)       | 1,8±0,6   | 2,8±0,5 λ   |
| Губчаста основа        |           |             |
| Основна (n=12)         | 5,5±1,4*# | 8,7±2,8*# λ |
| Контрольна (n=6)       | 1,8±0,4   | 4,1±0,4 # λ |

Примітки: 1) \* – різниця статистично значуща ( $p < 0,05$ ) порівняно з контрольною групою;

2) # – різниця статистично значуща ( $p < 0,05$ ) порівняно з ділянками ПКД;

3) λ – різниця статистично значуща ( $p < 0,05$ ) порівняно з попереднім терміном спостереження.

При порівнянні вираження репаративного остеогенезу закономірним є встановлене нами його переважає в ділянках дефекту із губчастою основою, що первинно зумовлено кращою трофікою регенерату та більшою кількістю вистилаючих остеобластів на поверхнях кісткових балок. Втім, у короткотерміновій перспективі цього потенціалу є недостатньо – через 3 місяці після втручання кістковий дефект

виповнено лише на 60,16 % (табл. 2), що може зумовити потребу в компромісному підході до ранньої ортопедичної реабілітації. Натомість застосування радіальної ЕУХТ у поєднанні із виповненням ПКД колагеновою губкою, імпрегрованою гідроксиапатитом кальцію та β-трикальцієм фосфатом, забезпечує заміщення до 98,15 % дефекту (рис. 1) без урахування вертикальної втрати маргінальної кістки, яка

**Таблиця 2.** Відносна площа кісткового регенерату на поперечних зрізах післяопераційного кісткового дефекту (M±SD, %)

| Група, ділянка дефекту | 30-й день   | 90-й день      |
|------------------------|-------------|----------------|
| Компактизована основа  |             |                |
| Основна (n=12)         | 31,83±5,67* | 67,16±11,12* λ |
| Контрольна (n=6)       | 15,30±2,14  | 38,96±5,26 λ   |
| Губчаста основа        |             |                |
| Основна (n=12)         | 68,4±5,1*#  | 98,15±1,80*# λ |
| Контрольна (n=6)       | 44,19±7,46# | 60,16±8,12# λ  |

Примітка: 1) \* – різниця статистично значуща ( $p < 0,05$ ) порівняно з контрольною групою;

2) # – різниця статистично значуща ( $p < 0,05$ ) порівняно з ділянками ПКД;

3) λ – різниця статистично значуща ( $p < 0,05$ ) порівняно з попереднім терміном спостереження.

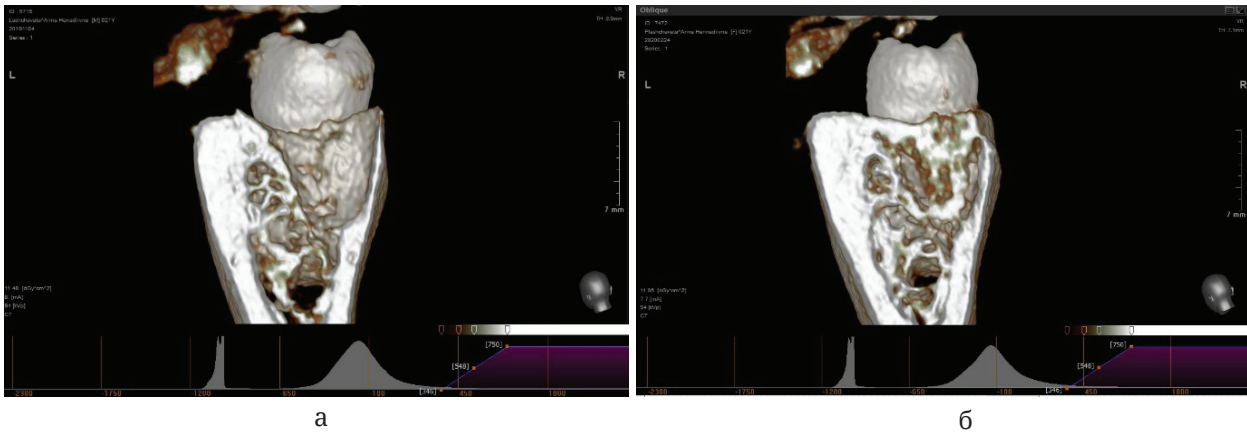


Рис. 1. 3D-реформат ділянки дефекту пацієнтки з основної групи на 4-й (а) та 90-й (б) дні.

є неминучою при операційних втручаннях на альвеолярному відростку.

При оцінці ранньої вертикальної втрати маргінальної кістки статистично достовірної різниці між групами виявлено не було – через 3 місяці після втручання вертикальна ре-

дукція становила до  $(1,6 \pm 1,0)$  мм в усіх досліджуваних випадках (табл. 3). Натомість були відсутні ознаки горизонтальної втрати маргінальної кістки, що може бути пов'язано з анатомічними особливостями нижньої щелепи у досліджуваній ділянці.

Таблиця 3. Рання вертикальна втрата маргінальної кістки відносно 4-го дня післяопераційного періоду ( $M \pm SD$ , мм)

| Група              | 30-й день     | 90-й день       |
|--------------------|---------------|-----------------|
| Вестибулярний край |               |                 |
| Основна (n=12)     | $0,6 \pm 0,6$ | $1,6 \pm 1,0$   |
| Контрольна (n=6)   | $0,4 \pm 0,1$ | $1,4 \pm 0,4$ λ |
| Лінгвальний край   |               |                 |
| Основна (n=12)     | $0,8 \pm 0,6$ | $1,6 \pm 0,6$   |
| Контрольна (n=6)   | $0,2 \pm 0,2$ | $0,7 \pm 0,4$   |

Примітки: 1) \* – різниця статистично значуща ( $p < 0,05$ ) порівняно з контрольною групою;

2) # – різниця статистично значуща ( $p < 0,05$ ) порівняно між ділянками ПКД;

3) λ – різниця статистично значуща ( $p < 0,05$ ) порівняно з попереднім терміном спостереження.

Також, згідно з даними метааналізу, що стосувався втрати висоти кісткового краю: J. Majzoub et al.[21] зазначили, що відсутні надійні кореляційні зв'язки між методиками збереження краю постекстракційних лунок молярів нижньої щелепи та вертикальною втратою маргінальної кістки, яка становила до  $(1,52 \pm 1,29)$  мм ( $p < 0,05$ ) незалежно від обраного кістковопластичного матеріалу.

Аналізуючи ЩКТ, було встановлено, що в основній групі приріст оптичної щільності кісткового регенерату на 30-й та 90-й дні після операційного втручання є достовірно більшим, ніж у контрольній (табл. 4). При цьому ЩКТ отриманого регенерату в основній групі на 90-й день досягла значень ЩКТ основи ПКД,

що можна трактувати як заміщення дефекту зрілою кістковою тканиною (рис. 2).

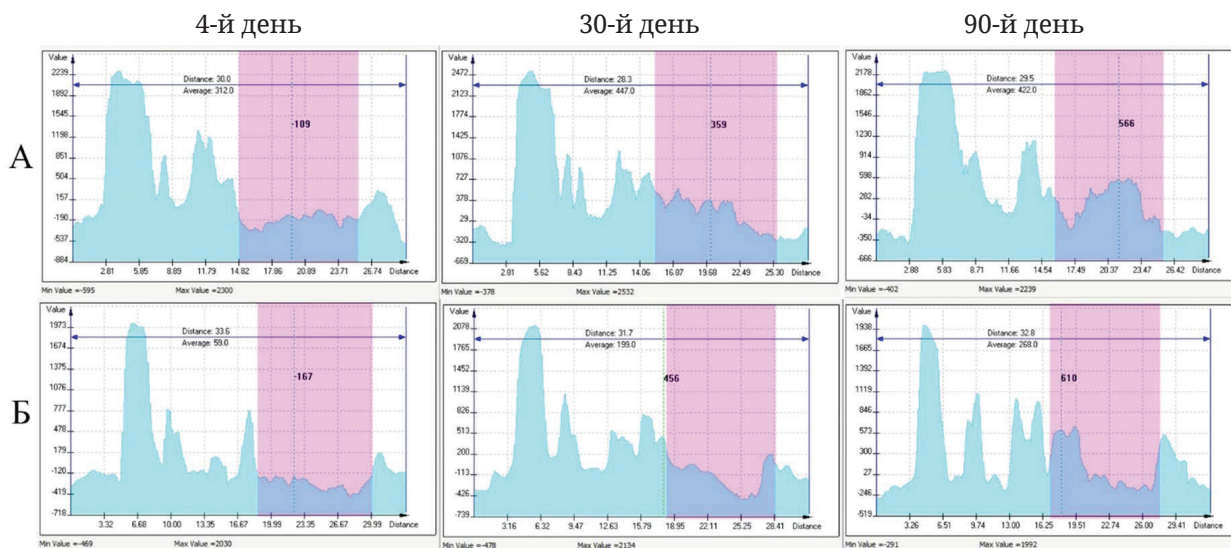
При якісній оцінці у пацієнтів основної групи спостерігалась структурна спорідненість регенерату до тканин основи ПКД. Відтак, у ділянках із губчастою основою переважав гетерогенний регенерат (91,7 %), що характерно для кісткових балок, а в ділянках із компактизованою основою структура регенерату була більш гомогенною (75,0 %). При цьому в контрольній групі спостерігався гомогенний регенерат (100 %) із градієнтом щільності, що зменшувалась до середини ПКД.

Таким чином, отримані результати вимірювання абсолютних лінійних та похідних відносних параметрів заміщення післяоперацій-

**Таблиця 4.** Приріст щільності кісткової тканини кісткового регенерату відносно 4-го дня післяопераційного періоду (M±SD, GV)

| Група, ділянка дефекту | 30-й день    | 90-й день      |
|------------------------|--------------|----------------|
| Компактизована основа  |              |                |
| Основна (n=12)         | 516,6±58,2*  | 744,5±86,2* λ  |
| Контрольна (n=6)       | 390,0±42,1   | 542,4±73,1 λ   |
| Губчаста основа        |              |                |
| Основна (n=12)         | 429,8±16,8*# | 618,4±33,1*# λ |
| Контрольна (n=6)       | 350,6±23,5   | 539,3±34,8 λ   |

Примітки: 1) \* – різниця статистично значуща (p<0,05) порівняно з контрольною групою;  
2) # – різниця статистично значуща (p<0,05) порівняно з ділянками ПКД;  
3) λ – різниця статистично значуща (p<0,05) порівняно з попереднім терміном спостереження.



**Рис. 2.** Гістограми профілю щільності кісткової тканини нижньої щелепи в ділянці ПКД на 4-й, 30-й та 90-й дні. Виділений проміжок відповідає профілю щільності кісткового регенерату: А – в пацієнта основної групи; Б – у пацієнта контрольної групи.

них дефектів щелеп кістковим регенератом різняться залежно від застосованого методу оптимізації загоєння (лише виповнення колагеновою губкою, імпрегнованою гідроксиапатитом кальцію та β-трикальцієм фосфатом чи його поєднання із трикратною ЕУХТ), а також типу кісткової тканини (компактизована чи губчаста), що утворює основу дефекту.

**Висновки.** Згідно з отриманими результатами дослідження, додаткове застосування ЕУХТ значно стимулює процеси загоєння порожнинних ПКД нижньої щелепи пацієнтів, порівняно з виповненням ПКД лише колагеновою губкою, імпрегнованою гідроксиапатитом кальцію та β-трикальцієм фосфатом.

©Я. Э. Варес, Н. В. Штибель

Львовский национальный медицинский университет имени Данила Галицкого

## Клиническая оценка эффективности применения экстракорпоральной ударно-волновой терапии при послеоперационных полостных костных дефектах челюстей

**Резюме.** Рядом отечественных и иностранных ученых была доказана эффективность применения экстракорпоральной ударно-волновой терапии с целью оптимизации репаративного остеогенеза. Впрочем, остается невыясненной клиническая эффективность предлагаемого метода в сочетании с классическим подходом к замещению полостных костных дефектов челюстей.

**Цель исследования** – определить клиническую эффективность применения экстракорпоральной ударно-волновой терапии с целью оптимизации заживления полостных послеоперационных костных дефектов нижней челюсти.

**Материалы и методы.** Обследовано и пролечено 18 пациентов в возрасте от 21 до 46 лет, которым было показано атипичное удаление третьих нижних моляров. Операционные вмешательства проводились по модифицированной методике S. Asanami и Y. Kasazaki, перед ушиванием все дефекты исполнялись коллагеновой губкой, импрегнированной гидроксиапатитом кальция и  $\beta$ -трикальцием фосфатом. В послеоперационном периоде пациенты основной группы (n=12) получали курс экстракорпоральной ударно-волновой терапии. На основе конусно-лучевой компьютерной томографии проводилась количественная (определение толщины и относительной площади) и качественная (определение оптической плотности и характер гистограмм плотности) оценка регенерата в участках с компактной и губчатой основой. Также определяли уровень потери маргинальной костной ткани.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Достоверно значительный прирост толщины костного регенерата наблюдался во всех участках измерения в основной группе. Через 3 месяца после вмешательства костные дефекты контрольной группы были замещены только на 60,16 %, в основной группе наблюдалось замещение до 98,15 % дефекта. Вертикальная редукция составляла до  $(1,6 \pm 1,0)$  мм во всех исследуемых случаях независимо от группы, при этом признаки горизонтальной потери маргинальной кости отсутствовали. В основной группе прирост оптической плотности костного регенерата был достоверно больше, чем в контрольной. У пациентов основной группы наблюдалась структурная схожесть регенерата к интактной костной ткани: в участках с губчатой основой преобладал гетерогенный регенерат, а в участках с компактной основой структура регенерата была более гомогенной. При этом в контрольной группе наблюдался гомогенный регенерат с градиентом плотности, уменьшающимся к середине дефекта.

**Выводы.** Дополнительное применение экстракорпоральной ударно-волновой терапии значительно стимулирует процессы заживления полостных послеоперационных костных дефектов нижней челюсти пациентов, по сравнению с исполнением дефектов только коллагеновой губкой, импрегнированной гидроксиапатитом кальция и  $\beta$ -трикальций фосфатом.

**Ключевые слова:** костное заживление; полостные костные дефекты; челюстно-лицевая область; экстракорпоральная ударно-волновая терапия.

©Ya. E. Vares, N. V. Shtybel

Danylo Halytsky Lviv National Medical University

## Clinical evaluation of efficiency of extracorporeal shock wave therapy on postoperative hollow bone mandibular defects

**Summary.** A number of domestic and foreign scientists have proven the effectiveness of extracorporeal shock wave therapy to optimize reparative osteogenesis. However, the clinical efficacy of the proposed method in combination with the classical approach to the replacement of hollow bone defects of the jaws remains unclear.

**The aim of the study** – to determine the clinical effectiveness of extracorporeal shock wave therapy in order to optimize the healing of hollow postoperative bone defects of the mandible.

**Materials and Methods.** We examined and treated 18 patients aged 21 to 46 years, who had indications to atypical removal of the third lower molars. Surgical interventions were performed according to the modified method of S. Asanami and Y. Kasazaki; before suturing all defects were filled with collagen sponge impregnated with calcium hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate. In the postoperative period, patients of the

main group (n = 12) received a course of extracorporeal shock wave therapy. Quantitative (determination of thickness and relative area) and qualitative (determination of optical density and peculiarities of density histograms) evaluation of regenerate in areas with compact and spongy base were performed on the basis of cone-beam computed tomography. The level of marginal bone loss was also determined.

**Results and Discussion.** Significant increase in the thickness of bone regenerate was observed in all areas of measurement in the main group. Three months after the intervention, the bone defects of the control group were filled only on 60.16 %, while in the main group there was a replacement up to 98.15 % of the defect. The vertical reduction was up to (1.6±1.0) mm in all studied cases, regardless of the group, with no signs of horizontal bone loss. In the main group, the increase in the optical density of bone regenerate was significantly greater than in the control. In patients of the main group, the structural affinity of the regenerate to intact bone tissue was observed: in areas with a trabecular base, heterogeneous regenerate prevailed, and in areas with a cortical base, the structure of the regenerate was more homogeneous. A homogeneous regenerate with a density gradient decreasing to the middle of the defect was observed in the control group.

**Conclusions.** The additional use of extracorporeal shock wave therapy significantly stimulates the healing of postoperative mandibular bone defects in patients compared with the filling of defects only with collagen sponge impregnated with calcium hydroxyapatite and beta-tricalcium phosphate.

**Key words:** bone healing; bone defects; maxillofacial area; extracorporeal shock wave therapy.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Natural and synthetic bone replacement graft materials for dental and maxillofacial applications / Z. Sheikh, N. Hamdan, M-N. Abdallah [et al.] // *Advanced Dental Biomaterials*. Elsevier, Amsterdam – 2019. – P. 347–376.
2. Bone regeneration / S. Stewart, S. J. Bryant, J. Ahn, K. D. Hankenson // *Translational Regenerative Medicine* – 2015. – P. 313–333. DOI:10.1016/b978-0-12-410396-2.00024-4
3. Ansari M. Bone tissue regeneration: biology, strategies and interface studies / M. Ansari // *Progress in Biomaterials* – 2019. – Vol. 8. – P. 223–237. – Access mode : <https://doi.org/10.1007/s40204-019-00125-z>
4. Вплив екстракорпоральної ударно-хвильової терапії на зрощення переломів кісток : огляд літератури / Г. І. Герцен, Се-Фей, Р. М. Остапчук, О. В. Лісовий [та ін.] // *Вісник ортопедії, травматології та протезування*. – 2017. – № 1. – С. 61–65.
5. Варес Я. Е. Сучасні фізичні методи стимуляції процесів загоєння кісткової тканини / Я. Е. Варес, Н. В. Штибель // *Український журнал медицини, біології та спорту*. – 2019. – Т. 4, № 6 (22). – С. 9–15. <https://doi.org/10.26693/jmbs04.06.009>
6. Stimulation of bone growth factor synthesis in human osteoblasts and fibroblasts after extracorporeal shock wave application / J. Hausdorf, B. Sievers, M. Schmitt-Sody [et al.] // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* – 2011. – Vol. 131 (3). – P. 303–309. DOI: 10.1007/s00402-010-1166-4.
7. Extracorporeal shock wave therapy in musculoskeletal disorders: a review / P. Romeo, V. Lavanga, D. Pagani, V. Sansone // *Med. Princ. Pract.* – 2014. – Vol. 23 (1). – P. 7–13. DOI: 10.1159/000355472.
8. Growth factors in bone marrow blood of the mandible with application of extracorporeal shock wave therapy / J. A. Pfaff, B. Boelck, W. Bloch, G. H. Nentwig // *Implant Dentistry*. – 2016. – Vol. 25 (5). – P. 606–612. DOI: 10.1097/ID.0000000000000452.
9. Effects of roughly focused extracorporeal shock waves therapy on the expressions of bone morphogenetic Protein-2 and Osteoprotegerin in osteoporotic fracture in rats / H. M. Huang, X. L. Li, S. Q. Tu [et al.] // *Chin. Med. J.* – 2016. – Vol. 129. – P. 2567–2575
10. Griffin V. Exploring the application of mesenchymal stem cells in bone repair and regeneration / V. Griffin, S. A. Igbal // *J. Bone Jt. Surg.* – 2011. – Vol. 93, No. 4. – P. 427–434
11. Cheng J. H. Biological mechanism of shockwave in bone / J. H. Cheng, C. J. Wang // *Int. J. Surg.* – 2015. – Vol. 24 (PtB). – P. 143–146. DOI: 10.1016/j.ijsu.2015.06.059
12. Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) – First choice treatment of fracture non-unions? / W. Schaden, R. Mittermayr, N. Haffner [et al.] // *International Journal of Surgery*. – 2015. – Vol. 24 (PtB). – P. 179–183. DOI: 10.1016/j.ijsu.2015.10.003.
13. Влияние радиальной экстракорпоральной ударно-волновой терапии на заживление экспериментального дефекта кости / Г. И. Герцен, С. Ф. Се-Фей, Р. Н. Остапчук, С. И. Малохатько [и др.] // *Ортопедия, травматология и протезирование*. – 2016. – № 4. – С.11–16.
14. Biophysical stimulation of bone and cartilage: state of the art and future perspectives / L. Massari, F. Benazzo, F. Falez [et al.] // *International Orthopaedics*. – 2019. – Vol. 43 (3). – P. 539–551. DOI: 10.1007/s00264-018-4274-3.
15. Extracorporeal shockwave increases the effectiveness of systemic antibiotic treatment in implant-related chronic osteomyelitis: experimental study in a rat model / M. E. Inanmaz, M. Uslu, C. Isik [et al.] // *Journal of Orthopaedic Research*. – 2014. – Vol. 32 (6). – P. 752–756. DOI: 10.1002/jor.22604.
16. The effect of different doses of extracorporeal shock waves on experimental model mandibular distraction / C. Bereket, N. Çakir-Özkan, M. E. Önger, S. Arici // *The Journal of Craniofacial Surgery*. – 2018. – Vol. 29 (6). – P. 1666–1670. DOI: 10.1097/SCS.00000000000004571
17. Варес Я. Е. Морфологічні зміни післяопераційного кісткового дефекту під впливом екстракорпоральної ударно-хвильової терапії / Я. Е. Варес, Н. В. Штибель, А. П. Кучер [та ін.] // *Вісник проблем біології і медицини*. – 2019. – Вип. 4, т. 1 (153). –



C. 214–217. doi: 10.29254/2077-4214-2019-4-1-153-214-217

18. Expert third molar extractions. Asanami, Sōichirō; Kasazaki, Yasunori. 3rd ed. Tokyo; Chicago: Quintessence Pub. Co., 1993.

19. Influence of cone beam CT scanning parameters on grey value measurements at an implant site / A. Parsa, N. Ibrahim, B. Hassan [et al.] // *Dentomaxillofac. Radiol.* – 2013. – Vol. 42. – P. 7988–4780. DOI: 10.1259/dmfr/79884780

## REFERENCES

1. Sheikh, Z., Hamdan, N., Abdallah, M-N., Glogauer, M., & Grynypas, M. (2019). *Natural and synthetic bone replacement graft materials for dental and maxillofacial applications*. Advanced Dental Biomaterials. Elsevier, Amsterdam.

2. Stewart, S., Bryant, S.J., Ahn, J., & Hankenson, K.D. (2015). Bone Regeneration. *Translational Regenerative Medicine*, 313-333. DOI:10.1016/b978-0-12-410396-2.00024-4

3. Ansari, M. (2019). Bone tissue regeneration: biology, strategies and interface studies. *Progress in Biomaterials*. 8, 223-237. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s40204-019-00125-z>

4. Gertsen, G.I., Se-Fei, Ostapchuk, R.M., Lisovyi O.V., & Slabospysky, A.V (2017). Vplyv ekstrakorporalnoi udarno-khvylovoi terapii na zroshchennia perelomiv kistok (ohliad literatury) [The effect of extracorporeal shock-wave therapy on bone fracture healing (a literature review)]. *Visnyk ortopedii, travmatologii ta protezuvannia – Bulletin of Orthopedics, Traumatology and Prosthetics*, 1, 61-65 [in Ukrainian].

5. Vares, Y.E., & Shtybel N.V. (2019). Suchasni fizychni metody stymulyatsii protsesiv zahoiennia kistkovoї tkanyny [Modern physical methods of stimulation of bone tissue healing processes]. *Ukrainskyi zhurnal medytsyny, biologii ta sportu – Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport*, 6 (22), 9-15. Retrieved from: <https://doi.org/10.26693/jmbs04.06.009> [in Ukrainian].

6. Hausdorf, J., Sievers, B., Schmitt-Sody, M., Jansson, V., Maier, M., & Mayer-Wagner, S. (2011). Stimulation of bone growth factor synthesis in human osteoblasts and fibroblasts after extracorporeal shock wave application. *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, 131 (3), 303-309. DOI: 10.1007/s00402-010-1166-4.

7. Romeo, P., Lavanga, V., Pagani, D., & Sansone V. (2014) Extracorporeal shock wave therapy in musculoskeletal disorders: a review. *Med. Princ. Pract.*, 23 (1), 7-13. DOI: 10.1159/000355472.

8. Pfaff, J.A., Boelck, B., Bloch, W., & Nentwig G.H. (2016). Growth factors in bone marrow blood of the mandible with application of extracorporeal shock wave therapy. *Implant Dentistry*, 25 (5), 606-612. DOI: 10.1097/ID.0000000000000452.

9. Huang, H.M., Li, X.L., Tu, S.Q., Chen, X.F., Lu, C.C., & Jiang, L.H. (2016). Effects of roughly focused extracorporeal shock waves therapy on the expressions of bone morphogenetic Protein-2 and Osteoprotegerin in osteoporotic fracture in rats. *Chin. Med. J.*, 129, 2567–2575.

10. Griffin, V., & Igbal, S.A. (2011). Exploring the application of mesenchymal stem cells in bone repair

20. CBCT-based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable? / R. Pauwels, R. Jacobs, S. R. Singer, M. Mupparapu // *Dentomaxillofac. Radiol.* – 2015. – Vol. 44 (1). – P. 2014–2038. DOI:10.1259/dmfr.20140238

21. The influence of different grafting materials on alveolar ridge preservation: A systematic review / J. Majzoub, A. Ravida, T. Starch-Jensen [et al.] // *J. Oral Maxillofac. Res.* – 2019. – Vol. 10 (3). – e6 p. DOI: 10.5037/jomr.2019.10306.

and regeneration. *J. Bone Jt. Surg.*, 93 (4), 427-434.

11. Cheng, J.H., & Wang, C.J. (2015). Biological mechanism of shockwave in bone. *Int. J. Surg.*, 24(PtB), 143-146. DOI: 10.1016/j.ijsu.2015.06.059

12. Schaden, W., Mittermayr, R., Haffner, N., Smolen, D., Gerdesmeyer, L., & Wang, C.J. (2015). Extracorporeal shockwave therapy (ESWT) - First choice treatment of fracture non-unions? *International Journal of Surgery*. 24 (PtB), 179-183. DOI: 10.1016/j.ijsu.2015.10.003.

13. Gerzen, G.I., Se-Fei, S.F., Ostapchuk, R.N., Malohatko, S.I., Kostenko, A.V., & Zhrebchuk, V.V. (2016). Vliyaniye radialnoy ekstrakorporalnoy udarno-volnovoy terapii na zazhyvleniye eksperimentalnogo defekta kosti [The effect of radial extracorporeal shock-wave treatment on healing of experimental bone defect]. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye – Orthopedics, Traumatology and Prosthetics*. 4, 11-16 [in Russian].

14. Massari, L., Benazzo, F., Falez, F., Perugia, D., Pietrogrande, L., Setti, S., et al. (2019). Biophysical stimulation of bone and cartilage: state of the art and future perspectives. *International Orthopedics*, 43 (3), 539-551. DOI: 10.1007/s00264-018-4274-3.

15. Inanmaz, M.E., Uslu, M., Isik, C., Kaya, E., Tas, T., & Bayram, R. (2014). Extracorporeal shockwave increases the effectiveness of systemic antibiotic treatment in implant-related chronic osteomyelitis: experimental study in a rat model. *Journal of Orthopaedic Research*, 32 (6), 752-756. DOI: 10.1002/jor.22604.

16. Bereket, C., Çakir-Özkan, N., Önger, M.E., & Arici S. (2018). The effect of different doses of extracorporeal shock waves on experimental model mandibular distraction. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 29 (6), 1666-1670. DOI: 10.1097/SCS.00000000000004571.

17. Vares, Y.E., Shtybel N.V., Kucher, A.R, Student, V.O., & Dudash, A.P. (2019). Morfolohichni zminy pisliaoperatsiinoho kistkovoho defektu pid vplyvom ekstrakorporalnoi udarno-khvylovoi terapii [Morphological changes of postoperative bone defect under extracorporeal shock-wave therapy]. *Visnyk problem biologii i medytsyny – Bulletin of Problems of Biology and Medicine*, 4 (153), 214-217. DOI: 10.29254/2077-4214-2019-4-1-153-214-217 [in Ukrainian].

18. Asanami, S., & Kasazaki, Y. (1993). *Expert third molar extractions*. 3rd ed. Tokyo, Chicago: Quintessence Pub. Co.

19. Parsa, A., Ibrahim, N., Hassan, B., Motroni, A., van der Stelt, P., & Wismeijer, D. (2013). Influence of cone beam CT scanning parameters on grey value measurements at an implant site. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 42, 79884780. DOI: 10.1259/dmfr/79884780.

20. Pauwels, R., Jacobs, R., Singer, S.R., & Mupparapu, M. (2015). CBCT-based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofac. Radiol.*, 44(1), 2014–2038. DOI:10.1259/dmfr.20140238

21. Majzoub, J., Ravida, A., Starch-Jensen, T., Tattan, M.,

& Suárez-López del Amo, F. (2019). The influence of different grafting materials on alveolar ridge preservation: A systematic review. *J. Oral Maxillofac. Res.*, 10 (3), e6. DOI: 10.5037/jomr.2019.10306.