

Dudko O. G., Sorochan O. M., Shayko-Shaykovskiy O. G.

## THE EFFECT OF MECHANICAL FACTORS FOR INTERNAL FRACTURE FIXATION WITH A PLATE ON FRACTURE HEALING

*The main principle of treatment of bone fractures of the musculoskeletal system is the repositioning of the chips with their subsequent fixation by various designs until the consolidation of the fracture. This process is influenced by a significant number of factors, such as general (the age of the patient, the presence of concomitant diseases, metabolic disorders, the use of drugs, etc.) and local (the quality of the fragment fragmentation, blood supply to this site, the presence of infection in this area, etc.). Of considerable importance are mechanical factors, optimization of which allows to achieve fracture joining in optimal terms. Traditionally it is believed that the most durable structural materials should be used for the bone osteosynthesis purposes, because as a result of the load, the phenomena such as the migration of the latches, their fracture, secondary displacement, non-fracture fracture are often noted. In connection with this, there was a need for an analysis of the mechanical factors that influence fracture joints, the choice of materials and the construction of structures in which these parameters will be optimized.*

*An analysis of the main mechanical factors influencing the results of osteosynthesis of the fracture by the plate was performed. There are three main groups of factors - biological character, factors depending on the design and material from which the fixator is made, and the factors associated with the features of surgical technique. The best choice should be considered biotechnical systems with less rigid fixation. This effect can be achieved by using materials from Young's lowered module. According to the authors, the combination of a metal plate with polymer screws, combinations of a polymer plate with metal screws or a polymeric plate with polymer screws will help to create optimal mechanical parameters for fracture joints. The use of biodegradable materials for the manufacture of components of the fixing system allows dynamically to reduce the stiffness of the fixation and provides a gradual loading of this site.*

**Keywords:** *osteosynthesis, long-bone fracture, plate, mechanical properties, fracture healing.*

**Рецензент**

Статья принята

УДК 615.47

Киряк А. А., Кокорев А. Э., Аврунин О. Г., Кремень В. А., Олейник Г. А.

## ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОЖОГОВ МЕТОДОМ ЭКСПАНДЕРНОЙ ДЕРМОТЕНЗИИ

*Экспандерная дермотензия – перспективная область пластической хирургии. Данный метод позволяет эффективно восстанавливать кожу человека, пострадавшего от ожогов или других травм. Мы предлагаем прототип программного обеспечения для реализации метода экспандерной дермотензии с учетом расположения линий Лангера на коже пациента. На основании специальных расчетов, программа позволяет быстро и наглядно планировать оптимальное расположение экспандера для выращивания новой кожи с учетом индивидуальной вариабельности. Результаты работы могут непосредственно внедряться в медицинскую практику.*

Режим доступа: <http://sap.pstu.edu>

**Ключевые слова:** компьютерное планирование, экспандер на дермотензия, линии Лангера, механическое растяжение кожи.

**Постановка проблемы.** Метод экспандерной дермотензии – это сравнительно новый перспективный метод пластической хирургии, позволяющий устранить значительные дефекты кожи (чаще всего применяется при лечении ожогов). Метод основан на способности человеческой кожи к эластичному растяжению. Естественным путем это происходит, например, во время беременности, или при существенном прибавлении веса. Искусственным путем кожу можно растягивать с помощью специального устройства – экспандера [1].

Известно, что человеческая кожа эластична и упруга благодаря коллагену, веществу, содержащемуся в межклеточном веществе соединительной ткани. Он расположен упорядоченно, в виде пучков волокон. В направлении этих пучков формируются так называемые линии Лангера (условно проведенные линии на коже) [2]. Опытным путем было выяснено, что если растягивать кожу перпендикулярно линиям Лангера, то коллагеновые волокна вытягиваются и утончаются без фрагментации и разрывов [3]. Предполагается, что размещение экспандера с учетом линий Лангера позволит облегчить и ускорить процесс роста новой кожи.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Сам метод заключается в том, что под кожу в нескольких сантиметрах от дефектного участка кожи вводится силиконовый экспандер (рис. 1).

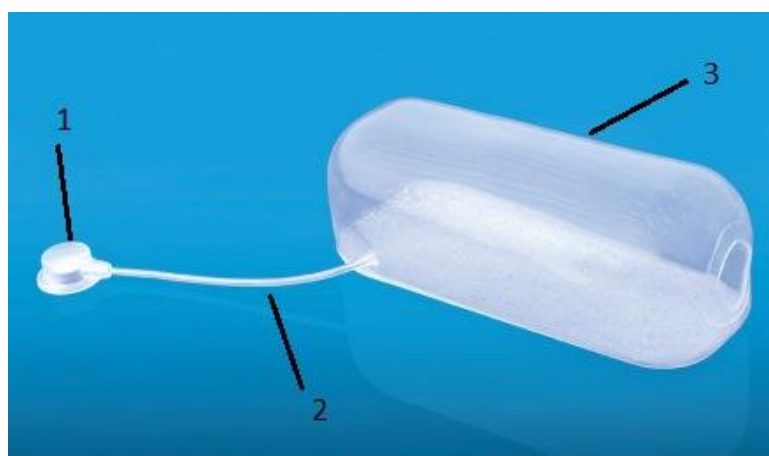


Рисунок 1 – Изображение типичного тканевого экспандера

1 – база для удаленного заполнения баллона, 2 – трубка, 3 – силиконовый баллон

Его объем рассчитывается в зависимости от площади поврежденного участка. Затем, с цикличностью в две недели в экспандер с помощью базы вводится физраствор, увеличивая объем баллона и заставляя кожу растягиваться. Таким образом, формируется «выращенный» участок кожи с необходимыми характеристиками. Затем экспандер извлекается, а измененный участок кожи иссекается. Дефект прикрывается этим участком как лоскутом. Рана послойно зашивается с наложением косметического внутрикожного шва. [2, 3]. Операция дает хорошие результаты, так как для пластики берется участок кожи, сходный по характеристикам с тем участком, который необходимо исправить.

Методы компьютерного планирования хирургических вмешательств достаточно широко развиты в разных областях медицины, где требуется высокоточное воздействие на определенные анатомические структуры [4-8].

**Цель исследования.** Мы представляем прототип программы для вычисления и наглядной демонстрации наиболее выгодного размещения экспандера с учетом линий Лангера. Входными данными являются: схема расположения линий Лангера на человеческом теле, размеры части тела пациента, которая получила повреждение, размеры и положение поврежденного участка, размеры экспандера. В результате получается изображение поврежденной части тела с показанными на ней рекомендованными (параллельно линиям Лангера) и не рекомендованными (перпендикулярно линиям Лангера) положениями экспандера. Интерфейс программы включает изображение части тела с заведомо нанесенными линиями Лангера (берется та часть тела, где есть дефект кожи), а также восьми кнопок.

**Алгоритм работы программы.** Сначала на изображении отмечается рана (для упрощения расчёта берется круглая форма), затем на ближайших к ней линиях Лангера произвольно обозначаются точки и соединяются векторами. Выбирается восемь возможных расположений экспандера вокруг раны, каждому из которых ставится в соответствие параллельный ему вектор  $\overline{C}_i$ . Для каждого  $\overline{C}_i$  находится ближайшая к нему точка на линии Лангера. Вычисляется скалярное произведение:

$$s = (\overline{C}_i, \overline{L}_i), \quad (1)$$

где:  $\overline{C}_i$  ( $i = \overline{1,8}$ ) - единичный вектор, параллельный экспандеру,  $\overline{L}_i$  - единичный вектор, выходящий из ближайшей к  $i$ -му экспандеру точки на линии Лангера (рис. 2).

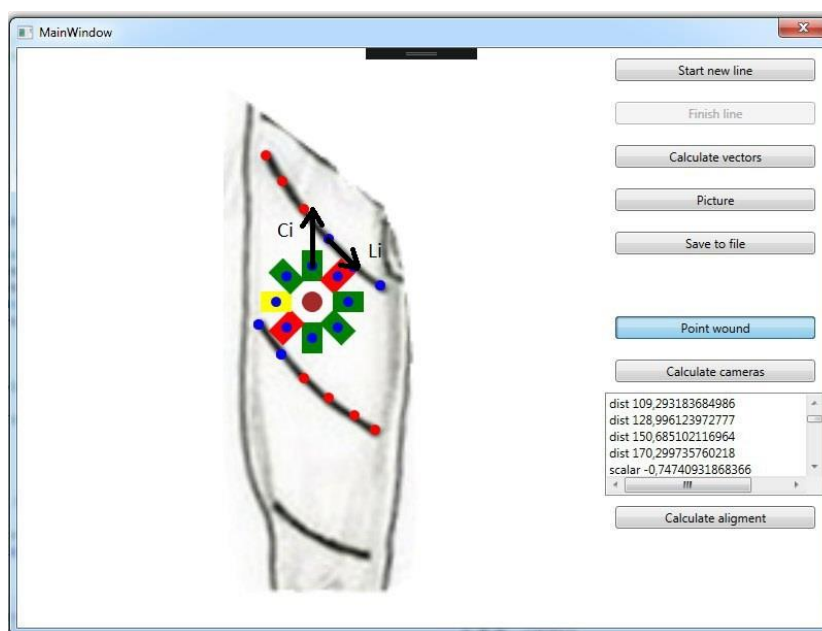


Рисунок 2 – Примеры векторов, используемых в алгоритме:  
 $\overline{C}_i$  – вектор, параллельный экспандеру,  $\overline{L}_i$  – вектор, выходящий из ближайшей к началу  $\overline{C}_i$  точки на линии Лангера

В случае если модуль скалярного произведения  $|s|$  находится в пределах от 0,7 до 1 (что отвечает практически параллельному расположению экспандера и линии Лангера в данной точке), то расположение отмечается как благоприятное и выделяется зеленым цветом. Если  $0 \leq |s| \leq 0.4$  расположение отмечается как неблагоприятное и выделяется красным цветом. Если  $0.4 < |s| < 0.7$  то расположение отмечается желтым цветом как возможное, но нерекондуемое (Рис. 3).

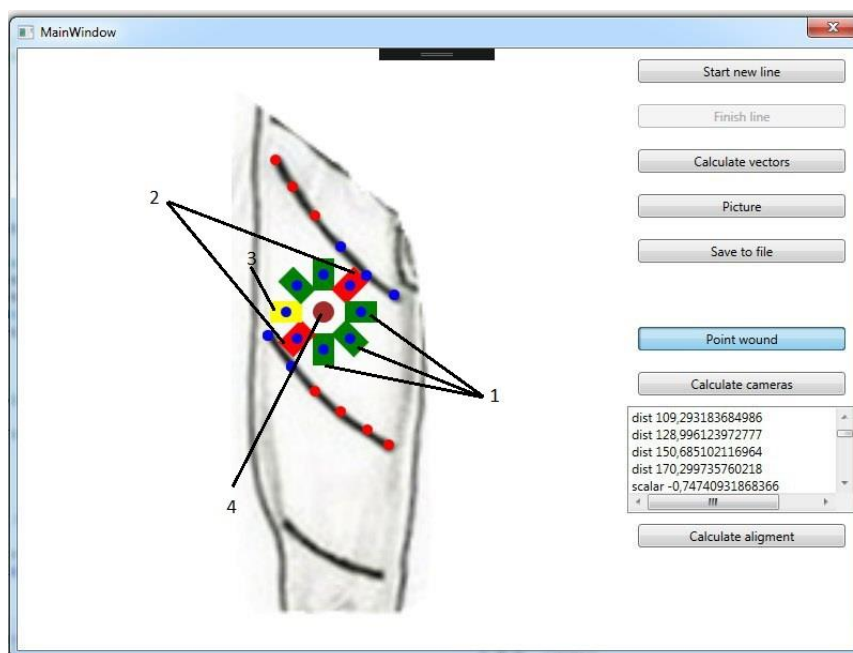


Рисунок 3 – Определение оптимального расположения экспандера:

1 – экспандеры с благоприятным расположением (отмечены зеленым), 2 – экспандеры с неблагоприятным расположением (отмечены красным), 3 – экспандер с возможным, но нерекондуемым расположением (отмечен желтым), 4 – схематическое изображение раны

Программа позволяет быстро выяснить оптимальное расположение камеры относительно раны и линии Лангера. Предполагается, что в будущем в нее будет включена небольшая база данных, основанная на изображениях различных частей тела с дефектами кожи и размерами раны.

## ВЫВОДЫ

Экспандерная демотензия очень перспективная отрасль пластической хирургии, позволяющая за небольшой временной промежуток исправить последствия ожогов или другие дефекты кожи. Представленная программа призвана облегчить работу хирурга, сократить время на расчеты и обеспечить большую точность расположения камеры относительно линий Лангера. Перспективой работы являются предварительные клинические испытания разработанного программного обеспечения.

### Список использованных источников:

1. Каспаров, С. Б. Экспандерная дермотензия при последствиях ожогов : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.27 / Каспаров Сергей Борисович. – СПб., 2006. – 143 с.
2. Кичемасов С. Х. Экспандерная дермотензия при последствиях ожогов и возможность проведения ее этапов в амбулаторных условиях / С. Х. Кичемасов, Ю. Р. Скворцов // Амбулаторная хирургия. – 2006. – № 4. – С. 65–67.
3. Морфологічні особливості шкіри при її форсованому розтягненні в експерименті / Г. А. Олійник Морфологічні особливості шкіри при її форсованому розтягненні в експерименті / Г. А. Олійник [та ін.] // Хірургія України. – 2018. – № 3 (67). – С. 45–50.
4. Аврунин, О. Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин, М. Ю. Тымкович, Х. И. Фарук // Бионика интеллекта. – 2013. – № 2 (81). – С. 101–104.
5. Шамраева, Е. О. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях / Е. О. Шамраева, О. Г. Аврунин // Бионика интеллекта. – 2006. – № 2 (65). – С. 83–87.
6. Шамраева, Е. О. Построение моделей черепных имплантов по рентгенографическим данным / Е. О. Шамраева, О. Г. Аврунин // Прикладная радиоэлектроника. – 2005. – Т. 4, № 4. – С. 441–443.
7. Аврунин, О. Г. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам / О. Г. Аврунин, Е. О. Шамраева // Системы обработки інформації. – 2007. – № 9 (67). – С. 137–140.
8. Шамраева, Е. О. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях / Е. О. Шамраева, О. Г. Аврунин // Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – 2006. – № 2 (65). – С. 83–87.

Кіряк А. О., Кокорев А. Е., Аврунін О. Г., Кремень В. А., Олійник Г. А.

### МОЖЛИВОСТІ КОМП'ЮТЕРНОГО ПЛАНУВАННЯ ПРИ ЛІКУВАННІ ОПІКІВ МЕТОДОМ ЕКСПАНДЕРНОЇ ДЕРМОТЕНЗІЇ

Метод експандерної дермотензії при пластичній хірургії опіків та інших дефектів шкіри ґрунтується на здатності людської шкіри до росту при механічному розтягуванні. Метод полягає у введенні силіконового балону (експандера) під шкіру пацієнта поблизу до місця дефекту та наповнення його фізіологічним розчином з періодичністю приблизно 1-2 тижні. Після досягнення розтягнутою шкірою необхідної площі, нову шкіру зрізають і покривають нею дефектну ділянку тіла. Було продемонстровано, що потенціал шкіри до розтягування неоднаковий у різних напрямках. Значно краще, без фрагментації та розривів, вона розтягується у напрямках, перпендикулярних так званим лініям Лангера - колагеновим волокнам, що формують пучки у товщі шкіри. Отже, розміщення експандера більш довгою віссю паралельно лініям Лангера (оскільки експандер розширюється переважно вздовж короткої осі) дозволить значно полегшити та скоротити процедуру вирощування нової шкіри за рахунок більш швидкого її розтягування. Ми пропонуємо прототип комп'ютерної програми для наочного планування розміщення експандера під шкірою пацієнта з урахуванням розташування ліній Лангера поблизу дефектної ділянки. Програма приймає на вхід схематичне зображення ліній Лангера на відповідній частині тіла, місце знаходження та розмір рани, розмір експандера. Простір навколо рани розбивається на вісім областей, у яких можливе розташування експандера. Оптимальне розташування визначається методом

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

мінімізації скалярного добутку нормованого вектору, який паралельний кожному з можливих розташувань, з нормованим вектором, дотичним до лінії Лангера у найближчій до даного розташування точці. Найкращі розташування відмічаються зеленим кольором, найгірші – червоним, проміжні – жовтим. Запропонований програмний засіб дозволить лікарю швидко та наочно з'ясувати оптимальне розташування камери експандеру відносно рани та лінії Лангера з урахування індивідуальних розмірів рани та ураженої частини тіла. На майбутнє планується включення до програми бази даних пацієнтів та зображень різних частин тіла з дефектами шкіри та розмірами рани.

**Ключові слова:** комп'ютерне планування, експандерна дермотензія, лінії Лангера, механічне розтягування шкіри.

**Kiriak A. O., Kokorev A. E., Avrunin O. G, Kremen V. A., Oleynik G. A.**

## COMPUTER PLANNING FOR THE TREATMENT OF BURNS USING TISSUE EXPANSION METHOD

*The method of tissue expansion in plastic surgery of burns and other skin defects is based on the ability of the human skin to grow at mechanical stretching. The method is to insert a silicone cylinder (expander) under the patient's skin near the defect site and fill it with a physiological solution at intervals of approximately 1-2 weeks. After the stretched skin has reached required area, a new skin is cut and transfer on the defective part of the body. It has been demonstrated that the potential of the skin to stretch uneven in different directions. Much better, without fragmentation and discontinuities, it stretches in directions perpendicular to the so-called Langer's lines - collagen fibers that form bundles in the thickness of the skin. Consequently, the expansion of the expander with a longer axis in parallel with the Langer's lines (as the expander extends mainly along the short axis) will greatly facilitate and reduce the procedure of growing the new skin due to its faster stretching. We offer a prototype of a computer program for the visual planning of placement of the expander under the skin of the patient, taking into account the location of the Langer's lines near the defective site. The program accepts the schematic representation of the Langer's lines on the corresponding part of the body, the location and size of the wound, the size of the expander. The space around the wound is divided into eight areas where the expander location is possible. The optimal location is determined by the method of minimizing the scalar product of a normalized vector, which is parallel to each of the possible locations, with a normalized vector tangent to the Langer line in the nearest point to the given location. The best locations are marked with green, the worst ones are marked with red, and the intermediate ones marked with yellow. The proposed program tool will allow the surgeon to quickly and accurately find out the optimum location of the expander chamber relative to the wound and Langer's lines, taking into account the individual sizes of the wound and the affected part of the body. For the future it is planned to include in the program the patient database and images of various parts of the body with skin defects and wound sizes.*

**Keywords:** computer planning, tissue expansion, Langer's line, mechanical stretching.

Рецензент

Статья принята

УДК 615.47

Аврунин О. Г., Носова Я. В., Худаева С. А.

## ОЦІНКА ДИСКРИМІНАНТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДУ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОЛЬФАКТОМЕТРІЇ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ РЕСПІРАТОРНО-ОЛЬФАКТОРНИХ ПОРУШЕНЬ

*Проведено статистичну обробку результатів діагностики, що підтверджує адекватність моделі незалежної статистичної верифікації та дає можливість використовувати запропонований метод при якому в повітряному тракті риноманометра встановлюється одоривектор, а пацієнту пропонується виконати дихальні маневри при фіксуванні моменту часу, при якому досягається нюхальна чутливість з послідуємим визначенням енергетичних характеристик дихання, для функціональної діагностики дихально-нюхових порушень і тестування респіраторно-нюхової чутливості.*

**Ключові слова:** одоривектор, ольфактометрія, риноманометрія.

**Постановка проблеми.** Проблема визначення респіраторно-ольфакторних порушень є дуже складною у сучасній оториноларингології, бо потребує комплексного підходу. Для визначення порушень нюху використовуються більшою мірою методи, що базуються на суб'єктивній оцінці досліджуваних (сніффінг стік тест, тест університету Пенсільванії та інші) [1]. Найбільш поширеним та об'єктивним інструментальним методом дослідження респіраторних порушень є метод кількісної оцінки функції носового дихання – риноманометрія. Цей метод заснований на вимірюванні перепаду тиску між входом та виходом із носової порожнини та витрати повітря, що пропускається при цьому [2]. Слід прийняти до уваги той факт, що порушення нюху тісно пов'язані із респіраторними. Ольфакторне дослідження може бути критерієм оцінки ринохірургічного втручання, також порушення нюху може свідчити про респіраторні порушення. Тому актуальною є задача розробки комплексного підходу визначення респіраторно-ольфакторних порушень.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** При проведенні передньої активної риноманометрії (ПАРМ) вимірюється витрата повітря  $Q$  через один із носових проходів і перепад тисків  $\Delta p$  між атмосферним і в носоглотці на вході одного з носових ходів геометрично обтурованого за допомогою диференціального датчика, причому дихання здійснюється через інший носовий хід. Достовірність діагностики при цьому значно зменшується через розширення одного носового ходу при обтурованні іншого, і, як наслідок, неможливість коректного алгебраїчного додавання послідовно вимірюваних витрат повітря  $Q_{ПАРМ}$  та  $Q_{ПАРМ}$  через лівий та правий носові ходи відповідно [3].

Задня активна риноманометрія (ЗАРМ) передбачає вимірювання сумарної витрати повітря  $Q$  при диханні носом через обидва носових ходи і перепаду тисків  $\Delta p$  між атмосферним і в носоглотці (дистальний кінець вимірювальної трубки датчика тиску вводиться через ротову порожнину) (рис. 1.).

Так як аналіз останніх досліджень та публікацій показав, що метод риноманометрії є найбільш об'єктивним функціональним методом сучасної лор-діагностики, а метод динамічної задньої активної риноманометрії (ЗАРМ) у порівнянні із передньою активною риноманометрією більш достовірний, то до стандартного методу ЗАРМ пропонується додати визначення деяких параметрів, пов'язаних із функцією нюху.