

Серия: Учебная литература для студентов медицинских вузов

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА

под редакцией В.М.Покровского, Г.Ф.Коротько

Глава 10. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ. ПИТАНИЕ.

ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ И ОБЩИЙ ОБМЕН ВЕЩЕСТВ

Методы исследования энергообмена

Прямая калориметрия

Прямая калориметрия основана на непосредственном учете в биокалориметрах количества тепла, выделенного организмом. Биокалориметр представляет собой герметизированную и хорошо теплоизолированную от внешней среды камеру. В камере по трубкам циркулирует вода. Тепло, выделяемое находящимся в камере человеком или животным, нагревает циркулирующую воду. По количеству протекающей воды и изменению ее температуры рассчитывают количество выделенного организмом тепла.

Непрямая калориметрия

Методы прямой калориметрии очень громоздки и сложны. Учитывая, что в основе теплообразования в организме лежат окислительные процессы, при которых потребляется O_2 и образуется CO_2 , можно использовать косвенное, не прямое, определение теплообразования в организме по его газообмену — учету количества потребленного O_2 и выделенного CO_2 с последующим расчетом теплопродукции организма.

Для длительных исследований газообмена используют специальные респираторные камеры (закрытые способы непрямой калориметрии). Кратковременное определение газообмена в условиях лечебных учреждений и производства проводят более простыми не камерными методами (открытые способы калориметрии).

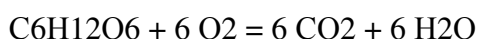
Наиболее распространен способ Дугласа — Холдейна, при котором в течение 10—15 мин собирают выдыхаемый воздух в мешок из воздухонепроницаемой ткани (мешок Дугласа), укрепляемый на спине обследуемого. Он дышит через загубник, взятый в рот, или резиновую маску, надетую на лицо. В загубнике и маске имеются клапаны, устроенные так, что обследуемый свободно вдыхает атмосферный воздух, а выдыхает воздух в мешок Дугласа. Когда мешок наполнен, измеряют объем выдохнутого воздуха, в котором определяют количество O_2 и CO_2 .

Кислород, поглощаемый организмом, используется для окисления белков, жиров и углеводов. Окислительный распад 1 г каждого из этих веществ требует неодинакового количества O_2 и сопровождается освобождением различного количества тепла. Как видно

из табл. 10.2, при потреблении организмом 1 л O₂ освобождается разное количество тепла в зависимости от того, на окисление каких веществ O₂ используется

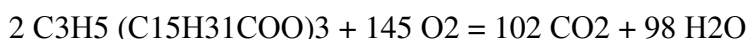
Количество тепла, освобождающегося после потребления организмом 1 л O₂, носит название калорического эквивалента кислорода. Зная общее количество O₂, использованное организмом, можно вычислить энергетические затраты только в том случае, если известно, какие вещества — белки, жиры или углеводы, окислились в теле. Показателем этого может служить дыхательный коэффициент.

Дыхательным коэффициентом (ДК) называется отношение объема выделенного CO₂ к объему поглощенного O₂. Дыхательный коэффициент различен при окислении белков, жиров и углеводов. Для примера рассмотрим, каков будет дыхательный коэффициент при использовании организмом глюкозы. Общий итог окисления молекулы глюкозы можно выразить формулой:



При окислении глюкозы число молекул образовавшегося CO₂ равно числу молекул затраченного (поглощенного) O₂. Равное количество молекул газа при одной и той же температуре и одном и том же давлении занимает один и тот же объем (закон Авогадро—Жерара). Следовательно, дыхательный коэффициент (отношение CO₂/O₂) при окислении глюкозы и других углеводов равен единице.

При окислении жиров и белков дыхательный коэффициент будет ниже единицы. При окислении жиров дыхательный коэффициент равен 0,7. Проиллюстрируем это на примере окисления трипальмитина:



Отношение между объемами углекислого газа и кислорода составляет в данном случае:

$$102 CO_2 / 145 O_2 = 0,703$$

Аналогичный расчет можно сделать и для белка; при его окислении в организме дыхательный коэффициент равен 0,8. При смешанной пище у человека дыхательный коэффициент обычно равен 0,85—0,89. Определенному дыхательному коэффициенту соответствует определенный калорический эквивалент кислорода.

Определение энергетического обмена у человека в покое методом закрытой системы с неполным газовым анализом. Относительное постоянство дыхательного коэффициента (0,85—0,90) у людей при обычном питании в условиях покоя позволяет производить достаточно точное определение энергетического обмена у человека в покое, вычисляя только количество потребленного кислорода и беря его калорический эквивалент при усредненном дыхательном коэффициенте. Количество потребленного организмом кислорода определяют при помощи различных спирографов.

Определив количество поглощенного кислорода и, приняв усредненный дыхательный коэффициент равным 0,85, можно рассчитать энергообразование в организме; калорический эквивалент 1 л кислорода при данном дыхательном коэффициенте равен 20,356 кДж, т. е. 4,862 ккал. Способ неполного газового анализа благодаря своей простоте получил широкое распространение.

Дыхательный коэффициент во время работы. Во время интенсивной мышечной работы дыхательный коэффициент повышается и в большинстве случаев приближается к единице. Это объясняется тем, что главным источником энергии во время напряженной мышечной деятельности является окисление углеводов. После завершения работы дыхательный коэффициент в течение первых нескольких минут так называемого периода восстановления резко снижается до величин меньших, чем исходные, и только спустя 30—50 мин после напряженной работы обычно нормализуется.

Изменения дыхательного коэффициента после окончания работы не отражают истинного отношения между используемым в данный момент кислородом и выделенной CO_2 . Дыхательный коэффициент в начале восстановительного периода повышается по следующей причине: в мышцах во время работы накапливается молочная кислота, на окисление которой во время работы не хватало O_2 (это так называемый кислородный долг). Молочная кислота поступает в кровь и вытесняет CO_2 из гидрокарбонатов, присоединяя основания. Благодаря этому количество выделенного CO_2 больше количества CO_2 , образовавшегося в данный момент в тканях. Обратная картина наблюдается в дальнейшем, когда молочная кислота постепенно исчезает из крови. Одна часть ее окисляется, другая ресинтезируется в гликоген, а третья выделяется с мочой и потом. По мере уменьшения количества молочной кислоты освобождаются основания, которые до того были отняты у гидрокарбонатов. Эти основания вновь связывают CO_2 и образуют гидрокарбонаты, поэтому через некоторое время после работы дыхательный коэффициент резко падает вследствие задержки в крови CO_2 , поступающей из тканей.