

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА АРХИМЕДА В КОРРЕЛЯЦИИ С ФОРМУЛАМИ ЛЮДВИГА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ФУНКЦИИ ЛЁГКИХ

Острожинский Я. А., Белая О. Н.

*Белорусский государственный медицинский университет,
Кафедра медицинской и биологической физики, г. Минск*

Ключевые слова: лёгкие, жизненная ёмкость легких, курение, медицина, тестирование функции.

Резюме: в данной работе проводилось экспериментальное определение жизненной емкости легких у разных возрастных групп курящих и некурящих студентов косвенным путём по методу Архимеда, было проведено исследование зависимости ЖЕЛ от роста и сравнение ЖЕЛ_{фактич} с ЖЕЛ_{теор}, определенным по формуле Людвига.

Resume: in this work, an experimental determination of the LVC in different age groups of smoking and non-smoking students was carried out indirectly using the Archimedes method; a study was made of the dependence of LVC on growth and the comparison of LVC_{pract} with LVC_{theor} determined by the Ludwig's formula.

Актуальность. Известно, что в процессе дыхания происходит постоянный газообмен между организмом и окружающей средой, при этом в организме человека нет запасов кислорода, и поэтому его непрерывный доступ к организму жизненно необходим. Производя попеременно вдох и выдох, человек вентилирует легкие, поддерживая в альвеолах относительно постоянный газовый состав. В легких кислород из альвеолярного воздуха переходит в кровь, а углекислый газ поступает в легкие [1]. Переход газов из воздуха в жидкость и из жидкости в воздух осуществляется за счет разности парциального давления этих газов в воздухе и жидкости. Если парциальное давление газа в окружающей среде выше, чем напряжение этого газа в жидкости, то газ растворяется в жидкости.

Парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе 100–105 мм рт. ст., а в протекающей к легким крови напряжение кислорода в среднем 80 мм рт. ст., поэтому в легких кислород из альвеолярного воздуха переходит в кровь. Движение газов происходит по законам физики, согласно которым газ распространяется из среды с высоким парциальным давлением в среду с меньшим парциальным давлением. Газообмен в легких совершается между альвеолярным воздухом и кровью путем диффузии. Альвеолы легких оплетены густой сетью капилляров. Стенки альвеол и капилляров очень тонкие, что способствует проникновению газов из легких в кровь и наоборот. Газообмен зависит от величины поверхности, через которую осуществляется диффузия газов и разности парциальных давлений (напряжения) диффундирующих газов [2]. При глубоком вдохе альвеолы растягиваются и их поверхность достигает 100–105 м².

Таким образом, актуальность данного научно-практического исследования заключается в особой необходимости измерения и анализа жизненно важных показателей лёгких для оценки их нормального функционирования как отдельного органа и функционирования всего организма в целом.

Цель: изучить физические основы и методы тестирования функции лёгких с помощью метода Архимеда, определить достоинства и недостатки метода Архимеда по сравнению с спирографией, выявить отличие или сходство между определением жизненной ёмкости лёгких у мужчин и женщин по формуле Людвиг и методом Архимеда.

Задачи:

1. Провести анализ соответствующей литературы по данной тематике;
2. Выполнить экспериментальное исследование жизненной ёмкости лёгких у студентов БГМУ и БГПУ косвенным путём по методу Архимеда;
3. Выявить преимущества и недостатки метода Архимеда в сравнении с методом вычисления жизненной ёмкости лёгких по формуле Людвиг.

Материал и методы. В качестве материалов были использованы: научная литература по данному вопросу, научные форумы, интернет-ресурсы, данные определения жизненной ёмкости лёгких, антропометрические данные обследуемых. Для получения данных жизненно важных показателей лёгких и антропометрических данных к эксперименту привлекались студенты Белорусского государственного медицинского университета и Белорусского государственного педагогического университета им. М. Танка. Методы исследования: синтез, анализ, сравнительный анализ, эксперимент.

Первым этапом исследования являлось объяснение процесса дыхания с точки зрения биологии и медицины. Затем процесс дыхания был рассмотрен как физических процесс, происходящий в организме человека. Следующий этап исследования заключался в определении жизненной ёмкости лёгких методом Архимеда.

Методика проведения эксперимента для определения жизненной ёмкости лёгких методом Архимеда:

1. Налить в ведро 4-5 л воды и отметить ее уровень карандашом.
2. Вдохнуть максимально возможное количество воздуха, затем выдохнуть в шарик (шарик при этом должен быть предварительно хорошо раздут).
3. Опустить надутый шарик в ведро и отметить изменение уровня воды.

По объему количество вытесненной воды равно объему воздуха в шарике, согласно закону Архимеда, т.е. экспериментальное определение жизненной ёмкости лёгких основано на явлении выталкивания погруженной в неё части тела (в данном случае – шарик целиком) водой. Данный объем выдохнутого воздуха соответствует жизненной ёмкости лёгких и может быть определен по формуле (1).

$$\text{ЖЕЛ}_{\text{факт}} = \frac{\pi d^2 \Delta H}{4} \quad (1)$$

$\text{ЖЕЛ}_{\text{факт}}$ имеет приборно-вычислительную погрешность 7,93%.

В качестве оборудования использовались: резиновый шарик, цилиндрическое ведро, линейка, карандаш (рисунок 1).

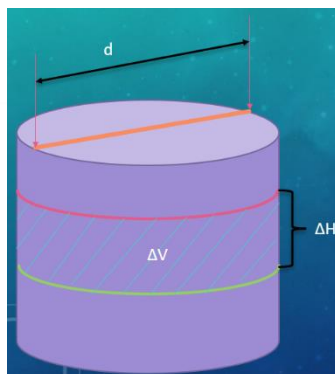


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки с обозначениями параметров, использующихся при расчёте ЖЕЛ косвенным путём по методу Архимеда

Для оценки точности полученного значения жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ_{факт}) использовались формулы Людвига [3]:

$$\text{ЖЕЛ}_{\text{теор муж}} = ((\text{Рост}_{(\text{см})} \cdot 0,052) - (\text{Возраст}_{(\text{лет})} \cdot 0,022) - 5,7) \cdot 1000 \quad (2)$$

$$\text{ЖЕЛ}_{\text{теор жен}} = ((\text{Рост}_{(\text{см})} \cdot 0,041) - (\text{Возраст}_{(\text{лет})} \cdot 0,018) - 3,9) \cdot 1000 \quad (3)$$

Оценка точности проводилась путем сравнения ЖЕЛ_{факт} с ЖЕЛ_{теор} по относительной погрешности:

$$\Delta\varepsilon = \frac{\text{ЖЕЛ}_{\text{теор}} - \text{ЖЕЛ}_{\text{факт}}}{\text{ЖЕЛ}_{\text{теор}}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

Сравнительная точность определения ЖЕЛ составляла в среднем порядка 5–12%.

Результаты определения ЖЕЛ_{факт} по формуле (1), ЖЕЛ_{теор} по формулам (2) и (3) и оценка точности по формуле (4) представлены в таблице 1.

Результаты и их обсуждение.

Табл. 1 - Полученные данные экспериментального исследования ЖЕЛ косвенным путем по методу Архимеда и теоретического ЖЕЛ по формулам Людвига (В – Возраст; Ро – Рост; Ра – Разность высот (экс.); Откл – Отклонение ЖЕЛ_{факт} от ЖЕЛ_{теор})

| № п/п | В, лет | Ро, см | Ра, см | Пол | Курение? | ЖЕЛ _{теор} , мл | ЖЕЛ _{факт} , мл | Откл, % |
|-------|--------|--------|--------|-----|----------|--------------------------|--------------------------|---------|
| 1 | 20 | 185 | 8,5 | ж | нет | 3325 | 2670,36 | 19,69 |
| 2 | 21 | 175 | 9,5 | ж | нет | 2897 | 2984,52 | 3,02 |
| 3 | 21 | 174 | 8 | ж | да | 2856 | 2513,28 | 12,00 |
| 4 | 22 | 169 | 8,5 | ж | нет | 2633 | 2670,36 | 1,42 |
| 5 | 21 | 181 | 9 | м | нет | 3250 | 2827,44 | 13,00 |
| 6 | 28 | 189 | 12 | м | нет | 3512 | 3769,92 | 7,34 |
| 7 | 21 | 164 | 7,5 | ж | нет | 2446 | 2356,20 | 3,67 |
| 8 | 22 | 184 | 10 | м | да | 3384 | 3141,60 | 7,16 |
| 9 | 21 | 194 | 12 | м | да | 3926 | 3769,92 | 3,98 |
| 10 | 23 | 184 | 11 | м | да | 3362 | 3455,76 | 2,79 |
| 11 | 19 | 152 | 7 | ж | да | 1990 | 2199,12 | 10,51 |
| 12 | 21 | 178 | 10 | м | да | 3094 | 3141,60 | 1,54 |

| | | | | | | | | | |
|----|----|-----|------|--|---|-----|------|---------|-------|
| 13 | 20 | 179 | 9,5 | | м | да | 3168 | 2984,52 | 5,79 |
| 14 | 20 | 183 | 13 | | м | нет | 3376 | 4084,08 | 20,97 |
| 15 | 20 | 159 | 7,5 | | ж | нет | 2259 | 2356,20 | 4,30 |
| 16 | 21 | 180 | 8 | | м | нет | 3198 | 2513,28 | 21,41 |
| 17 | 19 | 170 | 7,5 | | ж | нет | 2728 | 2356,20 | 13,63 |
| 18 | 19 | 170 | 8,2 | | ж | нет | 2728 | 2576,11 | 5,57 |
| 19 | 21 | 188 | 8,8 | | ж | да | 3430 | 2764,61 | 19,40 |
| 20 | 24 | 191 | 9,5 | | м | да | 3704 | 2984,52 | 19,42 |
| 21 | 20 | 177 | 10,2 | | м | нет | 3064 | 3204,43 | 4,58 |
| 22 | 21 | 178 | 10,9 | | ж | нет | 3020 | 3424,34 | 13,39 |
| 23 | 18 | 187 | 9,6 | | м | нет | 3628 | 3015,94 | 16,87 |
| 24 | 22 | 179 | 10,1 | | ж | нет | 3043 | 3173,02 | 4,27 |
| 25 | 21 | 169 | 9,3 | | ж | нет | 2651 | 2921,69 | 10,21 |
| 26 | 18 | 186 | 10,5 | | м | да | 3576 | 3298,68 | 7,76 |
| 27 | 23 | 182 | 11,3 | | м | нет | 3258 | 3550,01 | 8,96 |
| 28 | 24 | 184 | 11,6 | | м | нет | 3340 | 3644,26 | 9,11 |
| 29 | 22 | 175 | 8,9 | | ж | да | 2879 | 2796,02 | 2,88 |
| 30 | 18 | 176 | 8,5 | | м | нет | 3056 | 2670,36 | 12,62 |

Были построены диаграммы зависимости ЖЕЛ_{факт} от антропологических характеристик (рост, возраст) для курящих и некурящих женщин и мужчин (рис. 2, а, б, в). Как следует из представленных данных, фактические и теоретические значения ЖЕЛ у большинства испытуемых практически совпадают с учетом погрешности.

Можно предположить, что такие вредные факторы загрязненной экологии, как выхлопные газы, угарный газ, смог, и курение, несмотря на своё негативное воздействие, оказывают также и адаптивное воздействие на организм человека.

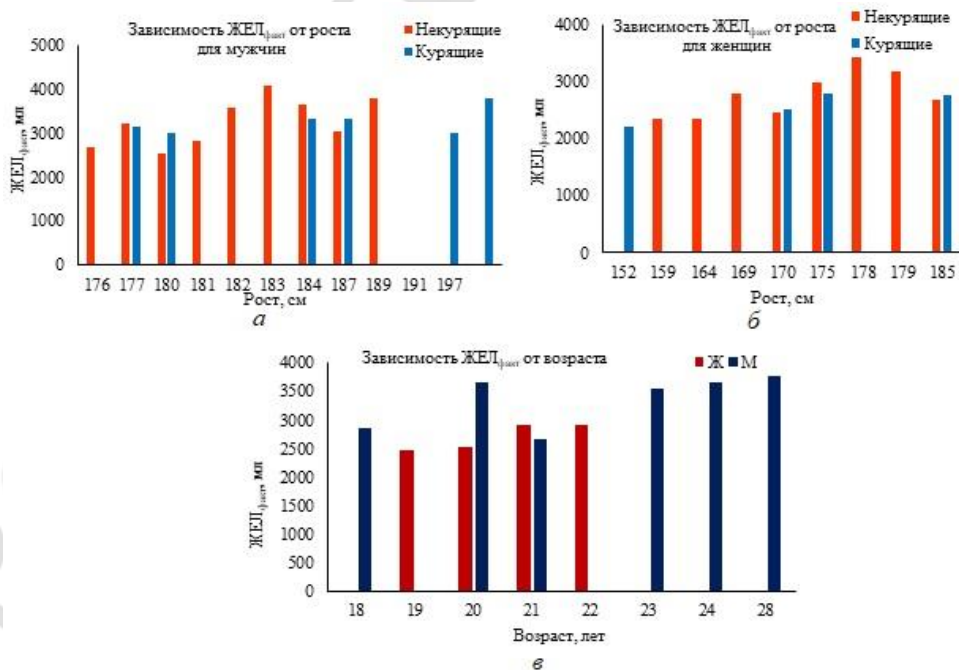
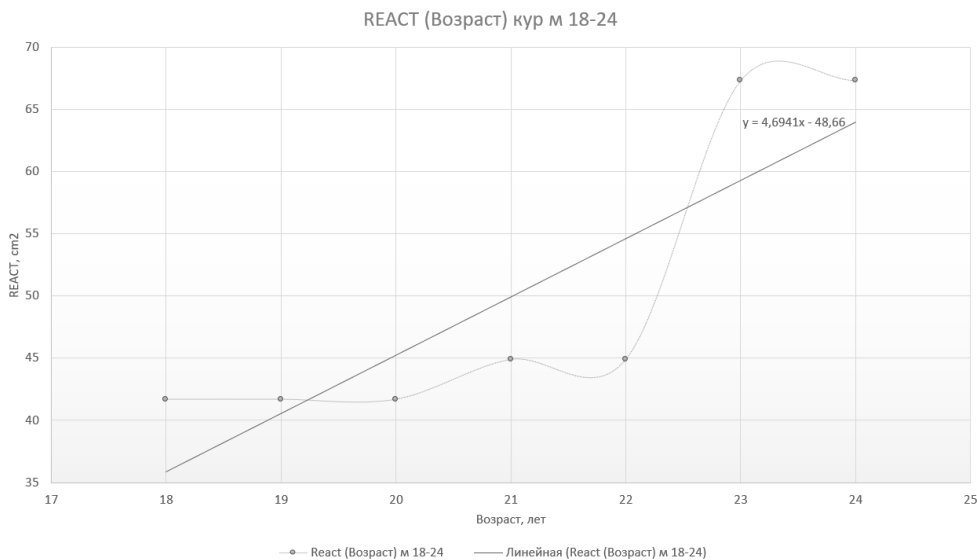


Рис. 2 – Зависимости ЖЕЛ_{факт} от: а- роста для мужчин; б – роста для женщин; в – возраста

Для качественной оценки влияния курения на функциональное состояние респираторной системы человека введём такое понятие, как реактивность (REACT). Реактивность организма — свойство организма как целого отвечать изменениями жизнедеятельности на воздействия окружающей среды, представляющее собой такое же важное свойство всего живого, как обмен веществ, рост, размножение и др. На графиках зависимости ЖЕЛ от антропометрических данных (в частности, от роста) REACT представляет собой тангенциальную составляющую аппроксимированной кривой зависимости (диагр. 1), которая может меняться в зависимости от возраста и фактора курения. Применительно к данному исследованию REACT позволяет оценить влияние фактора курения на PCO в зависимости от возраста и роста человека.



Диагр. 1 – Зависимость REACT от возраста для группы курящих мужчин в возрасте 18-24 лет

Снижение жизненной ёмкости лёгких у курильщиков по сравнению с некурящими объясняется уменьшением эффективного объема дыхания, которое напрямую зависит от суммарного объема альвеол [4]. Выдвинуто предположение, что смолы, содержащиеся в табачном дыме, откладываются на стенках альвеол, связывают сурфактант и блокируют его функцию, заключающуюся в предотвращении слипания стенок альвеол при выходе воздуха из них.

Выводы:

1. Работоспособность человека определяется в основном тем, какое количество кислорода получено из наружного воздуха в кровь легочных капилляров и доставлено в ткани клетки. Это предъявляет повышенные требования к функциям дыхательной системы.
2. Предложенный метод определения ЖЕЛ методом Архимеда по своим физиологическим основам согласуется с клиническим методом определения ЖЕЛ и позволяет получить достоверные результаты.
3. Отклонения фактических значений ЖЕЛ от теоретически рассчитанных напрямую зависят от состояния дыхательной системы и являются следствием табачной зависимости.

Литература

1. Давидовская, Е.И. Комплексное исследование респираторной функции легких в клинической практике: учебно-методическое пособие / Е.И. Давидовская, П.Н. Зуева. – Минск: БелМАПО, 2012. – 79 с.
2. Няшин, Ю.И. Экспериментальные методы в биомеханике: учебное пособие / Ю.И. Няшин. – Пермь: Издательство Пермского государственного технического университета, 2008. – 400 с.
3. Ольховская Е.А., Соловьева Е.В., Шкарин В.В. Исследование функции внешнего дыхания: Учебно-методическое пособие. - Н. Новгород: Издательство Нижегородской гос. мед. академии, 2009. - 60 с.
4. Перельман Ю.М., Приходько А.Г. Спирографическая диагностика нарушений вентиляционной функции легких: Пособие для врачей. - 2 изд., доп. - Благовещенск: 2013. - 44 с.

РЕПОЗИТОРИЙ БГМУ