

В настоящее время становится актуальной экономическая составляющая применения этого средства оздоровления, так как сырье – сапрпель в естественном состоянии содержит большое количество воды и перевозка его на значительные расстояния (более 25-30 км) экономически не оправдана. С учетом исключения излишних транспортных расходов из изученных озер рекомендуются для оздоровления и санаторно-курортного лечения озера Афанасьевское, Малая Корчинка и Вальверово Витебской, Дикое Гродненской, Святое Гомельской, Судоболь Минской административных областей.

Литература

1. Лопотко М.З., Евдокимова Г.А. Сапрпели и продукты на их основе / Под ред. Н.В. Кислова. – Минск: Наука и техника, 1986. - 191с.
2. Антонов И.П., Улащик В.С., Кашицкий Э.С., Глазкова Л.П., Сикорская И.С., Короткевич Е.А. Дифференцированное применение сапрпелелечения при заболеваниях и травмах периферической нервной системы. Метод. рек. Минск, 1985. – 17с.
3. Курзо Б.В., Молочко Л.Г., Васкевич А.Ю. и др. Инструкция по использованию сапрпелевых лечебных грязей для оздоровления и санаторно-курортного лечения. Минск, 2008. – 36с.
4. СТБ 17.04.02-01-2010. Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Сапрпель. Промышленно-генетическая классификация. Минск, 2011. – 6 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КУРСЕ МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ БГМУ

Н.И. Инсарова, М.А Шеламова, А.А. Иванов, В.Г. Лещенко, Е.В. Королик

*Белорусский государственный медицинский университет, пр. Дзержинского, 83, БГМУ,
каф. Медицинской и биологической физики, 220016, Минск, Беларусь, тел. +375 17 2772945
E-mail: medbiophys@bsmu.by*

The objectives and possibilities of the use of mathematical models of biomedical processes in the course "Medical and Biological Physics" of the BSMU are considered. A concrete example is provided.

В данной работе представлен опыт создания и использования математических моделей биофизических процессов при изучении дисциплины «Медицинская и биологическая физика» в Белорусском государственном медицинском университете.

Известно, что моделирование как метод исследования сложных объектов, не описывает всей сложности изучаемого объекта, но позволяет проанализировать его наиболее существенные свойства[1-4].

Работа с математическими моделями в курсе медицинской и биологической физики оправдана наличием в программе курса раздела «Основы статистических методов обработки медико-биологической информации», включающем подраздел «Основы математического моделирования медико-биологических процессов». Данное обстоятельство позволяет студенту разобраться в математической структуре моделей. Знания по биологии, физиологии, гистологии формируют хорошее представление об объекте. В курсе медицинской и биологической физики математические модели – это практически единственный вид эксперимента со сложной системой.

Незаменимыми средствами здесь являются электронные таблицы. В настоящее время кафедрой при работе со студентами используется приложение MS Excel.

При работе с моделью студент всегда сталкивается с элементами исследовательской деятельности. Это, безусловно, способствует развитию его логики, навыков анализа, в определённой степени формирует личную мотивацию принятия решения, столь важную в будущей профессии врача.

В процессе преподавания медицинской и биологической физики рассматриваются математические модели роста и гибели популяций бактерий, генерации биопотенциалов и проведения нервного импульса, поведения элемента сосудистого русла и сердечно-сосудистой системы как целого, фармакокинетические модели, модели поведения зуба под действием внешних нагрузок, возникающих в процессе обработки пищи и др.

Рассмотрим конкретный пример.

Клинически-ориентированная модель сердечно-сосудистой системы.

Модель замкнутой сердечно-сосудистой системы отражает основные свойства большого и малого круга кровообращения. Структура модели включает левый желудочек сердца, артериальный резервуар, равный сумме объемов крови артерий большого круга кровообращения, венозный резервуар, равный суммарному объему крови системных вен, правое сердце, легочную артерию и легочные вены (будем их соответственно обозначать *лс*, *ар*, *вр*, *пс*, *ла*, *лв*), далее, *к* - микроциркуляторное русло большого круга, *лк* - малого круга (рис.1).

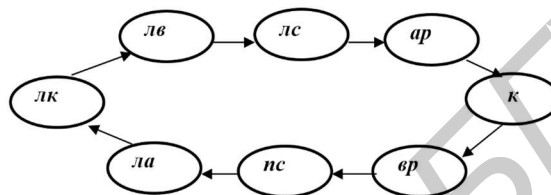


Рисунок 1 – Модель замкнутой сердечно-сосудистой системы

Сердце в модели представляется как источник непрерывного потока крови с объемом циркулирующей крови (ОЦК) $\sim const$; т.е. в модели не учитывается движение жидкости из сосудистого русла в ткани и обратно.

Используя концепцию эластического резервуара Франка, все системные давления ($P_a, P_b, P_{ла}, P_{лв}$) можно связать с объемом:

$$P_a = \frac{V_a}{c_a} \quad (1); \quad P_b = \frac{V_b}{c_b} \quad (2);$$

$$P_{ла} = \frac{V_{ла}}{c_{ла}} \quad (3); \quad P_{лв} = \frac{V_{лв}}{c_{лв}} \quad (4);$$

где c - эластичность резервуара, V - напряженный объем крови, т. е. часть полного объема, которая растягивает ткани сосуда. Полный объем $V_n = V + V_p$, где V_p - объем расправляющий сосуд. Напряженный объем системы равен сумме напряженных объемов всех резервуаров $V = V_a + V_{ла} + V_b + V_{лв}$ и при постоянстве тонуса и ОЦК сосудистой системы не меняется за время исследования больного, т.е.

$$V = const \quad (5)$$

Поток крови $Q_{ав}$ из артериального резервуара в венозный определяется в соответствии с формулой Пуазейля;

$$Q_{ав} = \frac{P_a - P_b}{r} \quad (6)$$

где r – общее периферическое сопротивление.

Аналогично, поток крови из лёгочной артерии в легочную вену

$$Q_{ла,лв} = \frac{P_{ла} - P_{лв}}{r_l} \quad (7)$$

где r_l – общее легочное сопротивление.

Из физиологии известно, что

$$\frac{P_B}{Q_{в,ла}} = \beta \quad (8)$$

где β - коэффициент функционального состояния правого сердца,

$Q_{в,ла}$ - секундный выброс правого сердца, а

$$\frac{P_{лв}}{Q_{лв,а}} = \ell \quad (9)$$

где ℓ - коэффициент функционального состояния левого сердца,

$Q_{лв,а}$ - секундный выброс левого сердца (8,9 - уравнения Франка-Старлинга).

В установившихся состояниях правое и левое сердце выбрасывают в единицу времени одинаковый объем крови, тогда

$$Q_{ав} = Q_{в,ла} = Q_{ла,лв} = Q_{лв,а} = Q \quad (10)$$

обычно в качестве Q берется минутный объем крови (МОК).

Уравнения (1) - (10) описывают сердечно-сосудистую систему (ССС). В рассмотренной выше модели величинами, характеризующими функцию ССС, являются такие обычно измеряемые показатели, как давление крови (P_a , P_B , $P_{ла}$, $P_{лв}$) и МОК. Свойствами же (параметрами) ССС, сочетание которых формирует функцию кровообращения являются общепериферическое (r) и общелёгочное сопротивления (r_l), коэффициенты функционального состояния левого и правого сердца β и ℓ эластичности соответствующих резервуаров C напряженный объем сердечно-сосудистой системы V .

Из уравнений (1) - (10) легко получить, что

$$Q = 60 \frac{V}{A} \quad (60 - \text{размерный коэффициент})$$

$$P_a = \frac{V(\beta+r)}{A}, \quad P_B = \frac{V \cdot \beta}{A}, \quad P_{ла} = \frac{V(\ell+r_l)}{A}, \quad P_{лв} = \frac{V \cdot \ell}{A}$$

$$A = C_B \cdot \beta + C_{лв} \cdot \ell + C_a(r + \beta) + C_{ла}(r_l + \ell)$$

Из последних формул четко видно, что каждая гемодинамическая функция, по существу, завязана на всю совокупность основных параметров сердечно-сосудистой системы, вариация которых в большей или меньшей степени отражается на конкретном ее значении и влечет соответствующую совокупность лечебных процедур.

Студентам предлагается взятая из литературы совокупность числовых значений параметров, принятых за норму, варьируя их они наблюдают за изменением значений функций, определяющих состояние организма. Эта часть работы выполняется после обсуждения с клиницистами.

Литература

1. Применение математических методов и моделей в сердечно-сосудистой хирургии (сборник статей) // М., Машиностроение, 1980. – 203 с.
2. Гроссман, С., Математика для биологов / С. Гроссман, Дж. Тернер, – М.: Высшая школа, 1983– 325 с.
3. Математическое моделирование вирусного гепатита/ И.Н. Несевич, Г.М. Марчук, И.И. Зубикович – М. : Наука, 1981. – 350 с.
4. Клиническая физиология в анестезиологии и реаниматологии/ А.Н. Зильбер, – М.: Медицина, 1984. – 278 с.