

Номограма для обчислення метаболізму у людини

Л. І. Майзельс

Визначення метаболізму і теплопродукції за газообміном і кількістю азоту, виділеного із сечею, зв'язане з великою і трудомісткою обчислювальною роботою. Цим, частково, можна пояснити той факт, що глибоке вивчення метаболізму у хворих не дістало в клініці того широкого застосування, якого воно заслуговує.

Приклад, який навів проф. Б. А. Лавров на стор. 16—18 і 20—21 свого підручника з фізіології харчування (Биомедгиз, 1935), показує всю складність цієї роботи. Цей приклад ми й використаємо нижче.

Виходячи з цих міркувань, ми розробили номограму, яка значно скорочує і спрощує обчислювальну роботу.

Існує деяка упередженість проти номограм, які нібито недосить точні. Однак, як побачимо далі, відхилення при користуванні нашою номограмою мізерні і значно менші від помилок, які неминучі при користуванні загальноприйнятими коефіцієнтами для обчислення метаболізму. Ці можливі відхилення варіюють в межах 2—5%. Доведемо це на прикладах.

Коефіцієнт 6,25 для перерахування азоту на білки правильний для м'язового білка, більш-менш близький для суміші білків і надто високий для казеїну.

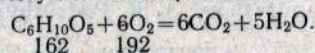
Особливо демонстративні коефіцієнти Леві, які показують у літрах споживання кисню і виділення вуглекислоти при засвоєнні 1 г різних харчових речовин.

Наводимо цю таблицю з вказаної вище книги:

На 1 г	Споживається O ₂	Виділяється CO ₂	Дихальний коефіцієнт
Білка	0,9663	0,7739	0,8
Жиру	2,0193	1,4273	0,7
Вуглеводу	0,8288	0,8288	1,0

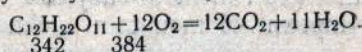
Маємо хорошу точність з чотирма десятковими знаками. Однак ми можемо обчисленням показати варіабільність хоч би вуглеводного коефіцієнта (0,8288).

Окислення крохмалю відбувається за рівнянням



На 1 г крохмалю витрачається $\frac{192}{162} = 1,184$ г, або 0,831 л кисню і виділяється такий же об'єм вуглекислоти.

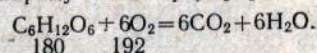
Окислення дисахариду відбувається за рівнянням



На окислення 1 г дисахариду витрачається кисню:

$$384 : 342 = 1,122 \text{ г, або } 0,785 \text{ л.}$$

Для окислення моносахариду маємо формулу:



На 1 г моносахариду витрачається кисню:

$$192 : 180 = 1,067 \text{ г, або } 0,749 \text{ л.}$$

Якщо зіставити обчислені нами коефіцієнти з коефіцієнтом Леві, то для моносахариду одержимо відхилення до 10%.

Приблизно таку ж варіабільність спостерігаємо при обчисленні калорійності харчових речовин.

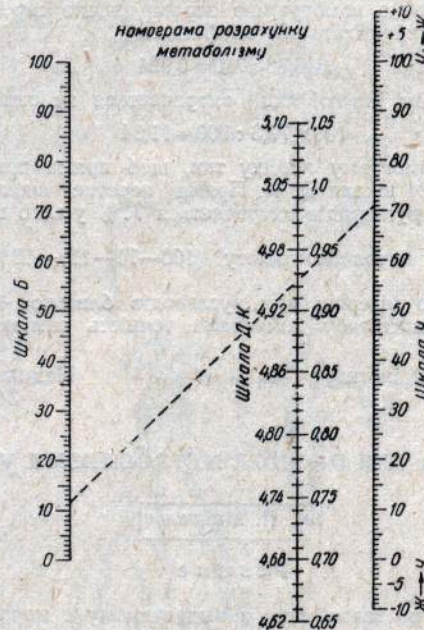
Якщо прийняти за основу коефіцієнт Цунца 5,047 кал. на кожний літр кисню при окисленні вуглеводів (Д. К. 1,0), то для різних вуглеводів одержимо різну калорійність:

$$1 \text{ г крохмалю дає } 5,047 \times 0,831 = 4,18 \text{ кал.}$$

$$1 \text{ г дисахариду дає } 5,047 \times 0,785 = 3,96 \text{ кал.}$$

$$1 \text{ г моносахариду дає } 5,047 \times 0,749 = 3,77 \text{ кал.}$$

Якщо порівняємо з коефіцієнтом Рубнера (4,1) для вуглеводів, то для моносахариду одержимо відхилення близько 8%. Взагалі ж слід заздалегідь допустити, що при обчисленні метаболізму помилка в межах $\pm 2-3\%$ цілком можлива. Отже, користування номограмою цілком прийнятне.



Для побудови номограми ми склали рівняння

$$\text{Д. К. (загальний)} = 0,7 + 0,001\text{Б} + 0,003\text{У},$$

де Б і У—процент кисню, що витрачається у досліді на окислення білків і вуглеводів, Д. К.—загальний дихальний коефіцієнт. Всі три шкали строго паралельні і починаються на загальному рівні (абсцисі). Шкала Д. К. пролягає між основними Б і У на відстані від них відповідно за відношенням 3:1. Висота середньої шкали дорівнює 0,75 висоти основних. Основні шкали мають рівні поділки від 0 до 100%, знизу вгору. Шкала Д. К. має 30 рівних поділок від 0,7 до 1,0 теж знизу вгору. На цій же шкалі зліва, проти показників дихальних коефіцієнтів, наведені калорійні еквіваленти за Цунцем.

Шкали Д. К. і У мають вгорі і внизу додаткові поділки для тих випадків, коли дихальний коефіцієнт більший за одиницю або менший за 0,7, коли відбувається перетворення вуглеводів у жир або навпаки.

Спосіб користування номограмою і її переваги ми покажемо на згаданому вище прикладі проф. Лаврова. Цитуємо частину тексту:

«Хтось під час добового досліді виділив 646,83 л вуглекислоти і вжив 700 л кисню. За той же час із сечею виділено 12,8 г азоту. Кількість зруйнованого білка в організмі дорівнює 80,0 г ($12,8 \times 6,25 = 80,0$). Один г білка для окислення потребує 0,966 л O_2 , отже, в даному випадку на білок у тілі було витрачено $0,966 \times 80 = 77,3$ л кисню, а на жири і вуглеводи — $700 - 77,3 = 622,7$ л. Вуглекислоти з білка вийшло $0,7739 \times 80 = 61,91$ л, а з вуглеводів і жирів разом— $646,88 - 61,91 = 584,97$ л CO_2 . Позначимо через x об'єм O_2 , витраченого на згорян-

ня жиру, а через y об'єм вуглекислоти, одержаної від цього згоряння; тоді, очевидно, $y : x = 0,7$. Далі позначимо через m об'єм O_2 , поглиненого вуглеводами; очевидно, одержана з вуглеводів вуглекислота матиме той самий об'єм m . Виходячи з цього, складаємо рівняння:

$$\begin{aligned} y : x &= 0,7, \\ x + m &= 622,7, \\ y + m &= 584,97. \end{aligned}$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь, одержимо, що 125,76 л O_2 витрачено на згоряння жиру, а 496,94 л O_2 — на згоряння вуглеводів. З таблиці Леві візьмемо числа, що відповідають кількості кисню, який витрачається на згоряння 1 г жиру і вуглеводів, і встановимо, що в тілі згоріло:

$$\begin{aligned} 125,76 : 2,019 &= 62,28 \text{ г жиру,} \\ 496,94 : 0,8288 &= 599,5 \text{ г вуглеводів.} \end{aligned}$$

Таким чином, ми мали можливість визначити числовий вираз глибини дисиміляційного процесу...».

При користуванні нашою номограмою справа значно спрощується:

1. Знаходимо загальний дихальний коефіцієнт

$$646,88 : 700 = 0,924$$

2. Обчислюємо процент кисню, який витрачається на окислення білків

$$100 \times 77,3 : 700 = 11,04$$

3. Накладаємо на номограму лінійку так, щоб пряма пройшла через точку 11 шкали Б і через точку 0,924 шкали Д. К. Пряма перетне шкалу У в точці 71. Це означає, що на окислення вуглеводів витрачається 71% усього кисню, або $700 \times 0,71 = 497$ л.

На окислення жиру витрачено решту $(100 - 71 - 11) = 18\%$ O_2 , або $700 \times 0,18 = 126$ л.

Відхилення одержано мізерне: для вуглеводів близько $+0,012\%$, а для жиру $+0,2\%$. При збільшенні масштабу номограми точність вимірювання може бути ще підвищена.

Сталінський медичний інститут
(Донбас)

Надійшла до редакції
31.VII 1957 р.

Номограмма для расчета метаболизма у человека

Л. И. Майзельс

Резюме

Расчет метаболизма по газообмену и выделенному с мочой азоту весьма трудоемок и связан со сложными вычислениями. Поэтому всякое упрощение расчетов будет способствовать более широкому использованию этого метода исследования, особенно в клинике.

Предлагаемая автором номограмма позволяет по общему дыхательному коэффициенту и проценту кислорода, использованного на окисление белков, получить сразу процент кислорода, израсходованного на окисление углеводов, и по разности — процент кислорода, израсходованного на окисление жира. Полученные проценты перечисляются на абсолютные количества кислорода в литрах.

Номограмма построена на основании уравнения:

Дыхательный коэффициент (общий) $= 0,7 + 0,001B + 0,003U$ (B и U означают проценты кислорода, использованного на окисление белков и углеводов).

Для облегчения построения номограммы даются параметры ее шкал:

1. Все три шкалы строго параллельны и начинаются на общем уровне.

2. Масштаб шкал берется по желанию; чем больше масштаб, тем выше точность. Средняя шкала Д. К. находится от крайних (основных) шкал Б и У на расстояниях соответственно в отношении 3:1. Высота шкалы Д. К. равна 0,75 высоты основных.

Основные шкалы Б и У имеют равные деления от 0 до 100% снизу вверх. Шкала Д. К. имеет равные деления снизу вверх от 0,7 до 1,0. Слева на шкале даны термические эквиваленты кислорода по Цунцу.

Шкалы Д. К. и У имеют сверху и внизу добавочные деления для тех случаев, когда дыхательный коэффициент выше 1,0 или ниже 0,7.