

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Зекрин Фанави Хайбрахманович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 04.11.2023 18:09:29  
Уникальный прогамный идентификатор:  
8d1b39193cdad8918b8873b6591d9ef237c1a2d2

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ЧАЙКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ  
КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»  
(ФГБОУ ВО «ЧГАФКиС»)**

**Кафедра Адаптивной физической культуры и медико-биологических  
дисциплин**

**Методические материалы по выполнению контрольной работы по  
дисциплине  
«Физиология человека»**

Для обучающихся заочной формы по направлениям подготовки  
49.03.01 Физическая культура,  
49.03.02 Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья  
(адаптивная физическая культура),  
49.03.03 Рекреация и спортивно-оздоровительный туризм,  
49.03.04 Спорт

Разработчик:  
Синяк Е.Д., к.б.н.,  
доцент

Рассмотрено на заседании  
кафедры АФКиМБД  
Протокол от «11» апреля  
2023 г. № 15

Чайковский 2023

Рецензент: к.б.н., доцент Н.Ю.Лаврова

Физиология человека. Методические указания к выполнению контрольной работы  
/ Е.Д.Синяк. – Чайковский: ЧГАФКиС, 2023. – 26 с.

Рассмотрено на заседании кафедры АФКиМБД

Протокол от « 11 » 04 2023 г. № 15

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Физиология человека» предназначены для студентов 2 курса заочной формы обучения, обучающихся по направлению подготовки 49.03.01 Физическая культура, 49.03.02 Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура), 49.03.03 Рекреация и спортивно-оздоровительный туризм, 49.03.04 Спорт и разработаны в соответствии с рабочей программой дисциплины.

В методических указаниях к выполнению контрольной работы изложены основные требования, предъявляемые к содержанию и оформлению контрольной работы по дисциплине «Физиология человека», приведены примеры решения задач по расчету изменений показателей сердечно-сосудистой, дыхательной и других вегетативных систем организма в зависимости от уровня энергообеспечения мышечной деятельности, представлены варианты контрольных заданий и критерии оценки выполнения контрольной работы.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
Раздел 1. Физиология крови	4
Раздел 2. Физиология кровообращения	6
Раздел 3. Физиология дыхания	9
Раздел 4. Физиология обмена веществ и энергии	13
Выбор варианта контрольной работы	16
Варианты контрольных работ	16
Требования к выполнению и оформлению контрольной работы	20
Критерии оценки выполнения контрольной работы	21
Литература, рекомендуемая для выполнения контрольной работы	22
Приложение 1	24
Приложение 2	25
Приложение 3	26

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с рабочим учебным планом по направлению подготовки 49.03.01 Физическая культура, 49.03.02 Физическая культура для лиц с отклонениями в состоянии здоровья (адаптивная физическая культура), 49.03.03 Рекреация и спортивно-оздоровительный туризм, 49.03.04 Спорт студенты 2 курса заочной формы обучения должны выполнить контрольную работу по дисциплине «Физиология человека».

**Цель** выполнения контрольной работы - актуализация и закрепление теоретического материала, а также применение теоретических знаний при решении практических задач по дисциплине «Физиология человека».

Выполнение контрольной работы позволяет выработать и закрепить практические навыки решения конкретных задач по расчету изменений показателей сердечно-сосудистой, дыхательной и других вегетативных систем организма в зависимости от уровня энергообеспечения мышечной деятельности и обеспечивает преподавателю возможность контроля усвоения студентами основных тем дисциплины, а также уровня их самостоятельности, активности и креативности. Решение задач как учебно-методический прием изучения физиологии человека имеет исключительно большое значение, так как его применение способствует качественному усвоению теоретических знаний, развивает умение рассуждать и обосновывать выводы, существенно расширяет кругозор будущих бакалавров по физической культуре.

Следует помнить о том, что целью решения задач по физиологии человека является не только получение ответа на вопрос, но и демонстрация знаний основных понятий, законов и терминов. Поэтому в решении желательны краткие пояснения, ссылки на закономерности. Это позволяет студенту показать глубокое знание учебной дисциплины.

Контрольная работа представляет собой 10 вариантов заданий, каждое из которых включает в себя 6 теоретических вопросов из основных разделов учебной дисциплины и 2 практические задачи. Студент выполняет 1 вариант.

Подобранные задачи могут иметь несколько вариантов решений. Решение зависит от направленности, знаний, способностей, владения студентом теоретическим материалом.

Контрольная работа представляется в сроки, установленные учебным планом.

## РАЗДЕЛ I ФИЗИОЛОГИЯ КРОВИ

### *1.1 Краткие теоретические основы*

При решении задач, связанных с изменениями в системе крови при воздействии мышечных нагрузок на организм человека, особое внимание нужно уделить понятию «внутренняя среда организма», биологическим свойствам плазмы крови, изучить сущность миогенного лейкоцитоза и механизмам крово- и лимфообразования.

Находясь в постоянном движении, кровь осуществляет важные функции переноса питательных веществ, газов, гормонов, промежуточных и конечных продуктов обмена веществ. Кровь участвует также в поддержании постоянства внутренней среды.

Кровь состоит из жидкой части – плазмы, занимающей в среднем около 55-60% ее объема, и клеточных элементов (эритроциты, лейкоциты и тромбоциты), составляющих 40-45% объема. У взрослого человека количество крови колеблется в пределах 6-8% от массы тела, что составляет 5 литров для мужчины весом 70 кг.

Не все количество крови находится в циркуляции. Значительная часть крови (до 46-50%) находится в кровяном депо – селезенке, печени, подкожной клетчатке. При кровотечениях, асфиксии (удушении), болевых раздражениях, высокой температуре, а

также при мышечной деятельности кровь из депо поступает в общую сосудистую систему, тем самым увеличивая количество циркулирующей крови в организме. При мышечной работе этот рефлекторный акт имеет чрезвычайно большое значение, так как в связи с увеличением массы циркулирующей крови увеличивается доставка кислорода и питательных веществ к работающим мышцам и происходит удаление из них образующихся продуктов обмена веществ.

При насыщении крови кислородом гемоглобин превращается в оксигемоглобин, при этом 1 грамм гемоглобина способен присоединить 1,34 мл O<sub>2</sub>. КЕК – кислородная емкость крови – это количество O<sub>2</sub>, которое связывается 100 мл крови до полного насыщения Hb (около 20 мл O<sub>2</sub>), то есть, это показатель, отражающий степень насыщения кислородом 100 мл крови.

Важным показателем, по которому можно косвенно оценить скорость метаболических процессов на клеточном уровне, является артерио-венозная разность (ABPO<sub>2</sub>), равная разности между содержанием кислорода в артериальной и венозной крови. В состоянии покоя этот показатель обычно составляет 5-6 об%, после физических нагрузок увеличивается до 15-17 об%.

$$ABPO_2 = pO_2A - pO_2B$$

К т.у. – процент тканевой утилизации кислорода или коэффициент использования кислорода, указывает, сколько O<sub>2</sub> утилизировано тканью, рассчитывается по формуле:

$$K_{т.у.} = \frac{ABPO_2}{pO_2} \times 100$$

В покое К т.у. составляет 30-40%, при работе возрастает до 50-60% за счет снижения pCO<sub>2</sub>B, при очень тяжелой работе повышается до 80-90%.

## 1.2 Решение типовых задач

**Задача 1.** У спортсмена-стайера объем циркулирующей крови (ОЦК) в покое равен 6,0 л, а гематокрит составил 45%. При обследовании сразу после бега гематокрит составил 50%. Определите, как изменился объем плазмы и объем циркулирующей крови у спортсмена во время бега.

*Дано:*

ОЦК = 6,0 л  
H<sub>t0</sub> = 45%  
H<sub>t1</sub> = 50% \_\_\_\_\_  
ΔОЦП - ?

*Решение:*

1) Находим объем форменных элементов у спортсмена в покое:  
X мл крови – 45 % форменных элементов;  
6000 мл крови – 100 % форменных элементов;  
$$X = \frac{6000\text{мл} \times 45\%}{100\%} = 2700 \text{ мл форменных элементов};$$

Во время бега в связи с выходом плазмы в межклеточное пространство происходит гемоконцентрация (сгущение) крови, при этом наблюдается уменьшение объема плазмы циркулирующей крови при неизменном количестве форменных элементов.

Гематокрит – это доля форменных элементов в общем объеме циркулирующей крови, при гемоконцентрации этот показатель увеличивается.

2) По данным гематокрита находим ОЦК после выполнения работы:

2700 мл форменных элементов – 50%;  
X мл ОЦК – 100%

$$X = \frac{2700\text{мл} \times 100\%}{50\%} = 5400 \text{ мл крови.}$$

3) Находим объем плазмы крови:

в покое: 6000мл – 2700мл = 3300мл;  
после бега: 5400мл – 2700мл = 2700мл.

4) Разница составляет:  $3300\text{мл} - 2700\text{мл} = 600\text{мл}$ .

*Ответ:* Объем плазмы и ОЦК уменьшился на 600 мл.

**Задача 2.** Определите кислородную ёмкость крови (КЕК), если в ней содержится 14,2 г % гемоглобина.

*Дано:*  
 $\text{Hb} = 14,2 \text{ г\%}$  \_\_\_\_\_  
КЕК - ?

*Решение:*  
Известно, что 1 г. гемоглобина связывает 1,34 мл.  $\text{O}_2$   
 $14,2 \text{ г} - X \text{ мл } \text{O}_2$

Тогда:

$$X \text{ мл. } \text{O}_2 \text{ (КЕК)} = \frac{14,2\text{г} \times 1,34\text{мл}\text{O}_2}{100\text{мл}} = 19,028 \text{ мл/100мл.}$$

*Ответ:* КЕК составляет 19,03 об %.

**Задача 3.** Содержание кислорода в артериальной крови составляет 20 об %, в венозной 15 об %. Определить процент тканевой утилизации кислорода (Кт.у.).

*Дано:*  
 $\text{pAO}_2 = 20 \text{ об\%}$   
 $\text{pVO}_2 = 15 \text{ об\%}$  \_\_\_\_\_  
Кт.у. - ?

*Решение:*  
Утилизация кислорода есть отношение артерио-венозной разницы к содержанию кислорода в артериальной крови – кислородной ёмкости крови (КЕК).

1)  $\text{ABPO}_2 = 20\text{об\%} - 15\text{об\%} = 5\text{об\%}$ .

$$2) \text{Кт.у.} = \frac{5\text{об\%} \times 100\%}{20\text{об\%}} = 25 \%$$

*Ответ:* Коэффициент тканевой утилизации (Кт.у.) составляет 25%.

## РАЗДЕЛ II ФИЗИОЛОГИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ

### *2.1 Краткие теоретические основы*

При решении задач, связанных с физиологией кровообращения, особое внимание следует обратить на фазы сердечной деятельности, систолический (ударный) и минутный объемы сердца, гуморальную и нервную регуляцию деятельности сердца и сосудов, закономерности движения крови в сосудах, кровяное давление и особенности кровообращения при физической работе.

Двигательная деятельность требует увеличения кровоснабжения мышц и других органов. Изменение процессов кровообращения начинается условно-рефлекторным путем уже в предстартовом и стартовом состоянии. При этом наблюдается усиление рефлекторных влияний через симпатическую нервную систему, проявляющееся в некотором учащении сердечной деятельности и повышении кровяного давления. С началом работы скелетных мышц под влиянием симпатических нервов и секреции адреналина происходит увеличение частоты сердечных сокращений, осуществляется выход крови из депо, расширение сосудов легких и сердца. Все это приводит к повышению общего кровяного давления и к увеличению кровоснабжения работающих мышц. Повышение притока крови к ним обусловлено также и тем, что появление молочной кислоты и других продуктов обмена веществ, сдвигающих реакцию внутренней

среды в кислую сторону, а также повышение температуры тела вызывает расширение кровеносных сосудов в работающих органах.

Спортивная тренировка вызывает ряд адаптивных изменений функционального состояния сердечно-сосудистой системы, наблюдаемых у спортсменов в состоянии покоя. Так, у спортсменов, тренирующихся выносливость, наблюдается брадикардия, гипотония, увеличение сократительной силы сердца и его ударного объема и т.д.

Таким образом, работа сердечно-сосудистой системы в процессе тренировки перестраивается. В результате этой перестройки функциональные возможности организма расширяются. Весь этот процесс совершается путем безусловно-рефлекторного и условно-рефлекторного приспособления деятельности различных систем и всего организма в целом к изменяющимся условиям среды.

#### Формулы для расчета параметров кровообращения

- Минутный объем кровообращения (МОК), мл/мин:

$$\text{МОК} = \text{СО} \times \text{ЧСС},$$

где СО – систолический (ударный) объём, мл;

ЧСС – частота сердечных сокращений, уд/мин.

МОК можно также рассчитать и по показателям потребления кислорода ( $\text{ПО}_2$ ) и артерио-венозной разницы по кислороду ( $\text{АВРО}_2$ ); которая рассчитывается по формуле Фика:

$$\text{МОК} = \text{ПО}_2 \text{ (мл/мин)} / \text{АВРО}_2 \text{ (мл/л)}.$$

- Длительность сердечного цикла (СЦ), сек. – это время одного полного сокращения сердца, состоящего из трех фаз: систолы предсердий, систолы желудочков и общей диастолы, которое зависит от частоты сердечных сокращений:

$$\text{СЦ} = \frac{60\text{сек}}{\text{ЧСС}_{\text{уд/мин}}}$$

- Кислородный пульс (КП) – количество кислорода, переносимое за одну секунду:

$$\text{КП} = \text{СО} \times \text{КЕК} \text{ (мл/уд)},$$

где СО – систолический объем, мл; КЕК – кислородная ёмкость крови, мл  $\text{O}_2$  в 100 мл крови.

Если есть данные о потреблении кислорода ( $\text{ПО}_2$ ), то используется следующая формула:

$$\text{КП} = \text{ПО}_2 \text{ мл/мин} : \text{ЧСС уд/мин}, \text{ в мл/уд.}$$

- Пульсовое давление (ПД), мм рт. ст.:

$$\text{ПД} = \text{СД} - \text{ДД},$$

где СД – систолическое давление, мм рт. ст.

ДД – диастолическое давление, мм рт. ст.

## **2.2 Решение типовых задач**

**Задача 1.** Рассчитайте показатели производительности сердца у спортсмена весом 71 кг, если известно, что потребление кислорода достигло 70 мл/мин/кг, ЧСС – 180 уд/мин, а показатель артерио-венозной разницы по  $\text{O}_2$  составил 145 мл/л.

*Дано:*

$$m = 71 \text{ кг}$$

$$\text{ПО}_2 \text{ отн} = 70 \text{ мл/мин/кг}$$

$$\text{ЧСС} = 180 \text{ уд/мин}$$

$$\underline{\text{АВРО}_2 = 145 \text{ мл/л}}$$

$$\text{МОК} - ? \quad \text{СО} - ?$$

*Решение:*

- 1) Абсолютное потребление кислорода за минуту:

$$\text{ПО}_2 = 70 \text{ мл/мин/кг} \times 71 \text{ кг} = 4970 \text{ мл/мин} = 4,97 \text{ л/мин.}$$

- 2) Согласно формуле Фика:  $\text{МОК} = \frac{\text{ПО}_2}{\text{АВРО}_2}$

$$\text{МОК} = \frac{4970 \text{ мл/мин}}{145 \text{ мл/л}} = 34,3 \text{ л/мин} \text{ (34276 мл/мин)}.$$

3) Так как  $МОК = СО \times ЧСС$ , то

$$СО = \frac{МОК}{ЧСС} = \frac{34276 \text{ мл/мин}}{180 \text{ уд/мин}} = 190 \text{ мл}$$

*Ответ:* Показатели производительности сердца:

МОК = 34,3 л/мин, СО = 190 мл.

**Задача 2.** Определить, как изменилась производительность сердца (МОК) у спортсмена, если длительность сердечного цикла равна 0,93 сек, систолический объём 105 мл, при работе длительность сердечного цикла уменьшилась на 0,5 сек, а систолический объём увеличился на 55 мл.

*Дано:*

$$СЦ = 0,93 \text{ с}$$

$$СО = 105 \text{ мл}$$

$$\Delta СЦ = 0,5 \text{ с}$$

$$\Delta СО = 55 \text{ мл}$$

$\Delta МОК$  - ?

*Решение:*

1) Систолический объём во время работы:  $105 \text{ мл} + 55 \text{ мл} = 160 \text{ мл}$ .

2) Величина сердечного цикла во время работы:  $0,93 \text{ с} - 0,5 \text{ с} = 0,43 \text{ с}$ .

3) ЧСС в покое:  $ЧСС = \frac{60}{0,93} = 65 \text{ уд/мин}$ .

4) ЧСС во время работы:  $ЧСС = \frac{60}{0,43} = 140 \text{ уд/мин}$ .

5) Производительность сердца в покое:

$$МОК = 105 \text{ мл/уд} \times 65 \text{ уд/мин} = 6825 \text{ мл/мин} = 6,8 \text{ л/мин}$$

6) Производительность сердца во время работы:

$$МОК = 160 \text{ мл/мин} \times 140 \text{ уд/мин} = 22,4 \text{ л/мин}$$

7) Изменение производительности сердца во время работы составило:  $22,4 \text{ л/мин} - 6,8 \text{ л/мин} = 15,6 \text{ л/мин}$ .

*Ответ:* Производительность сердца (МОК) у спортсменов во время работы увеличилась на 15,6 л/мин.

**Задача 3.** В покое у спортсмена ЧСС составила 60 уд/мин, систолический объём (СО) – 90 мл, скорость кровотока (СК) через мышцы – 30% от МОК. После периода вработывания потребление кислорода ( $ПО_2$ ) достигло 4 л/мин, при артерио-венозной разности ( $АВРО_2$ ), равной 16 мл  $O_2/100$  мл крови. Скорость кровотока через мышцы увеличилась в 3 раза. Определить, во сколько раз увеличилась СК (л/мин) через мышцы и кожу в периоде устойчивого состояния.

*Дано:*

$$ЧСС = 60 \text{ уд/мин}$$

$$СО = 90 \text{ мл}$$

$$СК = 30\% МОК$$

$$ПО_2 = 4 \text{ л/мин}$$

$$АВРО_2 = 16 \text{ об\%}$$

СК увеличилась в 3 раза

$\Delta СК$  - ?

*Решение:*

1) В покое объёмная СК через мышцы составила:

$$МОК \times 30\% = 60 \text{ уд/мин} \times 90 \text{ мл} \times 0,3 = 1620 \text{ мл/мин} = 1,62 \text{ л/мин}$$

2) Во время нагрузки относительная СК через мышцы утроилась:

$$30\% \times 3 = 90\%, \text{ или } 0,9 \text{ от МОК}$$

3) Величина  $АВРО_2$  при работе равна:

$$16 \text{ мл } O_2/100 \text{ мл крови} = 160 \text{ мл/л} = 0,16 \text{ л/л}$$

4) МОК во время нагрузки (по формуле Фика):

$$МОК = 4 \text{ л/мин} : 0,16 \text{ л/л} = 25 \text{ л/мин}$$

5) Объёмная скорость кровотока через мышцы:

$$СК = 25 \text{ л/мин} \times 0,9 = 22,5 \text{ л/мин}$$

6) Увеличение объёмной скорости кровотока составило:

$$22,5 \text{ л/мин} : 1,62 \text{ л/мин} = 13,88 = 13,9 \text{ раз}$$

*Ответ:* Объёмная скорость кровотока (СК) через мышцы увеличилась в 13,9 раз.



**Задача 4.** Определить систолический объем (СО) в мл, если потребление кислорода (ПО<sub>2</sub>) составляет 300 мл/мин, а каждые 100 мл венозной крови, проходя через легкие, обогащаются О<sub>2</sub> на 5 мл, ЧСС равна 75 уд/мин.

*Дано:*

ПО<sub>2</sub> = 300 мл/мин

$\text{ABPO}_2 = 5 \text{ об\%}$

СО - ?

*Решение:*

1) Систолический объем крови можно найти, зная минутный объем крови (МОК). Для определения существует два способа:

а)  $\text{МОК} = \text{СО} \times \text{ЧСС}$ ;

б) Согласно принципу Фика:  $\text{МОК} = \frac{\text{ПО}_2}{\text{ABPO}_2}$ .

В данных условиях задачи  $\text{ABPO}_2$  – это величина 5 мл на 100 мл крови или 50 мл на 1 литр крови.

2) Величина МОК по формуле Фика:

$$\text{МОК} = \frac{300 \text{ мл/мин}}{50 \text{ мл/л}} = 6 \text{ л/мин} = 6000 \text{ мл/мин.}$$

3) Находим систолический объем:

$$\text{СО} = \frac{\text{МОК}}{\text{ЧСС}} = \frac{6000 \text{ мл/мин}}{75 \text{ уд/мин}} = 80 \text{ мл/уд.}$$

*Ответ:* Систолический объем равен 80 мл.

## РАЗДЕЛ III ФИЗИОЛОГИЯ ДЫХАНИЯ

### *3.1 Краткие теоретические основы*

Дыхание представляет собой обмен газами – кислородом и углекислотой между организмом и окружающей средой. Доставка кислорода к тканям и выделение углекислого газа и воды, образующихся в результате окислительно-восстановительных процессов, обеспечивается совместной согласованной деятельностью аппаратов кровообращения и дыхания посредством крови. Необходимое согласование в работе сердечно-сосудистой и дыхательной систем осуществляется деятельностью центральной нервной системы.

Дыхание у человека состоит из трех основных этапов:

- 1) внешнего, или легочного, дыхания, заключающегося в обмене газами между кровью и внешней средой;
- 2) переноса кислорода от легких к тканям, обмена газами между кровью и тканями и переноса углекислого газа от тканей к легким;
- 3) внутреннего, или биологического окисления органических соединений в клетках тела.

Внешнее дыхание непрерывно регулируется, то есть приспособляется к изменяющимся потребностям и условиям окружающей среды. Регуляция дыхания осуществляется гуморальным и нервным путем. Важнейшим гуморальным регулятором является содержание углекислоты в артериальной крови. Если интенсивность легочной вентиляции недостаточна, то в альвеолярном воздухе, а, следовательно, и в артериальной крови содержание углекислоты увеличивается. Избыток углекислоты, непрерывно поступающей в кровь из тканей, приводит к раздражению дыхательного центра, и дыхание усиливается. В тех случаях, когда в артериальной крови количество углекислоты снижается, например, после гипервентиляции, дыхательный центр возбуждается меньше, и дыхание замедляется.

При выполнении физических упражнений наиболее эффективным является глубокое и не чрезмерно частое дыхание. В состоянии покоя потребление кислорода у взрослого человека равно в среднем 180-300 мл/мин. Эта величина значительно возрастает при выполнении мышечной работы, которая связана с усилением

окислительно-восстановительных процессов в тканях. Максимальное потребление кислорода, которое удалось наблюдать у наиболее тренированных спортсменов-рекордсменов при выполнении весьма напряженной работы, не превышало 5900-6500 мл в минуту.

Количество кислорода, которое необходимо организму для выполнения данной мышечной работы, называется кислородным запросом. При интенсивной мышечной деятельности организм во время самой работы не в состоянии поглотить запрашиваемое количество кислорода, то есть кислородный запрос становится больше потребления кислорода. В результате этого в организме накапливаются недоокисленные продукты (молочная кислота и другие), которые подвергаются окислению лишь после окончания работы. Несоответствие поглощения кислорода потребности в нем, вызывающее накопление недоокисленных продуктов, приводит к образованию в организме кислородного долга. Кислородный долг измеряется избыточным, по сравнению с состоянием покоя, поглощением кислорода некоторое время после работы, то есть во время так называемого восстановительного периода.

Таким образом, в одних случаях – в покое, при работе небольшой интенсивности – кислородный запрос полностью соответствует кислородному потреблению, в других же случаях кислородный запрос больше потребления кислорода, вследствие чего образуется кислородный долг.

#### Формулы для расчета параметров дыхания

- Минутный объем дыхания (МОД), л/мин:

$$\text{МОД} = \text{ЧД} \times \text{ДО},$$

где ЧД – частота дыхания, циклов/мин;

ДО – дыхательный объем, л.

- Процент утилизации (поглощения) кислорода ( $\Delta O_2$  или %  $O_2$  погл.) определяется по разности концентрации кислорода во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе:

$$\Delta O_2 = \% O_2 \text{ атмосферного} - \% O_2 \text{ выдыхаемого.}$$

- Потребление кислорода ( $PO_2$ ), мл/мин:

$$PO_2 = \text{МОД} \times \Delta O_2 \times 10, \text{ или } \text{МОД} \times \% O_2 \text{ погл.},$$

где 10 – постоянный коэффициент, переводящий %  $O_2$  в количество  $O_2$  в мл на 1 л вентиляции.

- Дыхательный коэффициент (ДК) характеризует соотношение в энергообмене белков, жиров и углеводов и активность утилизации кислорода ( $O_2$ ). Определяется отношением объема или % выделенной углекислоты к поглощенному кислороду:

$$\text{ДК} = \text{ЕСО}_2 / PO_2,$$

ДК колеблется от 0,7 до 1,0 и ему соответствует определенный калорический эквивалент кислорода (КЭК). Величины КЭК даны в таблице 1 приложения.

- Вентиляционный эквивалент (ВЭ) – величина, определяющая, из скольких литров (мл) воздуха утилизируется один литр (мл) кислорода.

$$\text{ВЭ} = \frac{\text{МОД}}{PO_2},$$

где МОД – минутный объем дыхания, л, мл;

$PO_2$  – потребление кислорода, л, мл.

ВЭ в среднем в покое составляет 20 у.е., а при тяжелой мышечной работе возрастает до 35 у.е.

### **3.2 Решение типовых задач**

**Задача 1.** В выдыхаемом воздухе содержалось 16,5%  $O_2$  и 4,3%  $CO_2$ . Определить величину дыхательного коэффициента (ДК) и калорического эквивалента кислорода.

*Дано:*

*Решение:*

$$O_2 = 16,5\%$$

$$\frac{CO_2 = 4,3\%}{DK - ? \quad KЭЖ - ?}$$

- 1) Определяем количество поглощаемого  $O_2$  в %:  
 $20,94\% - 16,5\% = 4,44\% O_2$ ,
- 2) Определяем количество выделяемого  $CO_2$  в %:  
 $4,3\% - 0,03\% = 4,27\% CO_2$ .

3) Величину ДК определяем по формуле:

$$DK = \frac{ECO_2}{PO_2}$$

$$DK = \frac{4,27\%}{4,44\%} = 0,96.$$

По таблице 1 приложения № 2 находим КЭЖ, который равен 4,997 ккал/л  $O_2$ .

Ответ: ДК = 0,96; КЭЖ = 4,997 ккал/л  $O_2$ .

**Задача 2.** Рассчитать величину потребления кислорода ( $PO_2$ ) и ДК, если объем выдохнутого воздуха равен 56 л/мин. В выдыхаемом воздухе содержится 4,0 %  $CO_2$  и 16,5 %  $O_2$ .

*Дано:*

$$МОД = 56 \text{ л/мин}$$

$$CO_2 = 4,0\%$$

$$\frac{O_2 = 16,5\%}{PO_2 - ? \quad DK - ?}$$

*Решение:*

- 1) Величина поглощенного кислорода в % равна:  
 $20,94\% - 16,5\% = 4,44\%$ .
- 2)  $PO_2$  находим методом составления и решения пропорции:  
 $X \text{ л } PO_2 \quad - 4,44\% O_2;$   
 $56 \text{ л воздуха} \quad - 100\%$   
 $PO_2 = \frac{56,6 \times 4,44}{100} = 2,5 \text{ л } O_2$

3) Величина ДК определяется по формуле:

$$DK = \frac{4,0\% - 0,03\%}{4,44\%} = 0,9$$

Ответ:  $PO_2 = 2,5 \text{ л } O_2$ ; ДК = 0,9.

**Задача 3.** Определить минутный объем дыхания у спортсмена, если известно, что величина жизненной ёмкости легких у него равна 4200 мл, резервного объема вдоха – 1900 мл, резервного объема выдоха – 1600 мл, а частота дыхания – 14 циклов в минуту.

*Дано:*

$$ЖЕЛ = 4200 \text{ мл}$$

$$PO_{вд} = 1900 \text{ мл}$$

$$PO_{выд} = 1600 \text{ мл}$$

$$\frac{ЧД = 14 \text{ цикл/мин}}{МОД - ?}$$

*Решение:*

- 1) Находим величину ДО, так как  $МОД = ДО \times ЧД$ .  
 Величина ЖЕЛ составляет сумму трёх объемов:  
 $ЖЕЛ = ДО + PO_{вд} + PO_{выд}$ , тогда  
 $ДО = ЖЕЛ - (PO_{вд} + PO_{выд}) = 4200 - (1900 + 1600) = 700 \text{ мл}$ .
- 2) Находим МОД:  
 $МОД = 700 \text{ мл} \times 14 \text{ ц/мин} = 9800 \text{ мл/мин} = 9,8 \text{ л/мин}$ .

Ответ: МОД = 9,8 л/мин.

**Задача 4.** Спортсмен выполнял физическую нагрузку, при этом потребление кислорода составило 5 л, кислородный долг равен 75 %. Вычислите величину кислородного запроса проделанной работы.

*Дано:*

$$PO_2 = 5 \text{ л/мин}$$

$$\frac{КД = 75\%}{КЗ - ?}$$

*Решение:*

- 1) Кислородный запрос является суммой величин кислородного долга и кислорода, потребляемого во время работы:  
 $КЗ = КД + PO_2$ , отсюда:  
 $PO_2 = КЗ - КД = 100\% - 75\% = 25\%$ .

2) Для вычисления величины кислородного запроса составляем пропорцию:  
 $5 \text{ л } O_2 - 25 \%$

$$\begin{aligned} X \text{ КЗ} - 100 \% \\ X \text{ КЗ} = \frac{5 \text{ л} \times 100 \%}{25 \%} = 20 \text{ л.} \end{aligned}$$

*Ответ:* Кислородный запрос равен 20 л.

**Задача 5.** У спортсмена при беге на короткую дистанцию кислородный запрос 7 л  $O_2$ , кислородный долг составил 90 %. Определить объём потребленного кислорода во время бега и объём легочной вентиляции, если процент поглощенного кислорода составил 4,5 %.

*Дано:*  
 $KЗ = 7 \text{ л } O_2$   
 $КД = 90\%$   
 $O_2 = 4,5\%$

$PO_2 - ?$  МОД - ?

*Решение:*

1) Величина кислородного долга: 7 л КЗ – 100 %;  
 $X \text{ л} - 90 \%$ ;

$$X = \frac{7 \text{ л} \times 90 \%}{100 \%} = 6,3 \text{ л.}$$

2) Объём потреблённого кислорода во время бега:

$$7 \text{ л} - 6,3 \text{ л} = 0,7 \text{ л } O_2.$$

3) Объём легочной вентиляции во время работы (МОД):

$$0,7 \text{ л } O_2. - 4,5 \%$$

$$X \text{ л (МОД)} - 100 \%$$

$$X \text{ л} = \frac{0,7 \text{ л} \times 100 \%}{4,5 \%} = 15,6 \text{ л.}$$

*Ответ:*  $PO_2 = 0,7 \text{ л } O_2$ , МОД = 15,6 л.

**Задача 6.** Рассчитайте потребление кислорода и вентиляционный эквивалент у спортсмена за минуту тестирующей нагрузки, если в начале минуты показание газового счётчика было 42 л, а в конце её – 97 л. Содержание кислорода в выдыхаемом воздухе составило 16 %.

*Дано:*  
 $t = 1 \text{ мин}$   
 $МОД_1 = 97 \text{ л}$   
 $МОД_0 = 42 \text{ л}$   
 $O_2 \text{ выд} = 16\%$   
 $PO_2 - ?$  ВЭ - ?

*Решение:*

1) Величина МОД равна:  $97 \text{ л} - 42 \text{ л} = 55 \text{ л}$  в мин.

2) Процент поглощения кислорода (%  $O_2$  погл.):

В атмосферном воздухе около 21 % кислорода, а в выдыхаемом – 16%, следовательно: %  $O_2$  погл. = 21 % – 16 % = 5 %.

3) Величина потребления кислорода ( $PO_2$ ):

$$PO_2 = 55 \text{ л/мин} \times 5 \times 10 = 2750 \text{ мл/мин} = 2,75 \text{ л/мин.}$$

4) Вентиляционный эквивалент (ВЭ):

$$ВЭ = \frac{МОД}{PO_2} = \frac{55 \text{ л/мин}}{2,75 \text{ л/мин}} = 20.$$

*Ответ:* При тестирующей нагрузке  $PO_2$  составило 2,75 л/мин, а вентиляционный эквивалент – 20.

**Задача 7.** Определить величину потребления кислорода ( $PO_2$ ) при тяжелой физической нагрузке при следующих известных данных: ДО составляет 2400 мл, ЧД – 50 ц/мин.

*Дано:*  
 $ДО = 2400 \text{ мл}$   
 $ЧД = 50 \text{ цикл/мин}$   
 $PO_2 - ?$

*Решение:*

1) Находим объём альвеолярной вентиляции:

$$AV = (2400 \text{ мл} - 300 \text{ мл}) \times 50 \text{ ц/мин} = 105 \text{ л/мин.}$$

2) Определим потребление  $O_2$  в минуту, учитывая, что при

тяжелой работе вентиляционный эквивалент составляет примерно 30-35л на 1 л O<sub>2</sub>:

33 л вентилируемого воздуха – 1 л O<sub>2</sub>

105л вентилируемого воздуха – X л O<sub>2</sub>

$$X \text{ л O}_2 = \frac{105\text{л} \times 1\text{л}}{33\text{л}} = 3,18 \text{ л/мин,}$$

Ответ: PO<sub>2</sub> составляет 3,18 л/мин O<sub>2</sub>.

## РАЗДЕЛ IV ФИЗИОЛОГИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

### 4.1 Краткие теоретические основы

Основные вопросы обмена веществ и энергии в организме подробно излагаются в курсе биохимии человека. Однако в связи с особой важностью этих вопросов для теории и практики физического воспитания и спорта обмену веществ и энергии уделяется много внимания и в курсе физиологии человека. При решении задач данного раздела необходимо уяснить, что обмены веществ и энергии теснейшим образом связаны между собой. Источником энергии в организме является расщепление сложных органических соединений на более простые. При этом происходит освобождение заключенной в них потенциальной энергии, которая может превращаться в механическую, электрическую и тепловую.

После окончания мышечной деятельности расход энергии некоторое время остается еще повышенным по сравнению с уровнем покоя. Это обуславливается химическими процессами в мышцах, главным образом связанными с окислением молочной кислоты и ликвидацией кислородного долга. Однако обмен веществ остается повышенным и после погашения кислородного долга. Это обусловлено остаточным возбуждением в центрах, влияющих на уровень внутриклеточного обмена веществ. Мышечная деятельность необходима для нормальной жизнедеятельности организма. Количество энергии, затрачиваемое непосредственно на физическую работу, должно быть не менее 1200-1300 ккал в сутки. В связи с этим для лиц, не занимающихся физическим трудом и расходующих на мышечную деятельность меньшее количество энергии, физические упражнения особенно необходимы.

#### Справочный материал и формулы для расчета

- Основной обмен энергии пропорционален поверхности тела. Для взрослого человека (30 лет) он составляет 40 ккал на 1 м<sup>2</sup> поверхности тела за 1 час или 1 ккал/кг/час, у детей от 7 до 15 лет – от 1,9 до 1,3 ккал/кг/час. Величина основного обмена взрослого составляет от 1400 до 1800 ккал и определяется по таблицам Гарриса-Бенедикта по данным веса, роста, возраста и пола. При повышении температуры тела на 1°С основной обмен повышается на 5%.
- Суточные энерготраты взрослого человека составляют от 2500 до 5000 ккал в зависимости от вида трудовой деятельности.
- Энергетическая ценность 1 грамма белков и углеводов составляет 4,1 ккал, 1г жиров – 9,3 ккал.
- При мышечной работе около 70-80 % энергии теряется в виде тепла.
- Расход энергии (E, ккал) вычисляется по формуле:
$$E = \text{PO}_2 \times \text{КЭК} \times t,$$
где PO<sub>2</sub> – объем поглощенного O<sub>2</sub>, л;  
КЭК в ккал/л O<sub>2</sub> находится по величине ДК.
- Коэффициент полезного действия представляет собой отношение механической энергии, затраченной на полезную работу, ко всей затраченной энергии (10-30 %)

$$\text{КПД} = \frac{A \times 100\%}{\text{Э} - e},$$

где  $A$  – энергия, затраченная на полезную работу;  
 $\text{Э}$  – общие затраты энергии;  
 $e$  – основной обмен за период работы.

- Удельная теплоёмкость ткани – это количество тепла, необходимое для повышения температуры тканей на  $1^\circ\text{C}$ . У человека удельная теплоёмкость тканей тела в среднем равна  $0,83 \text{ ккал/кг/}1^\circ\text{C}$ .
- Количество пота, выделяющегося при физической работе, о котором можно судить по потере веса (исключая другие источники выделения), может служить мерой энергопотери. При испарении  $1\text{ л}$  пота расходуется  $580 \text{ ккал}$  тепла.
- Для целей практического использования при расчете энерготрат циклической деятельности можно пользоваться величиной ЧСС.  
 При ЧСС =  $120\text{-}130 \text{ уд/мин}$   $\text{ПО}_2 \approx 50\% \text{ МПК}$ ;  
 ЧСС =  $140\text{-}150 \text{ уд/мин}$   $\text{ПО}_2 \approx 60\text{-}65\% \text{ МПК}$ ;  
 ЧСС =  $160\text{-}170 \text{ уд/мин}$   $\text{ПО}_2 \approx 75\text{-}80\% \text{ МПК}$ ;  
 ЧСС =  $190 \text{ уд/мин}$   $\text{ПО}_2 \approx \text{МПК}$ .

#### 4.2. Решение типовых задач

**Задача 1.** Определите энергетический расход за час, если известно, что калорический эквивалент кислорода равен  $4,8 \text{ ккал/л}$   $\text{O}_2$ , а количество выдыхаемого  $\text{CO}_2$  равно  $240 \text{ мл}$ .

*Дано:*

$$t = 60 \text{ мин.}$$

$$\text{КЭК} = 4,8 \text{ ккал/л } \text{O}_2$$

$$\text{E } \text{CO}_2 = 240 \text{ мл}$$

$$\text{E} - ?$$

*Решение:*

1) Из таблицы по величине КЭК находим ДК. Он равен  $0,8$ .

2) Количество потреблённого кислорода:

$$\text{ДК} = \text{E } \text{CO}_2 / \text{ПО}_2$$

$$\text{ПО}_2 = \text{E } \text{CO}_2 / \text{ДК} = 300 \text{ мл}$$

3) Расход энергии:  $E = 4,8 \text{ ккал/л} \times 0,3 \text{ л} \times 60 \text{ мин} = 86,4 \text{ ккал}$ .

*Ответ:* за час израсходовано  $86,4 \text{ ккал}$  энергии.

**Задача 2.** При выполнении мышечной работы на велоэргометре продолжительностью  $20$  минут были определены следующие показатели:  $\text{ПО}_2$ , равное  $3 \text{ л/мин}$ , скорость выделения  $\text{CO}_2$ , равная  $2,7 \text{ л/мин}$ . Требуется определить, сколько граммов жиров и углеводов было израсходовано за время работы.

*Дано:*

$$t = 20 \text{ мин}$$

$$\text{ПО}_2 = 3 \text{ л/мин}$$

$$\text{E } \text{CO}_2 = 2,7 \text{ л/мин}$$

$$m_{\text{жира}} - ? \quad m_{\text{угл}} - ?$$

*Решение:*

1) Соотношение между окисленными (с участием потребленного

организмом кислорода) углеводами и жирами во время работы,

рассчитывают при помощи дыхательного коэффициента (ДК).

$$\text{ДК} = \text{E } \text{CO}_2 / \text{ПО}_2$$

$$\text{ДК} = \frac{2,7 \text{ л/мин}}{3 \text{ л/мин}} = 0,9$$

2) Количество калорий, освобождающихся при потреблении  $1 \text{ л}$   $\text{O}_2$ , различно в зависимости от того, какие вещества окислились в организме, т.е. определенному ДК соответствует определенный калорический эквивалент кислорода (КЭК).

При ДК =  $0,7$  в организме окисляются только жиры, при ДК =  $1,0$  – только углеводы. При ДК =  $0,9$  окисляется  $34\%$  жиров и  $68\%$  углеводов (таблица 1 Приложения 2).

3) Находим общую калорическую стоимость работы:

$$E = \text{ПО}_2 \times \text{КЭК} \times t,$$

где КЭК находим по таблице =  $4,924 \text{ ккал/л}$   $\text{O}_2$ , отсюда

$$E = 3 \text{ л/мин} \times 4,924 \text{ ккал/л} \times 20 \text{ мин} = 295,44 \text{ ккал}$$

4) Для того, чтобы узнать кислородную стоимость работы за счет жиров, составляем пропорцию:

$$\begin{aligned} 295,44 \text{ ккал} &- 100 \% \\ X \text{ ккал} &- 34 \% \\ X &= 100,45 \text{ ккал.} \end{aligned}$$

5) Калорическая стоимость углеводов составит:

$$295,44 \text{ ккал} - 100,45 \text{ ккал} = 194,99 \text{ ккал.}$$

6) Находим количество окислившихся углеводов и жиров, зная калорическую стоимость 1 г. При окислении 1г жиров в организме освобождаются 9,3 ккал; углеводов – 4,1 ккал.

$$194,99 \text{ ккал} : 4,1 \text{ ккал/г} = 47,56 \text{ г углеводов;}$$

$$100,45 \text{ ккал} : 9,3 \text{ ккал/г} = 10,8 \text{ г жиров.}$$

*Ответ:* за время работы было израсходовано 10, 8 г жиров и 47, 56 г углеводов.

**Задача 3.** Рассчитать суточные энергозатраты организма спортсмена в условиях основного обмена, зная, что человек выдохнул за одну минуту (МОД) 5,2 л воздуха. В выдохнутом воздухе содержится 16,23 % кислорода и 4,13 % углекислого газа.

*Дано:*

$$\text{МОД} = 5,2 \text{ л/мин}$$

$$\text{CO}_2 \text{ выд} = 4,13\%$$

$$\frac{\text{O}_2 \text{ выд}}{E \text{ за сутки}} = 16,23\%$$

$$E \text{ за сутки} - ?$$

*Решение:*

1) Зная содержание кислорода в атмосферном и выдыхаемом воздухе, рассчитываем количество поглощенного кислорода:

$$20,94 \% - 16,23 \% = 4,71 \% \text{ или } 47,1 \text{ мл кислорода на } 1 \text{ л воздуха;}$$

$$\text{ПО}_2 = \text{МОД} \times 4,71 \% : 100 \% = 5,2 \text{ л/мин} \times 0,0471 = 0,2449 \text{ л/мин}$$

$$\text{ПО}_2 = 244,9 \text{ мл/мин.}$$

2) Таким же образом проводим расчет выделенного углекислого газа: 4,13 % – 0,03 % = 4,1 % или 41 мл на 1 л воздуха;

$$4,1 \% \times 5,2 \text{ л/мин} : 100 \% = 213,2 \text{ мл/мин.}$$

3) Находим ДК:

$$\text{ДК} = \text{ЕСO}_2 / \text{ПО}_2$$

$$\text{ДК} = \frac{213,2 \text{ мл}}{244,4 \text{ мл}} = 0,87$$

По ДК в таблице находим КЭЖ, в нашем случае он составляет 4,88 ккал/л O<sub>2</sub>,

4) Суточные энергозатраты в условиях основного обмена:

$$4,88 \text{ ккал/л O}_2 \times 0,2449 \text{ л/мин} = 1,19 \text{ ккал (за 1 минуту);}$$

$$1,19 \text{ ккал/мин} \times 1440 \text{ мин} = 1714 \text{ ккал (за сутки).}$$

*Ответ:* Суточные энергозатраты в условиях основного обмена составили 1714 ккал.

**Задача 4.** Определить минутный кислородный запрос на работу лыжника, прошедшего 50-километровую дистанцию за 3 часа, если скорость потоотделения составляет 1,7 л/час, калорический эквивалент кислорода (КЭЖ) составляет 4,86 ккал/л O<sub>2</sub>, суммарный кислородный долг равен 18 л, а на основной обмен тратится 0,32 л кислорода в минуту (расчеты проводить лишь по энергопотерям путем испарения пота).

*Дано:*

$$t = 3 \text{ часа} = 180 \text{ мин}$$

$$V \text{ потообр} = 1,7 \text{ л/час}$$

$$\text{КЭЖ} = 4,86 \text{ ккал/л O}_2$$

$$\text{КД} = 18 \text{ л}$$

$$\frac{\text{ОО мин}}{\text{КЗ за 1 мин}} = 0,32 \text{ O}_2 / \text{мин}$$

$$\text{КЗ за 1 мин} - ?$$

*Решение:*

1) Суммарное количество потерь пота: 1,7 л/ч × 3 ч = 5,1 л

2) Определяем величину добавочных (к основному обмену) энергопотерь на дистанции из расчета, что при потере 1 л пота тратится 580 ккал.

$$580 \text{ ккал/л} \times 5,1 \text{ л} = 2958 \text{ ккал.}$$

3) Добавочное к основному обмену потребление кислорода:

$$2958 \text{ ккал} : 4,86 \text{ ккал/л O}_2 = 608,64 \text{ л O}_2.$$

- 4) Суммарная кислородная стоимость работы:  
 $608,64 \text{ л O}_2 + 18 \text{ л O}_2 = 626,64 \text{ л O}_2$ .
- 5) Минутная кислородная стоимость выполненной работы:  
 $626,64 \text{ л O}_2 : 180 \text{ мин} = 3,48 \text{ л O}_2/\text{мин}$ .
- 6) Минутный кислородный запрос с учетом основного обмена:  
 $3,48 \text{ л O}_2/\text{мин} + 0,32 \text{ л O}_2/\text{мин} = 3,8 \text{ л O}_2/\text{мин}$ .

*Ответ:* Минутный кислородный запрос на работу лыжника (МКЗ), прошедшего 50-километровую дистанцию, равен 3,8 л. кислорода с учетом основного обмена.

## ВЫБОР ВАРИАНТА КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Номер варианта контрольной работы совпадает с порядковым номером студента в группе. Если порядковый номер студента больше десяти, то выбирается вариант, соответствующий последней цифре порядкового номера.

### ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

#### *Вариант № 1*

1. Кровь как внутренняя среда организма. Функции крови в организме. Физико-химические свойства плазмы крови. Регуляция состава плазмы.
2. Основное уравнение гемодинамики и его содержательный анализ.
3. Железы внутренней секреции. Физиологическая роль гормонов в регуляции функций систем организма. Надпочечники, их значение в регуляции функций организма.
4. Обмен веществ в организме. Катаболизм и анаболизм. Роль и функции белков, жиров и углеводов в организме человека.
5. Двигательный навык и физиологические механизмы его образования.
6. Утомление при выполнении различных физических упражнений.
7. Задача. Известно:  $\text{ПО}_2 - 4,5 \text{ л/мин}$ ;  $\text{ЕСО}_2 - 3,5 \text{ л/мин}$ ; время работы – 30 мин. Определить массу жиров и углеводов, израсходованных при выполнении работы.
8. Задача. Известно: потребление  $\text{O}_2 = 4 \text{ л/мин}$ ; в выдыхаемом воздухе  $\text{O}_2 = 16,5\%$ ;  $\text{CO}_2 = 3\%$ . Определить: МОД; ДК.

#### *Вариант № 2*

1. Форменные элементы крови, их физиологическое значение.
2. Терморегуляция в организме. Физиологические механизмы терморегуляции.
3. Гормональная активность половых желез. Их влияние на функции систем организма.



4. Реакция гемоконцентрации и изменения объема циркулирующей массы крови при мышечной деятельности.
5. Оценка функционального состояния у спортсменов разных специализаций.
6. Механизмы адаптации двигательного аппарата к физическим нагрузкам.
7. Задача. Известно: МОД – 90 л/мин; в выдыхаемом воздухе  $O_2$  – 16%;  $CO_2$  – 4%. Определить потребление  $O_2$ .
8. Задача. Известно: содержание гемоглобина 16,4 г %. Определить кислородную емкость крови (КЕК).

### ***Вариант № 3***

1. Физиологические свойства сердечной мышцы. Автоматия сердца. Реакции миокарда на различную силу и частоту раздражения. Закон Старлинга.
2. Гормональная активность щитовидной железы и регуляция функций.
3. Реакции системы крови на мышечную деятельность.
4. Количественная оценка и кислородная стоимость работы дыхания.
5. Механизмы и результаты функционально-адаптационных перестроек организма спортсменов.
6. Определение энерготрат при выполнении конкретных упражнений в ИВС.
7. Задача. Известно: объем резервного вдоха – 2100 мл; выдоха – 1700 мл; ЖЕЛ – 4500 мл; ЧД - 16 цикл/мин. Определить МОД.
8. Задача. Известно: содержание  $O_2$  в артериальной крови 19 об %, в венозной 13 об %. Определить % тканевой утилизации  $O_2$ .

### ***Вариант № 4***

1. Биоэлектрические явления в сердце. Электрокардиография. Происхождение зубцов и интервалов ЭКГ.
2. Роль почек в поддержании осмотического гомеостаза. Выделительная функция почек. Процессы и механизмы мочеобразования.
3. Буферные системы крови, их роль и возможности в поддержании кислотно-щелочного равновесия.
4. Механизмы теплоотдачи. Их характеристика в покое и при мышечной деятельности.
5. Значение индивидуально-типологических особенностей для выбора стиля соревновательной деятельности спортсмена.
6. Избирательность морфофункциональных изменений в связи со спецификой вида спортивной деятельности.

7. Задача. Известно: объем выдохнутого воздуха составил 60 л; содержание  $\text{CO}_2$  – 4,4%;  $\text{O}_2$  – 16,6%. Определить потребление  $\text{O}_2$ .
8. Задача. Известно: масса тела 70 кг; при нагрузке ОЦК уменьшился на 500 мл. Определить изменение гематокрита.

#### ***Вариант № 5***

1. Основные показатели гемодинамики: линейная и объемная скорость кровотока, скорость кругооборота крови, периферическое сопротивление в сосудах. Пульс, методы его регистрации.
2. Дыхательный центр. Регуляция дыхания. Нервные и гуморальные факторы.
3. Обмен белков в организме.
4. Регуляция постоянства концентрации глюкозы в крови.
5. Физиологическая характеристика упражнений аэробной мощности
6. Энергетическая, пульсовая и эмоциональная стоимость работы у спортсменов разных специализаций.
7. Задача. Известно: объем мертвого пространства – 300 мл; ДО – 2000 мл; ЧД – 30 цикл/мин. Определить МОД, объем альвеолярной вентиляции.
8. Задача. Известно: масса тела 70 кг;  $\text{PO}_2 = 2,76$  л/мин; ДК = 0,96; время работы 1 час; КПД = 20%. Определить: суммарную энергопродукцию и количество пота, которое необходимо испарить для поддержания постоянной температуры тела.

#### ***Вариант № 6***

1. Механизм вдоха и выдоха. Показатели внешнего дыхания (легочные объемы, емкости и вентиляция) в покое и при мышечной деятельности.
2. Артериальное давление крови, его показатели, методы регистрации. Факторы, влияющие на величину артериального давления.
3. Обмен углеводов в организме.
4. МПК и факторы его определяющие.
5. Физиологические эффекты влияния температуры и влажности на спортивную работоспособность.
6. Психофизиологические особенности спортсменов в избранном виде спорта.
7. Задача. Известно: ЧСС = 150 уд/мин;  $\text{PO}_2 = 5$  л/мин;  $\text{ABPO}_2 = 15$  об %. Определить СВ.

8. Задача. Рассчитайте потребление кислорода и вентиляционный эквивалент у спортсмена за минуту тестирующей нагрузки, если известна величина минутного объема дыхания (МОД) 75 л, а содержание кислорода в выдыхаемом воздухе составило 16,5 %.

#### ***Вариант № 7***

1. Газообмен. Транспорт газов кровью. Кислородная емкость крови.
2. Моторика желудочно-кишечного тракта. Рефлекторные (нервные, гуморальные) и местные механизмы его регуляции.
3. Обмен жиров в организме.
4. Перераспределение кровотока в различных органах при мышечной деятельности.
5. Физиологические характеристики эффектов тренировки.
6. Факторы, определяющие проявление максимальной произвольной мышечной силы.
7. Задача. Известно: ДК – 0,85;  $ЕСО_2$  – 240 мл; КЭК – 4,86 ккал/л  $O_2$ . Определить величину энергопродукции за минуту.
8. Задача. Известно: потребление  $O_2$  – 400 мл/мин; содержание  $O_2$  в артериальной крови 20 об %; в венозной – 12 об %. Определить сердечный выброс мл/мин.

#### ***Вариант № 8***

1. Иннервация сосудов. Сосудодвигательный центр. Нервная регуляция сосудистого тонуса.
2. Роль недостатка  $O_2$  и избытка  $CO_2$  в регуляции дыхания. Рефлекторная регуляция дыхания.
3. Обмен воды и минеральных веществ в организме.
4. Роль функции печени в обмене веществ.
5. Физиологическая характеристика упражнений анаэробной мощности
6. Специфичность тренировочных эффектов в отношении техники выполнения соревновательного упражнения и ведущего двигательного качества.
7. Задача. Известно: легочная вентиляция – 120 л/мин; альвеолярная вентиляция - 100 л/мин; ЧД – 50 цикл/мин. Определить объем мертвого пространства.
8. Задача. Известно: потребление  $O_2$  – 4 л/мин; содержание  $O_2$  в артериальной крови 18 об%; тканевая утилизация  $O_2$  60%. Определить сердечный выброс мл/мин.

#### ***Вариант № 9***

1. Гемоглобин, его свойства. Факторы влияющие на величину  $АВРО_2$ .
2. Микроциркуляция. Механизмы транскапиллярного обмена.

3. Особенности обмена веществ в покое и при мышечной работе.
4. Секреторные процессы в желудочно-кишечном тракте. Регуляция секреторных функций. Состав пищеварительных соков.
5. Функциональная дезадаптация и последовательность утраты адаптационных эффектов тренировки. Обратимость тренировочных эффектов.
6. Физиологический анализ произвольных движений.
7. Задача. Известно: ОЦК = 5,5 л; гематокрит в покое = 46%; выполнение мышечной деятельности вызвало повышение гематокрита до 48 %. Определить изменение объема плазмы крови, возникшее при выполнении работы.
8. Задача. Известно: интервал между сокращениями сердца в покое составлял 0,93 сек; CO – 90 мл; при нагрузке интервал сократился на 0,5 сек; CO возрос на 70 мл. Определить, как изменился СВ.

### ***Вариант № 10***

1. Гипоталамо-гипофизарная система. Регуляция гормональных функций в организме.
2. Механизмы теплообразования и их эффективность в покое и при выполнении мышечной деятельности.
3. Основной и общий обмен энергии в организме. Происхождение и величины энерготрат в условиях основного обмена.
4. Иннервация сердца. Нервная и гуморальная регуляция работы сердца в покое и при мышечной работе.
5. Физиологический анализ реакций вегетативных систем организма под влиянием мышечной деятельности.
6. Физиологическая характеристика спортивных упражнений по энергетическим затратам
7. Задача. Известно: масса тела 70 кг; рабочие энерготраты 550 ккал; КПД – 20%; время работы – 40 мин. Определить: суммарные энерготраты (за 40 мин, за сутки).
8. Задача. Известно: в покое: ЧСС = 60 уд/мин; CO = 80 мл; кровоток через мышцы составляет 20% от сердечного выброса (СВ); при нагрузке потребление O<sub>2</sub> составило 4 л/мин; АВРО<sub>2</sub> – 16 об %. Определить, как изменился кровоток через мышцы при нагрузке (в % от СВ).

### **ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Контрольная работа является письменной работой с кратким и систематизированным изложением теоретического материала и решением предлагаемых практических задач в области физиологии человека.

В процессе выполнения контрольной работы **студент имеет возможность:**

- анализировать справочные, научные, литературные и другие источники информации;
- выявлять имеющиеся проблемы в своей практической деятельности,
- аргументированно обосновывать выводы и разрабатывать рекомендации по решению предлагаемых задач практической направленности.

К выполнению письменной контрольной работы **предъявляются** следующие **требования:**

- задание должно быть выполнено самостоятельно, на основе информации, полученной из различных источников;
- если при решении задач автор работы использует справочные, нормативные, научные и другие источники информации, в работе следует обязательно делать ссылки (сноски) на список используемых источников;
- следует обратить внимание на связь теоретических положений с практикой;
- решение задачи должно предваряться изложением её условия;
- необходимо представлять максимально подробное решение задачи;
- в конце каждой задачи должны быть сформулированы ответы.

При написании контрольной работы наиболее **типичными недостатками являются:**

- поверхностное и неполное раскрытие теоретических вопросов и решение предлагаемых задач;
- логические и арифметические ошибки в решении конкретной задачи;
- отсутствие связи изложенного теоретического материала с конкретной задачей;
- отсутствие творческого, личностного подхода слушателя к ответу на поставленный теоретический вопрос и к решению практической задачи;
- отсутствие развернутых ответов.

Контрольная работа должна быть представлена в рукописном варианте в тетради, машинописный вариант на проверку не принимается.

Объём контрольной работы строго не регламентирован, но не должен превышать 24 страниц рукописного текста. Текст контрольного задания должен быть написан чисто, аккуратно, без зачёркиваний и помарок, разборчиво, без орфографических, грамматических, пунктуационных и стилистических ошибок, с соблюдением интервала между верхней и нижней строкой. Все слова в тексте работы должны быть написаны (напечатаны) без сокращений, исключения составляют словосочетания (и т.д., и т.п., и др.), которые употребляются в конце фраз, а также союз «то есть» (т.е.).

Тетрадь подписывается студентом самостоятельно, должны быть указаны основные данные студента – ФИО, группа, номер варианта.

Контрольная работа должна быть правильно и эстетически хорошо оформлена.

Следует оставлять поля не менее 3 сантиметров для замечаний рецензента.

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
«отлично»	Задачи решены верно, ответы согласуются с основными физиологическими параметрами. Верно определены основные категории. Сформулированы развернутые, самостоятельные ответы. Ответы на теоретические вопросы выполнены в полном объеме, имеются ссылки на источники литературы. Работа оформлена в соответствии с разработанными требованиями, написана с соблюдением норм литературного языка. Работа выполнена в срок.
«хорошо»	Допущены не существенные ошибки при решении задач. Представлено

	логичное содержание теоретических вопросов. Работа оформлена в соответствии с разработанными требованиями, отсутствуют орфографические и пунктуационные ошибки. Допустимы отдельные погрешности в расчетах. Даны краткие ответы. Работа выполнена в срок.
«удовлетворительно»	В задачах допущены арифметические или логические ошибки. Работа оформлена в соответствии с разработанными требованиями, в ней имеются орфографические и пунктуационные ошибки. Даны краткие ответы на теоретические вопросы, имеются неточности. Работа выполнена в срок.
«неудовлетворительно»	Задачи не решены. Ответы на теоретические вопросы даны кратко, имеются фактические ошибки.

## ЛИТЕРАТУРА, РЕКОМЕНДУЕМАЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### *Основная литература*

1. Караулова Л.К. Физиология физического воспитания и спорта: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Л.К. Караулова, Н.А. Красноперова, М.М. Расулов. – 2 изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 304 с. – 10 экз.
2. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учебник для институтов физической культуры. - М.: Советский спорт. - 2017, 2012, 2010.
3. Солодков, А. С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная : учебник / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. — 10-е изд. — Москва : Издательство «Спорт», 2022. — 624 с. — Электронный ресурс. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/119190.html>
4. Солодков, А. С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная : учебник / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. — 10-е изд. — Москва : Спорт-Человек, 2022. — 624 с. — ISBN 978-5-907225-83-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209567>
5. Красноруцкая И.С. Анатомия и возрастная физиология систем регуляции жизнедеятельности. [Электронный ресурс] / И. С. Красноруцкая. - Учебное пособие для студентов по направлениям подготовки 44.03.01 Педагогическое образование, 44.03.02 Психолого-педагогическое образование. – СПб, 2019. – 128 с. – URL: <http://192.168.1.5/marcweb2/Download.asp?type=2&filename=Анатомия%20и%20возрастная%20физиология%20систем%20регуляции%20жизнедеятельн.pdf&reserved=Анатомия%20и%20возрастная%20физиология%20систем%20регуляции%20жизнедеятельн>

### *Дополнительная литература*

6. Бороненкова Е.С. Лабораторный практикум по общей физиологии человека: практикум. - Чайковский: ЧГИФК, 2007. – <http://192.168.1.5/marcweb2/ShowMarc.asp?docid=4421>
7. Бороненкова Е.С. Рабочая тетрадь по физиологии человека в задачах для студентов ЧГИФК: учебно-методическое пособие. - Чайковский: ЧГИФК, 2008. – <http://192.168.1.5/marcweb2/ShowMarc.asp?docid=4424>
8. Бороненкова Е.С. Физиологии спорта: практикум. - Чайковский: ЧГИФК, 2010. – <http://192.168.1.5/>
9. Дёмин И.В. Методика оценки функционального состояния организма с использованием характеристик variability сердечного ритма: учебно - метод. пособие.- Чайковский: ЧГИФК, 2010. – 10 экз.
10. Замчий Т. П. Физиология физкультурно-спортивной деятельности: учебное пособие / Т. П. Замчий. — Омск : СибГУФК, 2018. — 144 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/142496>
11. Караулова Л.К. Физиология: уч пособие. - М.: Академия, 2009. – 384 с. – 5 экз.
12. Мельников, Д.С. и др. Методы физиологических исследований. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Мельников Д.С. и др., Поварешенкова Ю.А., Селиверстова В.В., Кудрявцева Н.В. - СПб : б.и., 2018. - 85с. - <http://192.168.1.5/marcweb2/ShowMarc.asp?docid=24427>

13. Практикум по нормальной физиологии: уч. пособие/ под ред. Агаджаняна Н.А. - М: Изд-во РУДН, 1996. – 339 с. – 4 экз.
14. Руководство к практическим занятиям по физиологии человека [Текст]: учеб. пособие для вузов физической культуры / под общ. Ред. А.С. Солодкова. – М.: Советский спорт, 2006. – 192 с. – 12 экз.
15. Смирнов В.М., Дубровский. Физиология физического воспитания и спорта: учебник для институтов физической культуры.- М.: Владос, 2002. – 605 с. – 8 экз.
16. Уилмор Д.Х., Костилл Д.Л. Физиология спорта и двигательной активности: учебное пособие для студентов ВУЗов. - Киев: Ол. лит, 1997. – 1 экз.
17. Физиология человека: учебник / под ред. Аганянц Е.К.-М.: Советский спорт, 2005. – 336 с.- 10 экз.
18. Физиология человека: учебник для институтов физической культуры / под ред. Тхоревского В.И.- М.: Физкультура, образование и наука, 2001. – 492 с. – 6 экз.
19. Фомин Н.А. Физиология человека: учебник для институтов.- М.: Просвещение; Владос, 1995. – 416 с. – 3 экз.

Таблица 1 - Энергетическая эффективность и калорический эквивалент кислорода при окислении различных субстратов

<i>Окисляемое вещество</i>	<i>При окислении 1 г субстрата</i>		<i>Количество освобождаемой E (ккал) на каждый литр потребленного O<sub>2</sub> (КЭК O<sub>2</sub>)</i>
	<i>Освобождается E (ккал)</i>	<i>Потребляется кислорода (л)</i>	
Белки	4,1	0,966	4,60
Жиры	9,3	2,019	4,69
Углеводы	4,1	0,830	5,05

Таблица 2 - Процентное соотношение количества энергии, получаемой за счет окисления углеводов и жиров, и величины калорического эквивалента кислорода при разных дыхательных коэффициентах

<i>ДК</i>	<i>Процент E за счет окисления углеводов</i>	<i>Процент E за счет окисления жиров</i>	<i>Калорический эквивалент кислорода (КЭК, ккал)</i>
0,70	0	100	4,686
0,75	15	85	4,739
0,80	32	68	4,801
0,85	49	51	4,862
0,90	66	34	4,924
0,95	83	17	4,985
1,00	100	0	5,047



Таблица 3 – Некоторые показатели функционального состояния организма человека

<i>Показатели</i>	<i>Числовые значения</i>
<i>Кровь</i>	
Количество крови в организме	5-8% от массы тела
Процентное содержание плазмы	55-58%
Процентное содержание форменных элементов (гематокрит)	42-45%
Количество эритроцитов у мужчин	5,0 – 6,0 млн/мм <sup>3</sup>
Количество эритроцитов у женщин	4,5 – 5,5 млн/мм <sup>3</sup>
Количество гемоглобина у мужчин	130-160 г/л (13-16 г%)
Количество гемоглобина у женщин	120-140 г/л (12-14 г%)
Осмотическое давление	7 – 8 атм
pH крови	7,36 – 7,40
Кислородная емкость крови (КЕК)	16 – 21 об%
<i>Кровообращение</i>	
Частота сердечных сокращений в покое	60 – 80 уд/мин
Брадикардия	Менее 60 уд/мин
Тахикардия	Более 90 уд/мин
Оптимальная частота при максимальной нагрузке	170 уд/мин
Систолический объем крови в покое (ударный объем сердца)	60 – 80 мл
Систолический объем при нагрузке	До 100-190 мл
Минутный объем кровообращения (сердечный выброс)	4 – 6 л/мин
Время кругооборота крови	20 – 25 с
Систолическое артериальное давление	100 – 140 мм.рт.ст.
Диастолическое артериальное давление	60 – 90 мм.рт.ст.
<i>Дыхание</i>	
Частота дыхания в покое	10 – 16 цикл/мин
Дыхательный объем	500 – 800 мл
Резервный объем вдоха	1,5 – 2,5 л
Резервный объем выдоха	1,0 – 1,5 л
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) у мужчин	4 – 5 л
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) у женщин	3 – 4 л
Минутный объем дыхания (МОД) в покое	6 – 8 л/мин
Минутный объем дыхания при легкой работе	20 – 30 л/мин
Минутный объем дыхания при средней работе	50 – 80 л/мин
Минутный объем дыхания при тяжелой нагрузке	100 – 150 л/мин
Максимальная вентиляция легких	180 – 200 л/мин
Максимальное потребление кислорода у мужчин	3,0 – 4,5 л/мин
Максимальное потребление кислорода у женщин	2,5 – 3,5 л/мин
Содержание кислорода в атмосферном воздухе	20,96%
Содержание углекислого газа в атмосферном воздухе	0,03%
<i>Обмен веществ и энергии</i>	
Основной обмен человека весом 70 кг	Около 1 700 ккал/сутки
Энергетические траты в сутки у лиц умственного труда	3000 -3200 ккал
Энергетические траты в сутки у спортсменов	4 000 – 5 000 ккал
<i>Выделение</i>	
Количество выделяемого пота в покое в сутки	1 – 1,5 л
Количество выделяемого пота при физической нагрузке	Более 1 л/час

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЧАЙКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
АКАДЕМИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»  
(ФГБОУ ВО «ЧГАФКиС»)

Кафедра Адаптивной физической культуры и медико-биологических дисциплин

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА  
по дисциплине «Физиология человека»  
Вариант № \_\_\_\_\_

Выполнил студент \_\_\_\_\_ группы

Оценка: \_\_\_\_\_

Проверил: к.б.н., доцент

\_\_\_\_\_ Е.Д.Синяк