

УДК 616.31-085

DOI <https://doi.org/10.35220/2523-420X/2023.3.2>**Г.І. Криничних,**

асистент кафедри хірургічної стоматології
та щелепно-лицевої хірургії,
Вінницький національний медичний університет
імені М.І. Пирогова,
вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, індекс 21018,
popik.anna@gmail.com

С.М. Шувалов,

доктор медичних наук, професор,
завідувач кафедри хірургічної стоматології
та щелепно-лицевої хірургії,
Вінницький національний медичний університет
імені М.І. Пирогова,
вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, індекс 21018,
surgeon.shuvalov@gmail.com

С.В. Павлов,

доктор наук, професор кафедри біомедичної інженерії,
Вінницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, індекс 21000,
psv@vntu.edu.ua

ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ КОМПАКТОСТЕОТОМІЇ ТА ПОГЛИБЛЕННЯ ПРИ ЦИСТЕКТОМІЇ

Анотація. Операція видалення кіст щелеп є однією із найбільш поширених у хірургічній стоматології. Серед амбулаторних втручань вона складає 40,6%. Після проведеного оперативного лікування щелепних кіст залишаються порожнини різних розмірів, які знижують міцність щелепи. Активація кровопостачання тканин кісткової порожнини створює оптимальні умови її регенерації. Метою дослідження є оцінка ефективності удосконалених методик хірургічного лікування кіст фронтальних ділянок щелеп (цистектомія із методом перфорацій та поглиблення) та порівняння результатів із відомою методикою (цистектомія) на основі оцінки тканинної мікроциркуляції з використанням фотоплетизмографічного методу. **Матеріали і методи:** для проведення дослідження усі пацієнти були поділені на три групи: основна група (25 пацієнтів з кістами фронтальних відділів щелеп, яким застосовували удосконалені методики); група порівняння (лікування 29 пацієнтів з кістами фронтальних відділів щелеп здійснювали за стандартною методикою – цистектомія); контрольна група (21 пацієнт без патологічних уражень фронтальних відділів щелеп). Кровонаповнення судин у післяопераційних ділянках в обох групах протягом трьох днів майже не відрізнялось (126,5 ум.од. – група порівняння; 133,3 ум.од. – основна група). Через п'ять днів після операції простежено різницю у кровонаповненні судин у пацієнтів основної групи (177,4 ум.од.; $p < 0,05$), яким застосовували удосконалену методику лікування, та пацієнтів групи порівняння (162,5 ум.од.; $p < 0,05$).

Ефективність удосконаленої методики цистектомії із перфораціями та поглибленням кісткової порожнини визначали за відсотковим співвідношенням показників тканинної мікроциркуляції у пацієнтів основної групи через 10 днів після операції (95,77%) до такого ж показника у пацієнтів групи порівняння (73,68%).

Наукова новизна. Вперше проведено порівняння ефективності методик хірургічного лікування кіст щелеп: цистектомії та методу компактостеотомії та поглиблення при цистектомії з використанням фотоплетизмографічного методу.

Висновки. Після проведеного дослідження встановлено, що тканинна мікроциркуляція у післяопераційній ділянці при лікуванні кіст фронтальних ділянок щелеп шляхом використання удосконаленої методики цистектомії із перфораціями та поглибленням кісткової порожнини покращується на 29,9% ($p < 0,05$), у порівнянні із стандартною методикою.

Ключові слова: фотоплетизмографія, гемодинаміка, кіста, цистектомія, метод перфорацій та поглиблення, регенерація, тканинна мікроциркуляція.

Н.І. Кривичук,

Assistant at the Department of Surgical Dentistry
and Maxillofacial Surgery,
National Pirogov Memorial Medical University,
56 Pyrohova street, Vinnytsya, Ukraine, postal code 21018,
popik.anna@gmail.com

S.M. Shuvalov,

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Head of the Department of Surgical Dentistry
and Maxillofacial Surgery,
National Pirogov Memorial Medical University,
56 Pyrohova street, Vinnytsya, Ukraine, postal code 21018,
surgeon.shuvalov@gmail.com

S.V. Pavlov,

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Vice-Rector for Science Work, Professor of Biomedical
Engineering Department,
Vinnytsia National Technical University
95 Khmelnytskyi highway, Vinnytsya, Ukraine, postal code
21000, psv@vntu.edu.ua

PHOTOPLETHYSMOGRAPHIC EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE METHOD OF COMPACTOSTEOTOMY AND DEEPENING DURING CYSTECTOMY

Abstract. The operation of treatment of jaw cysts is one of the most common in surgical dentistry. Among outpatient interventions, it is held in 40.6%. After surgical treatment of jaw cysts, cavities of various sizes remain, which reduce the strength of the jaw. Activation of the blood supply to the tissues of the bone cavity creates optimal conditions for its regeneration. The purpose of the study is to evaluate the effectiveness of improved methods of surgical treatment of cysts of the frontal areas of the jaws (cystectomy with the

method of perforations and deepening) and to compare the results with the known method (cystectomy) based on the assessment of tissue microcirculation using the photoplethysmographic method. **Materials and methods:** to conduct the study, all patients were divided into three groups: the main group (25 patients with cysts of the frontal parts of the jaws, for whom were used advanced techniques); comparison group (treatment of 29 patients with cysts of the frontal parts of the jaws was carried out according to the standard method – cystectomy); control group (21 patients without pathological lesions of the frontal parts of the jaws). The blood vessel filling in the postoperative areas in both groups for three days did not differ much (126.5 *um.units* – comparison group; 133.3 *um.units* – the main group). Five days after the operation, the difference in blood vessel filling was observed in patients of the main group (177.4 *units*; $p < 0.05$), for whom were used the improved treatment method, and patients in the comparison group (162.5 *units*; $p < 0.05$). The effectiveness of the improved method of cystectomy with perforations and deepening of the bone cavity was determined by the percentage ratio of tissue microcirculation indicators in patients of the main group 10 days after the operation (95.77%) to the same indicator in patients of the comparison group (73.68%). **Scientific novelty.** For the first time, a comparison of the effectiveness of the methods of surgical treatment of jaw cysts: cystectomy and the method of compactosteotomy and deepening during cystectomy using the photoplethysmographic method was carried out. **Conclusions.** After the study, it was established that tissue microcirculation in the postoperative area during the treatment of cysts of the frontal areas of the jaws by using the improved technique of cystectomy with perforations and deepening of the bone cavity improves by 29.9% ($p < 0.05$), compared to the standard technique.

Key words: photoplethysmography, hemodynamics, cyst, cystectomy, method of perforations and deepening, regeneration, tissue microcirculation.

Постановка проблеми. На сьогодні існує низка методик хірургічного лікування кіст щелеп, проте порівняльна характеристика ефективності кожної з них потребує доопрацювання з метою обрання правильної тактики у різних клінічних випадках [6, 9, 13, 14]. Так як однією із необхідних умов для формування кісткового регенерату є інтенсивне кровопостачання, визначення тканинної мікроциркуляції в ділянці оперативного втручання може слугувати важливим індикатором динаміки репаративного процесу [1, 5, 7, 9]. В сучасних умовах вимірювання кровонаповнення та кровотоку як в магістральних венах і артеріях, так і в периферійних судинах і капілярах здійснюється за допомогою методів, що засновані на використанні оптико-електронних приладів [2, 3, 4, 8, 10, 11]. Однією із таких методик є фотоплетизмографія (ФП). ФП є доволі точним методом визначення судинного тону, об'ємної швидкості кровотоку, кров'яного тиску

та інших параметрів периферійного кровообігу, що і зумовило вибір методики для проведення дослідження [2, 3, 4, 8, 10, 11, 12].

Матеріали і методи. Оцінка тканинної мікроциркуляції з використанням фотоплетизмографічного методу була проведена на базі кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії ВНМУ ім. М.І. Пирогова у відділенні щелепно-лицевої хірургії Вінницької обласної клінічної лікарні ім. М.І. Пирогова. У дослідженні брали участь 75 пацієнтів, які були поділені на 3 групи:

1. Пацієнти без патології у фронтальному відділі щелеп (21 пацієнт) – контрольна група.

2. Пацієнти з кістами фронтальних відділів щелеп, яким використовували відому методику лікування (цистектомію) – група порівняння (29 пацієнтів).

3. Пацієнти з кістами фронтальних відділів щелеп, яким використовували удосконалену методику хірургічного лікування – метод перфорації та поглиблення (25 пацієнтів) – основна група.

Дослідження гемодинаміки тканинної мікроциркуляції слизової оболонки порожнини рота, м'яких тканин проведено у ділянці патологічного вогнища (рівень перехідної згортки зі сторони присінку порожнини рота, де наявні усі ланки мікроциркуляторного русла: артеріоли, прекапіляри, капіляри, венули) з метою оцінки ефективності запропонованих удосконалених методик хірургічного лікування кіст фронтальних відділів щелеп (цистектомія із методом перфорацій та поглиблення) та порівняння результатів з відомою методикою (цистектомія).

Усім учасникам дослідження виміри проводили в 4 точках: дві точки були встановлені над/під верхньою/нижньою губою справа та зліва, інші дві – на альвеолярному відростку верхньої/нижньої щелепи з вестибулярної сторони (рис. 1).

Пацієнтам без патології фронтального відділу верхньої щелепи виміри були проведені одноразово у визначених точках.

Пацієнтам із кістами фронтальних ділянок щелеп обох груп: основної та групи порівняння вимірювання показників кровонаповнення судин у визначених локалізаціях проводили у визначені терміни: до операції; на наступний день після операції; через 3, 5, 7, 10 днів після операції.

При проведенні оцінювання тканинної мікроциркуляції температура в приміщенні була близько +18-23 °С. У момент вимірювання уникали також впливу на датчик прямих сонячних променів і яскравого штучного освітлення. Під



Рис. 1. Методика проведення фото плетизмографії

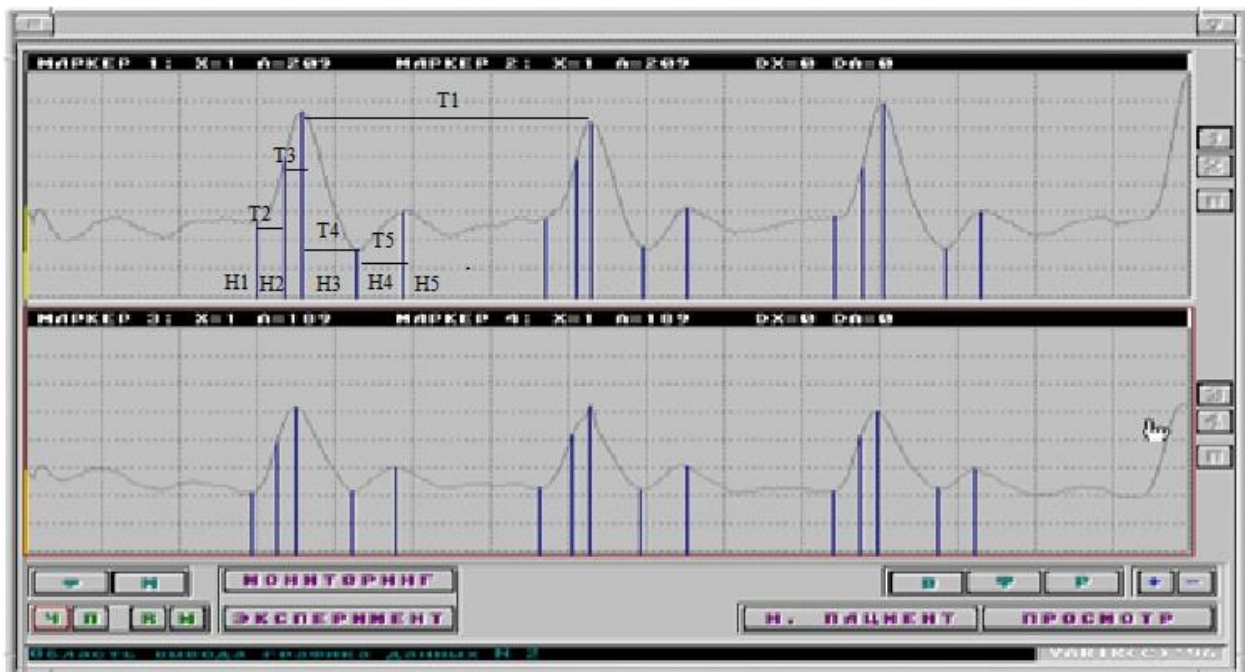


Рис. 2. Гемодинамічні показники тканинної мікроциркуляції

час обстеження пацієнти були спокійними, знаходилися в зручному положенні сидячи. Мімічна мускулатура та жувальні м'язи були максимально розслаблені, для запобігання спотворення результатів.

Для підвищення достовірності при знятті фотоплетизмографічної інформації використовували відомості, які включали фізичні характеристики об'єкта дослідження, математичні співвідношення між вимірюваними величинами, дані про спектральний склад інформативних складових і перешкоди, а також основні біофізичні характеристики контролюваного об'єкта.

Після проведення дослідження здійснювали математичну обробку фотоплетизмографічного сигналу. Кількісну оцінку ФП кривої виконували за кількісними та якісними показниками (рис. 2).

Для амплітудних характеристик пульсової хвилі використовували такі показники (за Р.М. Баєвським) [3].

1. H_3 – максимальна амплітуда пульсової хвилі, яка є показником величини пульсового кровонаповнення досліджуваної ділянки і пропорційна співвідношенню обсягів припливу артеріальної крові й відтоку венозної крові в момент максимального розтягання судинного ложа.

2. H_4/H_3 – «дикротичний індекс». Відношення амплітуди на рівні інцизури до амплітуди систолічної хвилі показує периферійний судинний опір, тобто ступінь розширення або звуження дрібних судин артеріол.

3. H_5/H_3 – «діастолічний індекс», що визначає стан тонузу венозних судин.

Відношення амплітуди на рівні вершини дикротичного зубця до амплітуди систолічної хвилі.

4. Відношення амплітуд H_2/H_3 характеризує периферійний опір.

5. Амплітуда венозної хвилі H_5 є характеристикою венозного відтоку.

При проведенні реєстрації пульсових хвиль диференціюється їх форма, що дозволяє отримувати додаткову інформацію про стан судин, допомагає більш точно визначити точки екстремумів на пульсовій кривій. Диференціальна форма пульсової хвилі дає інформацію про зміни швидкості кровонаповнення у досліджуваній частині тіла.

Для часових характеристик пульсової хвилі використовували наступні показники:

1. Тривалість пульсового коливання T_1 відповідає тривалості серцевого циклу.

2. Інтервал T_2 показує період швидкого кровонаповнення й залежить від ударного об'єму серця й тонузу судин.

3. Інтервал T_3 показує період повільного кровонаповнення й характеризує особливості мікроциркуляції.

4. Інтервал T_2+T_3 відповідає тривалості анакротичної фази, відрізняється стабільністю й досить точно відображає ступінь розтягування судинних стінок.

5. Інтервал T_4 відповідає тривалості катакротичної фази і характеризує скорочувальну здатність судин та їх еластичність.

6. Інтервал від вершини пульсової кривої до вершини дикротичного зубця T_5 характеризує пружність стінок судин й умови венозного відтоку.

7. Відношення тривалості фази наповнення до загального часу циклу (сфігмографічна швидкість) $T_2+T_3/T_2+T_3+T_4$ свідчить про властивості стінок судин до розтягування.

8. Зрушення відповідних крапок максимальних амплітуд H_3 відповідає швидкості поширення пульсової хвилі.

Амплітудно-часовими характеристиками пульсової хвилі є:

1. Максимальна швидкість кровонаповнення H_2/T_2 . Характеризує швидкість кровонаповнення великих артерій.

2. Швидкість повільного кровонаповнення $(H_3-H_2)/T_3$.

3. Артеріальний притік $H_3/(T_2+T_3+T_4)$.

4. Показник швидкості кровонаповнення $H_3/(T_2+T_3)$.

5. Індекс периферійного опору $H_3/(T_4-T_5)$.

Найбільш інформативним показником є максимальна амплітуда пульсової хвилі H , який характеризує значення пульсового кровонаповнення досліджуваної ділянки і пропорційна співвідношенню об'єму припливу артеріальної крові й відтоку венозної крові в момент максимального розтягування судинного ложа.

Результати. Визначено, що показники кровонаповнення судин до операції в обох групах були нижчими, ніж у пацієнтів з нормою у зв'язку із погіршенням кровотоку у ділянці патологічного вогнища (рис. 3-4).

Кровонаповнення судин у післяопераційних ділянках в обох групах (основній та групі порівняння) протягом трьох днів майже не відрізнялось. Через п'ять днів після операції простежено різницю у кровонаповненні судин у пацієнтів основної групи, яким застосовували удосконалену методику лікування, та пацієнтів групи порівняння (рис. 5; рис. 6), що було відзначено і через сім днів.

Дана тенденція простежувалась в обох групах також через 10 днів після оперативного втручання. У пацієнтів основної групи підвищувалась швидкість кровотоку, що пов'язано із пришвид-

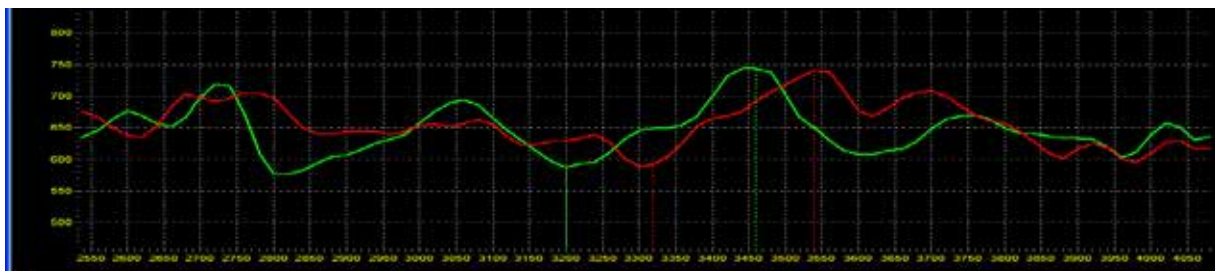


Рис. 3. Фотоплетизмографічний сигнал у пацієнта із контрольної групи дослідження (патологія фронтальних ділянок щелеп відсутня)

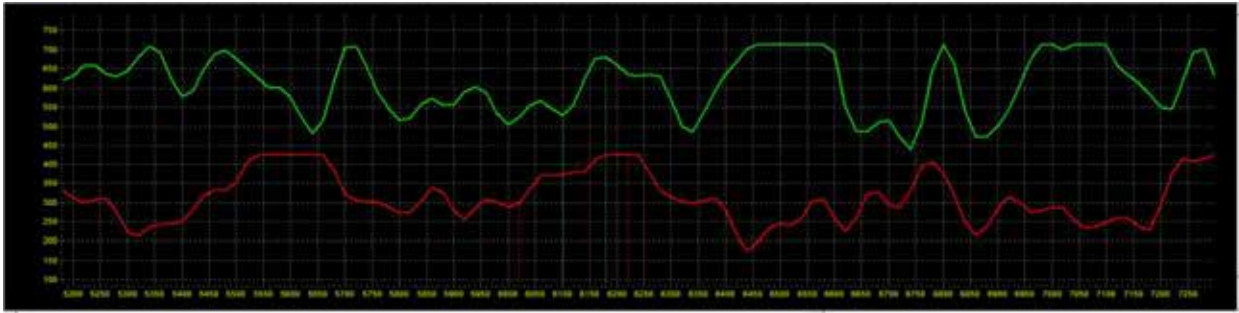


Рис. 4. Фотоплетизмографічний сигнал у пацієнта з кісткою фронтального відділу верхньої щелепи до операції

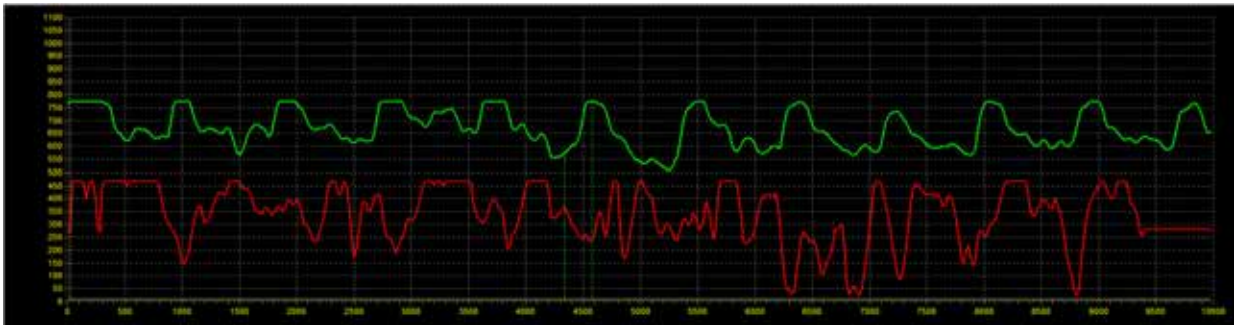


Рис. 5. Фотоплетизмографічний сигнал через 5 днів у пацієнта, якому використовували відому методику лікування (цистектомію) – група порівняння

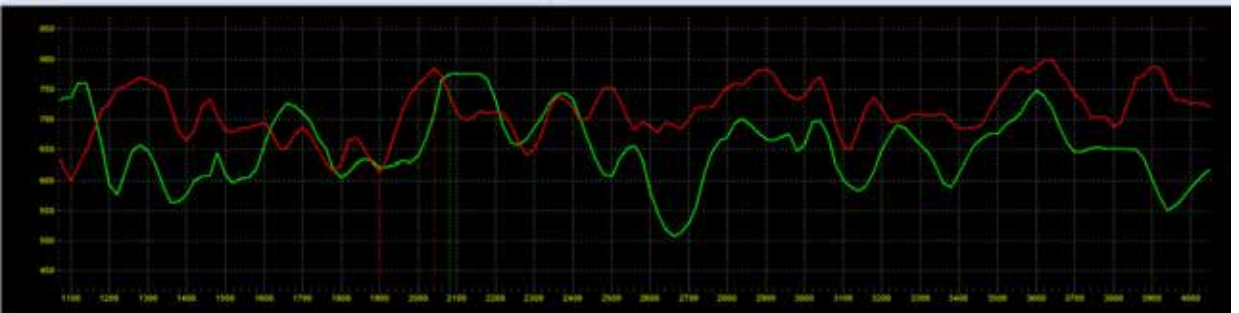


Рис. 6. Фотоплетизмографічний сигнал через 5 днів після операції у пацієнта, якому використовували удосконалену методику хірургічного лікування кіст щелеп – основна група

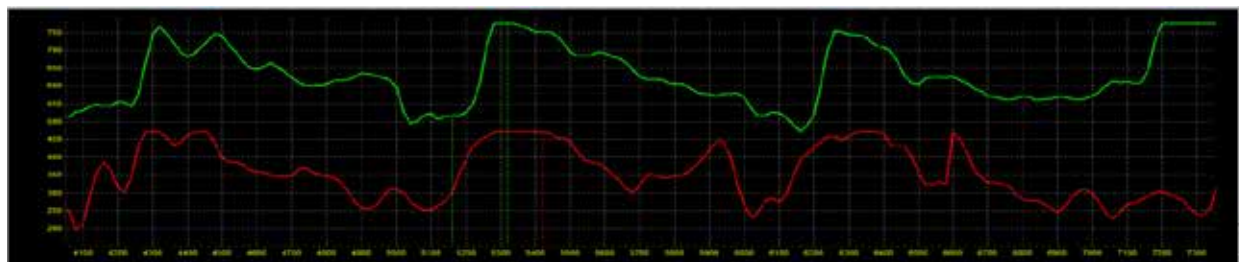


Рис. 7. Фотоплетизмографічний сигнал через 10 днів після операції у пацієнта з групи порівняння

шенням проростання кровонесних судин та нормалізації мікроциркуляторного русла у ділянці оперативного втручання (рис. 7.; рис. 8).

У таблиці 1 зведено динаміку зміни тканинної мікроциркуляції у ділянці видалення кіст щелеп.

Динаміку зміни тканинної мікроциркуляції в ділянці видалення кіст щелеп та ефективність застосування удосконаленої методики цистектомії із перфораціями кісткової порожнини наведено на рис. 9.

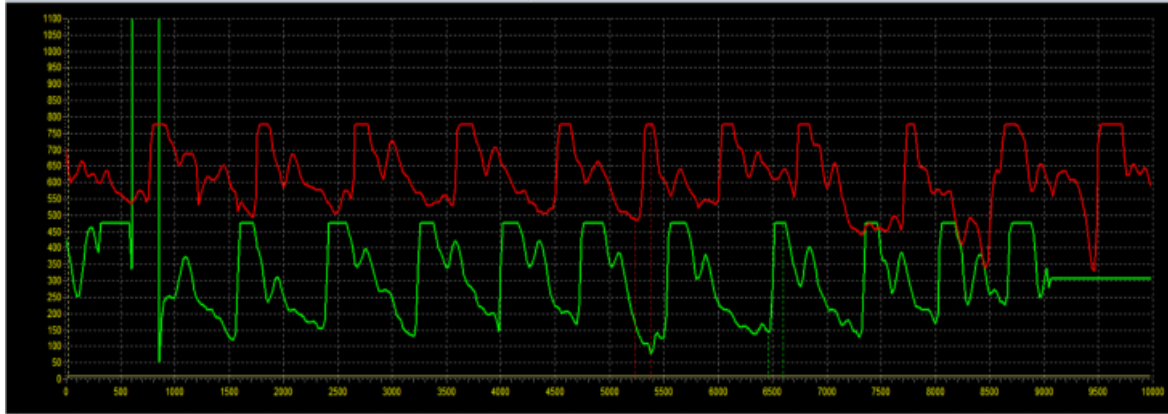


Рис. 8. Фотоплетизмографічний сигнал через 10 днів після операції у пацієнта, якому використовували удосконалені методики хірургічного лікування кіст щелеп – основна група

Таблиця 1

Динаміка зміни тканинної мікроциркуляції у ділянці видалення кіст щелеп

Група	Методика	Середній рівень тканинної мікроциркуляції Н ₃ , ум. один, %				
		До операції	Три дні після операції/ %, Δ ₁	П'ять днів після операції/ %, Δ ₂	Сім днів після операції/ %, Δ ₃	Десять днів після операції/ %, Δ ₄
Група порівняння	Відома	121.2	126.5	162.5	163.7	210.5
			4.4	34.07	35.07	73.68
Основна група	Пропонована	125.5	133.3	177.4	178.5	245.7
			6.21	41.35	42.23	95.77
		p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05

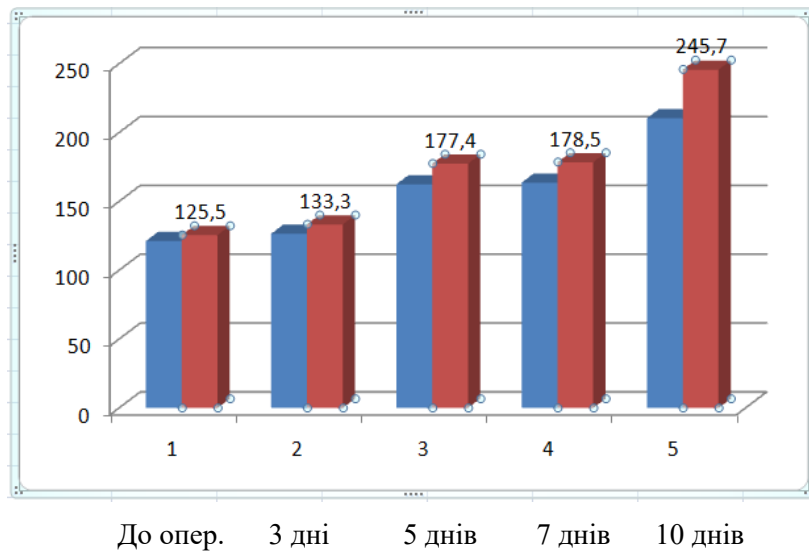


Рис. 9. Зміни тканинної мікроциркуляції в ділянці видалення кіст щелеп та ефективність застосування удосконаленої методики цистектомії із перфораціями та поглибленням кісткової порожнини порівняно із відомою методикою (цистектомія)

Ефективність удосконаленої методики цистектомії із перфораціями та поглибленням кісткової порожнини визначали за наступною формулою :

$$\begin{aligned}
 \text{Ефект. методу} &= \frac{\% \text{покр. ткан. мікроциркуляції, удос. метод (через 10 днів)}}{\% \text{покр. ткан. мікроциркуляції, відом. метод (через 10 днів)}} = \\
 &= \frac{\Delta_{4 \text{прот.}} - \Delta_{4 \text{відом.}}}{\Delta_{4 \text{відом.}}} = (95.77 - 73.68) / 73.68 \approx 29.9\%
 \end{aligned}$$

Встановлено, що покращення показників кровообігу при лікуванні кіст фронтальних ділянок щелеп із використанням удосконаленої методики підвищується на 29,9% ($p < 0,05$), що сприятиме утворенню кращих умов регенерації та успішному загоєнню ран.

Обговорення.

Виявлені відмінності у динаміці змін значень змішаного кровотоку в ділянці оперативного втручання (цистектомії) продемонстрували значне збільшення як лінійних, так і об'ємних швидкостей кровотоку. При цьому більші значення усіх показників спостерігались в усіх пацієнтів, яким використовували удосконалені методики.

Так, запропонована тактика – використання методу перфорацій та поглиблення стимулює активний ріст грануляційної тканини. Нормалізація профілю швидкості кровотоку розпочинається після 7 доби.

У подальшому наші спостереження співпадали з даними літератури. Так, протягом перших шести місяців ремоделювання кісткової тканини було більш активним [12]. Описані дослідження з вивчення регенерації альвеолярного сегмента щелепи за допомогою 3D-вимірювальних протоколів у хворих, оперованих з приводу одонтогенних кіст, які встановили, що характер регенерації кісткової тканини вказує на те, що загоєння кістозної порожнини не має лінійної тенденції, а відбувається експоненціально протягом перших 6 місяців, тоді як наступні 6 місяців складаються з повільнішого заповнення залишкової порожнини та процесів ремоделювання кістки [12].

З огляду на те, що нині немає чітких показів та особливих клінічних ознак, які б вказували на те, коли повинні бути використані кістковозамінні матеріали, згусток крові, вірогідно, є найбільш ефективним природним біологічним заповненням порожнин, оскільки він здатний зберегти висоту залишкової кісткової стінки, обмеженої окістям та ендостом, щоб захистити його.

Висновки. Ефективним методом контролю регенерації післяопераційної рани є фотоплетизмографія. При проведенні ФП спостерігається збільшення показників кровообігу, починаючи з п'ятої доби. Визначено підвищення показників гемодинаміки у пацієнтів основної групи на 10 добу після оперативного втручання на 29,9% ($p < 0,05$).

При подальшому дослідженні відзначається ефективність удосконаленої методики протягом двох тижнів загоєння без ускладнень.

Література:

1. Аветіков, Д. С., Локес, К. П., Проніна, О. М., & Стебловський, Д. В. (2021). *Стан мікроциркуляторного русла тканин пародонта у пацієнтів з одонтогенними кістами щелеп* (Doctoral dissertation, Полтавський державний медичний університет).
2. Павлов С.В., Азаров О.Д., Вовкотруб Д.В., Бабюк Н.П. Застосування оптико-електронних технологій для оброблення біомедичних зображень шляхом формування інформаційних ознак. Проблеми інформатизації та управління. Київ: НАУ, 2013;1(41):81-7.
3. Павлов С.В., Кожем'яко В.П., Колісник П.Ф., та ін. Фізичні основи біомедичної оптики: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2010. 155 с.
4. Павлов С.В., Авруніна О.Г., Злепка С.М., Бодяньський С.В., та ін. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К», 2019. 260 с.
5. Kanishyna, T., Shkilniak, L., Vlasenko, O., Pavlov, V., Khomenko, Z., etc. (2022, December). Study of tissue microcirculation disorders after tooth extraction by photoplethysmography in diabetic patients. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2022* (Vol. 12476, pp. 7-12). SPIE.
6. Koju, S., Chaurasia, N., Marla, V., Niroula, D., & Poudel, P. (2019). Radicular cyst of the anterior maxilla: An insight into the most common inflammatory cyst of the jaws. *Journal of Dental Research & Review*, 6(1).
7. Kozlovska T.I., Zlepko S.M., Kolesnic P.F., Pavlov V.S., Poplavskyy A.V., Wójcik W., Spabekova M., Mirzabayev S. "Optoelectronic multispectral device for determining the state of peripheral blood circulation", Proc. SPIE 11581, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020, 115810L (14 October 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2580360>.
8. Kozlovska T.I., Pavlov S.V. Optoelectronic means for diagnosing of human pathologies LAP-LAMBERT Academic Publishing, 2019, 51 p.
9. Lee, S. T., Kim, S. G., Moon, S. Y., Oh, J. S., You, J. S., & Kim, J. S. (2017). The effect of decompression as treatment of the cysts in the jaws: retrospective analysis. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 43(2), 83.
10. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). *Information Technology in Medical Diagnostics II*. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>. eBook ISBN 9780429057618.
11. Pavlov S. V., Kozhukhar A. T., et al. Electro-optical system for the automated selection of dental implants according to their colour matching. *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097; R93; NR3/2017:121-4. doi:10.15199/48.2017.03.28.

12. Ronald Rovira; Marcia M. Bayas; Sergey V. Pavlov; Tatiana I. Kozlovskaya; Piotr Kisała, et al. Application of a modified evolutionary algorithm for the optimization of data acquisition to improve the accuracy of a video-polarimetric system, *Proc. SPIE* 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 981619 (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229087.

13. Shear, M., & Speight, P. M. (2008). Cysts of the oral and maxillofacial regions. John Wiley & Sons.

14. Vitale A., Battaglia S., Crimi S., Ricceri C., Cervino G., Cicciù M., De Ponte F.S., Leonardi R.M., Bianchi A. Spontaneous Bone Regeneration after Enucleation of Mandibular Cysts: Retrospective Analysis of the Volumetric Increase with a Full-3D Measurement Protocol. *Applied Sciences*. 2021; 11(11):4731. <https://doi.org/10.3390/app11114731>.

References:

1. Avetikov, D. S., Lokes, K. P., Pronina, O. M., & Stelobovskiy, D. V. (2021). Stan mikrotsyrkuliatornoho rusla tkanyh parodonta u patsientiv z odontohennymy kistamy shchelep [The condition of the microcirculatory bed of periodontal tissues in patients with odontogenic cysts of the jaws] (Doctoral dissertation, Poltava State Medical University).

2. Pavlov S.V., Azarov O.D., Vovkotrub D.V., Babiuk N.P. Zastosuvannya optyko-elektronnykh tekhnolohii dlia obroblyennia biomedychnykh zobrazhen shliakhom formuvannia informatsiynykh oznak [Application optical-electronic technologies for processing biomedical images by forming information features]. Problems of informatization and management. Kyiv: NAU, 2013;1(41):81-7.

3. Pavlov S.V., Kozhemyako V.P., Kolisnyk P.F., etc. Fizychni osnovy biomedychnoi optyky: monohrafiia [Physical foundations of biomedical optics: monograph]. Vinnytsia: VNTU, 2010. 155 p.

4. Pavlov S.V., Avrunina O.G., Zlepka S.M., Bodyansky E.V., etc. Intelligent technologies in medical diagnosis, treatment and rehabilitation: monograph. Vinnytsia: PP "TD "Edelweiss and K", 2019. 260 p.

5. Kanishyna, T., Shkilniak, L., Vlasenko, O., Pavlov, V., Khomenko, Z., etc. (2022, December). Intelktualni tekhnolohii v medychnii diahnozytsi, likuvanni ta rehabilitatsii: monohrafiia [Study of tissue microcirculation disorders after tooth extraction by photoplethysmography in diabetic patients]. In *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and*

High Energy Physics Experiments 2022 (Vol. 12476, pp. 7-12). SPIE.

6. Koju, S., Chaurasia, N., Marla, V., Niroula, D., & Poudel, P. (2019). Radicular cyst of the anterior maxilla: An insight into the most common inflammatory cyst of the jaws. *Journal of Dental Research & Review*, 6(1).

7. Kozlovskaya T.I, Zlepko S.M, Kolesnic P.F, Pavlov V.S, Poplavskyy A.V, Wójcik W, Spabekova M, Mirzabayev S. "Optoelectronic multispectral device for determining the state of peripheral blood circulation", *Proc. SPIE* 11581, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020, 115810L (14 October 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2580360>.

8. Kozlovskaya T.I, Pavlov S.V. Optoelectronic means for diagnosing of human pathologies LAP-LAMBERT Academic Publishing, 2019, 51 p.

9. Lee, S. T., Kim, S. G., Moon, S. Y., Oh, J. S., You, J. S., & Kim, J. S. (2017). The effect of decompression as treatment of the cysts in the jaws: retrospective analysis. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 43(2), 83.

10. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, https://doi.org/10.1201/9780429057618_eBook ISBN 9780429057618.

11. Pavlov Sergii V., Kozhukhar Aleksandr T., et al. Electro-optical system for the automated selection of dental implants according to their colour matching. *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097; R93; NR3/2017:121-4. doi:10.15199/48.2017.03.28.

12. Ronald Rovira; Marcia M. Bayas; Sergey V. Pavlov; Tatiana I. Kozlovskaya; Piotr Kisała, et al. Application of a modified evolutionary algorithm for the optimization of data acquisition to improve the accuracy of a video-polarimetric system, *Proc. SPIE* 9816, Optical Fibers and Their Applications 2015, 981619 (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229087.

13. Shear, M., & Speight, P. M. (2008). Cysts of the oral and maxillofacial regions. John Wiley & Sons.

14. Vitale A., Battaglia S., Crimi S., Ricceri C., Cervino G., Cicciù M., De Ponte F.S., Leonardi R.M., Bianchi A. Spontaneous Bone Regeneration after Enucleation of Mandibular Cysts: Retrospective Analysis of the Volumetric Increase with a Full-3D Measurement Protocol. *Applied Sciences*. 2021; 11(11):4731. <https://doi.org/10.3390/app11114731>.