Физическая работа делится на два вида, динамическую и статическую.

Динамическая работа выпол­няется тогда, когда в физическом смысле происхо­дит преодоление сопротивления на определенном расстоянии В этом случае (например, при езде на велосипеде, подъеме на лестницу или в гору) работа может быть выражена в физических единицах (1 Вт = 1 Дж/с = 1 Нм/с) 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. Эти быстрые адаптационные сдвиги отличаются от адап­тации, развивающейся в течение более или менее длительного срока, например в результате трениро­вок. Величина быстрых реакций служит, как правило, непосредственной мерой напряжения.

Немедленные реакции 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.

С началом работы потреб­ность в энергии увеличивается мгновенно, однако для приспособления кровотока и аэробного обмена требуется некоторое время; таким образом, возни­кает кислородный долг. При легкой рабо­те величина кислородного долга остается постоян­ной после достижения стационарного состояния, однако при тяжелой работе она нарастает до самого окончания работы. По окончании работы, особенно в первые несколько минут, скорость по­требления кислорода остается выше уровня покоя происходит «выплата» кислородного долга. Однако этот термин не точен, так как увеличение потребления кислорода после завершения работы не отражает непосредственно процессы восполнения запасов 02 в мышце, а происходит и за счет влияния других факторов, таких, как увеличение темпера­туры тела и дыхательная работа, изменение мышеч­ного тонуса и пополнение запасов кислорода в ор­ганизме. Таким образом, долг, который будет возвращен, по величине больше, чем возникший во время самой работы. 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, 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.

При физической работе показа­тель гематокрита увеличивается как в результате снижения объема плазмы (в связи с усиленной ка­пиллярной фильтрацией), так и за счет поступления эритроцитов из мест их образования (при этом увеличивается доля незрелых форм). Отмечено так­же нарастание числа лейкоцитов (рабочий лейкоци­тоз). Отмечено, что число лейкоцитов в крови бегунов на длинные дистан­ции увеличивается пропорционально длительности бега на 5000-15000 клеток/мкл в зависимости от работоспособно­сти (меньше у лиц с высокой работоспособностью). Увеличение происходит преимущественно за счет возрас­тания количества нейтрофильных гранулоцитов, так что при этом численное соотношение клеток разных типов меняется. Кроме того, пропорционально интенсивности работы увеличивается число тромбоцитов

Легкая фи­зическая работа не влияет на кислотно-щелочное равновесие, так как все избыточное количество об­разующейся углекислоты выделяется через легкие. Во время тяжелой работы развивается метаболический ацидоз, степень которого пропорциональна скорости образования лактата; частично он компен­сируется за счет дыхания (снижение артериального Рсо2).

Уро­вень глюкозы в артериальной крови у здорового человека мало изменяется во время работы. Только при тяжелой и длительной работе происходит паде­ние концентрации глюкозы в артериальной крови, что указывает на приближающееся истощение. Вме­сте с тем концентрация лактата в крови варьирует в широких пределах в зависимости от степени на­пряжения и длительности работы – соответ­ственно скорости образования лактата в мышце, функционирующей в анаэробных условиях, и скорости его элиминации. Лактат разрушается или под­вергается превращениям в неработающих скелетных мышцах, жировой ткани, печени, почках и миокар­де. В условиях покоя концентрация лактата в арте­риальной крови составляет приблизительно 1 ммоль/л; при тяжелой работе длительностью око­ло получаса или при крайне тяжелых кратковремен­ных нагрузках с минутными интервалами могут быть достигнуты максимальные уровни, превышаю­щие 15 ммоль/л При длительной тяжелой работе концентрация лактата сначала увеличивается, а за­тем падает.

Если рацион богат углеводами, концентрации свободных жирных кислот и глицерола мало изме­няются под влиянием работы, так как секреция инсулина, обусловленная потреблением углеводов, тормозит липолиз. Однако при обычном рационе длительная тяжелая работа сопровождает­ся увеличением концентраций свободных жирных кислот и глицерола в крови в 4 или более раз

Терморегуляция. Потоотделение обычно счита­ется признаком тяжелой работы. Начало заметного потоотделения, однако, зависит не только от тя­жести работы, но и от условий окружающей среды. Секреция пота начинается тогда, когда происходит превышение нейтральной температуры по причине либо усиленной теплопродукции во время мышечной работы, либо недостаточной теплоотдачи вследствие высокой температуры или влажности окружающей среды, несоответствующей одежды, отсутствия движения воздуха (конвекции) или, наконец, по причине нагревания тела избыточ­ным тепловым излучением (например, в литейном цехе).

Во время и после физической работы концентрация многих гормонов в крови изменяется. В большинстве случаев этот эффект неспецифический, либо недостаточно понятный. Выделяется повышенное количество адреналина, норадреналина. Через 2 мин после начала работы происходит усиление секреции аденогипофизом АКТГ, который стимулирует выделение кротикостероидов из коркового везества надпочечников. Концентрация инсулина несколько снижается во время работы, уровень же глюкагона может как повышаться, так и снижаться.