

# **ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ**

**Лекция для студентов 1 курса  
стоматологического факультета**

# **Обмен веществ и энергии**

Совокупность физических, химических, физиологических процессов превращения веществ в самом организме и обмен веществами и энергией с окружающей средой.

# Этапы обмена веществ и энергии

- 1-й этап. Поступление пищи в ЖКТ и ее расщепление там.
- 2-й этап. Межуточный (промежуточный) обмен..
- 3-й этап. Образование и выделение конечных продуктов метаболизма.

В организме динамически уравновешены следующие процессы.

- **Анаболизм** – биосинтез органических веществ, компонентов клеток и тканей, - сопряженный с кумуляцией энергии (ассимиляцией).
- **Катаболизм** – расщепление сложных молекул компонентов клеток, органов и тканей. Реакции катаболизма сопровождаются высвобождением энергии (диссимиляцией).

# Методы оценки обмена веществ

Для оценки обмена веществ в клинике используется определение содержания исходных, промежуточных и конечных продуктов обмена в жидкостях организма, в частности, в крови.

- **Для оценки белкового обмена определяют:**
  - общий белок (65 - 85 г/л)
  - белковые фракции сыворотки крови
  - соотношение альбуминов и глобулинов 1,5 - 1,8,
  - альбумины – 38 - 50 г/л,
  - конечные продукты азотистого обмена:
    - мочевина – 2,8 - 8,3 ммоль/л,
    - креатинин – 50 - 150 мкмоль/л (муж.), 44-97 мкмоль/л (жен.).

# Методы оценки обмена веществ

- **Для оценки жирового обмена определяют :**
  - триглицериды - 0,55-1,65 ммоль/л
  - холестерин – 3,6-5,2 ммоль/л
  - фракции липопротеидов.
- **Для оценки углеводного обмена:**
  - определяют содержание глюкозы натощак: 3,39 - 5,55ммоль/л,
  - проводят тест толерантности к глюкозе, строят сахарную кривую (после сахарной нагрузки содержание глюкозы в крови возрастает, в норме показатель возвращается к исходному значению через 2 часа).

# Азотистый баланс

- Это соотношение количества азота, поступившего в организм с пищей и выделенного из него.
- Белок является основным источником азота в организме.
- Усвоение азота вычисляют по разности количества его в принятой пище и выводимого из организма.
- 1 г. азота содержится в 6,25 г. белка. Следовательно, умножив найденное количество азота на 6,25, можно определить количество усвоенного белка.
- Азотсодержащие продукты белкового обмена (мочевина, мочевая кислота, креатинин и др.) выделяются преимущественно с мочой и частично с потом.
- Если количество азота, поступающего в организм с пищей, равно количеству выводимого азота, организм находится в состоянии **азотистого равновесия**.

# Положительный азотистый баланс

- В случаях, когда поступает азота больше, чем выделяется, говорят о **положительном азотистом балансе**.
- Происходит задержка (ретенция) азота в организме.
- Это бывает при увеличении спортивных тренировках, в период роста организма, при беременности, при выздоровления после тяжелого истощающего заболевания.



# Отрицательный азотистый баланс

- Состояние, при котором количество выводимого из организма азота превышает его поступление в организм, называют **отрицательным азотистым балансом**.
- Это имеет место при питании неполноценными белками, когда в организм не поступают какие-либо из незаменимых аминокислот, при белковом голодании или при полном голодании.

# **Взаимосвязь обмена веществ и энергии**

- Белки, жиры, углеводы + O<sub>2</sub> → H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> + АТФ +  
**+ первичная теплота**

При расщеплении 1г углеводов образуется:

23% АТФ + 77% свободной теплоты.

- АТФ расходуется на:
  - синтез и обновление структур,
  - активный транспорт веществ через мембрану,
  - процессы сокращения и расслабления мышц.

В результате выделяется **вторичная теплота**.

- По количеству теплоты судят об интенсивности обмена веществ.

**Калорический коэффициент** – это количество энергии, выделяющееся при окислении 1г питательного вещества

- При окислительном распаде различных питательных веществ выделяется разное количество тепла.
- **Калорический коэффициент для различных питательных веществ:**  
белки – 4,1 ккал,  
жиры – 9,3 ккал,  
углеводы – 4,1 ккал .

# Основной обмен

- Это минимальный уровень энергозатрат, необходимый для поддержания жизнедеятельности организма в условиях относительно полного физического и эмоционального покоя.
- Обмен веществ и энергии изменяется в зависимости от изменения функциональной активности организма.

# Стандартные условия определения основного обмена

- утром,
- в положении лежа на спине,
- при температуре комфорта ( $18-22^{\circ}$  С для одетого человека и  $27-29^{\circ}$  С для раздетого),
- натощак (через 12-14 ч. после приема пищи); белковую пищу исключают из рациона за 2-3 дня до исследования,
- в условиях психоэмоционального покоя.

# **Основной обмен изменяется в зависимости от времени суток**

- В 6 часов энергообмен минимальный,
- днем максимальный,
- ночью энергообмен уменьшается, становясь меньше, чем основной обмен.
- Поэтому исследование проводится утром.

# **Основной обмен зависит от интенсивности функционирования различных органов**

- Наиболее выражен энергообмен в скелетных мышцах (25,6%), печени (26,4%), мозге (18,3%). В меньшей степени – в сердце (9,2%) и почках (7,2%).
- Поэтому необходимо, чтобы при исследовании мышцы были максимально расслаблены.

# При температуре комфорта достигается равновесие между теплопродукцией и теплоотдачей

- При пониженной температуре среды происходит активация симпатoadреналовой системы, мобилизация углеводов (распад гликогена), липолиз, что приводит к увеличению энергообмена.
- При повышении температуры среды происходит еще большая активация симпатoadреналовой системы, сопровождающаяся увеличением ЧСС, потоотделения, повышением энергообмена.



# Прием пищи способствует увеличению энергообмена

- **Специфическое динамическое действие пищи** – это увеличение энергообмена, связанное с приемом пищи
- Увеличение энергообмена происходит через 1 час после приема пищи, достигает максимума через 3 часа.
- Специфическое динамическое действие пищи продолжается 12-13 часов.
- При приеме смешанной пищи энергообмен увеличивается на 6-15%.
- Наиболее выражено специфическое динамическое действие у белков (энергообмен повышается на 30%).

**Должный основной обмен (в норме)**

величина индивидуальная.

Он зависит от возраста, пола, роста,

массы тела.

# **Изменение величины основного обмена в зависимости от возраста**

Относительная величина основного обмена у новорожденного - 2 ккал/кг·ч.

Нормальный основной обмен для мужчины среднего возраста (20-30 лет) массой 70 кг. составляет 1700 ккал/сут. (1 ккал/кг·ч).

После 40 лет — уменьшается:

у мужчин на 7 ккал в год,

у женщин на 2 ккал в год.

# **Половые особенности основного обмена**

У женщин основной обмен на 10% меньше,  
чем у мужчин.

# Правило поверхности тела

- Энергозатраты пропорциональны площади поверхности тела: чем больше площадь поверхности тела, тем больше отдается тепла в окружающую среду.
- Поэтому чем больше рост и масса тела человека, тем больше величина основного обмена.

- Существуют таблицы должных значений основного обмена в зависимости от пола, возраста, роста и массы тела.
- Допустимыми считаются отклонения основного обмена от должного значения не более, чем на 10%.

# Практическое значение основного обмена

- Величина основного обмена отражает состояние механизмов нервно-гуморальной регуляции обмена веществ и энергии.
- Так, например, повышение концентрации тироксина в крови, являющегося разобшителем окисления и фифорилирования, сопровождается увеличением показателя основного обмена.
- Симпатическая нервная система увеличивает основной обмен, парасимпатическая уменьшает.
- Основной обмен может повышаться при выздоровлении, при беременности, снижаться - при интоксикации.

**Рабочий обмен - энергообмен, реально существующий у каждого человека.**

- Разность между энергозатратами на выполнение любой деятельности и основным обменом называется **рабочей прибавкой**.
- Энергозатраты зависят от тяжести труда.
- В связи с этим условно выделяют профессиональные категории (5 для мужчин и 4 для женщин).



# Профессиональные категории в зависимости от величины рабочего обмена

	Мужчины	Женщины
1. Умственный труд	2800	2400
2. Физический труд		
• легкий	3000	2550
• средней тяжести	3200	2700
• тяжелый	3700	3150
• особо тяжелый	4300	-

# **Значение рабочего обмена**

Знание рабочего обмена необходимо для восполнения энергозатрат при составлении рациона питания.

# Методы оценки энергообмена

1. Прямая калориметрия

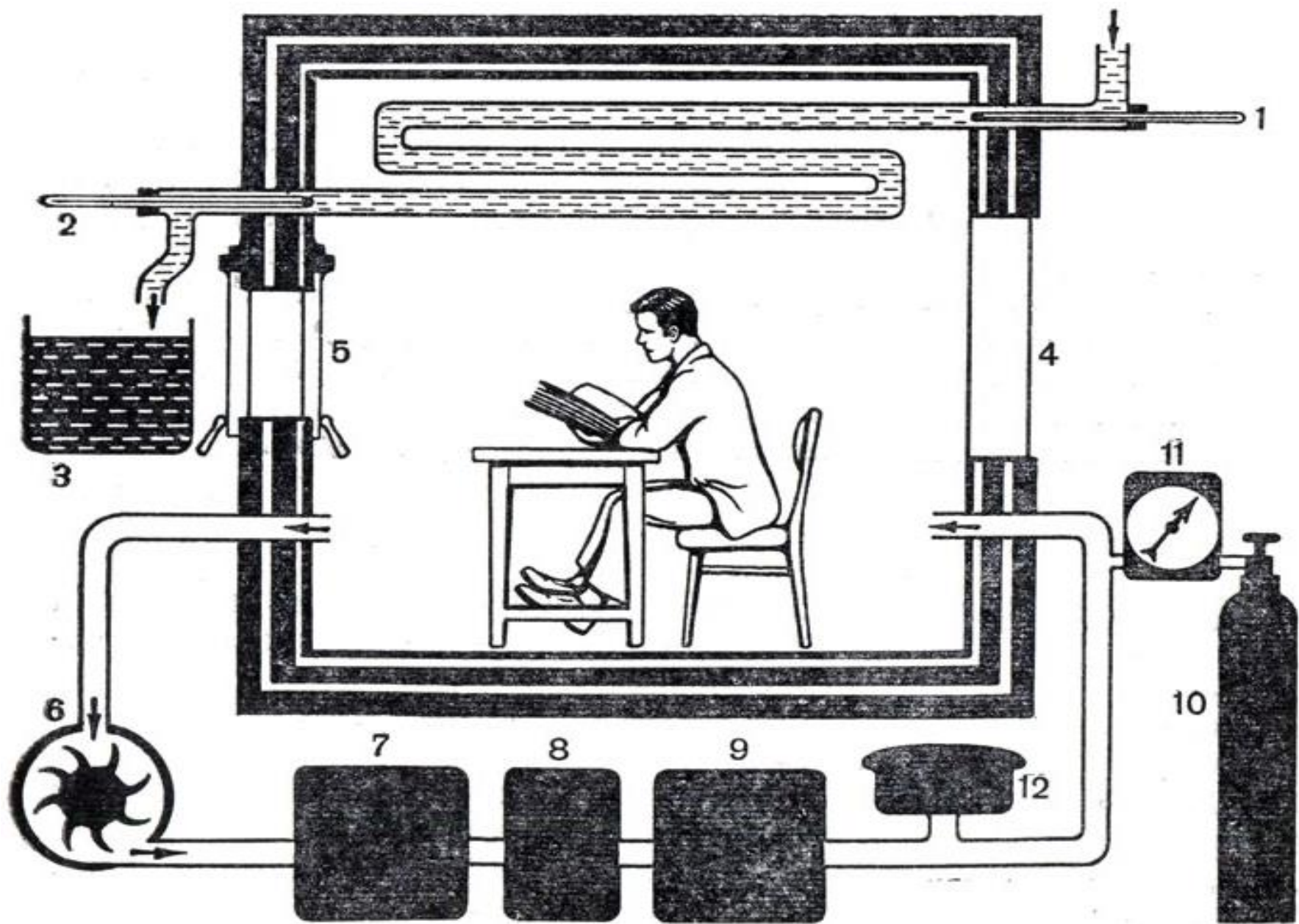
2. Непрямая калориметрия

1) Непрямая калориметрия с полным газовым анализом

2) Непрямая калориметрия с неполным газовым анализом

# Прямая калориметрия

- Прямая калориметрия основана на непосредственном учете в биокалориметрах количества тепла, выделенного организмом.
- Биокалориметр - это герметизированная, теплоизолированная камера, в стенах которой по трубкам циркулирует вода.
- Человек помещается в биокалориметр.
- Тепло, выделяемое человеком, нагревает циркулирующую воду.
- Зная удельную теплоемкость воды, по количеству протекающей воды и изменению ее температуры рассчитывают количество выделенного организмом тепла.



# Непрямая калориметрия

- В основе теплообразования в организме окислительные процессы, при которых потребляется кислород и образуется углекислый газ.
- Поэтому о теплообразовании можно косвенно судить по газообмену (по соотношению количества выделенного организмом углекислого газа и потребленного кислорода).

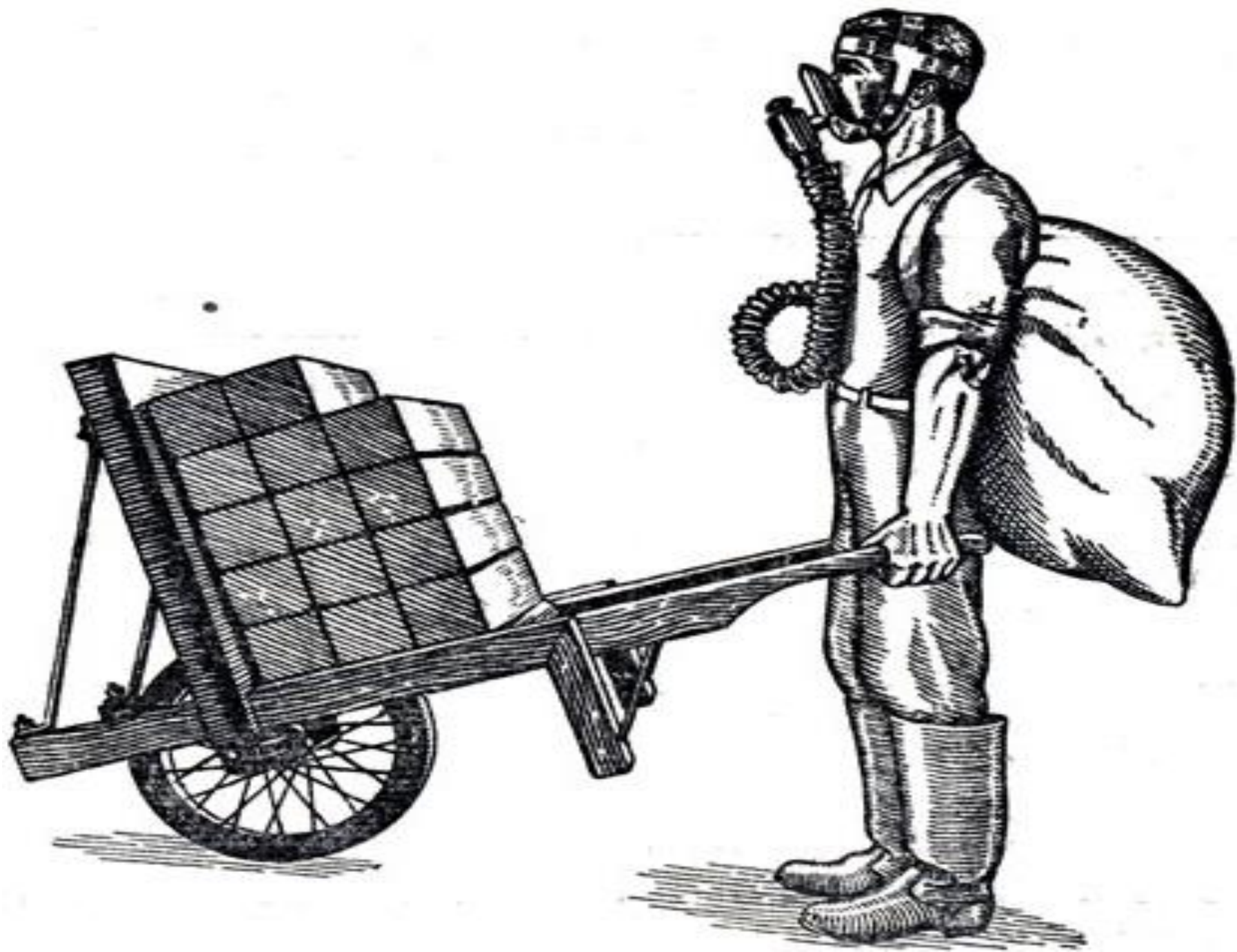
# Непрямая калориметрия с полным газовым анализом

- Зная газовый состав вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, можно определить объем поглощенного кислорода и выделившегося углекислого газа, то есть провести полный газовый анализ.
- В атмосферном воздухе 21% кислорода и 0,03% углекислого газа.
- Для определения газового состава выдыхаемого воздуха его нужно собрать. Для этого используется мешок Дугласа.

# Мешок Дугласа

- Позволяет собрать выдыхаемый воздух и определить его газовый состав.
- Мешок из воздухонепроницаемой ткани укрепляется на спине обследуемого.
- В течение 10-15 минут человек дышит через загубник или маску, где имеются клапаны, позволяющие свободно вдыхать воздух из атмосферы, а выдыхать в мешок.





# Этапы определения энергообмена методом непрямой калориметрии с ПОЛНЫМ ГАЗОВЫМ АНАЛИЗОМ

- Расчет дыхательного коэффициента (ДК).
- Определение калорического эквивалента кислорода (КЭК).
- Определение величины энергообмена.

Для этого необходимо КЭК умножить на объем поглощенного (потребленного) кислорода.

**Дыхательный коэффициент (ДК) –**  
отношение объема выделенного  
углекислого газа к объему  
потребленного кислорода.

При окислении различных питательных веществ  
ДК имеет различные значения.

- Углеводы            1
- Белки                0,8
- Жиры                0,7
- Смешанная        0,82

пища

**Калорический эквивалент кислорода (КЭК) – количество теплоты, выделяющееся при потреблении организмом 1 литра кислорода.**

КЭК определяется по таблице в зависимости от величины ДК

	ДК	КЭК
• Углеводы	1	5,05 ккал
• Белки	0,8	4,81 ккал
• Жиры	0,7	4,69 ккал
• Смешанная пища	0,82-0,83	4,83 ккал

# Пример решения задачи на определение энергообмена методом непрямой калориметрии с полным газовым анализом

У исследуемого, выполняющего в течение 40 минут комплекс тренировочных физических упражнений, определены следующие показатели:

- *Газовый состав выдыхаемого воздуха:*

кислород – 15,2%, углекислый газ – 4,8%

- Минутный объем дыхания (МОД) – 12 л

- *В атмосферном воздухе содержится:*

кислород – 21,0%, углекислый газ – 0,03%

Вычислить затраты энергии за время тренировки.

1) Определение процента потребленного кислорода и выделившегося углекислого газа

$21,0 - 15,2 = 5,8(\%)$  кислорода

$4,8 - 0,03 = 4,77(\%)$  углекислого газа

2) Определение ДК

$4,77 : 5,8 = 0,82$

3) Определение КЭК (по таблице)

4,83 Ккал

4) Определение объема поглощенного кислорода

Зная МОД, равный 12л, и процент кислорода, пошедшего на окисление (5,8), находим, какой объем кислорода потреблен за 1 мин. работы (0,69л).

$0,69 \times 40 = 27,6$  (л) кислорода поглощено за 40 мин. работы

5) Определение рабочего обмена

$27,6 \times 4,83 = 133,308$  (Ккал)

*Ответ:* затраты энергии за время тренировки составили 133,308 Ккал.

# Непрямая калориметрия с неполным газовым анализом

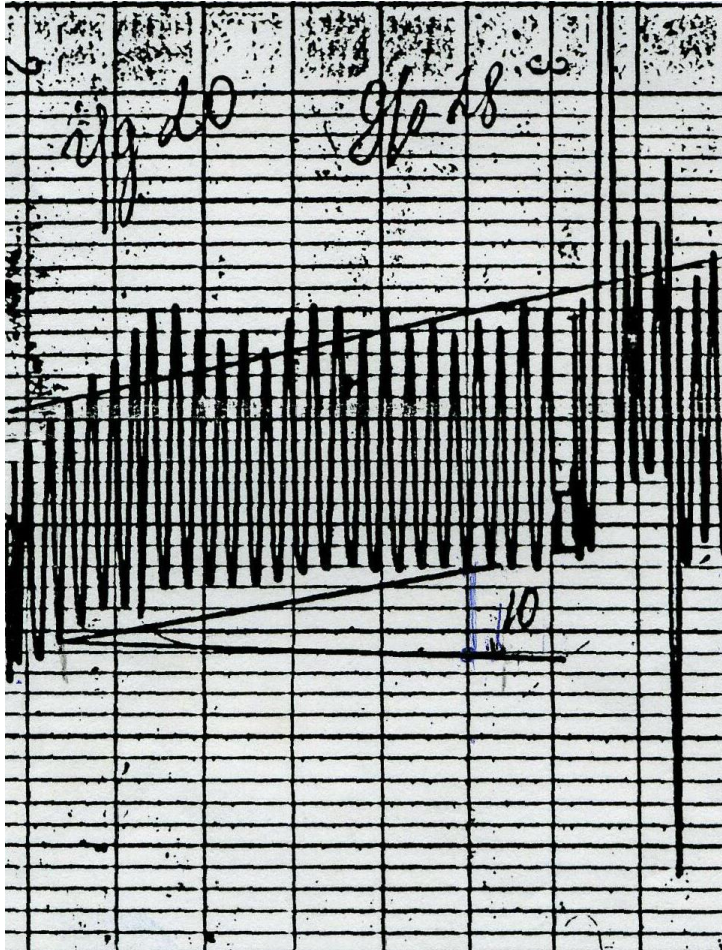
- Этот метод используется для определения основного обмена.
- При питании смешанной пищей в состоянии покоя ДК составляет 0,82-0,83.
- КЭК при этом ДК равен 4,83 Ккал.
- Определив количество поглощенного кислорода, можно рассчитать основной обмен.

# Определение количества потребленного кислорода

- Количество потребленного организмом кислорода определяют с помощью спирографа закрытого типа.
- Испытуемый получает кислород из резервуара.
- Выделяемый углекислый газ поглощается в спирографе натронной известью.
- Объем циркуляционной системы прибора в процессе исследования уменьшается на объем поглощенного испытуемым кислорода. Это отражается на спирограмме в виде ее отклонения от горизонтального уровня.

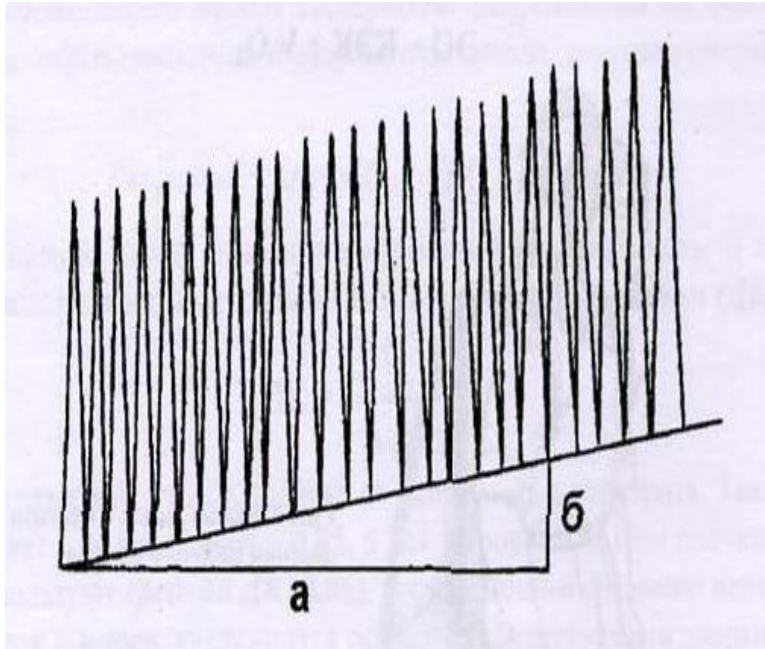


# Спирограмма, используемая для расчета количества потребленного кислорода



- Скорость движения ленты - 50мм/мин
- Масштаб 1 : 20 (1 мм отклонения спирограммы соответствует 20 мл потребленного кислорода)
- Потребление кислорода в 1 минуту определяют по наклону спирограммы.

# Определение объема потребленного кислорода по спирограмме за 1 минуту



- Измеряют высоту отклонения спирограммы от горизонтального уровня в точке, соответствующей 1 минуте записи (б).
- Для этого от начала записи откладывают вправо 50 мм (а).
- Используя масштаб, переводят полученное значение в объемные единицы кислорода (измерение производится в мм, результат умножается на 20мл).

# Пример решения задачи на определение энергообмена методом непрямой калориметрии с неполным газовым анализом

Определить величины фактического и должного основного обмена у мужчины 28 лет, имеющего рост 192 см, вес 87 кг, потребляющего за 1 минуту 290 мл кислорода.

- Принимаем ДК равным 0,83.
- Находим соответствующий КЭК (4,83 Ккал).
- Определяем фактический основной обмен:  
 $0,290 \times 4,83 = 1,4$  (Ккал) - за 1 мин,  
 $1,4 \times 60 \times 24 = 2017$  (Ккал) - в сутки.
- Определяем должный основной обмен по таблице.

# Регуляция обмена веществ и энергии обеспечивает:

- Поддержание гомеостаза
- Адаптацию организма к изменению условий внешней среды

# Механизмы регуляции обмена веществ и энергии

- **Автоматическая (биохимическая, местная) регуляция**  
Активность ферментов биохимических реакций может меняться в зависимости от концентрации субстрата и продукта реакции.
- **Гуморальная (гормональная) регуляция**  
Гормоны влияют на проницаемость клеточной мембраны для веществ, на биосинтез ферментов и их активность.
- **Нервная регуляция**  
Осуществляется в виде трофического действия вегетативных нервов или посредством влияния на железы внутренней секреции. Центральным звеном регуляции обмена веществ и энергии является гипоталамус.

# Гуморальная (гормональная) регуляция

Гормоны, обладающие **анаболическим эффектом**: инсулин, СТГ, андрогены, тироксин в небольших концентрациях.

Гормоны, обладающие **катаболическим действием**: глюкокортикоиды, адреналин, тироксин в высоких концентрациях.

# Гормоны, участвующие в регуляции белкового обмена

- СТГ гипофиза
- Гормоны щитовидной железы (тироксин и трийодтиронин)
- Глюкокортикоиды (гидрокортизон, кортикостерон)

# Гормоны, участвующие в регуляции обмена липидов

- Адреналин
- СТГ
- Тироксин
- Глюкокортикоиды



# Гормоны, участвующие в регуляции обмена углеводов

1. Инсулин

2. «Контринсулярные гормоны»:

- глюкагон,
- адреналин,
- глюкокортикоиды,
- СТГ,
- тиреоидные гормоны

После изучения лекции **необходимо** пройти тестирование при помощи сервиса Гугл-формы.

Пожалуйста, корректно заполняйте поля ФИО, факультет и номер группы.

Ссылка для прохождения тестирования:

<https://forms.gle/ja7N5ZKLEnhAn2fn7>