

УДК 612

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОБМЕНА ЭНЕРГИИ У ЧЕЛОВЕКА

Иржак Л.И.

Государственный университет, Сыктывкар

Энергетические затраты у взрослого человека составляют в покое 0,03 ккал/кг/мин и увеличиваются до 0,06 под влиянием физических нагрузок. Потребление кислорода в покое составляет в среднем 5,4 мл/кг/мин и до 14,0 мл/кг/мин при физических нагрузках.

При кратковременных наблюдениях и в лабораторных опытах целесообразно измерять энергетические затраты (ЭЗ) открытыми способами непрямой калориметрии [1, 2]. К их числу относится предложенный ранее [3, 4] способ определения ЭЗ по данным о продолжительности произвольной остановки внешнего дыхания (ПОВД), в основе которого представление о том, что во время ПОВД количество кислорода в легочном объеме снижается, а диоксида углерода растет до уровней, при которых возникает сигнал к восстановлению легочной вентиляции. Скорость изменений состава воздуха в легких зависит от интенсивности тканевого дыхания, то есть, от величины потребления тканями кислорода (ПК).

Для определения ПК используется формула (1)

$$ПК = Ов \times СК \times 60 / П \times 100 \times МТ,$$

где ПК – потребление кислорода, мл/кг/мин; Ов – объем воздуха в отделах легких, мл; СК – содержание кислорода в легочном воздухе, %; 60 – коэффициент для пересчета данных, с; П – продолжительность ПОВД, с; 100 – коэффициент для пересчета данных на 100 мл; МТ – масса тела, кг.

Далее рассчитываются ЭЗ по формуле (2)

$$ЭЗ = ПК \times КЭК / 1000,$$

где ЭЗ – энергетические затраты, ккал/кг/мин; КЭК – калорический эквивалент кислорода, который при смешанном типе питания с преобладанием углеводного и дыхательным коэффициентом 0,85, равен 4,86 ккал/л [1, 2]; 1000 – коэффициент для пересчета данных, мл.

Показано [3-5], что ПОВД на выдохе вдвое короче, чем на вдохе, вследствие разницы между количествами кислорода, которые могут быть использованы в том и другом случае. Во время ПОВД на выдохе кровь обменивается газами с остаточным объемом [3, 4], во время ПОВД на вдохе в газообмене участвует функциональная остаточная емкость [3, 4]. Запас кислорода в легочных объемах расходуется значительно быстрее при физических и эмоциональных нагрузках.

Данные о продолжительности ПОВД, которые получены в экспериментах, совпадают по величине с рассчитанными на основании показателей, характеризующих нормальное легочное дыхание. Так, если у взрослого человека артериовенозная разница по кислороду составляет 60-80 мл крови [1, 2], то при стандартной величине частоты сердечных сокращений порядка 60 уд./мин через легкие проходит около 70 мл крови, содержащей до 8 мл кислорода. Это значит, что 260 расчетных мл кислорода, содержащихся в остаточном объеме легких, могут быть полностью исчерпаны во время ПОВД примерно за 30 с, а 530 расчетных мл кислорода из функциональной остаточной емкости – почти за 70 с. Эти величины того же порядка, что и получаемые по предложенным формулам с учетом продолжительности ПОВД.

Соотношение между начальным количеством кислорода в легочном объеме и временем его полного расходования характеризует уровень потребления этого газа тканями. Для человека в возрасте 20-30 лет наименьшая величина ПК (5,4 мл/кг/мин) получена в условиях применения ПОВД на вдохе в покое, наибольшая

величина ПК (14 мл/кг/мин) – при сочетании с дополнительной физической нагрузкой. Как видно, уровень ПК в условиях апноэ совпадает с величиной этого показателя, получаемой в опытах при нормальном дыхании.

Следует, однако, заметить, что расчеты по формуле (1) предполагают полное расходование кислорода, содержащегося в легочных объемах. В действительности расходует количество, на 10-15 % меньшее, о чем можно судить на основании следующих соображений. Диффузия кислорода из легких в кровь снижается по мере его расходования и прекращается к тому моменту, когда рО₂ в альвеолах становится таким же, как и крови, то есть, 37 мм рт.ст. Снижение рО₂, связанное с использованием кислорода тканями, значительно превышает прирост рСО₂ [6]. При условии, что общее давление воздуха в альвеолах не меняется, а меняется только его состав [6, 7], для поддержания рО₂ на уровне 37 мм рт.ст. достаточно 90 мл кислорода. С помощью формулы (2) определяются ЭЗ в покое и вызванные применением функциональных проб. ПОВД даже в состоянии покоя связана с ЭЗ около 0,03 ккал/кг/мин, что соответствует работе легкой и средней степени тяжести. Дополнительная физическая нагрузка в экспериментах с применением ПОВД увеличивает ПК и ЭЗ, что обусловлено, по-видимому, потреблением энергии мышцами, удерживающими грудную клетку на высоте максимального вдоха [8].

Результаты исследований указывают на возможность приближенного учета ЭЗ с применением ПОВД у человека в состоя-

нии покоя и при нагрузках, для измерения специфического динамического действия пищи, влияния препаратов, при решении задач учебного и научно-исследовательского характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косицкий Г.И. (ред.). Физиология человека. М. Медицина. 1985.
2. Шмидт Р., Тевс Г. (ред.). Физиология человека. Т. 3. Кровь, кровообращение, дыхание. М. Мир. 1986.
3. Иржак Л.И. Определение функциональной остаточной емкости легких у человека с помощью проб. Генчи и Штанге. // Рос.физиол. ж. им. И.М.Сеченова. 2001. Т. 87. № 2. С. 279- 281.
4. Иржак Л.И. Потребление кислорода и энергетические затраты, связанные с применением проб Генчи и Штанге. // Рос. физиол. ж. им. И.М.Сеченова. 2002. Т. 88. № 7. С. 935- 938.
5. Иржак Л.И., Поляков П.В. Продолжительность произвольной остановки внешнего дыхания и показатели крови. // Физиология человека. 2002. Т. 28. № 1. С. 25- 28.
6. Pijper J. Physiological equilibria of gas cavities in the body. In: Handbook of physiology. V. II. Sect. 3. Respiration. 1966. Washington. D.C. Amer. Physiol. Soc. P. 1205- 1218.
7. Macklem P.T., Wilson N.J. Measurement of intrabronchial pressure in man. // J.Appl. Physiol. 1965. V. 20. N 2. P. 653-660.
8. Исаев Г.Г. Физиология дыхательных мышц. В кн.: Физиология дыхания. СПб. Наука. 1994.

Researches of energy exchange in man

Irzhak L.I.

Siktivkar State university

In adult man energetic expances are 0,03 ccal/kg/min at rest and increase up to 0,06 ccal/kg/min being influenced by physical load. Oxygen use is 5,4 ml/kg/min at rest and up to 14,0 ml/kg/min at physical load.