**Кровь** представляет собой внутреннюю среду организма, обеспечивающую определенное постоянство основных физиологических и биохимических параметров и осуществляющую гуморальную связь между органами.

Кровь состоит из форменных элементов (42-46 % ) – эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов и жидкой плазмы (54-58 % ).

У взрослого человека количество крови составляет 5-8 % массы тела, что соответствует 5-6л

**Кровь выполняет в организме целый ряд физиологических функций:**

1) Транспортная функция – заключается в переносе всех необходимых для жизнедеятельности организма веществ (питательных веществ, газов, гормонов, ферментов, метаболитов).

2) Дыхательная функция – состоит в доставке кислорода от легких к тканям и углекислого газа от тканей к легким.

3) Терморегуляторная функция – перенос тепла от более нагретых органов к менее нагретым.

4) Защитная функция – осуществление неспецифического и специфического иммунитета; свертывание крови предохраняет от кровопотери при травмах.

5) Регуляторная (гуморальная) функция – доставка гормонов, пептидов, ионов и других физиологически активных веществ от мест их синтеза к клеткам организма, что позволяет осуществлять регуляцию многих физиологических функций.

6) Питательная функция – обусловлена переносом аминокислот, глюкозы, жиров, витаминов, ферментов и минеральных веществ от органов пищеварения к тканям, системам и депо.

7) Выделительная функция – направлена на перенос продуктов обмена (мочевина, креатин, вода, соли и т.д.) от мест их образования к органам выделения (почки, легкие).

# Перенос газов кровью

При работе в несколько раз увеличивается объемная скорость кровотока, что обеспечивает доставку нужного количества кислорода к работающим мышцам и транспорт углекислого газа к альвеолярным капиллярам.

Кислород находится в крови в двух состояниях. Часть (0,3мл на 100мл крови) в виде физически растворенного газа, а остальная часть (почти 20мл кислорода на 100мл крови) в виде химически связанного состояния – в связи с гемоглобином. Фракция физически растворенного кислорода играет важную роль: весь кислород, который идет из альвеолярного воздуха в кровь или из крови в ткань, проходит стадию физического растворения. Растворимость газов в жидкостях подчиняется закону Генри-Дальтона: количество растворенного газа пропорционально порциональному напряжению газа. Коэффецент пропорциональности (коэф. Бунзена) для кислорода = 0,024мл на 1мл растворителя в расчете на 1 атм (760 атм. рт. ст.).

Растворимость кислорода в плазме крови низка: при «Р» кислорода = 1мм рт ст в 100мл крови растворяется 0,0031мл кислорода. При нормальных физиологических условиях («Р» кислорода = 100 мм рт ст) в 100мл крови растворяется 0,31 мл кислорода. Такое количество кислорода не обеспечивает потребности организма, поэтому основное значение имеет другой способ переноса – в виде связи с гемоглобином внутри эритроцита - окигемоглобин. Главной функцией гемоглобина является транспорт кислорода от легких к тканям и транспорт углекислого газа от тканей к легким. Общий запас кислорода в организме около 1700-2400см. В обычных условиях при дыхании воздухом 1г гемоглобина присоединяет 1.34 мл кислорода, а т.к. в крови содержится 140-160г гемоглобина, то количество кислорода в нем составляет примерно 200мл; эту величину принято называть кислородной емкостью крови. Таком образом если общий объем крови в организме человека составляет 5л, то количество кислорода связанное с гемоглобином, в ней будет равно около 1л.

Наиболее важным параметром, определяющим количество кислорода, связанного с гемоглобином, является насыщение гемоглобина кислородом – сатурация («Sa» кислорода), которая рассчитывается по формуле:

При «Р» кислорода = 100 мм рт ст насыщение гемоглобина кислородом артериальной крови составляет 97 %, а в венозной 75 %.

# Действие кислорода и потребление кислорода тканями

Доставка кислорода («D»кислорода) – скорость с которой кислород доставляется к тканям. «D» кислорода является интегральным показателем и зависит от содержания кислорода в крови («Са» кислорода) и содержание сердечного выброса (Q) , так «D» кислорода = Са+Q, нормальное значение равно 1000мл в мин.

Заключительным этапом транспорта кислорода является потребление его тканями («V» кислорода). Согласно правилу Фика, потребление кислорода тканями рассчитывают как произведение сердечного выброса и артериовенозной разницы в содержании кислорода.

Теоретически величина «D» кислорода является максимальным потреблением кислорода «V» кислорода. Однако на практике ткани не могут использовать весь доставленный кислород и среднее потребление кислорода тканями составляет около 250мл/мин, таким образом в стабильном состоянии доставка кислорода примерно в 4 раза превышает потребление его тканями. Примерно 25 % кислорода экстрагируется из артериальной крови тканями и остальной кислород возвращается к сердцу в составе смешанной венозной крови.

# Функциональные изменения в организме при физических нагрузках

При мышечной работе дыхание значительно увеличивается – растет глубина дыхания (до 2-3л) и частота дыхания (до 40-60 вдохов в минуту), МОД при этом может увеличиться до 150-200л/мин

Сердечно-сосудистая система тоже претерпевает изменения – увеличивается систолический объем крови (у спортсменов при больших нагрузках до 150-200мл), растет МОК (до 35л/мин у спортсменов). Происходит перераспределение крови в пользу работающих органов, главным образом скелетных мышц, а так же легких, активных зон мозга и снижение кровоснабжения внутренних органов и кожи. Перераспределение крови тем более важно, чем мощность работы. Количество циркулирующей крови при работе увеличивается за счет ее выхода из кровяных депо. Увеличивается скорость кровотока, а время кругооборота крови снижается вдвое. Увеличивается отдача кислорода из крови в ткани. Соответственно, становится больше артериовенозная разность по кислороду и коэффицент использования кислорода.

Рост кислородного долга при передвижении спортсменов на средние и длинные дистанции сопровождается увеличением в крови концентрации молочной кислоты и снижение рН крови. В связи с потерей воды и увеличением количества форменных элементов повышение вязкости крови достигает 70 %.

**Физическая работа делится на два вида, динамическую и статическую.**

Динамическая работа выпол­няется тогда, когда в физическом смысле происхо­дит преодоление сопротивления на определенном расстоянии (езда на велосипеде). При положительной ди­намической работе мускулатура действует как «дви­гатель», а при отрицательной динамической работе она играет роль «тормоза» (например, при спуске с горы) Статическая работа производится при изо­метрическом мышечной сокращении. Так как при этом не преодолевается никакое расстояние, в физи­ческом смысле это не работа; тем не менее организм реагирует на нагрузку физиологическим напряженн­ей. Проделанная работа в этом случае измеряется как произведение силы и времени.

Физическая активность вызывает немедленные реакции различных систем органов, включая мы­шечную, сердечно-сосудистую и дыхательную. Это быстрые адаптационные сдвиги. Эти сдвиги обусловлены изменением большого количества параметров, в частности, изменением мышечного кровоснабжения. В покое кровоток в мыш­це составляет 20 40 мл • мин - ' • кг - '. При экст­ремальных физических нагрузках эта величина су­щественно возрастает, достигая макси­мума, равного 1,3 л-мин - 1 •кг - 1 у нетренирован­ных лиц и 1,8 л-мин - ' -кг - ' у лиц, тренированных на выносливость. Кровоток усиливается не мгно­венно с началом работы, а постепенно, в течение не менее 20-30 с; этого времени достаточно, чтобы обеспечить кровоток, необходимый для выполнения легкой работы. При тяжелой динамической работе, однако, потребность в кислороде не может быть полностью удовлетворена, поэтому возрастает доля энергии, получаемой за счет анаэробного метабо­лизма.

**Обмен веществ в мышце.** При легкой работе получение энергии происходит по анаэробному пути только в течение короткого переходного периода после начала работы; в дальнейшем метаболизм осуществляется полностью за счет аэробных реакций с использованием в качестве субстратов глюкозы, а также жирных кислот и глицерола. В отличие от этого во время тяжелой работы получение энергии частично обеспечивается анаэробными процессами. Сдвиг в сторону анаэроб­ного метаболизма (приводящего к образованию молочной кислоты) происходит в основном из-за недостаточности артериального кровотока в мыш­це, или артериальной гипоксии Кроме этих «узких мест» в процессах энергообеспечения и тех, что временно возникают сразу же после начала работы, при экстремальных нагрузках образуют­ся «узкие места», связанные с активностью фермен­тов на различных этапах метаболизма. При накоп­лении большого количества молочной кислоты на­ступает мышечное утомление. После начала работы требуется некоторое время для увеличения интенсивности аэробных энергети­ческих процессов в мышце. В этот период дефицит энергии компенсируется за счет легкодоступных анаэробных энергетических резервов (АТФ и креатин-фосфата). Количество макроэргических фосфатов невелико по сравнению с запасами гликогена, однако они незаменимы как в течение указанного периода, так и для обеспечения энергией при кратковременных перегрузках во время выпол­нения работы.

Во время динамической работы происходят су­щественные адаптационные сдвиги в работе сердеч­но-сосудистой системы. Сердечный выброс и кровоток в работающей мышце возрастают, так что кровоснабжение более полно удовлетворяет по­вышенную потребность в кислороде, а образующее­ся в мышце тепло отводится в те участки организма, где происходит теплоотдача.

Во время легкой работы с постоянной нагрузкой частота сокращений сердца возрастает в течение первых 5-10 мин и достигает постоянного уровня; это стационарное состояние сохраняется до завершения работы даже в течение нескольких часов. Во время тяжелой работы, выполняемой с постоянным усили­ем, такое стабильное состояние не достигается; ча­стота сокращений сердца увеличивается по мере утомления до максимума, величина которого не­одинакова у отдельных лиц (подъем, обусловленный утомлением). Даже после завершения работы частота сердеч­ных сокращений изменяется в зависимости от имев­шего место напряжения. После легкой работы она возвращается к первоначальному уров­ню в течение 3-5 мин; после тяжелой работы период восстановления значительно дольше – при чрезвы­чайно тяжелых нагрузках он достигает нескольких часов. Другим критерием может служить общее число пульсовых ударов свыше начальной частоты пульса в течение периода вос­становления; этот показатель служит мерой мышечно­го утомления и, следовательно, отражает нагрузку, потребовавшуюся для выполнения предшествую­щей работы.

Ударный объем сердца в начале работы возрастает лишь на 20 30%, а после этого сохраняется на постоянном уровне. Он немного падает лишь в случае максимального напряжения, когда частота сокращений сердца столь велика, что при каждом сокращении сердце не успевает целиком заполниться кровью. Как у здорового спортсмена с хорошо тренированным сердцем, так и у человека, не занимающегося спортом, сердечный выброс и частота сокращений сердца при работе изменяются приблизительно пропорционально друг другу, что обусловлено этим относительным по­стоянством ударного объема.

При динамической работе артериальное кровяное давление изменяется как функция выполняемой работы. Систо­лическое давление увеличивается почти пропорци­онально выполняемой нагрузке, достигая приблизи­тельно 220 мм рт. ст. при нагрузке 200 Вт. Диастолическое давление изменяется лишь незначи­тельно, чаще в сторону снижения. В системе кровообращения, функционирующей под низким давлением (например, в правом предсердии) давление крови во время работы увеличивается мало; отчетливое его повышение в этом участке является патологией (например, при сердечной не­достаточности).

Потребление организмом кислорода возрастает пропорционально величине и эффек­тивности затрачиваемых усилий. При легкой работе достигается стационарное состояние, когда потреб­ление кислорода и его утилизация эквивалентны, но это происходит лишь по прошествии 3-5 мин, в течение которых кровоток и обмен ве­ществ в мышце приспосабливаются к новым требо­ваниям. До тех пор пока не будет достигнуто стационарное состояние, мышца зависит от неболь­шого кислородного резерва, который обеспечивается 02, связанным с миоглобином, и от способ­ности извлекать больше кислорода из крови. При тяжелой мышечной работе, даже если она выполня­ется с постоянным усилием, стационарное состояние не наступает; как и частота сокращений сердца, потребление кислорода постоянно по­вышается, достигая максимума.

После легкой работы величина кислородного долга достигает 4 л, а после тяжелой может доходить до 20 л.

Во время легкой динамической работы минутный объем дыхания, как и сердечный выброс, увеличивается пропорционально потреблению кислорода. Это увеличение возникает в результате нарастания дыхательного объема и частоты дыхания.

Во время и после динамической работы кровь претерпевает существенные изменения. По ним лишь изредка можно действительно оценить степень физического напряжения, но особое значение их состоит в том, что они служат источниками ошибок при лабораторной диагностике.

Во время легкой физиче­ской работы у здорового человека выявляются лишь незначительные изменения в парциальном давлении СО2 и 02 в артериальной крови. Тяжелая работа вызывает более существенные изменения. Наибольшие отклонения от уровня покоя составляют 8% для артериального рО2(**напрежение кислорода растворимого в плазме крови**) и 10% - для рСО2. Насыщение кислородом смешанной венозной кро­ви падает с ростом напряжения; соответственно этому артериовенозная разница по кислороду увеличивается от значения, приблизи­тельно равного 0,05 (уровень покоя), до 0,14 у не­тренированных и 0,17 у тренированных лиц. Это увеличение обусловлено повышенным извлечением кислорода из крови в работающей мышце.

.

**Дыханием** называется комплекс физиологических процессов, обеспечивающих потребление кислорода и выделение углекислого газа тканями живого организма. В основе дыхательной функции лежат тканевые окислительно-восстановительные биохимические процессы, обеспечивающие обмен энергии в организме человека, животных и растений.

Обмен газов, или потребление кислорода и выделение углекислого газа, между организмом и окружающей газовой средой осуществляется путем сложного взаимодействия систем дыхания, кровообращения и крови

Газообмен является много звеньевым процессом. Поступающий в легкие кислород переходит в кровь, доставляется к тканям, переходит через стенки капилляров в межтканевую жидкость и утилизируется клетками.

**Гипоксия** (от гипо... и лат. oxygenium — кислород) (кислородное голодание), пониженное содержание кислорода в организме или отдельных органах и тканях. Возникает при недостатке кислорода во вдыхаемом воздухе или в крови (гипоксемия), при нарушении биохимических процессов тканевого дыхания и другого.

Степень гопоксии определяют путем взятия порции крови из артериального или венозного кровеносного сосуда или из полостей сердца с последующим извлечением газов на приборе Ван Слайка и их количественным анализом.

Причины гипоксии весьма разнообразны. Она может возникать в крови легких в связи со снижением р кислорода в альвеолярном воздухе (произвольная задержка дыхания), а также при неравномерности вентиляции в различных частях легких.

Гипоксия наблюдается даже в состоя6нии покоя – физиологическая гипоксия, она может усиливаться при двигательной деятельности из-за нарастания неравномерности вентиляции легких, увеличения скорости кровотока в связи с малым временем контакта воздуха и крови, а так же в случаях увеличения толщены легочной мембраны. Гипоксия может быть связана с перебросом крови через артериовенозные анастомозы в малом круге кровообращения. В этом случае кровь бедная кислородом, минует дыхательные поверхности альвеол и примешивается к артериализованной крови, оттекающей от легких, что и создает ту или иную степени гипоксии. Гипоксия артериальной крови, протекающей в тканях, связана с недостатком кислорода в них и усиленной мобилизации кислорода из оксигемаглобина крови. Быстро наступающие гипоксические изменения возникают и в венозной крови (венозная гипоксия), как результат снижения насыщения кислородом крови оттекающей от тканей с выраженной активностью окислительных процессов.

## Виды гипоксии

**Гипоксическая или экзогенная*,***гипоксия развивается при снижении парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе. Наиболее типичным примером гипоксической гипоксии может служить горная болезнь. Ее проявления находятся в зависимости от высоты подъема. В эксперименте гипоксическая гипоксия моделируется при помощи барокамеры, а также с использованием дыхательных смесей, бедных кислородом.

**Дыхательная или респираторная,** гипоксия возникает в результате нарушения внешнего дыхания, в частности нарушения легочной вентиляции, кровоснабжения легких или диффузии в них кислорода, при которых страдает оксигенация артериальной крови.

**Кровяная или гемическая,** гипоксия возникает в связи с развитием нарушений в системе крови, в частности с уменьшением кислородной емкости ее.

**Гистотоксическая гипоксия:** неспособность клеток воспринимать принесенный кровью кислород. Нарушение клеточного дыхания возможно в случае общего отравления организма — например, цианидами или ядом некоторых медуз.

**Циркуляторная** гипоксия развивается при местных и общих нарушениях кровообращения, причем в ней можно выделить ишемическую и застойную формы.

**Дыхание при физической нагрузке.**

Общая характеристика: мышечная работа всегда связана с увеличением газообмена, т.к. энергия черпается в процессе окисления органических веществ. Изменения дыхания четко выражены даже при физических нагрузках, выполняемых малыми мышечными группами. При легочной работе, обмен газов может повышаться в 2-3 раза, а при тяжелой в 20-30 раз по сравнению с уровнем покоя. Исключительно большой удельный вес потребления мышцами кислорода при работе зависит не только от его потребления мышцами, непосредственно участвующими в работе, но и от потребления кислорода мышцами, обеспечивающими высокую легочную вентиляцию, а также мышцей сердца.

Активность окислительных процессов тем больше, чем больше мощность выполняемой работы.

Однако в ряде случаев оказывается, что при одной и той же мощности работы, потребление кислорода возрастает при нарушении координации движений, это объясняется вовлечением в двигательную деятельность мышц, не имеющих непосредственного отношения к данной работе. Дыхание при мышечной работе тесно связано с биомеханическими особенностями позы и механикой самих движений.

# Кислородный запрос и его удовлетворение

Количество кислорода необходимое для окислительных процессов, обеспечивающих ту или иную работу, называют кислородным запросом.

В зависимости от особенностей мышечной работы устанавливается оптимальный для нее уровень потребления кислорода.

При относительно равномерной работе, если она легко выполняется спортсменом, может наступить вскоре после начала работы равновесие между кислородным запросом и его удовлетворением.

При напряженной циклической работе, когда минутный кислородный запрос удовлетворяется не в полной мере, отмечается устойчивая величина потребления кислорода. Однако эта устойчивость потребления кислорода сопряжена с нарастанием кислородного долга, не проявляющегося по ходу работы.

**Кислородный долг** – это количество кислорода, которое поглощается по окончании физической работы сверх уровня покоя.

Он отражает дефицит кислорода при анаэробных биохимических процессах и восполнение кислородного резерва организма, использованного при работе. После работы наблюдается наиболее интенсивное погашение кислородного долга.

# МПК

Определение МПК осуществляется прямым и косвенными путями.

Принцип прямого определения заключается в ступенчатом увеличении физической нагрузки до предельно возможной. МПК выражает потребление кислорода за 1мин. эта величина обозначается литрами, у не спортсменов МПК примерно 2,5-3,5л/мин, а у спортсменов 6л/мин

МПК является одним из существенных показателей функционального состояния дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

# Библиография

1) Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивеая. Возрастная: Учебник.- М.:Терра-спорт, Олимпия пресс, 2001.- 520с.,ил.

2) Физиология дыхания / Отв. ред. И.С. Бреслав и Г.Г. Исаев.- СПБ.: Наука, 1994.- 680с

3) Физиология человека. (Учебник для институтов физической культуры. Изд. 5-е). Под ред. Н.В. Зимкина. М., «Физкультура и спорт», 1975. 496с. с ил

4) Физиология человека: Учебник / Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько.- 2-е изд.,- М.: Медецина, 2003.- 665с.:ил.: [2]л.

5) Физиологи человека. В трех томах. Т 2. Пер. с англ./ Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса.- М.: Мир, 1996.- 313 с., ил.

6) Физиология человека. Учебник. Н.А. Агаджанян, Л.З. Тель, В.И. Циркин. Под ред, Рамн Н.А. СПб.: Сотис, 1998, 526с.