

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ВПРАВИМЫМИ СРЕДИННЫМИ
ГРЫЖАМИ ЖИВОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Д.В. АРАПОВ*, В.А. КУРИЦЫН**, С.А. СКОРОБОГАТОВ***, Е.Ф. ЧЕРЕДНИКОВ***,
Г.В. ПОЛУБКОВА***

* ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
проспект Революции, д. 19, г. Воронеж, 394036, Россия

** ЗАО «Инженерные системы автоматизации», ул. Ворошилова, д. 38А, г. Воронеж, 394055, Россия

*** ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко»,
ул. Студенческая, д.10, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Цель исследования. Создание комплекса оригинальных математических моделей, позволяющих с достаточной точностью прогнозировать послеоперационное состояние больных со средними послеоперационными грыжами живота разных размеров – от малых до гигантских. **Материалы и методы исследования.** Внутрибрюшное давление оценивалось по сатурации крови кислородом, которую определяли до операции в состоянии покоя и при физическом моделировании послеоперационного состояния передней брюшной стенки, а после операции – в 1-е, 2-е и 7-е сутки. Электромиографическим методом оценивалась общая электрическая активность мышц передней брюшной стенки и по ней определялась степень утомляемости мышц до операции и через 6 месяцев после операции. Математическое моделирование показателей пациентов реализовали методами линейного и нелинейного программирования посредством авторской интерактивной системы оптимизации. **Результаты и их обсуждение.** Установлена математическая зависимость послеоперационных показателей сатурации крови больных, общая активность мышц живота и степень их утомляемости через 6 месяцев после операции от дооперационных значений этих показателей, а также от результата физического моделирования устранения грыжи и выбранного способа операционной пластики. **Заключение.** Разработан комплекс алгебраических моделей для оценки послеоперационного состояния пациентов со средними вправимыми грыжами живота разных размеров.

Ключевые слова: математическая модель, грыжи живота, выбор пластики, прогноз состояния пациентов.

SELECTION OF OPERATING PLASTIC AND PREDICTION OF THE CONDITION OF PATIENTS
WITH CORRECTABLE ABDOMINAL HERNIAS WITH USING MATHEMATICAL MODELS

D.V. ARAPOV*, V.A. KURITSYN**, S.A. SKOROBOGATOV***, E.F. CHEREDNIKOV***,
G.V. POLUBKOVA***

* FSBEI HE «Voronezh State University of Engineering Technologies»,
Revolution Avenue, 19, Voronezh, 394036, Russia

** CJSC Engineering Automation Systems, Voroshilov Street, 38a, Voronezh, 394055, Russia

*** FSBEI HE «Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko»,
Student Street, 10, Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The research purpose was creation of the complex of the original mathematical models allowing with a sufficient accuracy to predict a postoperative condition of patients with median postoperative hernias of a belly of the different sizes - from small to huge. **Materials and methods.** Intra belly pressure was estimated on a blood saturation by oxygen which was defined before operation at rest and at physical modeling of a postoperative condition of an anterior abdominal wall, and after operation - in the 1st, 2nd and 7th day. The electromyographic method estimated the general electric activity of muscles of an anterior abdominal wall and degree of fatigue of muscles before operation and in 6 months after operation was determined by it. Mathematical modeling of indicators of patients was implemented by methods of linear and nonlinear programming by means of the author's interactive system of optimization. **Results.** Authors found mathematical dependence of postoperative indicators of a saturation of blood of patients, the general activity of muscles of a stomach and degree of their fatigue in 6 months after operation from presurgical values of these indicators and also from result of physical modeling of elimination of hernia and the chosen way of the operating room plastics. **Conclusion.** The complex of algebraic models is developed for assessment of a postoperative condition of patients with median reducible hernias of a belly of the different sizes.

Keywords: mathematical model, stomach hernias, choice plastics, forecast of a condition of patients.

Проблема лечения грыж передней брюшной стенки живота до настоящего времени актуальна, так как оперативные вмешательства по поводу послеоперационных срединных грыж живота реализуются сравнительно часто [1, 4]. Практически у половины пациентов пожилого и старческого возраста возникают рецидивы при пластике собственными тканями [1, 10]. Однако в связи с развитием лапароскопических технологий в хирургическом лечении увеличивается количество послеоперационных грыж малых размеров, которые активно лечатся пластикой местными тканями [7]. Широко используется «не натяжная» методика протезирования брюшной стенки с использованием сетчатых протезов при лечении послеоперационных срединных грыж [1]. Но, и при использовании синтетических эндопротезов частота рецидивов довольно высокая и достигает 30%, что обусловливается в основном отторжением имплантата [12].

В последние годы стали активно внедряться сепарационные методики с установкой сеток больших размеров, но недостатком этих операций является их достаточно высокая продолжительность и травматичность, а также не изученность отдаленных последствий [8]. До настоящего времени актуальна проблема реконструкции брюшной стенки у пациентов с вентральными грыжами [5]. Очевидно, оптимальным вариантом хирургического лечения послеоперационных срединных грыж является пластика собственными тканями, которая, однако, при больших и гигантских грыжах сопровождается резким повышением внутрибрюшного давления. Устранение или значительное понижение внутрибрюшного давления, снижение натяжения собственных тканей является главными факторами успешности операционной пластики. Поэтому в целях безопасности пациентов операционное вмешательство должно сопровождаться контролем величины и динамики изменения внутрибрюшного давления. Для безопасности больных [13] в зарубежной практике осуществляется интраоперационный мониторинг показателя брюшного давления или предоперационная рентгенкомпьютерная герниоабдоменометрия.

В отечественной практике внутрибрюшное давление чаще всего оценивают по давлению в мочевом пузыре с использованием трансуретрального катетера. Недостаток метода – его инвазивность, плохая переносимость и частые осложнения. Более перспективной является не инвазивная методика опосредованной оценки изменений внутрибрюшного давления путем измерения сатурации крови кислородом на различных этапах лечения пациентов [4, 9].

Общим недостатком большинства публикаций является то, что в них чаще всего используется только общепринятая описательная статистическая обработка экспериментальных данных с использованием критериев Вилкоксона, Манна-Уитни. Задача разработки математических зависимостей для прогнозирования послеоперационного состояния больных в них не ставилась и не рассматривалась, в то время как математическое моделирование является мощным средством для прогнозирования поведения различных объектов, включая больных [2, 6]. В [11] сообщается о разработке нейронных сетей, на основе которых для больных с грыжами прогнозируется качество жизни на основе выбранных показателей. В этой связи, создание комплекса *математических моделей* (ММ) для прогнозирования состояния пациентов с вправимыми срединными грыжами живота актуально.

Цель исследования – разработка комплекса оригинальных ММ, позволяющих для выбранного метода лечения с высокой точностью прогнозировать послеоперационное состояние пациентов со срединными послеоперационными грыжами разных размеров на длительный период времени.

Материалы и методы исследования. Экспериментальное исследование выполнено на базе БУЗ ВО ВГКБСМП №1 и №10 и НИИ герниологии им. проф. Любых Е.Н. «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» МЗ РФ у 55 пациентов. Определены три основные группы пациентов в зависимости от ширины грыжевых ворот и размеров грыжи: 1) 16 человек (29%) были с грыжами малого размера и имели ширину грыжевых ворот до 5 см; 2) 20 больных (36%) имели грыжи среднего размера и ширину ворот от 5 до 9 см; 3) у 19 пациентов (35%) зарегистрированы грыжи большого и гигантского размера (ширина грыжевых ворот от 10 до 16 см). Больные имели разный возраст и пол, некоторые пациенты – сопутствующие хронические заболевания. Эти данные при разработке ММ не учитывались, группы сравнения не рассматривались.

Внутрибрюшное давление оценивали по сатурации крови кислородом [4, 9]. Для этого использовали пульсоксиметры «Армед», *Bitmos Sat 816* и ОП-31.1 «Тритон Т-31». Значимых отличий в определении значений сатурации данными приборами не выявили. Величину сатурации крови определяли: до операции в состоянии покоя и при физическом моделировании послеоперационной ситуации посредством погружения пилотом в брюшную полость большого грыжевого содержимого с одновременным стягиванием живота и сближением грыжевых ворот. После операции фиксировалось снижение сатурации крови кислородом в 1-е, 2-е и 7-е сутки. Электромиографическим методом оценивалась общая электрическая активность и степень утомляемости мышц живота до операции и через 6 месяцев после операции. Для этой цели применяли электромиограф Нейрософт «Нейро-МВП». Вначале регистрировали общую электрическую активность мышц передней брюшной стенки живота во время статических нагрузок, затем определяли степень утомляемости этих мышц по методике, изложенной в [3]. Для устранения грыж применяли следующие виды пластики: пластика местными тканями (по Сапежко) в виде дубликатуры; аппаратный способ пластики с *иммобилизацией операционной раны* (ИОР) на хирургическом мостике;

двухэтапный аппаратный способ профессора Е.Н. Любых; задняя сеперационная пластика; эндопротезирование передней брюшной стенки в виде заплатки.

Вычислительные эксперименты проводили в ФГБОУ ВО «ВГУИТ». Обработку экспериментальных данных осуществляли с помощью авторской *интерактивной системы оптимизации* (ИСО).

Результаты и их обсуждение. В табл. 1 показаны 2 из 20 экспериментальных данных, полученных у пациентов с грыжами среднего размера при операционной пластике «иммобилизация операционной раны» и «иммобилизация операционной раны с укрепляющим протезированием».

Для определения расчетных формул сатурации крови пациентов в 1-й, 2-й и 7-й послеоперационный день, активности мышц живота и их утомляемости через 6 месяцев после операции экспериментальные значения показателей пациентов были обработаны на ЭВМ методами линейного и нелинейного программирования посредством ИСО. Структура математических моделей определялась в диалоговом режиме в процессе вычислительных экспериментов. При поиске коэффициентов ММ минимизировался

квадратичный критерий: $R = \sum_{i=1}^{L_p} \left(1 - \frac{P_i^{pac}(\mathbf{A})}{P_i^{exc}} \right)^2 \xrightarrow{\mathbf{A}} \min$, где L_p – количество обработанных экспериментальных

данных; P_i^{pac}, P_i^{exc} – соответственно расчетное и экспериментальное значение моделируемого показателя состояния больного; \mathbf{A} – вектор коэффициентов математических моделей.

Таблица 1

Выборка из экспериментальных данных пациентов с грыжами живота средних размеров

№№ больных п/п	$S^0, \%$	$S^M, \%$	U^0	$A^0, \text{мкВ}$	$S_1, \%$	$S_2, \%$	$S_7, \%$	$U_{0,5}$	$A_{0,5}, \text{мкВ}$
ИОР									
2	97,5	92,7	2,25	634	91,3	92,8	96,7	2,12	670
ИОР с укрепляющим протезированием									
17	97,8	93,0	2,1	527	91,5	93,7	97,6	2,05	554

1. Математическое моделирование зависимости сатурации S_1 , измеренной спустя 1 сутки после операции, от дооперационных показателей больного:

а) грыжи средних размеров, выбранный способ пластики – «иммобилизация операционной раны» ИОР:

$$S_1 = a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^8 \exp(-0,28 \cdot S^M) + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M + a_4 \cdot S^M \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_5 \cdot \ln U^0 / \ln A^0 + a_6 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 \right)^{a_7} + a_8 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 \right)^{a_9}, \quad (1)$$

где S_1 – сатурация крови больного через одни сутки после операции, %; S^0 – сатурация крови больного перед операцией в спокойном состоянии, %; S^M – сатурация крови больного после имитации операции при физическом моделировании, %; A^0, U^0 – соответственно общая электрическая активность и степень утомляемости мышц живота больного перед операцией в спокойном состоянии. В табл. 2 приведены коэффициенты ММ (1).

Таблица 2

Коэффициенты математической модели (1)

$a_1 = 17,013071$	$a_2 = -416,81447$	$a_3 = -2,7495936$	$a_4 = -114,39606$	$a_5 = -142,42282$
$a_6 = 10,018354$	$a_7 = -0,3574036 \cdot 10^{-3}$		$a_8 = 2,0$	$a_9 = 6,0$

б) грыжи средних размеров, выбранный способ пластики – «ИОР с укрепляющим протезированием»:

$$S_1 = a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^{11} \exp(-0,3 \cdot S^M) + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M + a_4 \cdot S^M \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_5 \cdot \ln U^0 / \ln A^0 + a_6 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 \right)^{a_7} + a_8 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 \right)^{a_9}. \quad (2)$$

В табл. 3 показаны коэффициенты ММ (2).

Таблица 3

Коэффициенты математической модели (2)

$a_1 = 0,26453631$	$a_2 = 0,0959278$	$a_3 = -0,11089$	$a_4 = 30,017594$	$a_5 = 143,78279$
$a_6 = -2,0592991$	$a_7 = 0,18472231 \cdot 10^{-4}$		$a_8 = 2,0$	$a_9 = 6,0$

Структура модели S_1 является общей для всех исследованных типов грыж и видов операционного вмешательства. Но для каждого вида грыж и выбранного метода пластики в модели сатурации S_1 получили свои значения коэффициентов $a_1 - a_9$ и величины предэкспоненциальных и подэкспоненциальных множителей в слагаемых с коэффициентами a_2 . Таким образом, получена зависимость послеоперационной сатурации S_1 от дооперационных показателей больного для рассмотренных видов грыж и методов пластики. Погрешность ее моделирования составляет не более $\pm 0,2\%$.

2. Моделирование сатурации крови на вторые и седьмые сутки после операции (структура модели общая для рассмотренных типов грыж и методов операционного вмешательства):

$$S_{2,7} = a_1 + a_2 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 \right) + a_3 \cdot \left(\sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 \right) \cdot \exp(-a_4 \cdot \tau) + a_5 \cdot S^M \cdot \ln A^0 / U^0 + a_6 \cdot (S_1 - S^M) + a_7 \cdot \ln U^0 / \ln A^0, \quad (3)$$

где S_2 и S_7 – соответственно сатурация крови больного на 2-е и 7-е сутки после операции; τ – равно 2 или 7 в зависимости от послеоперационного времени в сутках.

В табл. 4 приведены значения коэффициентов ММ (3) для способа пластики – ИОР.

Таблица 4

Коэффициенты математической модели (3), пластика ИОР

$a_1 = -68,81241$	$a_2 = 2,3854487$	$a_3 = -2,09728$	$a_4 = 0,5961386$	$a_5 = 0,2861393$
$a_6 = -0,3305544$		$a_7 = 590,67578$		

В табл. 5 приведены значения коэффициентов ММ (3) для способа пластики – ИОР с укрепляющим протезированием. Средняя ошибка моделирования по формуле (3) составляет не более $\pm 0,3\%$.

Таблица 5

Коэффициенты математической модели (4), пластика ИОР с укрепляющим протезированием

$a_1 = 59,416367$	$a_2 = 1,4044043$	$a_3 = 2,4353195$	$a_4 = 0,6215204$	$a_5 = 0,0638832$
$a_6 = 0,2337787$		$a_7 = 101,41609$		

3. Моделирование утомляемости мышц живота больного и их общей электрической активности через полгода после операции (структура модели общая для всех рассмотренных типов грыж и методов оперативного вмешательства):

$$U_{0,5} = U^0 + a_1 \cdot S_7 + a_2 \cdot S_7^2 + a_3 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_4 \cdot (S^0 - S^M) + a_5 \cdot (S_7 - S^M)^2; \quad (4)$$

$$A_{0,5} = A^0 + a_1 \cdot S_7 + a_2 \cdot S_7^2 + a_3 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_4 \cdot (S^0 - S^M) + a_5 \cdot (S_7 - S^M)^2, \quad (5)$$

где $U_{0,5}$ и $A_{0,5}$ – соответственно степень утомляемости мышц живота и их общая электрическая активность через шесть месяцев после операции.

В табл. 6 и табл. 7 приведены значения коэффициентов ММ (4) и (5) соответственно для способа пластики ИОР для грыж средних размеров.

Таблица 6

Коэффициенты математической модели (4), пластика ИОР

$a_1 = 0,047973384$	$a_2 = -0,54363936 \cdot 10^{-3}$	$a_3 = 0,044165252$	$a_4 = 0,05939359$	$a_5 = 0,71605147 \cdot 10^{-3}$
---------------------	-----------------------------------	---------------------	--------------------	----------------------------------

Коэффициенты математической модели (5), пластика ИОР

$a_1 = -7,4027057$	$a_2 = 0,0771236$	$a_3 = -9,622034$	$a_4 = 25,621088$	$a_5 = -2,042991$
--------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

В табл. 8 и табл. 9 приведены значения коэффициентов ММ (4) и (5) соответственно для способа пластики ИОР с укрепляющим протезированием для грыж средних размеров.

Коэффициенты математической модели (4), пластика ИОР с укрепляющим протезированием

$a_1 = 0,18589786$	$a_2 = -0,20875269 \cdot 10^{-2}$	$a_3 = 0,3873868$	$a_4 = -0,21752075$	$a_5 = 0,85627011 \cdot 10^{-2}$
--------------------	-----------------------------------	-------------------	---------------------	----------------------------------

Коэффициенты математической модели (5), пластика ИОР с укрепляющим протезированием

$a_1 = -11,039273$	$a_2 = 0,119142$	$a_3 = 0,9191353$	$a_4 = -6,1439$	$a_5 = -0,176097$
--------------------	------------------	-------------------	-----------------	-------------------

Погрешность моделирования свойств, рассчитываемых по формулам (4) и (5) составляет в среднем $\pm 2-3\%$.

Прогнозирование послеоперационного состояния больного реализуется в несколько этапов. На первом этапе, на основе дооперационных показателей состояния пациента и выбранного метода пластики осуществляется предварительный расчет его послеоперационного состояния по моделям (1)-(5). Далее, измеренное значение сатурации крови больного спустя 1-и сутки после операции S_1 подставляется, наряду с исходными показателями, в модель (3) и уточняются величины сатурации крови на 2-й и 7-й день после операции, затем рассчитываются показатели общей активности и степени утомляемости мышц живота спустя шесть месяцев после операции. На седьмые сутки после операции измеряется величина сатурации крови, которая подставляется в модели (4) и (5), посредством которых уточняются показатели мышц живота через полгода после операции. Имитационное моделирование показывает, что уже предварительный расчет дает хорошие результаты прогнозирования состояния больного, которые затем лишь немного уточняются (табл. 10).

Результаты прогнозирования показателей больных №2 и №17 (табл. 1)

Стадия прогноза	$S_1, \%$	$S_2, \%$	$S_7, \%$	$U_{0,5}$	$A_{0,5}, \text{мкВ}$
Вид пластики ИОР, больной № 2					
Предварительный прогноз	91,32	92,93	96,73	2,13	668,9
Прогноз после измерения S_1	91,32	92,94	96,74	2,13	668,9
Прогноз после измерения S_7	91,32	92,94	96,74	2,13	669,5
Вид пластики ИОР с укрепляющим протезированием, больной № 17					
Предварительный прогноз	91,52	93,52	97,91	1,99	560,5
Прогноз после измерения S_1	91,51	93,39	97,78	2,0	559,2
Прогноз после измерения S_7	91,51	93,39	97,78	1,99	559,5

Заключение. Проведено экспериментальное исследование и математическое моделирование основных послеоперационных показателей больных со срединными вправимыми грыжами живота разных размеров. Разработан комплекс математических моделей, позволяющих для выбранного метода хирургического вмешательства прогнозировать с достаточной точностью состояние брюшной стенки больного в отдаленные сроки после операции. Для моделей каждого метода изученной пластики получены значения регрессионных коэффициентов. На примере грыж средних размеров показано применение разработанных моделей для прогнозирования послеоперационного состояния больных.

Литература

1. Азимов Р.Х., Курбанов ФС, Чиников МА, Шемятовский КА, Тархани МКМ, Джуманов АК. Четырехлетний опыт пластики грыж передней брюшной стенки сетчатыми имплантатами из титановой нити // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2021. №2. С. 73–79.
2. Заворотный О.О., Зиновьев Е.В., Костяков Д.В. Возможности прогнозирования летального исхода тяжело обожженных на основе методов регрессионного анализа // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2020. Т. 179, №5. С. 21–29.
3. Любых Е.Н., Комкова Е.А., Слепокурова Т.А. Способ выбора вида оперативного лечения пациентов с грыжевыми дефектами передней брюшной стенки. Патент РФ 2491887. 2013.
4. Чередников Е.Ф., Полубкова Г.В., Глухов А.А., Skorobogatov S.A. Выбор способа хирургического лечения пациентов с послеоперационными срединными вправимыми грыжами на основе не инвазивной оценки внутрибрюшного давления // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2017. Т.10, №2. С. 103–110.
5. Albino F.P., Patel K.M., Nahabedian M.Y., Sosin M., Attinger C.E., Bhanot P. Does mesh location matter in abdominal wall reconstruction? A systematic review of the literature and a summary of recommendations // Plastic and Reconstructive Surgery. 2013. №132. P. 1295–1304.
6. Arapov D.V., Tikhomirov S.G., Chertov E.D., Khaustov I.A., Kudryashov V.S., Saiko D.S. Determination of Parameters Assigned to an Anti-Surge Controller in a Turbocompressor Automation Systems // Chemical and Petroleum Engineering. 2018. №53(9-10). P. 653–657.
7. Bittner R., Bingener-Casey J., Dietz U., Fabian M., Ferzli G., Fortelny R., Köckerling F., Kukleta J., LeBlanc K., Lomanto D., Misra M., Morales-Conde S., Ramshaw B., Reinhold W., Rim S., Rohr M., Schrittwieser R., Simon Th., Smietanski M., Stechemesser B., Timoney M., Chowbey P. Guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias. (International Endohernia Society [IEHS]). Part III // Surgical Endoscopy. 2014. №28 (2). P. 380–404.
8. Carbonell A.M., Criss C.N., Cobb W.S., Novitsky Y.W., Rosen M.J. Outcomes of synthetic mesh in contaminated ventral hernia repairs // American College of Surgeons. 2013. №217(6). P. 991–998.
9. Cherednikov E.F., Polubkova G.V., Skorobogatov S.A., Mehantjeva L.E., Ovsyannikov E.S. Surgical Treatment Options for Patients with Large and Giant Postoperative Reducible Medial Abdominal Hernias // International Journal of Biomedicine. 2019. №9(3). P. 111–112.
10. Hanna E.M., Byrd J.F., Moskowitz M., Mann J.W., Stockamp K.T., Patel G.N. Outcomes of a prospective multi-center trial of a second-generation composite mesh for open ventral hernia repair // Hernia. 2014. №18(1). P. 81–90.
11. Jensen K.K., Henriksen N.A., Harling H. Standardized measurement of quality of life after incisional hernia repair: a systematic review // The American Journal of Surgery. 2014. №208(3). P. 485–493.
12. Klinge U., Klosterhalfen B. The ideal mesh? // Pathobiology. 2013;80(4):169-175.
13. Pham T.D., Le D.T.P., Xu J., Nguyen D.T., Martindale R.G., Deveney C.W. Personalized identification of abdominal wall hernia meshes on computed tomography // Computer methods and programs in biomedicine. 2014. №113. P. 153–161.

References

1. Azimov RH, Kurbanov FS, Chinikov MA, Shemyatovskij KA, Tarkhani MKM, Dzhumanov AK. Chetyrehletnij opyt plastiki gryzh perednej brjushnoj stenki setchatymi implantantami iz titanovoj niti [Four years of experience in plastic surgery of anterior abdominal wall hernias with mesh implants made of titanium thread]. Pirogov Russian Journal of Surgery-Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova. 2021;2:73-9. Russian.
2. Zavorotniy OO, Zinoviev EV, Kostyakov DV. Vozmozhnosti prognozirovaniya letal'nogo ishoda tjazhelo obozhzhennyh na osnove metodov regressionnogo analiza [Possibilities of predicting the lethal outcome of severely burned patients based on the methods of regression analysis]. Vestnik hirurgii im. I.I. Grekova. 2020;179(5):21-9. Russian.
3. Lyubykh EN, Komkova EA, Slepokurova TA. Sposob vybora vida operativnogo lechenija pacientov s gryzhevymi defektami perednej brjushnoj stenki [A method of choosing the type of surgical treatment for patients with hernial defects of the anterior abdominal wall]. Russian Federation Patent RU 2491887. 2013.
4. Cherednikov EF, Polubkova GV, Glukhov AA, Skorobogatov SA. Vybora sposoba hirurgicheskogo lechenija pacientov s posleoperacionnymi sredinnymi vpravimymi gryzhami na osnove ne invazivnoj ocenki vnutribrjushnogo davlenija [The choice of the method of surgical treatment of patients with postoperative median reducible hernias on the basis of non-invasive assessment of intra-abdominal pressure]. Vestnik eksperimental'noj i klinicheskoy hirurgii. 2017;10(2):103-10. Russian.

5. Albino FP, Patel KM, Nahabedian MY, Sosin M, Attinger CE, Bhanot P. Does mesh location matter in abdominal wall reconstruction? A systematic review of the literature and a summary of recommendations. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2013;132:1295-304.
6. Arapov DV, Tikhomirov SG, Chertov ED, Khaustov IA, Kudryashov VS, Saiko DS. Determination of Parameters Assigned to an Anti-Surge Controller in a Turbocompressor Automation Systems. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2018;53(9-10):653-7.
7. Bittner R, Bingener-Casey J, Dietz U, Fabian M, Ferzli G, Fortelny R, Köckerling F, Kukleta J, Le-Blanc K, Lomanto D, Misra M, Morales-Conde S, Ramshaw B, Reinhold W, Rim S, Rohr M, Schrittwieser R, Simon Th, Smietanski M, Stechemesser B, Timoney M, Chowbey P. Guidelines for laparoscopic treatment of ventral and incisional abdominal wall hernias. (International Endohernia Society [IEHS]). Part III. *Surgical Endoscopy*. 2014;28 (2):380-404.
8. Carbonell AM, Criss CN, Cobb WS, Novitsky YW, Rosen MJ. Outcomes of synthetic mesh in contaminated ventral hernia repairs. *American College of Surgeons*. 2013;217(6):991-8.
9. Cherednikov EF, Polubkova GV, Skorobogatov SA, Mehantjeva LE, Ovsyannikov ES. Surgical Treatment Options for Patients with Large and Giant Postoperative Reducible Medial Abdominal Hernias. *International Journal of Biomedicine*. 2019;9(3):111-2.
10. Hanna EM, Byrd JF, Moskowitz M, Mann JW, Stockamp KT, Patel GN. Outcomes of a prospective multi-center trial of a second-generation composite mesh for open ventral hernia repair. *Hernia*. 2014;18(1):81-90.
11. Jensen KK, Henriksen NA, Harling H. Standardized measurement of quality of life after incisional hernia repair: a systematic review. *The American Journal of Surgery*. 2014;208(3):485-93.
12. Klinge U, Klosterhalfen B. The ideal mesh? *Pathobiology*. 2013;80(4):169-75.
13. Pham TD, Le DTP, Xu J, Nguyen DT, Martindale RG, Deveney CW. Personalized identification of abdominal wall hernia meshes on computed tomography. *Computer methods and programs in biomedicine*. 2014;113:153-61.

Библиографическая ссылка:

Арапов Д.В., Курицын В.А., Skorobogatov С.А., Чередников Е.Ф., Полубкова Г.В. Прогнозирование состояния пациентов с вправимыми срединными грыжами живота с использованием математических моделей // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. №4. Публикация 1-1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/1-1.pdf> (дата обращения: 12.07.2021). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-1*

Bibliographic reference:

Arapov DV, Kuritsyn VA, Skorobogatov SA, Cherednikov EF, Polubkova GV. Prognozirovanie sostojanija pacientov s vpravimymi sredinnymi gryzhami zhivota s ispol'zovaniem matematicheskikh modelej [Selection of operating plastic and prediction of the condition of patients with correctable abdominal hernias with using mathematical models]. *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. 2021 [cited 2021 July 12];4 [about 7 p.]. Russian. Available from: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/1-1.pdf>. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-4-1-1

* номера страниц смотреть после выхода полной версии журнала: URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/e2021-4.pdf>