

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ БОЛЬНЫХ С ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫМИ ГРЫЖАМИ ЖИВОТА

Арапов Д.В., Скоробогатов С.А., Чередников Е.Ф., Полубкова Г.В. , Курицын В.А.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»,
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет имени Н.Н. Бурденко»
ЗАО «Инженерные системы автоматизации», г. Воронеж

Цель исследования

2

Разработка на основе методов линейного и нелинейного программирования оригинальных математических моделей, позволяющих выбрать метод лечения и с высокой точностью прогнозировать послеоперационное состояние пациентов с срединными послеоперационными грыжами разных размеров — от малых до больших.

Опытные данные

Определены три основные группы пациентов в зависимости от ширины грыжевых ворот и размеров грыжи:

- 1) 16 человек (29.1 %) были с грыжами малого размера и имели ширину грыжевых ворот до 5 см;
- 2) 20 больных (36,4 %) имели грыжи среднего размера и ширину ворот от 5 до 9 см;
- 3) у 19 пациентов (34,5 %) зарегистрированы грыжи обширного и гигантского размера (ширина грыжевых ворот от 10 до 16 см). Больные имели разный возраст и пол, которые при разработке ММ не учитывались.

I. Математическое моделирование зависимости сатурации спустя 1 сутки после операции от дооперационных показателей больного:

$$\begin{aligned}
 S_1 = & a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^3 \exp^{-0,025 \cdot S^M} + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M + \\
 & + a_4 \cdot S^M \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_5 \cdot \ln U^0 / \ln A^0 + \\
 & + a_6 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0^{a_7} + a_8 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0^{a_9}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

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 мышц живота и степень их утомляемости перед операцией в спокойном состоянии.

Модель для грыж средних размеров (выбранный способ пластики – «иммобилизация операционной раны» ИОР):

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

Модель для грыж средних размеров (выбранный способ пластики – «ИОР с укреплением») и для грыж больших размеров (способ пластики – «двухэтапный»):

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

Модель для обширных грыж (выбранный способ пластики – «задняя сепарация»): 8

$$S_1 = a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^{11} \exp^{-0,3 \cdot S^M} + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M \quad (4)$$

Формула для обширных грыж (выбранный способ пластики – «протезирование»):

$$\begin{aligned} S_1 = & a_1 \cdot S^M + a_2 \cdot S^M \cdot 10^{10} \exp^{-0,28 \cdot S^M} + a_3 \cdot S^M \cdot \ln S^M + \\ & + a_4 \cdot S^M \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + a_5 \cdot \ln U^0 / \ln A^0 + \\ & + a_6 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 \quad (5) \end{aligned}$$

Таким образом, получена зависимость послеоперационной сатурации от дооперационных показателей больного для малых, средних и больших грыж.

Погрешность ее моделирования составляет не более 0,5 %.

II. Моделирование сатурации крови на вторые и седьмые сутки после операции

$$S_{2,7} = b_1 + b_2 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + b_3 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 \times \\ \times \exp -b_4 \cdot \tau + b_5 \cdot S^M \cdot \ln A^0 / U^0 + b_6 \cdot S_1 - S^M + b_7 \cdot \ln U^0 / \ln A^0, \quad (6)$$

где S_2 и S_7 – соответственно сатурация крови больного на 2 -е и 7 -е сутки после операции; τ – время после истечения операции, сут.

Средняя ошибка моделирования составляет 0,1%.

III. Моделирование утомляемости и электрической активности мышц живота больного через полгода после операции

Модель для грыж малых размеров (выбранный способ пластики – «по Сапежко»): 13

$$U_{0,5} = U^0 + c_1 \cdot S_7 + c_2 \cdot S_7^2 + c_3 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + c_4 \cdot S^0 - S^M + c_5 \cdot S_7 - S^M^2; \quad (7)$$

$$A_{0,5} = A^0 + d_1 \cdot S_7 + d_2 \cdot S_7^2 + d_3 \cdot \sqrt{S^0 - S^M} \cdot \ln A^0 / U^0 + d_4 \cdot S^0 - S^M + d_5 \cdot S_7 - S^M^2, \quad (8)$$

где $U_{0,5}$ и $A_{0,5}$ – соответственно утомляемость мышц живота и их общая Электрическая активность через 0,5 года после операции. Погрешность моделирования этих свойств составляет в среднем $\pm 2 - 3 \%$.

Заключение.

Проведено экспериментальное исследование и математическое моделирование основных послеоперационных показателей больных с срединными вправимыми грыжами живота. Разработан комплекс математических моделей (1) – (8), позволяющих при выбранном методе хирургического вмешательства прогнозировать с достаточной точностью послеоперационное состояние больного. Регрессионные коэффициенты **a**, **b**, **c**, **d** получены для каждого вида модели (1) – (8).