

4510.25

И-889

Т Р У Д Ы
ЦЕНТРАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ФИЗИОЛОГИИ
ФИЗИЧЕСКИХ
УПРАЖНЕНИЙ

•ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТ•

ВСЕСОЮЗНЫЙ КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ
И СПОРТА ПРИ СНХ СССР

796
И-87

Т Р У Д Ы
ГОСУДАРСТВЕННОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

4510.25
612
И 892

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФИЗИОЛОГИИ
ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ

Вып. I

Под редакцией
В. С. Фарфеля

Львівський державний технікум
фізичної культури
м. Львів, вул. Дверницького 2

БІБЛІОТЕКА

№ 8094 Дата

5412



Государственное Издательство
„ФИЗКУЛЬТУРА И СПОРТ“
1959

2630
5775

ПРЕДИСЛОВИЕ

Работы, представленные в настоящем сборнике, выполнены в большинстве в 1937 г. и относятся к разнообразным разделам физиологии физических упражнений. Мы объединили их в один сборник, имея в виду, что разбросанные среди работ, посвященных другим разделам физиологии в специальных журналах, они могут ускользнуть из поля зрения читателя, интересующегося особо вопросами физиологии физических упражнений. Исходя из этих же соображений, а также имея в виду не только специалиста-физиолога и врача, но также и физиологически грамотного работника по физкультуре, мы предполагаем вслед за этим сборником регулярно выпускать и последующие сборники „Исследований“.

Первая работа посвящена проблеме тренировки—проблеме, являющейся стержнем работ физиологической лаборатории ЦНИИФК. Труд этот коллективный, в нем участвовали все сотрудники нашей лаборатории. В этой работе, которая является отправным пунктом для последующих наших исследований, поднимается, как нам кажется, кардинальный вопрос о теории тренировки, о распознавании сущности ее. Обнаруженные факты (в ведущемся в настоящее время исследовании мы видим их подтверждение) заставляют ставить проблему тренировки не только в плоскости обычных представлений об экономизации функций, но раскрывают отчасти механизм мобилизации функций как главнейший механизм повышения работоспособности. Раскрытие же этого явления дает нам возможность разрешения вопроса о режиме тренировки. Пути к нему уже намечены в настоящей работе, в которой, пока для одного случая, установлено значение интервалов различной деятельности в нарастании тренированности.

В следующей работе по сахару крови авторы (т.т. Лантош и Лившиц) приводят как собственный экспериментальный материал, так и изложение вопроса о роли углеводов в мышечной деятельности спортсмена. Роль углеводного питания приобретает в практике спортсмена в последнее время все большее значение. Исследований, посвященных углеводному обмену при мышечной деятельности, появляется также большое количество. Авторы сделали попытку систематизации современных знаний в этой области. Думается, что чтение этой статьи окажется небезынтересным не только для физиолога и врача, но и для практика-физкультурника.

В своей работе по изменениям в содержании фосфора в крови и моче авторы (т.т. Лившиц и Хализева) приводят обнаруженный ими оригинальный факт закономерного изменения „фосфорной

кривой“ при напряженной мышечной работе. Детальный анализ этого факта—еще дело будущего. Помимо изложения своих экспериментов авторы ввиду отсутствия сводки по данным фосфорного обмена при мышечной работе человека, подобно предыдущим авторам, приводят описание наличного литературного материала.

Вопрос о роли форсированного дыхания в физических упражнениях, разрабатываемый т. Фомичевым, имеет большое прикладное значение. Наряду, однако, с разработкой практической стороны вопроса автор пытается раскрыть и теоретическую его сторону—сущность тех изменений, которые происходят в организме при гипервентиляции.

Указанный перечень работ относится, по сути говоря, к физиологии вегетативных сдвигов, происходящих при мышечных упражнениях. Следующая же группа работ касается еще очень слабо разработанной области нервно-мышечных отношений у человека. Проблемы тонуса, координации, сравнительно подробно изучаемые на животных, на человеке изучены еще недостаточно. Перенос результатов исследований животного на человека здесь, по сравнению с другими разделами физиологии, еще более затруднен. Исследования, представленные в нашем сборнике, проведены над двигательными функциями, почти не воспроизводимыми над животными.

Первая из этой серии работа представляет собой начало ряда экспериментов по анализу процесса расслабления—этой важной проблемы современного учения о физических упражнениях.

Вторая работа посвящена проблеме выносливости. Обнаруженный факт корреляции общей выносливости с выносливостью к статическим усилиям имеет, как нам кажется, большое принципиальное значение. Точно так же ценным представляется подтверждение факта об отсутствии связи между выносливостью и силой.

Последние работы начинают собою серии исследований по характеристике асимметрической мышечной деятельности человека. В этой работе по-новому ставится весьма древняя проблема о соотносительном рабочем значении мышечных групп левой и правой половины тела.

В. Фарфель

*П. Э. Гуляк, А. Д. Лантош, А. И. Лившиц, В. С. Фарфель,
А. В. Фомичев, Е. К. Хализева*

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ ПОВТОРНОЙ МАКСИМАЛЬНОЙ РАБОТЕ

(К анализу тренировки)

ВВЕДЕНИЕ

Изучению физиологических сдвигов, происходящих в организме при тренировке, посвящено большое количество исследований. Исследования эти проводились в самых разнообразных условиях, на разных объектах, при различных по характеру и объему физических нагрузках и т. п. Однако, при всем многообразии экспериментальных условий, большинство работ характеризуется общностью положенного в основу их методического принципа, который мы обозначаем как "принцип стандартных нагрузок". Заключается он в том, что испытуемый тренируется на выполнение однажды заданной, постоянной по величине (интенсивности и длительности) работы. При этом изучается изменение реакции исследуемой функции на заданную работу при ее систематическом повторении через известные интервалы времени. Обнаруженные сдвиги принимаются при этом как показатели тренированности.

Этот же принцип стандартных нагрузок применяется часто и в другом методическом варианте. Испытуемый тренируется на выполнение какого-либо физического упражнения (в данном случае обязательно стандартного), но как до начала тренировки, так и в течение тренировочного периода подвергается контрольным лабораторным испытаниям, заключающимся в исследовании реакции его физиологических функций на совершение стандартной, каждый раз одной и той же по величине работы. Наконец в третьем варианте принцип стандартных нагрузок применяется для оценки (хотя бы однократной) состояния тренированности разных лиц. И в этом случае, как и в прежних, исследуемым лицам предлагается выполнить одинаковую (стандартную) работу для того, чтобы на основе сравнения реакций на нее изучаемых функций у массы тренированных и нетренированных лиц судить о степени тренированности каждого отдельного подопытного.

В применении к исследованию тренировки этот принцип стандартных нагрузок употребляется для экспериментального физиологического анализа процесса тренировки в его динамике, для оценки фактического состояния тренированности и в целях врачебного контроля в виде так называемых функциональных проб.

В результате собранного таким путем обильного экспериментального материала можно говорить об основных закономерностях в протекании физиологических функций при тренировке. Широко обобщая имеющиеся в литературе данные, можно сказать, что основным явлением, наблюдаемым при описанных методических условиях громадным большинством авторов, является снижение, уменьшение, все большая нивелировка физиологических сдвигов, происходящих под влиянием работы. Во всех опытах, в методическом отношении проведенных при точном соблюдении „принципа стандартных нагрузок“, как правило, отмечается, что при регулярном воспроизведении однажды заданной физической нагрузки реакция организма на стандартную работу, бывшая вначале значительной, все более уменьшается. Выполнение работы сопровождается теперь такими сдвигами, которые прежде вызывались работой меньшей интенсивности. Иначе говоря, стандартная нагрузка по мере развития тренировки делается для работающего как бы более легкой, он выполняет ее „экономнее“.

Об этом свидетельствуют изменения в различных физиологических показателях, зарегистрированных многочисленными исследователями. В первую очередь следует упомянуть о более экономном расходовании энергии на повторную стандартную нагрузку.

Об этом говорят исследования Атцлерз (1), обнаружившего повышение коэффициента полезного действия за 14 дней тренировки с 13 до 21%. То же самое обнаружил и Крог (2), показав подъем коэффициента полезного действия за 25 дней тренировки на велоэргометре с 23,8% до 25,6%. Подобные же данные обнаружили Уоллер и де-Деккер (3) при тренировочной ходьбе. При ходьбе же повышение к. п. д. как следствие тренировки отметил еще Цунц (4). Подобные же сведения о снижении энергетических затрат на стандартную работу при тренировке можно почерпнуть у многих других исследователей, из которых отметим Грубера (5), Шнейдера (6), Симовсона (7). Последний в частности отметил, что при этом снижается не только сама величина газообмена, но улучшаются (ускоряются) и процессы восстановления. В его опытах четко показано также возрастание при тренировке процента потребления кислорода и снижения легочной вентиляции. Большая экономичность в работе дыхательного аппарата при тренировке показана также Геркгеймером (8), Ильдгефером (9), Ганзеном (10).

Изменение в деятельности сердца при повторной тренировочной работе имеет принципиально тот же характер, что и по другим системам. Наиболее характерным является классический пример Линдгарда (11), в котором показано, что минутный объем сердца у тренированного субъекта значительно ниже, чем у нетренированного, производящего ту же работу. Им же со всей четкостью показано, что это снижение идет преимущественно за счет числа сердечных сокращений. Факты Линдгарда были затем неоднократно подтверждены Гендерсоном (12), Диллом (13) и др.

Из биохимических наиболее показательны изменения при тренировке сдвигов в содержании молочной кислоты в крови и щелочных резервов. Уменьшение сдвигов молочной кислоты наблюдали Льюис (14) и др., Владимирова (15) и др., Маргария (16) и др. Уменьшение степени западения щелочных резервов отмечено Владимировой (15), Слонимом (17), Эвигом (18).

Типичны также изменения в морфологическом составе крови: при тренировке все больше сглаживаются лейкоцитарные сдвиги, все меньше находят в крови юные формы (Егоров (19), Лантош (20), Йокль (21) и др.).

Все эти примеры и множество других, подчас с удивительной согласованностью, иллюстрируют упомянутые выше закономерности в реакции организма на работу при тренировке. Факт „экономизации“ функции как характернейший признак тренированности

в этом смысле неоспорим. Однако подчеркиваем, этот факт установлен с такой непреложностью в условиях исследования по „принципу стандартных нагрузок“, т. е. когда испытуемый совершает одинаковую, однажды заданную по величине работу.

Мы задались целью проследить, как будут протекать реакции организма при повторной работе в иных экспериментальных условиях, в условиях, которые мы обозначаем как „принцип рекордных нагрузок“. Наш испытуемый (И. Ф.), опытный физкультурник, совершал в лабораторных условиях работу постоянной интенсивности. Величина же работы не задавалась заранее, т. е. длительность работы могла быть переменной. Обязательным условием, которому должен был следовать испытуемый, было условие работать так долго, пока он еще в состоянии был поддерживать заданную интенсивность. Иными словами, работа должна была продолжаться до отказа, величина работы каждый раз должна была быть при данной интенсивности и для данного состояния испытуемого максимальной, предельной. Испытуемый каждый раз должен был устанавливать тот рекорд, который мог быть обеспечен при полной мобилизации тех ресурсов, какими в отношении данной работы располагал организм, выходящий в определенном состоянии в данный опытный день.

Естественно, что много здесь зависело от самого субъекта, от умения его „выкладываться“, от добросовестного его отношения к опыту. В этом смысле наш испытуемый полностью удовлетворял всем требуемым условиям.

Регистрируя изменения каждый раз рекордной величины работы при повторении ее через известные интервалы времени, мы тем самым регистрировали изменения важнейшего показателя состояния организма—его работоспособности, ибо возрастание количества могущей быть выполненной работы должно являться показателем возросшей работоспособности; снижение же рекорда свидетельствовало об уменьшившейся работоспособности. Поскольку же фактором, изменяющим работоспособность, являлось само совершение работы и ее повторение, т. е. тренировка, постольку регистрация соотносительных рекордных величин работы позволяла судить о соотносительных состояниях тренировки. Исходя из этих соображений, мы приняли регистрируемые рекордные величины работы за основной показатель работоспособности, тренировки и сравнивали с ними остальные наши физиологические показатели.

МЕТОДИКА

Работа, которую совершал испытуемый, заключалась в беге на месте с частотой 100 шагов в мин. Для того чтобы испытуемый и экспериментаторы могли контролировать постоянно высоты подъема колен, на расстоянии 1 м от пола был протянут горизонтально шнур, которого при беге каждый раз должны были касаться колени испытуемого. Однако, несмотря на зрительный контроль и ощущение прикосновения шнура к колену при каждом прыжке, высота подъема все же могла меняться. Для того чтобы иметь возможность объективно регистрировать высоту подъема ног и туловища при беге, была организована киносъемка движений. На испытуемого надевались две маленькие лампочки: одна на колене, другая на груди. Провода к лампочкам шли от пояса, соединен-

ного шнуром с трансформатором, питаемым от осветительной сети. На некотором расстоянии, сбоку от испытуемого, помещалась установленная на штативе „лейка“. Помещение затемнялось.

Во время бега испытуемого фотограф производил съемку каждые 15 сек. Открыв затвор, он начинал вращать лейку вокруг ее вертикальной оси с такою скоростью, чтобы на одном кадре могли уместиться несколько траекторий лампочек. В следующие 15 сек. снимался следующий кадр и т. д. В конце опытов мы располагали серией кадров, в каждом из которых можно было измерить высоты нескольких подъемов ног. Сопоставляя среднюю высоту подъема в каждом кадре, т. е. за каждые 15 сек., мы могли довольно точно судить о том, постоянна ли была высота подъема ног и туловища на протяжении всего опыта, а при изменении высоты измерить степень этих изменений.

Помимо этих измерений, а также точного учета длительности бега до отказа производились следующие исследования:

1. Дыхание и газообмен. Во время работы и после работы испытуемый дышал через сухие газовые часы Цунтца. Пробы воздуха забирались непосредственно в стеклянные реципиенты.
2. Пульс и кровяное давление.
3. Сахар по Фуйита и Иватаке и неорганический фосфор крови (по Бригсу).
4. Морфология крови.
5. Неорганический фосфор (по Беллу, Джойсу и Бригсу), белок, pH мочи (потенциометрически).

Общий распорядок опытов был следующий: испытуемый приходил рано утром натощак (последний умеренный прием пищи происходил за 10-12 час. до опыта) в лабораторию и укладывался на кушетку. Спустя минут 30 бралась проба основного обмена, затем проба мочи, далее измерение пульса и кровяного давления до достижения постоянных величин и, наконец, взятие проб крови. После этого испытуемый начинал работу.

Когда испытуемый начинал ощущать явственно затруднение в беге (мертвая точка), он поднимал на мгновение одну руку; этот момент хронометрировался. К тому моменту, когда испытуемый уже не мог поддерживать прежние темп и высоту подъема ног при беге, он вновь давал сигнал. По сигналу „стоп“ он быстро усаживался в стоящее позади него кресло и в то время как из пальца одной руки тотчас же начиналось взятие проб крови, на другой руке измерялось кровяное давление (манжета была заранее надета на руку, где и находилась все время работы). Пульс сосчитывался также немедленно по окончании работы (интервал между концом работы и началом счета пульса не больше 10 сек.), по сердечному толчку. Частота пульса подсчитывалась каждые 10 сек. Еще в течение 40-60 мин. велась непрерывная регистрация газообмена, велся счет пульса и производилось измерение кровяного давления поминутно. Пробы крови брались в течение первого часа через каждые 15 мин., а затем через каждый час. Спустя час по окончании работы бралась проба мочи (в некоторых опытах раньше); последующие пробы брались ежечасно. Общая длительность исследования восстановительного периода достигала 6 час., в течение которых испытуемый не принимал пищи.

Помимо этих „рабочих“ опытов, раз в две недели ставились контрольные опыты, во время которых испытуемый не совершал никакой работы, но, придя утром натощак в лабораторию, находился там в спокойном состоянии, не принимая пищи; каждый час у него производились измерения пульса и кровяного давления и брались для анализа пробы крови и мочи. Кроме того однократно делалось определение основного обмена.

ИЗМЕНЕНИЯ В ДЛИТЕЛЬНОСТИ И ХАРАКТЕРЕ РАБОТЫ

В предшествующие опытному периоду дни испытуемый привыкался бежать в заданном ритме, но систематически к этой работе не тренировался. Точно также не проводилось систематической тренировки и в дни, вклинивавшиеся между теми днями, когда производился эксперимент. В общем работа (каждый раз до отказа) совершалась только в дни опытов. Опыты же на всем протяжении

работки темы ставились с регулярными промежутками в 6 (в двух случаях — 7) и в 12 дней, причем соблюдалось правильное чередование этих 6-дневных и 12-дневных интервалов за исключением последнего. Всего на протяжении 3 месяцев было поставлено 11 опытов, распределенных следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Интервал, пред- шествующий интервалу (в днях)	—	6	12	6	12	6	12	7	12	7	6
Длительность работы	2' 06"	3' 13"	3' 00"	3' 30"	3' 15"	4' 00"	3' 30"	5' 00"	5' 00"	4' 30"	4 00"
Время до «мертвой точки»	1'	1' 43"	2' 15"	2' 20"	2'	2' 37"	—	3' 10"	3' 20"	—	—

В первом опыте испытуемый перед самым концом работы оступился, потерял равновесие, вышел из ритма и опыт пришлось прекратить на 2 мин. Возможно, фактическая длительность этой работы могла быть увеличена, однако, судя по состоянию испытуемого, вряд ли больше чем на 15 сек.

На протяжении всего экспериментального периода испытуемый старался вести размеренный образ жизни, здоровье его было удовлетворительно. Однако, в течение двух последних недель (опыты №№ 10 и 11) он был перегружен своей основной работой, чувствовал себя скверно, приходил невыспавшимся. Это объясняется снижением его результатов.

Рассматривая движение цифр в вышеприведенной таблице, а также рис. 1, где это движение представлено графически, мы убеждаемся в том, что на протяжении двух с половиной месяцев имеет место общее повышение длительности работы, свидетельствующее о повышении тренированности. Этот рост очень велик — всего лишь небольшим минут до 5 мин. Необычайно характерным является не непрерывный подъем кривой, а ее зубчатый, ступенчатый характер. В этой ступенчатости видна строгая закономерность: время рекордной длительности работы растет только при 6-дневном интервале между опытами,¹ а при 12-дневном она несколько снижается или остается на достигнутом уровне. Можно, следовательно, говорить о том, что при 6-дневном интервале при данном виде нагрузки и длительности работы имеет место развитие тренированности, в то время как при 12-дневном интервале дальнейшее увеличение тренированности не происходит; в большинстве случаев наблюдается даже некоторая потеря достигнутого состояния тренированности.

Как уже упоминалось, испытуемый во время работы давал сигнал в тот момент, когда начинал ощущать явственное затруднение в беге. Это ощущение

¹ За исключением двух последних, о необычных условиях которых упоминалось.

по его словам близко к тем ощущениям, которые сопровождают обычно наступление „мертвой точки“, однако это, конечно, не есть „мертвая точка“, потому что ни разу не наступало „второе дыхание“. Затрудненность в работе после этого сигнала все больше возрастала, приводя, наконец, к отказу от дальнейшего продолжения работы. Это ощущение недостаточно точно локализовано во времени, оно более расплывчато, нежели те ощущения, которые обуславливали конец работы. Характерно, однако, что, несмотря на недостаточную определенность этих ощущений, момент их наступления также показывает на протяжении наших опытов известную закономерность. В нижней строке таблицы 1 показано время подачи сигнала от опыта к опыту.

Движение этих цифр в известной мере повторяет движение цифр, показывающих общую длительность бега. И здесь после шестидневного перерыва цифры возрастают. Правда, 12-дневный перерыв не дает здесь того яркого эффекта, который был виден в предыдущей таблице.

Естественно возникает вопрос: не является ли возрастание рекордной длительности работы следствием не развития трениро-

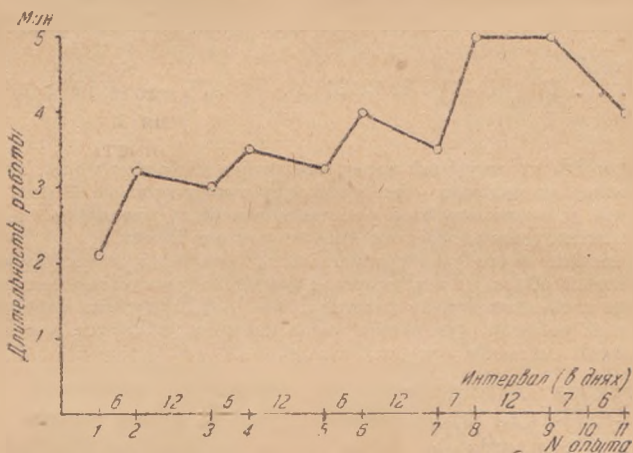


Рис. 1. Изменение предельной длительности работы в зависимости от интервалов между опытами.

ванности испытуемого, а просто результатом того, что в первых опытах выше была интенсивность работы, снизившаяся в последних опытах. Ведь хорошо известно, что малая интенсивность, малая мощность работы может обеспечить большую длительность ее и наоборот. Интенсивность работы зависела здесь в основном от двух факторов: темпа и высоты подъема ног и туловища. Темп каждый раз оставался постоянным (184 шага в мин.), и испытуемый, обладающий хорошим чувством ритма, ни разу с него не сбился. Высоту подъема ног и туловища мы, как указывалось выше, имели возможность зарегистрировать. Была подсчитана средняя высота подъема ног из кривых фотосъемок, производившихся каждые 15 сек. Во время каждой съемки удавалось зарегистрировать несколько (до 6) подъемов.

Если расположить наблюдавшиеся в этих опытах длительности в нисходящем порядке и сопоставить с ними соответствующие

индикаторы высоты подъемов ног, то отсутствие между этими двумя рядами обратной связи (за исключением опыта с самой малой длительностью работы) выступает, как показывает табл. 2, достаточно ярко.

Таблица 2

Длительность работы	Средняя высота подъема ног	№ опыта
5'	35 см	9
4' 30''	33 "	10
4'	32 "	6
3' 30''	35 "	4
3' 30''	36 "	7
3' 15''	31 "	5
3' 13''	33 "	3
2' 06''	39 "	1

Таким образом имеются основания утверждать, что увеличение длительности работы не шло за счет снижения интенсивности ее, а являлось следствием возросшей тренированности.

ГАЗООБМЕН

Газообмен исследовался как во время, так и после работы. Исследования проводились „безмешковым“ методом. Испытуемый дышал через маску, от которой гибкий шланг с вставленным на пути его трехходовым краном направлялся непосредственно к стоящим на столе сухим газовым часам Цунца. Эти часы были снабжены устройством, позволявшим непрерывно забирать пропорциональную величине каждого выдоха пробы воздуха в стеклянные редициенты. Во время работы пробы брались поминутно, а после работы сначала также поминутно, а затем интервал возрастал до 5 мин. В отдельных опытах восстановления исследовалось свыше часа.

Средний обмен у испытуемого составлял в среднем $205 \text{ см}^3 \text{ O}_2$ при легочной вентиляции 4.7 л и дыхательном коэффициенте $0,82$.

Во время работы потребление O_2 непрерывно возрастало, доходя в отдельных случаях до 2700 с лишним куб. сантиметров. Устойчивое состояние (steady state) не было достигнуто. Это говорит о том, что кислородный запрос при данной интенсивности работы велик — выше максимальных цифр фактически потребляемого при работе кислорода. Легочная вентиляция при работе также непрерывно возрастает, достигая 60 л мин. Это возрастание легочной вентиляции происходит за счет возрастания как частоты дыхания, доходящей почти до 30 в мин. так и глубины дыхания, в отдельных случаях превышавшей 3000 см^3 , и приближавшейся к жизненной емкости легких. При этом характерно, что частота дыхания в особенности резко возрастала после 2-й мин. работы, в то время как глубина дыхания обычно ко 2-й мин. уже достигала своего максимума, а затем даже несколько снижаясь в последующие минуты работы.

Дыхательный коэффициент во время работы был выше, чем при покое, при этом обычно ко 2-й мин. он уже возрастал выше единицы. Это свидетельствует, по крайней мере, о начавшемся вытеснении CO_2 из крови вступившими в нее кислыми продуктами мышечного метаболизма.

После работы потребление O_2 спадало сначала круто, затем все более полого. Длительность восстановления составляла $45-60$ мин. Приблизительно параллельно кривой O_2 идет и кривая восстановления легочной вентиляции. Дыхательный коэффициент после работы еще в течение первых 2 мин. круто падает, доходя подчас до $1,7$. Обычно с 3-й мин. восстановления начинается

снижение дыхательного коэффициента, который в дальнейшем, иногда пройдя через фазу западения, возвращается к исходному уровню.

Из цифр потребления O_2 при работе и восстановления рассчитана общая величина кислородного запроса. Она составляет в среднем 15,013 л, колеблясь от 13,351 до 17,314 л. Рассчитанная для каждого опыта на 1 мин. работы величина кислородного запроса составляет в среднем 4,035 л. Степень удовлетворения кислородного запроса во время работы (т. е. отношение количества O_2 , потребленного во время работы, к количеству O_2 , потребленному за все время работы и восстановления) составляет в среднем 41%, остальные 59% идут за счет кислородного долга.

Сопоставляя величины кислородного запроса, кислородного долга и времени восстановления в различных опытах с различной длительностью работы, не удалось подметить никакой закономерной связи между этими величинами. Это объясняется тем, что имеющиеся, по всей вероятности, различия скрадывались колебаниями цифр при сильно растянутом во времени восстановлении. Естественные колебания в потреблении кислорода хотя бы на 10—15% могли за час составить величину около 2 л, что равно потреблению O_2 за целую минуту работы. Поэтому различия в общем кислородном запросе при, скажем, 3- и 4-минутной работе, не говоря уже о полуминутных различиях, могли оказаться неуловимыми.

Если же обратиться к непосредственным цифрам потребления O_2 во время работы, то можно обнаружить как изменение их на протяжении всего экспериментального периода, так и изменения их в зависимости от длительности предшествовавшего опыту интервала. В табл. 3 приведены величины потребления O_2 по первым 3 мин. работы. Естественно сравнивать именно первые 3 мин. работы, потому что, за исключением первого опыта, длительность работы во всех остальных составляла не меньше 3 мин.

Из этих данных (см. также рис. 2) видно, что, если между опытами сохранялся 6-дневный интервал, то в последующем опыте потребление кислорода в первые 3 мин. работы выше, чем в предыдущем. Если же интервал между опытами составлял 12 дней, то потребление кислорода в первые 3 мин. работы в последующем опыте ниже, чем в предыдущем.

Обратимся для анализа этого факта к данным процента потребления кислорода за те же 3 мин. работы, приведенным в табл. 3.

Эта же таблица показывает, что и в отношении процента потребления O_2 имеет место то же явление, что и для абсолютных значений потребления кислорода, выраженное, однако, еще более резко; эти данные дают право говорить о том, что после 6-дневного интервала использование кислорода из вдыхаемого воздуха увеличивается, в то время как после 12-дневного интервала оно снижается.

Если же обратиться к данным легочной вентиляции, то легко увидеть, что никакого подобия той закономерности, которая наблюдалась в отношении кислорода, легочная вентиляция не дает. Скорее даже, наоборот, после 6-дневного интервала чаще встречается снижение вентиляции, нежели ее увеличение. Следовательно увеличение потребления кислорода при работе после 6-дневного интервала идет почти исключительно за счет более высокой утилизации O_2 из дыхательного воздуха.

Выделение CO_2 изменяется от опыта к опыту однозначно с изменениями в потреблении O_2 . Поэтому данные дыхательного коэффициента во время работы не показывают никаких заметных раз-

Потребление O_2 в $см^3$ в 1 мин., процент потребления O_2 и легочная вентиляция за период три минуты работы

№ опыта	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Длительность предшествовавшего интервала в днях .	6	12	6	12	6	12	7	12	7	
Первая минута работы	Потребление O_2 в 1 мин. (в $см^3$)	1192	1037	1349	—	857	1161	1422	994	1267
	% потребления O_2	4,5	4,2	5,5	—	3,5	4,3	5,7	4,4	5,0
	Легочная вентиляция (в л)	26,5	24,7	24,3	—	24,7	27,0	25,0	22,5	25,2
Вторая минута работы	Потребление O_2 в 1 мин. (в $см^3$)	2163	1466	1777	—	2035	1731	1713	1634	1992
	% потребления O_2	5,2	3,9	4,8	—	5,1	4,8	5,2	4,4	5,3
	Легочная вентиляция (в л)	41,6	37,6	36,8	—	40,3	36,0	33,0	37,8	37,8
Третья минута работы	Потребление O_2 в 1 мин. (в $см^3$)	2722	1817	2485	—	2147	1919	2187	1778	2091
	% потребления O_2	4,5	3,2	4,4	—	4,2	3,5	5,1	4,4	5,1
	Легочная вентиляция (в л)	60,5	56,8	56,6	—	51,0	54,2	42,8	40,5	41,4
Среднее за 3 мин. работы	Потребление O_2 в 1 мин.	2026	1440	1870	—	1680	1604	1774	1469	1783
	% потребления O_2	4,7	3,8	4,9	—	4,3	4,2	5,3	4,4	5,1
	Легочная вентиляция (в л)	42,8	39,7	39,2	—	38,7	39,1	33,6	35,1	34,8

личий при 6- и 12-дневных интервалах. Цифровые данные мы здесь не приводим, потому что это явствует из сопоставления данных O_2 и CO_2 .

Обратимся теперь к рассмотрению газообмена не только в первые 3 мин., но на всем протяжении работы. Подвергнем при этом сравнению работы разной длительности.

В тех опытах, длительность которых составляла больше 3 мин., потребление кислорода, как указывалось выше, продолжало возра-

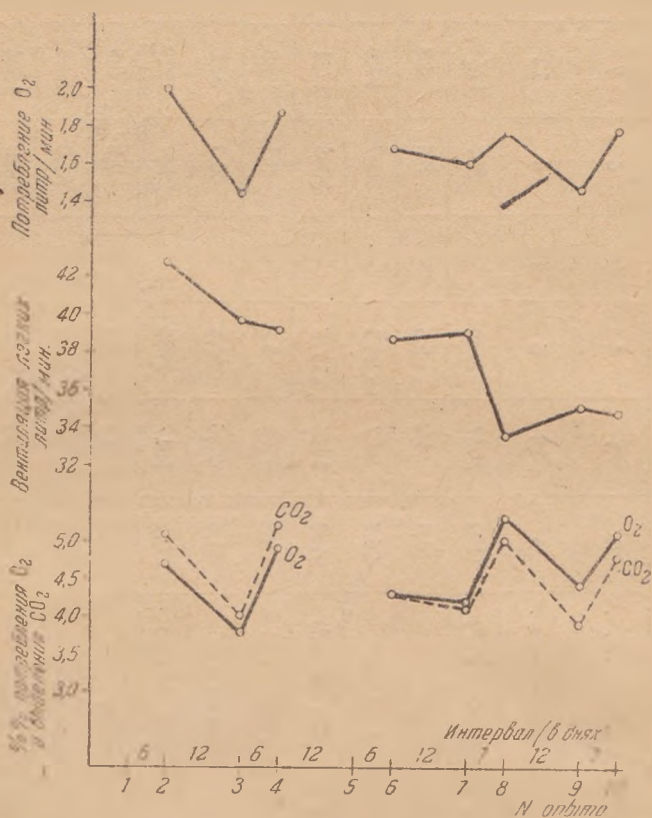


Рис. 2. Газообмен за первые три минуты работы (средние данные) и изменение его при тренировке.

стать. Величины потребления кислорода к концу работы приведены в табл. 4.

Табл. 4 дает возможность увидеть несколько любопытных моментов. Во-первых, сопоставление величин потребления O_2 в „парных“ опытах (6- и 12-дневн. интервал) дает большие показатели при 6-дневном интервале за исключением последнего. Это и неудивительно, так как именно при 6-дневном интервале длительность работы больше, а представленные в таблице величины дают только последнюю минуту работы. Этим же объясняется и падение потр-

Потребление O_2 , легочная вентиляция и процент потребления O_2 в последнюю минуту работы

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длительность работы (мин)	—	6	12	6	12	6	12	7	12	7
Длительность работы	2'06"	3'13"	3'00"	3'30"	3'15"	4'00"	3'30"	5'00"	5'00"	4'30"
Потребление O_2 (в л/мин)	—	2722	1817	2485	—	2328	2919	2635	2552	2183
Потребление O_2 в последнюю минуту	—	4,5	3,2	4,4	—	4,0	3,5	5,2	4,9	4,4
Легочная вентиляция (л/мин)	—	60,5	56,8	56,6	—	58,5	54,2	50,8	52,2	49,5

Потребление O_2 к последнему опыту; несмотря на то, что между ним и предыдущим прошло 7 дней, длительность работы здесь снизилась (причины были указаны выше).

Во вторых, изменения легочной вентиляции не идут параллельно потреблению O_2 . Наоборот, подчас с возрастанием длительности работы они ниже, чем при меньшей длительности. Процентное же потребление O_2 изменяется так же, как и общее его потребление, но еще более резко. Следовательно, и здесь возрастание потребления кислорода в последнюю минуту работы при большей длительности последней, вслед за шестиминутным интервалом, происходит по преимуществу за счет более успешного использования кислорода воздуха, а не за счет усилившейся легочной вентиляции.

Интересную картину представляет собой соотношение трех последних опытов. В опыте № 8, следующем спустя 7 дней после опыта № 7, достигнута рекордная длительность работы (5 мин.). По сравнению с опытом № 7 да и с остальными, потребление O_2 в последнюю минуту работы здесь очень мало. Эта высокая величина сочетается, однако, с относительно малой величиной вентиляции легких, но зато с максимальным использованием этой вентиляции; потребление O_2 здесь наибольший (5,2). В следующем опыте № 9, который был поставлен через 12 дней после опыта № 8, рекордная длительность работы не повторилась. При этом лишь несколько снизилось потребление O_2 в последнюю минуту работы. Это небольшое снижение обусловлено явственным падением процента потребления O_2 , компенсированное подскоком легочной вентиляции. По сравнению к этому опыту (но еще более резко) процента потребления O_2 в последнюю минуту работы видно также на данных опыта № 10, представленного в табл. 3. Само по себе снижение потребления O_2 в последнюю минуту работы обычно свидетельствует о большей успешности проведения этой работы. Однако в свете изложенных выше данных можно было бы допустить, что тут имело место в функциональном отношении падение легочной вентиляции. Падение потребления O_2 произошло здесь за счет падения легочной вентиляции, несмотря на возрастную вентиляцию, что говорит скорее о том, что рекордное удлинение рекордной длительности досталось организму с большим

трудом, нежели в предыдущем. 12-дневный интервал, следовательно, и здесь свою роль сыграл.

Приблизительно такое же явление, однако с обратным знаком, мы видим из сопоставления данных опытов № 9 и 10. Опыт № 10 был поставлен 7 дней спустя после опыта № 9. 7-дневный интервал сказался в том, что потребление O_2 в первые 3 мин. в опыте № 10 выше, чем в опыте № 9 (табл. 3), причем это повышение произошло за счет резкого увеличения процента потребления O_2 при практически неизменной легочной вентиляции. Тем не менее, в результате несколько необычного состояния испытуемого его общая работоспособность оказалась все же сниженной, и рекордное время, несмотря на 7-дневный интервал, не только не улучшилось, но даже ухудшилось (4'30" против 5' в опыте № 9). Высокой дееспособности дыхательно-циркуляторной системы оказалось недостаточно для дальнейшего продолжения работы; процент потребления O_2 круто снижается, доходя до 4,40% (вместо 5,1 в 3-ю мин.). Это падение компенсируется интенсивным ростом легочной вентиляции (49,5 в 4-ю мин. против 41,4 в 3-ю), в результате чего потребление O_2 к 4-й мин. все же несколько возрастает (2183 см³ к 4-й мин. против 2019 см³ к 3-й). Рост этот, однако, не столь велик, как в опыте № 9.

Все эти факты показывают, что благотворное влияние предшествующей работы (повышение тренированности) сохраняется на протяжении шести дней, повышая функциональную способность дыхательно-циркуляторной системы, сказывающейся в подъеме процента потребления O_2 . Конечный же итог, как величина работы, общее потребление O_2 , является результатом не только самого по себе влияния предшествующей работы, но и общей деятельности испытуемого на протяжении всего 6-дневного интервала.

Вместе с тем факт некоторой „экономизации“ в расходовании энергии все же в этих опытах виден. Мы до сих пор сравнивали лишь относительные изменения в „парных“ опытах с 6-дневными и 12-дневными интервалами. При этом „парном“ сравнении достаточно четко выступала большая мобилизация функциональных возможностей дыхательно-циркуляторной системы, сопровождавшая увеличение длительности работы после шестидневного интервала. Однако, если сопоставить потребление O_2 с абсолютными значениями длительности работы во всех опытах, независимо от того, разделены они 6- или 12-дневными интервалами, то мы видим, что на всем протяжении экспериментального периода длительность работы ступенчато возрастает, но ни непрерывного, ни ступенчатого роста в потреблении O_2 не заметно. Это относится как к потреблению O_2 в первые 3, так и в последующие минуты работы.

Если сравнить, например, данные опытов № 4 и № 7, разделенных месячным промежутком (№ 4 от 26/IV, № 7 от 26/V), в которых работа была одинаковой длительности (3'30"), то большая экономичность опыта № 7 сравнительно с опытом № 4 выступает четко. В опыте № 4 потребление O_2 во время работы составляло 5611 см³, а в опыте № 7—4811 см³. Это в опытах равной длительности. Еще более четко явление „экономизации“ работы за „макро-период“ тренировки выступает из сравнения опыта № 2 (от 8/IV) с опытом № 8 (от 2 VI), охватывающих период в 2 месяца. Возрастание длительности работы здесь очень велико — от 3 мин. в опыте № 2 до 5 мин. в опыте № 8. Потребление кислорода в опыте № 8 в первые 3 мин. составляет всего 5322 см³ против 6077 см³ в опыте № 2. Это происходит, несмотря на значительную разницу в проценте потребления O_2 , который в опыте № 8 равен в среднем 5,1, а в опыте № 2 — 4,70%. Падение общего потребления O_2 произошло, несмотря на повышение процента потребления O_2 , за счет резкого снижения легочной вентиляции. В опыте № 8 легочная вентиляция составляла в первые 3 мин. 10,1 против 128,6 л в опыте № 2. И даже в последнюю минуту работы, несмотря на

в опыте № 8 пятая, а в опыте № 2 третья, потребление O_2 в более коротком опыте ниже, составляя 2635 см^3 против 2722 см^3 в опыте № 2.

Таким образом следует, очевидно, различать те сдвиги, которые происходят в организме под влиянием предшествовавшей работы на протяжении сравнительно малых отрезков времени — от тех сдвигов, которые проявляются в результате си- ~~стематической~~ систематической, на протяжении недель и месяцев, тренировки. В первом случае в наших примерах дело сводилось по преимуществу к явлениям большей мобилизации функционирования физиологических систем, а в последнем дело в конечном счете сводилось по преимуществу к более экономному их функционированию. Надо думать, что эти два процесса взаимосвязаны, и при разных условиях больше выявляется один, при других — другой.

Показательными в этом отношении являются также данные газообмена. В табл. 5 приведены величины потребления O_2 , выделения CO_2 за первые 5 мин. восстановления и средний дыхательный коэффициент за это же время.

Таблица 5

Средние величины за первые 5 мин. восстановления: потребления O_2 , выделения CO_2 и дыхательного коэффициента

Время	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Длительность периода отдыха (мин)	—	6	12	6	12	6	12	7	12	7	6
Длительность работы	—	3'13"	3'00"	3'30"	3'15"	4'00"	3'30"	5'00"	5'00"	4'30"	4'00"
Потребление O_2 (в $\text{см}^3/\text{мин.}$)	—	1057	537	814	—	889	774	1002	880	948	831
Выделение CO_2 (в $\text{см}^3/\text{мин.}$)	—	1327	840	1204	—	921	1060	1024	1000	1254	1122
Дыхательный коэффициент	—	1,26	1,56	1,48	—	1,04	1,37	1,02	1,14	1,32	1,35

На этой таблице видно, во-первых, что в первые минуты восстановления потребление кислорода, в относительных опытах — в 12-дневном промежутке, изменяется так же, как и при работе, т. е. после 6-дневного интервала оно повышено сравнительно с опытом, которым предшествует 12-дневный интервал. Причина этих изменений, однако, лежит, по всей вероятности, просто в том, что после 6-дневного интервала больше сама длительность работы, сопровождающаяся большим подъемом потребления O_2 к концу работы, откуда и большее его потребление при восстановлении.

Изменения же в выделении CO_2 в начале восстановления не идентичны изменениям в потреблении O_2 . Соотношение CO_2/O_2 (дыхательный коэффициент) рисует любопытную картину.

Во всех тех смежных опытах, где длительность работы возрастает, дыхательный коэффициент снижается, а там, где длительность работы ниже (ечь идет только о смежных опытах), там дыхательный коэффициент высок. Он и вообще всюду выше единицы. Это свидетельствует о том, что недоокисленные во время работы продукты распада, поступая в кровь, вытесняют из последней CO_2 , которая и выводится легкими. Совершенно очевидно, что чем больше дыхательный коэффициент превышает единицу, тем большее количество кислых продуктов должно было поступить в кровь. А поскольку наибольший подъем дыхательного коэффициента имеет место при относительно меньшей длительности работы до отказа, наблюдаемой (за исключением последних опытов) после 12-дневного интервала, постольку мы должны признать, что эта малая длительность работы связана с относительно большим накоплением продуктов распада. Увеличение же длительности работы, наблюдаемое после 6-дневного интервала, связано с относительно уменьшением недоокисленных продуктов распада вследствие более успешного их окисления во время самой работы.

В этом отношении и последние опыты, в которых испытуемый, несмотря на 6-дневные интервалы между ними, снизил рекордную длительность работы, не представляют исключения. И здесь, несмотря на меньшую длительность работы, дыхательный коэффициент после работы возрастает. Приведенные данные об изменениях при восстановлении соответствуют описанным выше изменениям во время самой работы.

Изменения в работоспособности в смежных опытах, разделенных 6- или 12-дневными интервалами, сказываются в том, что рекордная длительность после 6-дневного интервала обычно повышается, а после 12-дневного понижается. При этом удовлетворение кислородного запроса более успешно осуществляется после 6-дневного интервала, когда увеличивается и рекордная длительность работы. В тех случаях, когда, несмотря на 6-дневный интервал, длительность работы все же снижается, это сопровождается менее успешным использованием потребляемого O_2 во время работы, что ведет к относительно большему накоплению в организме продуктов распада.

ПУЛЬС И КРОВЯНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Измерения пульса и кровяного давления производились до работы и во время работы. В покое, до работы, частота пульса составляла в среднем 58, колебалась в отдельные дни от 55 до 60. Кровяное давление измерялось сфигмоманометром Рива-Роччи, акустическим методом по Короткову. При покое максимальное давление в среднем равнялось 105 мм Hg, колеблясь в отдельные дни от 97 до 113 (один раз 118); среднее минимальное давление 81 (колебания от 69 до 88, один раз 98); амплитуда в среднем 24 (от 18 до 31). Следовательно наш испытуемый характеризуется повышенным против нормы минимальным давлением и повышенной амплитудой кровяного давления.

После работы счет пульса производился не позже чем через 10 мин. Измерение кровяного давления — в течение первых 30-40 сек. Пульс считали

на 30 сек. в течение первых 5 мин. непрерывно, затем в течение часа сначала в двухминутным, а затем минутным интервалами. Далее интервалы возрастали еще больше, доходя до 15, 30 мин., причем каждый раз счет производился в течение нескольких минут.

Менялась также и частота измерений кровяного давления. В течение первых 15-20 мин. измерения производились ежеминутно, затем интервалы между измерениями возрастали.

Общая картина изменений пульса и кровяного давления после работы, типичная для всех опытов, следующая.

Частота пульса, измеренная за второй десятисекундный отрезок после конца работы, несколько (на 1-3 удара) превышала 30, т. е. при пересчете на минуту достигала почти до 200.

Точность измерения пульса, однако, в этот десяток секунд была невелика, поэтому мы не беремся назвать точную частоту его сразу после окончания работы. Зато в третий десяток секунд (между 20 и 30 сек.) пульс можно уже было сосчитать с большой точностью (ошибка не больше 1 удара в 10 сек.). В этот третий

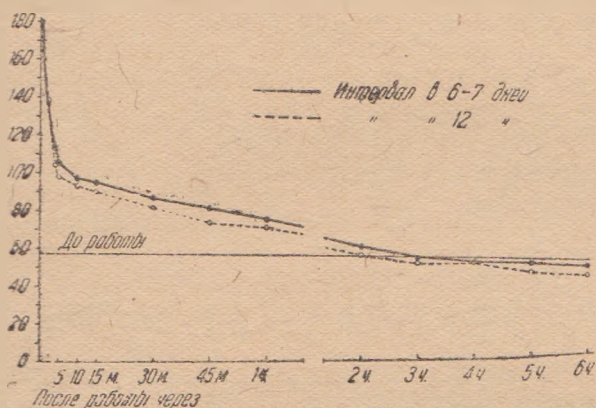


Рис. 3. Изменения частоты пульса в опытах после 6- или 12-дневных интервалов (средние данные по каждой из этих двух групп опытов).

десяток секунд частота пульса в подавляющем большинстве случаев равнялась 30, т. е. 180 мин., затем продолжалось падение частоты пульса, сначала крутое, а затем все более пологое. За первые 4-5 мин. частота снижается уже наполовину (до 60-100 ударов в мин.). Исходной своей величины при покое частота пульса достигает только спустя примерно 2 часа, после чего продолжает еще несколько минут держаться на сниженных величинах (в среднем примерно 50 против 30 до опыта) на протяжении последующих 4 час. (рис. 3).

Кровяное давление (систолическое) в первые 30-40 сек. после работы увеличивается в среднем на 50 мм, при немного снизившемся минимальном. Амплитуда кровяного давления этого возрастает до 80 мм против приблизительно 25 при покое. (При измерениях, производившихся непосредственно после работы, т. Лагтош было замечено интересное явление. Послеробочий период характеризуется вначале быстрым, глубоким дыханием. Оказалось, что если определять кровяное давление в момент вдоха, то оно может превышать величину кровяного давления в выдохе на 20 и даже 35 мм. В более поздние фазы восстановления этого явления не замечают).

В течение последующей минуты (редко двух) систолическое давление продолжает возрастать, достигая в отдельных случаях 180 мм, в среднем до 165 мм. Диастолическое давление при этом в разных опытах либо несколько возрастает, либо снижается, либо остается на прежней величине. Наибольшая амплитуда кровяного давления наблюдается на 1-2-й мин. после работы, доходя в отдельных случаях до 150 мм, в среднем 90 мм. В дальнейшем систолическое кровяное давление постепенно

снижается, достигая исходных величин покоя приблизительно через 45 мин. после конца работы. Затем наблюдается фаза западения ниже уровня покоя, причем самые низкие величины наблюдаются через 1-2 час. после работы. После этого часто наступает вторичное небольшое повышение систолического кровяного давления. Минимальное кровяное давление после первых минут восстановительного периода довольно быстро устанавливается на уровне исходных величин, иногда же несколько повышается. Вследствие падения к 1-2 час. максимального и неизменного или несколько повышенного минимального давления, амплитуда к этому времени снижается ниже исходных величин покоя.

В одном случае амплитуда снизилась до 14 мм, в среднем же из всех опытов минимальная амплитуда при восстановлении составляла 19 мм. После второго часа (а иногда и ко второму) амплитуда снова возросла, удерживаясь затем на более высоком уровне. Ход всех описанных изменений виден на рис. 4, в котором представлен один из опытов этой серии.

Обратимся теперь к различиям в показателях состояния сердечно-сосудистой системы между отдельными опытами. Опять,

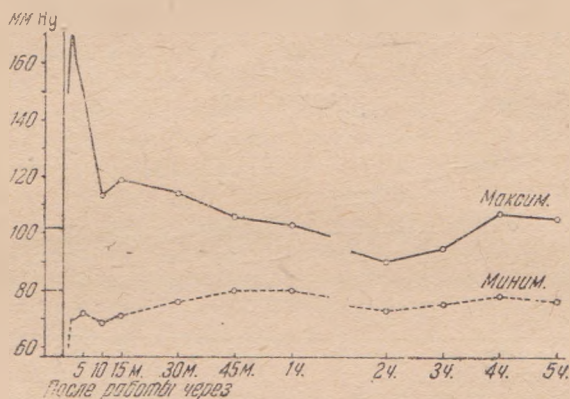


Рис. 4. Кровяное давление после бега на месте в течение 5 мин. (2/VI-37).

как и прежде, рассмотрим соотношения цифр в смежных опытах, разделенных 6- и 12-дневными интервалами. В табл. 6 представлены данные частоты пульса по всем опытам.

Зарегистрированная в течение 20—30 сек. после работы частота пульса не показывает от опыта к опыту каких-либо закономерных изменений. То же относится и к частоте пульса за вторую половину первой минуты, за вторую и третью минуты после работы. Начиная, однако, с четвертой минуты и далее, вплоть до третьего часа восстановления, яственно видно, что частота пульса в опытах, проводившихся после 6-дневного перерыва, выше, чем в смежных опытах, следовавших после 12 дней перерыва. Получается своеобразная картина: сразу после работы частота пульса во всех опытах приблизительно одинакова (точнее, не показывает закономерных различий) и с приблизительно одинаковой быстротой снижается в первые 3 минуты — в фазе наибольшей крутизны спуска кривой. После этого, однако, частота пульса во всех „четных“ опытах, т. е. следовавших после 6 дней перерыва, показывает на протяжении всей пологой части кривой

№ опыта	1	2	3	
Интервал (в днях)	—	6	12	
Продолжительность	2'06"	3'13'	3'00"	
До работы	55	57	60	
После работы	20—30 сек.	—	29	30
	30—60 сек.	—	77	84
	2-я мин.	132	135	148
	3-я мин.	116	127	132
	4-я мин.	102	119	108
	5-я мин.	99	111	104
	10-я мин.	93	92	95
	15-я мин.	89	93	92
	30-я мин.	78	90	87
	45-я мин.	70	80	78
	1 час.	68	74	74
	2 час.	64	60	57
3 час.	53	54	53	
4 час.	—	53	52	
5 час.	—	54	52	
6 час.	—	54	50	

Чистота воздуха

4	5	6	7	8	9	10	Среднее	
6	12	6	12	7	12	7	12 д.	6 д.
3'30"	3'15"	4'00"	3'30"	5'00"	5'00"	4'30"		
60	56	60	57	57	59	58		
30	32	30	30	30	29	30	30	30
—	—	81	51	78	77	—	81	79
134	138	144	141	136	132	165	138	137
122	123	121	119	118	114	—	121	122
117	108	—	98	109	102	108	104	113
108	96	99	93	106	99	103	98	105
97	92	96	92	102	93	96	93	97
96	87	96	91	96	91	93	90	95
87	79	88	81	90	87	79	82	87
81	70	86	73	84	78	78	74	82
76	69	77	73	77	78	79	72	76
58	54	66	61	66	64	59	58	62
58	53	60	52	54	58	—	54	57
54	56	57	55	50	57	—	55	55
58	—	54	47	55	—	—	50	55
56	51	53	46	—	—	—	49	54

большие величины, чем в „нечетных“ опытах, производившихся после 12 дней перерыва. Четкость описанных изменений настолько хорошо видна во всех опытах (небольшие отклонения от общей картины видны лишь в части цифр последнего опыта, отличный характер которого от прочих указан выше), направленность и подчас сама величина изменений настолько постоянны, что все это позволяет даже вывести средние величины из цифр обеих двух групп опытов. На рис. 3 представлены эти две кривые средней частоты пульса. (Соответствующие цифры даны в двух последних колонках табл. 6). Здесь хорошо видно, как кривая, являющаяся в течение первых 3 мин. общей для всех опытов, с 4 мин. раздваивается. При этом кривая средней частоты пульса опытов после 6-дневных интервалов идет уже все время над кривой средней частоты пульса опытов, следовавших за 12-дневными интервалами.

Описанное явление не легко истолковать. Если бы при более длительной работе четных опытов по сравнению с менее длительной наблюдалась бы большая частота пульса к концу самой работы, то более высокий уровень кривой восстановления легко можно было бы объяснить просто влиянием большей по величине работы. Однако в наших опытах сразу после работы да еще и несколько минут спустя частота пульса в четных опытах в общем не отличается от частоты его в нечетных. Расхождения кривых начинаются позже, и к исходному уровню покоя кривая восстановления в нечетных опытах возвращается раньше, чем в четных. Затягивание восстановления во времени, равно как и менее крутой ход кривой восстановления, принято обычно считать показателем большей утомительности работы, более неблагоприятным ее воздействием на сердце. Такой взгляд, основывающийся отчасти на аналогии с кривой восстановления по газообмену, представляется нам, однако, для данного случая не совсем верным. Продолжающиеся после работы изменения в деятельности сердца не могут пониматься ни как ликвидация окислительной задолженности, образовавшейся во время работы, ни вообще как восстановление каких-то потраченных ресурсов.

Частота сердцебиений является чрезвычайно чутким реагентом на изменения в состоянии вегетативной нервной системы, на изменения в химических ингредиентах крови, на изменения температуры ее и пр. И если подходить с этой точки зрения к нашей кривой, то уже необязательно более высокий, скажем, ход ее рассматривать как показатель „неблагоприятных“ влияний работы на сердце, как показатель того, что данная работа сопровождалась сравнительно с другими случаями большим напряжением всего организма, что она оставила на сердце менее изгладимый след, что сердцу пришлось еще более долгое время усиленно работать, чтобы способствовать ликвидации тех сдвигов в организме, которые вследствие данной работы оказались более „тяжелыми“, чем вследствие другой работы. Быть может, наоборот, более высокая работоспособность организма на 6-й день после работы сопровождается такими изменениями в состоянии вегетативной нервной системы и гуморальной среды, которые обеспечивают поддержку

частоты сердцебиений после работы на более высоком уровне, чем спустя 12-дневный интервал, когда работоспособность организма понижена. В самом деле, быть может относительно большая возбудимость симпатической нервной системы, характеризующая состояние повышенной работоспособности после 6-дневного интервала, не дает частоте сердцебиения так сильно снижаться, как это имеет место после 12-дневного интервала. Быть может также эта работа после 6-дневного интервала сопровождается большей мобилизацией симпатикотропных агентов (адреналина), также в свою очередь более длительно поддерживающих частоту сердцебиения на более высоком уровне. О последнем, кстати, говорят и данные о содержании сахара в крови, о которых см. ниже.

Эти соображения, как нам кажется, подкрепляются также и следующими данными. Если бы ход кривой пульса после работы характеризовал только процесс „восстановления“ в собственном смысле этого слова, мы должны были бы ожидать просто прихода частоты пульса к норме. На самом же деле частота пульса в более поздних стадиях „восстановления“ западает ниже нормы. Самые низкие цифры пульса, обнаруженные в различные сроки после работы по всем опытам, представлены в табл. 7.

Таблица 7

Сопоставление между наименьшими величинами частоты пульса и амплитуды кровяного давления после работы

Время	1	2	3	4	5	6	7	8
Длительность предшеств. интервала	—	6	12	6	12	6	12	7
Частота пульса к третьему часу послан.	53	54	53	58	53	60	52	54
Наименьшая частота пульса	53	53	50	54	51	53	46	50
Сопоставляющие величины амплитуды	18	24	21	24	22	23	17	22
Наименьшие величины амплитуды	14	16	15	20	18	20	17	17
Сопоставляющие величины частоты пульса	68	74	57	58	70	86	—	66

Из этой таблицы видно, что в „нечетных“ опытах, ставившихся после 12-дневного перерыва, пульс западает значительно ниже исходных величин, в то время как в „четных“ опытах (т. е. после 6-дневного перерыва) это западение не столь велико. Если взять самые низкие величины, то против средней величины до работы—58—они западают в нечетных в среднем до 50 (от 46 до 53), а в четных—в среднем до 53 (от 50 до 54). Сопоставляя таким же образом цифры к третьему часу после работы, получаем: „нечетные опыты“—в среднем 53 (от 52 до 53), „четные“—в среднем 57 (от 54 до 60).

Это свидетельствует о том, что какие-то факторы, сопровождающие повышенную работоспособность в опытах, следующих после 6 дней перерыва, не дают возможности развития столь глубокой брадикардии (урежения пульса), как это происходит после опытов, поставленных после 12-дневного перерыва. Однако возможно, что более резкое замедление сердцебиений в нечетных опытах связано в то же время с большим систолическим опорожнением сердца. Косвенный ответ на этот вопрос дают нам данные амплитуды кровяного давления.

Из табл. 7 мы видим, что наибольшее западение частоты пульса в нечетных опытах связано с меньшей амплитудой, чем в четных опытах. В среднем наинизший пульс в первом случае равен 53 при средней амплитуде 20, а во втором соответствующие цифры 53 и 25 (до работы—58 и 24).

Показательны также данные минимальных амплитуд кровяного давления, обнаруживаемые, как выше указывалось, спустя приблизительно 1—2 часа после работы.

Как показывает таблица, наибольшее падение амплитуды имеет место в нечетных опытах. Частота пульса, измеренная в момент обнаружения указанных цифр амплитуды, также оказывается меньшей в нечетных опытах по сравнению с четными. Это также свидетельствует о том, что после работы, следовавшей через 12-дневный интервал, падение амплитуды было как бы более безудержным, нежели после работы, проведенной спустя 6 дней перерыва.

Более высокие цифры амплитуды в поздние периоды восстановления в четных опытах сравнительно с нечетными видны также из табл. 8. В первые минуты восстановления здесь не видно никакой закономерности в величинах амплитуд в смежных опытах. Но, начиная приблизительно с 5-й мин. и до часа, наблюдается то же явление, что в данных пульса, правда не столь четкое. В итоге мы имеем, что в опытах, следовавших через 6 дней перерыва, в поздних стадиях восстановления частота пульса и амплитуда кровяного давления выше, чем в соответствующие моменты в опытах, поставленных после 12-дневных интервалов.

На основании этого можно предположить, что минутное опорожнение сердца, весьма высокое сразу после работы, снижается вначале в обеих группах опытов приблизительно с одинаковой крутизной. В дальнейшем, однако, оно в тех опытах, где работоспособность организма несколько снижалась (опыты после 12-дневного интервала), уменьшилось более сильно, чем в тех опытах, которые характеризуются повышенной работоспособностью и большей величиной работы (после 6-дневного интервала).

Более высокая дееспособность организма сказывалась в данных случаях в том, что сердце после работы могло еще в течение довольно долгого времени поддерживать свою работу на относительно высоком уровне. В опытах же после 12-дневного интервала при относительно сниженной работоспособности организма, дееспособность сердца падала более круто, более резко западала на исходных величин покоя.

№ опыта	Интервал (в днях)	Продолжительность	До работы	П о с л е д о в а т е л ь н о с т ь															
				30 сек	1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин	10 мин	15 мин	30 мин	45 мин	1 час	2 часа	3 часа	4 часа	5 час	6 час
1	—	2' 06"	28	65	80	65	70	65	65	45	38	37	20	14	25	18	—	—	—
2	6	3' 13"	23	—	60	85	80	75	80	55	50	36	30	16	16	20	24	26	20
3	12	3' 00"	20	75	87	77	—	82	68	52	42	29	21	15	15	21	23	18	21
4	6	3' 30"	18	80	100	—	85	—	—	55	50	35	30	22	20	20	24	28	31
5	12	3' 15"	25	—	82	85	—	75	60	50	42	37	18	22	25	27	23	—	22
6	6	4' 00"	20	90	85	—	80	—	65	55	47	34	20	21	26	22	20	24	23
7	12	3' 30"	25	85	95	95	—	87	—	51	51	34	22	22	30	28	20	21	17
8	7	5' 00"	22	—	90	100	90	—	78	45	48	38	26	23	17	20	29	29	—
9	12	5' 00"	20	90	85	77	75	—	67	46	45	34	27	23	25	32	29	—	—
10	7	4' 30"	31	—	—	—	—	—	—	47	45	29	23	27	26	—	—	—	—
11	6	4' 00"	31	145	—	90	95	75	70	50	41	30	—	—	—	—	—	—	—

САХАР КРОВИ

Содержание сахара в крови определялось по методу Фуйнта и Иватаке. Кровь из пальца бралась до работы, сразу после работы и затем 15, 30, 45 мин., 1 час., 1 час. 30 мин., 2 час., 3 час., 4, 5 и, наконец, 6 часов. Содержание сахара в крови при покое составляло в среднем у нашего испытуемого 92,7 мг%, колеблясь от опыта к опыту в пределах от 88,7 мг% до 98,7 мг%. Эти колебания относительно невысоки и цифры можно признать не отличающимися от нормы. Сразу после работы содержание сахара в крови повышается более высоким, чем до работы, во всех опытах кроме последнего, когда оно оставалось на прежней величине. На 5-й мин. после работы содержание сахара выше, чем в крови, взятой сразу после работы. На 15-й же мин сахара в крови уже меньше, чем на 5-й мин. В дальнейшем содержание сахара в крови после работы еще в течение приблизительно 5 мин. продолжает нарастать. О продолжающемся в течение не отдаленного времени после работы нарастании сахара крови указывают также Христенсен и др. Исходному уровню кривая сахара крови возвращается на 45—60-й мин., иногда даже на 30-й мин. восстановления. После этого кривая продолжает еще некоторое время снижаться и становится на пониженном уровне до конца исследования. Западение кривой содержания сахара в крови ниже исходного уровня происходит по всей вероятности, следствием того, что испытуемый в день опыта не принимал пищи. Контрольные наблюдения, поставленные в дни, когда испытуемый не совершал работы, но находился натощак в лаборатории, показали аналогичное западение кривой сахара (табл. 10).

Таблица 10

Сахар крови. Контрольные опыты.

14 IV	Сахар мг %	9/VI	Сахар мг %
Время взятия крови		Время взятия крови	
8 час. 25 мин.	83,52	8 час. 30 мин.	90,48
" " 30 "	78,3	9 " 30 "	81,78
" " 45 "	78,3	10 " 30 "	82,0
" " 30 "	73,08	11 " 30 "	82,0
" " 30 "	67,9	12 " 30 "	80,04
" " 30 "	72,2	13 " 30 "	80,9

Если рассматривать данные сахара крови под тем же углом зрения, как и выше разобранные данные, то и здесь обнаружатся существенные различия между смежными опытами. Как из табл. 9, так и из кривых рис. 5 видно, что содержание сахара в крови после работы, проводившейся после 6-дневного перерыва, выше, чем после работы, совершенной вслед за 12-дневным перерывом. Эти различия относятся не только к цифрам, полученным сразу после работы, они сохраняются почти на всем протяжении восстановительного периода.

Следует указать на то, что, когда работа не очень велика, а продолжительность ее сопровождается меньшими сдвигами в сахаре крови, чем большая. Можно предположить, что и описанные различия являются только лишь следствием разной длительности работы. Однако сдвиги в содержании сахара в крови не стоят в прямой связи с абсолютной длительностью работы. Работа пя-

тиминутной длительности в конце опытной серии дает не меньшей величины сдвиги, чем трехминутная в начале серии. Описанные различия касаются, следовательно, смежных опытов, подчас даже мало различающихся по своей длительности, как например: опыты № 2, 3, 4, 5, где длительность работы составляла 3'13", 3'00", 3'30", 3'15", т. е. колебания ее не превышали 30". В то же время различия в сдвигах сахара крови именно в этих опытах наиболее яркие: там же, где в более поздних смежных опытах разница

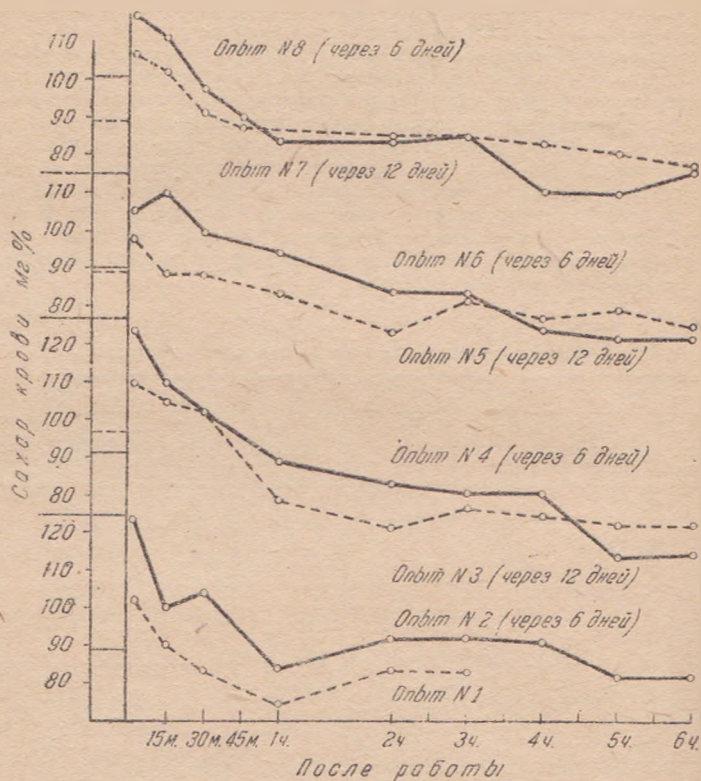


Рис. 5. Сахар крови после работы в сменных опытах, отделенных 6- и 12-дневными интервалами.

в длительности работы значительно выше (например 3'15" и 4'00", 3'30" и 5'00"), различия в сдвигах сахара такие же или даже большие. Очевидно, что отнести их следует за счет различных состояний организма через 6 или через 12 дней после работы.

Содержание сахара в крови определяется в основном двумя моментами. С одной стороны, потреблением его тканями, в первую очередь мышцами, с другой — выбрасыванием его в кровяное русло из гликогенных депо печени. При покое эти два противоположно действующие процесса уравновешены; в кровь поступает в единицу времени приблизительно то же количество сахара, что и

образуется из крови тканями. Во время мышечной работы запрос тканей к поставке им сахара, очевидно, увеличен. Возможно, как показал Христенсен, что в начале работы (добавим, возникшей внезапно) потребление сахара из крови превалирует над поставкой его из депо, вследствие того, что не успели еще развиться те механизмы (скорее всего гуморальные), которые вызывают усиленное расщепление гликогена печени. Позднее, однако, мобилизация сахара из печени усиливается, и в тот момент, когда мышечная работа внезапно обрывается, поступление сахара в кровь оказывается более высоким, чем потребление его из крови. Как показали наши опыты, эта диспропорция между мобилизацией сахара и его использованием продолжает еще некоторое время (около 5 мин.) после работы возрастать и лишь затем идет на спад.

Если исходить из этой схемы, то объяснение обнаруженных различий в содержании сахара крови после смежных опытов напрашивается следующее: на 6-й день после произведенной работы организм находится в состоянии повышенной работоспособности. Это связано с увеличившейся возможностью более быстрой мобилизации гликогена печени. С другой стороны может измениться и сама потребность мышц в сахаре.

Выше (см. гл. „Газообмен“) было показано, что на 6-й день после работы происходят более успешно окислительные процессы. Отсюда можно предположить, что более успешно протекают и процессы обратного синтеза гликогена в мышцах, т. е. уменьшение потерь его во время работы, потребности мускулатуры в сахаре должны тогда оказаться сниженными. Это также важно подчеркнуть диспропорцию между поступлением сахара в кровь и его устраниением из нее.

Мы не можем знать сейчас, который из изложенных факторов играет здесь определяющую роль. Но во всяком случае все они, вместе, так и в отдельности, могут обусловить описанное явление — повышенное содержание сахара в крови после работы, произведенной на 6-й день вслед за предыдущей, т. е. тогда, когда работоспособность (тренированность) организма повышена. После работы же, отставленной на интервал в 12 дней от предыдущей, возрастание уровня сахара не так велико, потому что работоспособность здесь несколько снижена, относительно уменьшены мобилизационные способности в отношении гликогена печени, ухудшены процессы окисления и ресинтеза в самих мышцах. Потребности последних в сахаре велики, поставка его в кровь не так мощна, как после 6-дневного интервала, — отсюда и не столь высокое возрастание сахара после работы.

Эти рассуждения, естественно, схематичны, потому что мы еще не знаем всей совокупности факторов, влиявших на содержание сахара в крови. Однако описанный факт находит свое подтверждение в работе Лантоша и Лившиц, обнаруживших, что при одинаковой, примерно, интенсивности бега у тренированных испытуемых в крови после бега возрастал, а у нетренированных — сни-

МОРФОЛОГИЯ КРОВИ

В покое, натошак, у нашего испытуемого картина крови была выражена следующими средними величинами: эритроцитов 4870 тыс. (норма 4,5—5 млн), гемоглобин—18,4% (норма 17%), лейкоцитов 7400 (норма 6 000), из них нейтрофилов 5150 (норма 3300), лимфоцитов 1490 (норма 1800), моноцитов 615 (норма 360).

Если рассматривать эти цифры с точки зрения „нормы“, то у нашего испытуемого можно признать небольшой нейтрофилоз, моноцитоз и слабую лимфоцитопению.

Послерабочие изменения во всех опытах давали типичную картину, неоднократно описанную Егоровым, Лантошем и др. Наиболее характерно изменялось число лимфоцитов и нейтрофилов. Число первых сразу после работы резко увеличивалось с тем, чтобы спустя 30—60 мин. вернуться к исходным дорабочим величинам. В дальнейшем видно западение числа лимфоцитов ниже уровня покоя. Нейтрофилы же, увеличиваясь в своем числе сразу после работы, давали еще вторичное мощное увеличение спустя еще несколько часов (рис. 6).

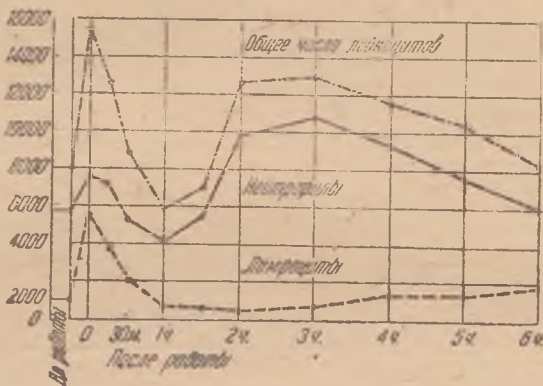


Рис. 6. Общее число лейкоцитов, нейтрофилов и лимфоцитов при беге на месте до отказа. Продолжительность работы 3' 15" (8/IV-37).

Рассмотрим сначала первую фазу сдвигов, т. е. обнаруженную тотчас по окончании работы.

Общее количество лейкоцитов в этот момент во всех опытах выше, чем до работы. При этом степень повышения больше там, где опыты ставились после 6-дневного перерыва. Усиленный лейкоцитоз в отношении к опытам, поставленным после 12-дневного перерыва, складывается из принципиально одинаковых изменений числа нейтрофилов и лимфоцитов. Как те, так и другие увеличиваются в своем количестве больше в опытах, проведенных через 6 дней, и меньше в опытах, проведенных на 12-й день.

Природа миогенного лейкоцитоза, как известно, не выяснена даже в общих чертах. Имеются основания предполагать, что начальный послерабочий лейкоцитоз есть следствие усиленного выхода лейкоцитов из кровяных депо. Эти предположения основываются отчасти на экспериментальных наблюдениях (например действие адреналина, экстирпация селезенки), отчасти на простом соображении, что новообразования кровяных тел за короткий срок работы (минуты) не могло произойти. Мобили-

депонированной крови происходит под влиянием, очевидно, ряда факторов, среди которых не последнюю роль играет адреналин. У нас нет прямых оснований относить обнаруженный факт целиком за счет влияния симпатико-адреналиновой системы. Однако так или иначе более усиленный выход лейкоцитов сразу после работы отставленной от предыдущей на 6 дней, по сравнению со сдвигом после 12-дневного интервала, свидетельствует о более энергичной мобилизации депонированной крови (рис. 7.)

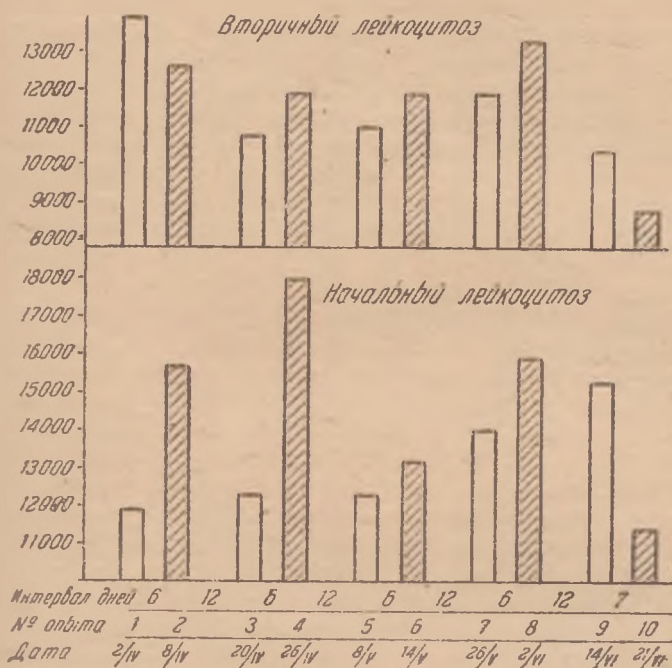


Рис. 7. Изменение количества лейкоцитов после работы в зависимости от интервалов между тренировками.

Характерно при этом, что количество юных нейтрофилов увеличивается отнюдь не параллельно числу зрелых. Процентное соотношение юных и палочкоядерных относительно общего числа нейтрофилов или всех лейкоцитов в большинстве случаев выше после 6-дневного интервала и ниже после 12-дневного, в то время как при начальном лейкоцитозе и в большинстве случаев общий нейтрофилоз вызывают обратные отношения. Возможно, что этот факт также может быть истолкован как показатель большей готовности организма к совершению работы 6 дней спустя после предыдущей относительно меньшей его мобилизации на 12-й день. Быть может усиление кроветворной функции, наступающее после со-... работы, обеспечивает в течение какого-то количества... большие запасы зрелых нейтрофилов в кровяных депо. Пов-... работы на 6-й день происходит тогда при наличии этих

запасов. С дальнейшим же течением времени в последующие дни объем депонированной белой крови возможно снижается, и экстренно предъявленный запрос к ее мобилизации заставляет выбросить более значительную часть еще незрелых форм.

При рассматривании поздних фаз лейкоцитарных сдвигов также обнаруживаются довольно яркие различия между изменениями, наступающими в опытах, отделенных 6-дневными и 12-дневными интервалами.

Как указывалось, вслед за начальным лимфоцитозом, количество лимфоцитов снижается, западая ниже уровня покоя с тем, чтобы впоследствии вновь возрасти. Наибольшей глубины это западение достигает в разные сроки, причем чем выше был начальный лимфоцитоз, тем глубже и протяженнее оказывается последующая лимфопения. Сравнение опытов с 6- и 12-дневными интервалами показывает наиболее ярко именно различия во времени выявления наиболее низкой точки кривой количества лимфоцитов. Так, например, наиболее глубокая лимфопения была обнаружена:

В первом опыте	спустя 1	час после работы
Во втором „ (через 6 дней)	„ 2	часа „ „
В третьем „ (через 12 дней)	спустя 2	часа после работы
В четвертом „ „ 6 „	„ 3	„ „ „
В пятом „ (через 12 дней)	спустя 1	час после работы
В шестом „ „ 6 „	„ 3	часа „ „
В седьмом „ (через 12 дней)	спустя 1 ¹ / ₂	часа после работы
В восьмом „ „ 6 „	„ 2	„ „ „

Иначе говоря, наибольшая лимфопения наступает позже в тех опытах, которые ставились через 6-дневный интервал, т. е. как раз в тех, при которых был обнаружен наиболее мощный начальный лимфоцитоз.

Вторичный подъем числа нейтрофилов также различен в зависимости от интервалов между опытами. Здесь, как общее правило (исключение составляют два последних опыта—9 и 10, к которым приложимы все приведенные выше объяснения), нейтрофилоз оказывается более высоким в „четных“ опытах, т. е. следовавших после 6-дневного интервала (табл. 11). Юные формы также вырастают больше в эти же дни, причем возрастание их числа не параллельно возрастанию числа зрелых форм, а в большей степени, о чем свидетельствует увеличение их процента.

Количество юных форм возрастает вообще раньше роста сегментоядерных. Характерно, что момент наибольшего возрастания юных форм также разнится в зависимости от номера опыта. Например наибольшее число юных и палочкоядерных было обнаружено

В первом опыте	через 2	часа после работы
Во втором „ (через 6 дней)	„ 3	„ „ „
В третьем опыте (через 12 дней)	через 1 ¹ / ₂	часа после работы
„ четвертом „ „ 6 „	„ 3	„ „ „
В пятом опыте (через 12 дней)	через 2	часа после работы
„ шестом „ „ 6 „	„ 4	„ „ „
В седьмом опыте (через 12 дней)	через 3	часа после работы
„ восьмом „ „ 7 „	„ 4	„ „ „

С р я д у н о с л е з а к о н ч а н и я р а б о т ы

№ опыта	Дата	Интервалы между опытами (в днях)	Общее число лейкоцитов	Нейтрофилы	Молодые формы			Лимфоциты
					Количество	% к числу лейкоцит.	% к числу нейтрофил.	
1	2/IV	—	11 900	6 366	476	4	7,5	3 332
2	8 IV	6	15 700	7 614	235	1,5	3,1	5 651
3	20/IV	12	12 350	6 298	494	4	7,8	4 137
4	26 IV	6	18 000	10 710	630	3,5	5,9	4 410
5	8 V	12	12 500	6 940	185	1,5	2,6	4 370
6	14/V	6	13 200	6 085	462	3,5	7,5	4 488
7	26/V	12	14 000	7 308	490	3,5	6,7	4 550
8	2/VI	7	15 900	8 109	397	2,5	4,9	5 326
9	14/VI	12	15 250	8 740	988	6,5	11,3	5 320
10	21/VI	7	11 400	6 270	456	4	7,3	2 850

Во время второго подъема

Общее чис- ло лейко- цитов	Нейтро- филы	Молодые формы		
		Количе- ство	0/0 к чи- слу лей- коцит.	0/0 к чи- слу ней- трофил.
13 900	10 842	834	6	7,7
12 600	10 962	882	7	8
10 800	8 046	486	4,5	6
11 900	9 996	714	6	7,1
11 000	8 580	220	2	2,6
11 900	9 341	595	5	6,4
11 900	8 597	357	3	4,2
13 300	9 775	1 330	10	13,6
10 400	9 841	1 172	11,3	11,9
8 800	7 108	572	6,5	8,0

В отличие от первой фазы нейтрофилоза, можно с большей уверенностью говорить о том, что вторичный подъем числа нейтрофилов является следствием усиленного функционирования кроветворных органов. Наличие различий во второй фазе в зависимости от номера опыта заставляет признать, что работа, производимая через 6 дней после предыдущей, является более сильным раздражителем кроветворных органов, чем работа, выполненная на 12-й день после предыдущей. Рядом наблюдений Лантоша, Егорова и др. установлено, что одним из основных факторов вторичного миогенного лейкоцитоза является количество работы (по мощности или по времени). Естественно поэтому думать, что более мощный вторичный подъем числа нейтрофилов и их юных форм в опытах, отставленных на 6 дней, является в первую очередь следствием большей величины выполненной в эти опытные дни работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чередование 6- и 12-дневных периодов отдыха между выполнением максимального физического напряжения удачным образом дало нам возможность наблюдения чередующихся фаз состояния организма. В строгой последовательности мы наблюдали чередование периодов более высокой работоспособности субъекта с периодами более низкой его работоспособности.

В тех случаях, когда работа совершалась на 6-й день после предыдущей, испытуемый находился в состоянии большей тренированности, чем на 12-й день после работы. В чем сказывается эта тренированность, эти показатели работоспособности, по-разному изменявшиеся на 6-й и 12-й день после работы? Во-первых, в самой величине работы. Поскольку интенсивность (мощность) работы сохранялась во всех опытах приблизительно постоянной и поскольку работа каждый раз совершалась до полного „выкладывания“, до отказа, постольку единственной переменной определяющей сумму работы, являлась ее продолжительность. Увеличение или уменьшение этой продолжительности работы и являлось показателем увеличенной или уменьшенной работоспособности (тренированности) субъекта в данный опытный день в сравнении с другими смежными опытными днями.

Этот показатель — предельная, рекордная длительность работы является для нас основным отправным мерилем работоспособности — тренированности субъекта и с ним мы сравниваем остальные физиологические показатели. Они же — эти физиологические показатели — давали в подавляющем большинстве случаев однозначные изменения, характер которых суммарно представлен в рис. 8. Обобщая, можно сказать, что более высокая работоспособность, тренированность, показателем которой являлась большая величина выполненной „до отказа“ работы, сказывалась в более высокой мобилизованности исследованных функций при совершении данной работы. Конкретно по каждой отдельной исследованной функции это сводилось к следующему:

Повышенная работоспособность сопровождалась:

1. Более крутым ростом газообмена в начале работы, произошедшим за счет более успешной утилизации кислорода из воздуха, что должно иметь следствием уменьшение кислородной за-

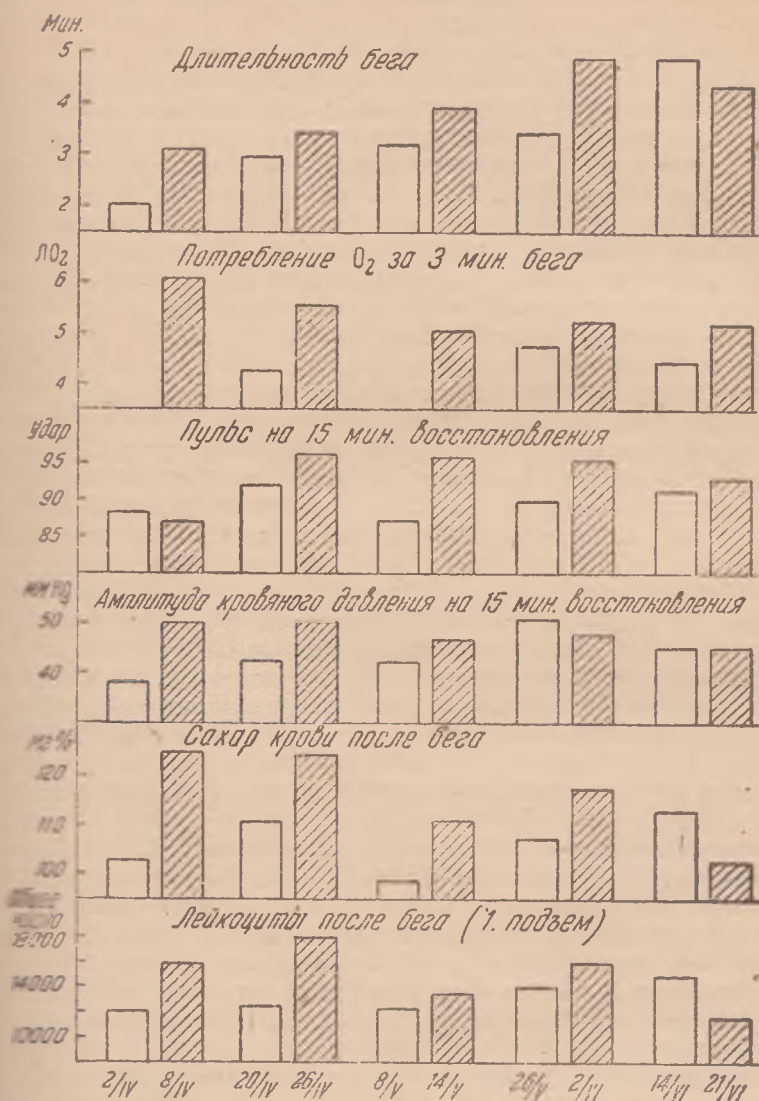


Рис. 8. Сводка изменений функциональных сдвигов в зависимости от интервалов между тренировками.

ности, накопления и выхода в кровь продуктов распада. Последнее косвенно свидетельствуют не столь высокий дыхательный коэффициент после работы и более экономная легочная вентиляция во время ее.

2. Не столь крутым падением частоты пульса и амплитуды кровяного давления после работы.

3. Более высоким содержанием сахара в крови после работы, свидетельствующим либо о повышенной мобилизации его из гликогенных депо печени, либо о более экономном использовании его мышцами, либо о том и другом вместе.

4. Более мощным миогенным лейкоцитозом.

Нам представляется естественным следующее толкование всех этих процессов. Изменения, происходящие в организме во время работы, не исчезают по окончании ее бесследно. В течение некоторого времени после работы мы наблюдаем все еще продолжающиеся сдвиги, иногда количественно, а иногда и качественно (лейкоцитарные сдвиги) отличные от тех, что имели место во время самой работы, и от тех, что наблюдаются при покое. Эти послерабочие изменения, ход кривых которых различен в зависимости от характера работы и обычно специфичен для данной функции, именуется восстановлением.

Восстановление считается законченным тогда, когда числовые характеристики данной функции дойдут до уровня покоя или установятся на каком-то новом стабильном уровне. Однако по разным функциям время восстановления оказывается разным. Так, например, в нашем случае восстановление по сахару крови приблизительно совпадало по времени с восстановлением по газообмену—это время составляло около 45—60 мин. после работы. По пульсу же восстановление заканчивалось после 2 час., по кровяному давлению значительно раньше, а по лейкоцитарным сдвигам даже после 6 час. Совершенно естественно, что если считать процесс восстановления как просто постепенное „успокаивание“ организма после выведения его из „равновесия“ работой, то мы должны признать, что разные его функции „успокаиваются“ с различной скоростью; в какой момент действительно организм приходит к норме, мы не знаем.

Нам представляется, что неправильным было бы рассматривать послерабочие изменения только как процесс „восстановления“ нарушенных функций в тесном смысле слова. Послерабочие сдвиги нельзя толковать только как ликвидацию тех „расстройств“, которые были вызваны работой; нельзя рассматривать послерабочие сдвиги только как аналогию, скажем, ликвидации кислородной задолженности, образовавшейся во время работы (даже оставляя при этом в стороне спорность понятия о восстановлении по потреблению O_2 как только о ликвидации кислородного долга).

В самом деле, если бы мы стали в понимании процесса восстановления на ту точку зрения, что это есть просто постепенный переход к исходному состоянию, причем это исходное состояние, этот уровень „покоя“ принимать с положительным знаком, а все сдвиги от него за негативные, только за показатели „утомления“, то нам никак не удалось бы объяснить процесс тренировки как повышение работоспособности. Мы бы должны были рассматривать полный покой как состояние наивысшей работоспособности,

а пока организм после работы не дойдет опять до исходного уровня покоя, его работоспособность должна быть снижена, потому что, мол, организм еще „утомлен“, он еще не разделался с теми „нарушениями“, которые в нем были работой вызваны.

Значительно перспективнее представляется иной взгляд на природу этих процессов, взгляд, опирающийся на отказ в трактовке послерабочих изменений только как результат „утомления“, как „отдых“, во время которого состояние работоспособности организма восстанавливается только до исходного, бывшего до работы уровня.

Здесь уместно вспомнить указания классиков биологии на ту роль, которую работа органов играет в их морфогенезе. И взгляды Ламарка на формообразовательную, конструктивную роль функции, работы и мысли В. Ру о раздражительном в трофическом смысле влиянии работы, обуславливающим преобладание ассимиляционного процесса над диссимиляционным, имеют, как нам кажется, прямое отношение к теории тренировки. В самом деле, если формулировать понятие „тренированность“ как повышение работоспособности, вызванное самой работой, то ясна должна быть обусловленность перестройки формы и функции. Так же, как сама работа органа раздражительно действует на него же, усиливая в нем ассимиляторные процессы и вызывая, скажем, в мышце увеличение ее протоплазматической массы, так же влияет работа на орган в смысле подготовки его к совершению новой работы, повышения, иначе говоря, его работоспособности.

Дело, несомненно, заключается в тех следовых процессах, которые оставляет после себя совершенная работа, в тех послерабочих изменениях, которые происходят в результате сдвигов, имевших место в течение самой работы.

Нам думается, что, привлекая учение о следовых реакциях к пониманию тренировочного значения работы, целесообразно исходить из аналогии с тем толкованием последствий возбуждательных процессов в нервно-мышечном приборе, которое дается школой Введенского—Ухтомского. Однажды возникшая и прошедшая волна возбуждения, породившая видимую однократную и кратковременную работу возбужденного субстрата, не исчезает бесследно. Внешний итог возбуждения казался бы закончился — ткань „отработала“. Однако волна возбуждения — это еще только головная часть той суммы изменений, которая продолжает совершаться еще в данном субстрате. Это — начальная, весьма подчас энергичная, „вспышка“ — „spike“ энергетических изменений, легко обнаруживаемых во вне и необходимых для данного рабочего акта. Вслед за этой мощной головной частью возбуждательного процесса следует однако ее „хвостовая“ часть — относительно намного более длительные метаболические процессы, сказывающиеся в сохраняющейся еще некоторое время измененной функциональной подвижности (лабильности) ткани. Метаболический „хвост“, следующий за видимой „рабочей“ частью альтерационного процесса, не является просто „починочной“ частью тех нарушений, что вызваны вначале, — это не простое „восстановление“ изменившихся

под влиянием раздражения функциональных свойств ткани. Значение метаболического „хвоста“ в том, что ткань оказывается подготовленной к восприятию нового приступа возбуждения, застающего ее в новом, отнюдь не прежнем „дорбочем“ состоянии. А раз так, то судьба этого нового приступа возбуждения будет определяться кроме прочего тем, на какое место этого метаболического „хвоста“ она придется, т. е. от того интервала времени, который будет задан между этими двумя приступами. При чрезмерном их сближении конечный эффект второй волны возбуждения окажется сниженным по сравнению с эффектом первой, а при некотором известном отставлении их друг от друга мы можем обнаружить больший рабочий эффект второго.

Учение Введенского—Ухтомского плодотворно кроме прочего тем, что на примере нервно-мышечного прибора оно трактует о процессах, разыгрывающихся в живом субстрате вообще. Это не есть только учение о частных процессах в нерве или мышце, это — учение о принципиально общих закономерностях. Поэтому нам кажется законным толковать в подобном же разрезе и явление нарастающей работоспособности при повторяемой через известные интервалы работе. Оставляемый за первым приступом работы сложный метаболический „хвост“ есть не только „восстановление“ в узком смысле, но на известном этапе он может характеризоваться большей „готовностью“ организма к повторной работе. Весь вопрос в том, на какой участок этого „хвоста“ „наступит“ повторяемая работа, т. е. как велик будет тот интервал, который разделяет наши рабочие приступы. Несомненно, что в течение ближайшего после мощной работы отрезков времени работоспособность организма снижена, и если мы в этот момент зададим испытуемому повторение работы, он ее в прежнем объеме воспроизвести не сможет. В более поздние же фазы „восстановления“ мы можем уловить состояние повышенной работоспособности, состоящее в большей „готовности“ организма к работе. В этот момент испытуемый сможет выполнить больший объем работы. Вполне вероятно, что при данной мощности и при данном типе работы, когда мы повторяли ее на 6-й день, мы заставляли организм как раз в эту фазу повышенной готовности. Мы не утверждаем однако, что именно 6-дневный интервал является в этом смысле оптимальным. Может быть более выгодным окажутся другие, например 4- или 5- или даже 7-дневные (нами не исследованные) интервалы.

С этой точки зрения понятным делается увеличение функциональных сдвигов при повторении через этот интервал времени максимального напряжения.

Ведь имеются серьезные основания предполагать, что организм из могущественнейших факторов, лимитирующих данную работу (т. е. работу, предельная длительность которой определяется наибольшим числом минут), является предельная дееспособность „Hilfsapparat“ов — дыхательной, циркуляторной и других систем. Отсюда, чем выше эта дееспособность, чем выше физиологический „потолок“, тем большую работу организм в состоянии выполнить. Естественно предположить, что та „подготовка“ организма

бате, которая осуществляется после выполнения предельной работы, сводится в значительной мере к расширению функциональных возможностей организма и его систем, к более высокому подъему его физиологических „потолков“ (на увеличение, например, кислородного „потолка“ при тренировке указывает Herbst).

В этом смысле увеличение сдвигов, обнаруженных нами при повторной, увеличившейся через 6 дней работе можно формулировать следующим образом: сдвиги в функционировании систем организма увеличились не только потому, что увеличилась работа, а сама работа могла быть увеличена потому, что расширились функциональные возможности организма.

Эта же „готовность“ организма к работе, обнаруженная нами на 6-й день, сказывается, возможно, и на быстроте вхождения организма в работу. В частности, об этом свидетельствуют данные с начальных фаз потребления кислорода.

Более далекое отставание во времени второй работы относительно первой может совпасть с той фазой послерабочего состояния, когда все последствия предшествовавшей работы уже сглаживаются или сглажены. Те „следы“, которые оставляет в организме выполнение мощной работы, не сохраняются навсегда, а период повышенной работоспособности характеризуется каким-то определенным отрезком времени. С течением времени, если состояние „готовности“ не „подкрепляется“ самой работой, это состояние теряется (здесь удобно даже выразиться „угасает“) и организм возвращается постепенно к состоянию близкому к тому, что было при первой работе. Возможно, что 12-дневный интервал между повторениями именно для этой фазы „кривой состояний“ — фазы адаптации тех положительных следовых изменений, которые обеспечивали повышение работоспособности организма. Очевидно, что нахождение этих „фаз состояний“ и повторение работы в фазу „готовности“, повторение ее через такие интервалы, чтобы их эффект был оптимальным, давал бы наиболее крутой рост работоспособности, являются основной проблемой построения режима тренировки.

Займательное наблюдение за состоянием тренирующегося, учет достижений, субъективного состояния, данных врачебного контроля и самоконтроля позволяют подчас опытному тренеру различать эти фазы повышенной работоспособности. Ориентируясь на эти фазы почти безотчетно, искусный тренер создает и целесообразно видоизменяет режим тренировки своего воспитанника, доводя при этом за сравнительно короткий срок высоких итогов тренировки. Задача же заключается в том, чтобы из области достижений „чутья“ тренера, основанных на его индивидуальном опыте всегда безотчетной систематизации эмпирических наблюдений, перейти к вооруженности тренера точными знаниями о закономерностях изменений состояний организма при тренировке.

Сведения об этих состояниях дают обычно данные врачебно-физиологических исследований. Господствующий в настоящее время подход к значению реакций организма на физическую нагрузку основывается на тех закономерностях, которые, как указывалось

в начале этой статьи, вытекают при оценке состояния тренированности по методу „стандартных нагрузок“. Положительным признаком тренированности является здесь более экономичное реагирование организма на нагрузку, сказывающееся в тенденции к нивелировке сдвигов отдельных функций. Беда, однако, в том, что правильный вывод, делаемый по поводу изменений, наступающих при одних каких-то определенных условиях, экстраполируется многими работниками врачебного контроля на все остальные. Принимается почему-то, что коль скоро развитие тренированности сопровождается экономизацией сдвигов при стандартной нагрузке, то в равной степени и при других нестандартных нагрузках сдвиги при тренировке тоже должны уменьшаться. Во всех случаях малые сдвиги принимаются как положительные, большие же — как отрицательные. „Больше — хуже, меньше — лучше“ — удачно сформулировал эту точку зрения Шестаков (21) в своей критике подобных установок.

Наши данные никак не укладываются в такую одностороннюю схему. Наоборот, как было показано, повышение работоспособности сопровождалось возрастанием сдвигов при предельной нагрузке.

Представленный экспериментальный материал является поэтому небезынтересным и для трактовки данных, собираемых при врачебно-контрольных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Atzler, Körper und Arbeit. 1927.
2. Krogh, J. of Physiol. 52. 1929.
3. Waller a. De-Decker, J. of Physiol. 54. 1921.
4. Zuntz u. Schumburg, Physiologie des Marsches. 1901.
5. Gruber, Z. Biol. 28. 1891.
6. Schneider, Z. Biol. 33. 1896.
7. Simonson u. Riesser, Pflügers Arch. 215. 1927.
8. Herxheimer, Crundriss d. Sportmedizin.
9. Ilzhöfer, Arch. Hyg. 93. 1923.
10. Hansen, Handb. Beth. 16. 1931.
11. Lindhard, Pflügers Arch. 161. 1915.
12. Henderson a. o., Amer. J. Physiol. 82. 1927.
13. Dill a. o., J. of Physiol. 1928.
14. Lewis a. o. Proc. Soc. exp. Biol. a. Med. 22. 1925.
15. Владимиров и др., Физиол. Ж. СССР, 16. 1933.
16. Margaria, Am. J. of Physiol. 106. 1933.
17. Слоним и др., Бюлл. ЛИОТ, № 16/18, 1932.
18. Ewig, Z. exper. Med. 61. 1928.
19. Егоров, Методика массовых исследований крови, 3-е изд. Москва. 1933.
20. Гуляк, Кафиева и Лантош, Физиол. Ж. СССР, 20. 602. 1933.
21. Шестаков, Теория и практика физ. культ. № 4. 1937.

А. Д. Лантош и А. И. Лившиц

САХАР КРОВИ ПРИ НАПРЯЖЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ

УГЛЕВОДНЫЕ ДЕПО В ОРГАНИЗМЕ И ИХ ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАБОТЫ, ТРЕНИРОВКИ И ДИЕТЫ

Необходимая для мышечной работы энергия покрывается, главным образом, из окисления углеводов. Потребление углеводов при работе может возрасти в 25 и больше раз в сравнении с потреблением в покое. Поэтому при длительной работе достаточное снабжение мышц углеводами является одним из необходимых условий проведения работы. Это положение хорошо иллюстрируется исследованием Гилла и Купалова (1) (Hill a. Kupalov), показавшими, что снабжение глюкозы к питательному раствору (Рингер) значительно увеличивает работоспособность изолированной мышцы.

Необходимые для работы углеводы в форме глюкозы доставляются мышце кровью из депо, главным образом из печени (Блод Бернар). Шово и Кауфман (2) (Chauveau et Kaufmann) установили уже в 1886 г., что печеночная вена богаче сахаром, чем другие сосуды, и что сахар в ней содержится даже при голодании. Было же найдено, что кровь в венах беднее сахаром, чем в артериях.

Уровень сахара в крови зависит, с одной стороны, от притока из депо и, с другой, от использования его мышцами и другими органами. Если потребление глюкозы из крови мышцами увеличивается в большей степени, чем поступление ее из депо, то уровень сахара в крови падает.

Степень использования мышцами сахара крови можно определить по разности между содержанием сахара в вене, отходящей от работающей мышцы, и артерии, снабжающей эту же мышцу кровью. Лондон и Кочнева (3), исследовавшие у собак сахар крови в бедренной артерии и одноименной вене, получили в покое разность, равную 6,3 мг⁰/₀, а после работы 11,9 мг⁰/₀.

Воје (4) (Voje) вычислил в своих опытах артериально-венозную разность сахара на основе следующих расчетов:

При сгорании 1 г гликогена потребляется 0,829 л O₂, и образуется 0,829 л CO₂. При сгорании 1 г жира потребляется 1,99 л O₂, и образуется 1,42 л CO₂.

Если обозначить количество углеводов, окисляемых за 1 минуту, через y , а количество потребленного кислорода— a , а выдыхаемого CO₂— b , то получим следующие уравнения:

$$\begin{aligned} 1,99x + 0,829y &= a \\ 1,42x + 0,829y &= b; \\ y &= \frac{1,99b - 1,42a}{0,57} \end{aligned}$$

При окислении количества углеводов, равное u в мышцах, такое же количество должно доставляться мышцам из крови. Чтобы вычислить содержание глюкозы в крови, притекающей к мышцам, надо знать, кроме того, минутный объем кровообращения. Предположим, что при напряженной работе 90% крови p х дит через работающие мышцы и обозначим эти 90% минутного объема через v . Тогда процент потери сахара из крови можно легко вычислить по следующей формуле:

$$\frac{100u}{v} = \% \text{ потери сахара в крови.}$$

Такой расчет допускается при наличии „устойчивого состояния“ (steady state), когда весь выдыхаемый углекислый газ действительно является продуктом сгорания, а не вытеснен из буферов крови.

Таким путем Бойе получил артериальную разность сахара в крови в покое, равную 3 мг%, а во время работы — 10 мг%.

Углеводы в депо находятся в виде гликогена, который представляет полисахарид $[(C_6H_{10}O_5)_n]$. Главными депо гликогена в организме являются печень и мышцы. Количество углеводов в депо у взрослого человека весом 70 кг, примерно, равно 300—400 г, но оно сильно колеблется в зависимости от пищевого режима, тренированности и других факторов.

У тренированных лиц гликогенные депо больше, чем у нетренированных; кроме того, во время работы первые расходуют меньше углеводов. Эти факты установлены в многочисленных исследованиях.

Впервые Эмбден и Габс (6) (Embden u. Habs) показали, что в тренированных мышцах содержание гликогена в 2 и даже 3 раза выше, чем в нетренированных. Вакабайаши (7) (Wakabayashi) нашел, что гликоген из печени нетренированных крыс исчезает скорее, чем у тренированных. Феррари (8) в своих исследованиях на крысах нашел, что содержание гликогена в тренированных мышцах выше, чем в нетренированных, и что при работе тренированная мышца теряет меньше гликогена (33,5%), чем нетренированная (58,3%). Дойлик (9) (Deulick) нашел у собак увеличение гликогена в печени и в мышцах при тренировке. Это увеличение достигает при тренировке на короткую дистанцию с 0,5 до 1,5 г на длинную дистанцию — до 8 и 10,5% сырого вещества печени. Твигер (10) (Thögner) отмечает у собак после 7-месячной тренировки значительное увеличение гликогена.

Мобилизация сахара из депо усиливается под влиянием адреналина. Адреналин — продукт мозгового слоя надпочечников. Из надпочечников адреналин выделяется в кровь, которая переносит его в печень. Здесь под влиянием адреналина усиливается выделение глюкозы в кровь.

При работе гликоген мобилизуется главным образом из печени, но он может быть мобилизован и из неработающих мышц.

Гликоген печени по всей вероятности никогда полностью не исчерпывается, даже при истощающей работе всегда остается небольшое количество его.

По Йоклю (11) (Jokl) при полном истощении запас гликогена в печени падает ниже 0,1%, а по Лонг и Грант (12) (Long a. Grant) расщепление гликогена прекращается, если 70% его мобилизовано.

Бойе подсчитал количество гликогена, израсходованного при очень длительной напряженной работе, при веденной до истощения. Он нашел, что при продолжительностью в 3 часа количество израсходованного гликогена до 216 г у одного лица, 259 у второго и 247 у третьего.

Бойе исследовал также влияние углеводного и жирового питания на создание запаса углеводов. Он давал хорошо тренированным испытуемым периодически в одних случаях преимущественно углеводную, а в других случаях жировую пищу в течение 3—5 дней. Следующая таблица показывает продолжительность работы, проведенной до отказа, и количество израсходованных при этом углеводов.

Таблица 1

Влияние диеты на продолжительность работы и расход углеводов (по Бойе)

Испытуемые	Продолжительность работы (в мин.)			Количество израсходованных углеводов (в г)		
	О.В.	М.Н.	О.Н.	О.В.	М.Н.	О.Н.
На углеводной пище	150	242	245	285	370	400
На жировой пище	89	81	93	21	60	36

Количество углеводов, израсходованных при работе „до отказа“, evidentemente не точно совпадает с углеводным запасом организма, но все-таки характеризует его.

Хотя и нельзя сомневаться в значении пищевого режима для образования гликогена, однако есть работы, показывающие, что углеводный запас организма может восстановиться и без приема углеводов.

Бранд и Крог (13) (Brand и Krogh) заставляли крыс после 18-часового голода бегать до истощения. Некоторые из них были убиты сразу после бега, другие через 3 часа. Третья группа служила контролем. Изменения сахара крови, углеводов в мышцах, печени и кишках показывает следующая таблица.

Таблица 2

Содержание углеводов в тканях после работы (по данным Бранда и Крога)

	Сахар крови (в мг %)	Углеводы на 100 г веса крысы		
		Во всех мышцах (в мг)	В печени (в мг)	В кишках (в мг)
Контрольная группа (без работы)	92	240	27	65
Убитые сразу после работы	65	84	16	46
Убитые через 3 часа после работы	84	116	18	49

Из этой таблицы видно, что за 3 часа отдыха углеводы в организме частично восстанавливались не только в крови, мышцах и печени, но и в кишках. Поэтому нельзя предполагать, что восстановление углеводов идет за счет всасывания углеводов из кишечника. Авторы считают, что восстановление углеводов идет вероятнее всего за счет белков, но может быть и за счет жиров организма.

Согласно новейшим исследованиям большое влияние на депонирование углеводов оказывает витамин В₁.

Таблица 3

Влияние дачи витамина В₁ на отложение углеводов в тканях
(по данным Лайоша)

	Количество жи- вотных	Сколько дней го- лодали	Что вводилось после голодания	Через сколько ми- нут после инъек- ции производи- лись исследования	Гликоген печени (в %)	Гликоген мышц (в %)	Сахар крови (в мг %)
1-я группа . . .	5	—	—	—	3,08	0,51	164
2-я группа . . .	5	1	—	—	1,66	0,43	105
	5	2	—	—	0,41	0,42	94
	5	3	—	—	0,34	0,33	74
	5	4	—	—	0,23	0,32	75
3-я группа . . .	8	4	0,3 г глюкозы на 100 г веса живот- ного	20	0,34	0,32	191
	8	4		40	0,62	0,34	219
	8	4		60	0,77	0,34	227
	8	4		80	1,00	0,35	211
	8	4		100	0,92	0,40	240
	8	4		120	1,01	0,43	215
	8	4		180	1,00	0,32	165
	8	4		240	1,04	0,34	151
4-я группа . . .	8	4	0,3 г глюкозы на 100 г веса живот- ного + 0,5 един. инсулина	20	0,98	0,29	144
	8	4		40	1,79	0,33	109
	8	4		60	1,81	0,44	115
	8	4		80	1,90	0,49	140
	8	4		100	1,48	0,46	155
	8	4		120	1,37	0,40	145
	8	4		180	0,96	0,42	120
	8	4		240	0,84	0,39	117
5-я группа . . .	8	4	0,3 г глюкозы на 100 г веса живот- ного + 5 интерна- циональных еди- ниц витамина В ₁	20	0,44	0,32	201
	8	4		40	0,80	0,35	194
	8	4		60	0,74	0,35	185
	8	4		80	0,96	0,42	177
	8	4		100	1,29	0,49	188
	8	4		120	1,78	0,48	195
	8	4		180	1,97	0,52	197
	8	4		240	2,02	0,50	185

Изучению изменений сахара крови при мышечной работе, в том числе при выполнении спортивных упражнений, посвящено большое количество исследований. Данные разных авторов дают очень пеструю, иногда прямо противоречащую картину. Расхождение данных разных авторов можно объяснить тем, что уровень сахара крови зависит от многих моментов, из которых особого внимания заслуживают следующие:

- 1) величина и характер работы;
- 2) тренированность;
- 3) индивидуальные особенности организма испытуемого;
- 4) состояние подопытного лица в день опыта;
- 5) последний прием пищи и ее характер;
- 6) психические факторы;
- 7) момент взятия пробы крови;
- 8) метод определения глюкозы.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ САХАРА И КРОВИ

Методы определения сахара крови основаны на редуцирующей способности глюкозы. Кровь соержит целый ряд веществ, обладающих такой же редуцирующей способностью (глюкатион, рготионсин, креатин, креагинин, мочеваа кислота и др.). Имеющиеся методы определения сахара крови (1), из которых наиболее распространен метод Хагедорна-Иенсена (18), стремятся дать содержание глюкозы без других редуцирующих веществ. Условия осаждения этих веществ Хагедорну и Иенсену не дают возможности удалить все остальные редуцирующие вещества вместе с белками, и часть их проходит в фильтрат, в котором определяется глюкоза. Поэтому данные, полученные этим методом, всегда фактического содержания глюкозы в крови.

Лучших результатов достигает метод Фуйита и Иватাকে (19) (Fujita и Iwatake). По этому методу осаждаются кроме белков и другие редуцирующие вещества, и в фильтрате остается в качестве редуцирующего вещества только глюкоза.

Метод Фуйита и Иватাকে впервые в СССР применялся Е. С. Лондовой, описан макрометод (3).

Мы применяли микрометод Фуйита и Иватাকে, который отличается от макрометода количеством исследуемого материала (крови).

Ход определения:

Пипеткой вводит 0,1 см³ крови в 4 см³ CdSO₄, которым дважды ополаскивают пипетку. Жидкость перемешивают и дают ей постоять, пока она станет темнокоричневой. К этой смеси прибавляют 0,5 см³ 1,1-нормального раствора NaOH и хорошо перемешивают. Нагревают 3 мин. в кипящей водяной бане, после чего фильтруют в широкие пробирки 30 × 90 мм через промытый бумажный фильтр. Промывают фильтр дважды по 3 см³ воды.

Военновление:

К фильтрату прибавляют 2 см³ реактива Хагедорна-Иенсена, ставят на 15 мин. в кипящую водяную баню. После охлаждения прибавляют 3 см³ 1% иодистого раствора и 2 см³ соляной кислоты и в присутствии крахмала добавляют гипосульфитом (из микробюретки).

Вычисление производится, как и в макрометодe, по формуле $Z = 174 \frac{a}{b}$.

Точность метода определения глюкозы проверяется брожением сахара по методу Иенсена и брожением, приходится на долю остаточных редуцирующих веществ. Ввиду того, что результаты по методу Фуйита и Иватাকে близки к данным брожением, мы пользовались для определения осадочной редуцирующей способности по методу Хагедорна и Иенсена, с одной стороны, и методом Фуйита и Иватাকে с другой.

Мы определяли остаточные редуцирующие вещества у ряда лиц в покое и после мышечной работы (бег, лыжный бег) (см. табл. 5). Эти исследования показали, что количество остаточных редуцирующих веществ меняется в течение дня.

Данные утром натошак в полном покое у одного и того же лица в разные дни дают колебания выше 100%; они отражают все-таки индивидуальные особенности испытуемого. Количество остаточных редуцирующих веществ после работы во многих опытах больше, чем до работы, а в некоторых опытах меньше.

Таблица 5

Количество остаточных редуцирующих веществ в крови

№ п/п	Фамилия испытуемого	Количество опытов	Остаточные редуцирующие вещества (в мг %)				Род работы
			До ра- боты	После работы	Через 50 мин.	Через 60 мин.	
1	А-и . . .	5	19	28,6	25,9	—	Бег на среднюю дистанцию
	Л-ш . . .	5	7,8	16,5	13,3	—	
	В-о . . .	4	24,3	26,8	19,9	—	То же
	Б-в . . .	4	8,0	5,5	9,7	—	" "
	Б-й . . .	2	17,5	23,8	29,6	—	" "
	Л-ш . . .	3	8,7	2,7	17,7	15,3	" "
	Л-а . . .	2	22,5	12,9	—	—	Лыжный бег
	П-н . . .	2	19,7	31,1	29,7	—	То же
	К-й . . .	2	8,6	9,0	—	—	" "
	С-й . . .	2	27,9	25,5	—	—	" "
	Г-в . . .	2	9,8	10,7	—	—	" "
	Среднее	33	15	18,3	—	—	

Хагедри указывает, что остаточная редукция при применении его метода достигает 50% содержания сахара, Геммингсен (20) (Hemmingsen) нашел 8 мг % в Роке (21) (Ege u. Roche) 5—15 мг %, Шомоги (22) (Somogyi) 23 мг % Линдер и Ван Слайк (23) (Hiller, Linder a. Van Slyke) 10—35 мг % (24) в покое и после работы одинаковы: цифры, в среднем 11—12 мг % величина остаточных редуцирующих веществ в наших опытах в 33 случаях в покое натошак 15 мг %, а после работы 18,3 мг %.

Вместо во всех приведенных из литературы работах определение глюкозы проводилось по методу Хагедри-Иенсена. Если применялся другой метод определения, то это нами будет указано. Мы проводили все определения по Фуйита-

микрометодом определения сахара крови кровь берется из пальца. Содержание сахара в этой капиллярной крови близко к содержанию сахара в артериальной крови.

Файтман Фостер (25), Гибсон (26) установлено, что разница в содержании глюкозы в артериальной и капиллярной крови не превышает ошибки метода.

СОДЕРЖАНИЕ САХАРА В КРОВИ ПРИ ПОКОЕ И ПРИ «САХАРНОЙ НАГРУЗКЕ»

В покое у человека содержание глюкозы в крови натощак колеблется от 70 до 100 мг⁰/₁₀₀ (70—100 мг на 100 см³ крови) (по методу Фуйита-Иватаке). В покое мы не наблюдали влияния тренированности на уровень сахара крови.

После приема углеводной пищи уровень сахара крови повышается. Рискин (3), применяя метод ангиостомии по Лондону на собаках, показал, что сахар, введенный медленно в воротную вену (2 г в 10 см³ воды на 2 мин.), не задерживается полностью в печени, а уже через 1 мин. 30 сек. появляется в печеночной вене.

Сахар, введенный в желудок (сахарная нагрузка) быстро, вызывает увеличение содержания сахара в капиллярной крови. Ход кривой после сахарной нагрузки исследовался многочисленными авторами. Мы провели исследование измерения содержания сахара крови по методу Фуйита и Иватаке после дачи глюкозы.

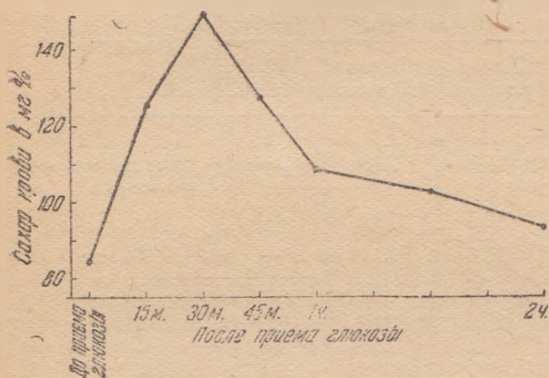


Рис. 1. Влияние приема глюкозы на содержание сахара в крови.

30—45 мин. При этом подъем очень значителен, доходит до 177,5 мг⁰/₁₀₀, при исходной 74,8 мг⁰/₁₀₀. Через 2 часа после приема сахара уровень его в крови понижается до исходных величин. Наша кривая изображает средние данные 16 случаев (рис. 1).

Таковую же кривую наблюдал целый ряд авторов и после приема других сахаров.

Пампе (27) (Pampe) исследовал кровь после приема 50 г сахарозы в 200 см³ воды (см. табл. 6). Высшая точка у него получилась на 30 мин.

Таблица 6

Сахар в крови после приема тростникового сахара (по Пампе)

Испытуемый	Натощак	Содержание сахара в крови (в мг ⁰ / ₁₀₀)											
		Через минут после приема сахара											
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50		
I . . .	97	101	113	127	140	147	148	139	122	118	114	105	97
II . . .	112	102	117	137	148	145	153	153	138	128	124	114	105

ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ НА УРОВЕНЬ САХАРА В КРОВИ

подавляющее большинство авторов определяло содержание сахара крови до и после работы. Данные, полученные тотчас после работы, толковались как данные во время работы. Впервые Христенсен (28) (Christensen) указал на большое различие между содержанием сахара во время работы и после работы. Его указания подтвердились и дополнились исследованиями Бойе. Поэтому в дальнейшем при разборе литературных данных мы должны учитывать момент взятия крови.

Так как взятие крови во время самой работы не всегда представляется возможным, необходимо найти связь между содержанием сахара в крови во время и после работы, чтобы результаты исследования после работы мы могли использовать как показатели углеводного обмена при работе.

ЗНАЧЕНИЕ МОЩНОСТИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ

При анализе материалов исследования сахара крови при работе мы должны учесть как мощность работы, так и продолжительность ее. Так как очень мощную работу можно проводить только короткое время, а менее мощная работа, проведенная до отказа, будет намного длительней, то общее количество работы в первом случае оказывается всегда меньше, чем во втором. Так, например, бег со скоростью 24 км/час лучшие спортсмены могут провести около 2 мин., со скоростью 21 км/час — больше 14 мин., а со скоростью 19 км/час больше часа и со скоростью 17 км/час больше 2 часов. Из этого вытекает, что значение углеводных запасов как источника энергии будет различно при разных работах. Кратковременная работа требует небольшой затраты энергетических запасов организма, в то время как при длительной работе эти запасы значительно истощаются.

Зато кратковременная работа требует быстрой мобилизации этих запасов. Однако, для выбрасывания адреналина из надпочечника, для доставки его в печень, превращения гликогена в глюкозу в печени, перехода ее в кровь, доставки ее кровью к мышцам и для освобождения ее мышцами требуется определенное количество времени. Возможно, что при очень кратковременной работе весь механизм мобилизации сахара еще не успевает развернуться, в то время как из-за недостатка освоения питательных веществ и O_2 и недостаточного устранения продуктов метаболизма или по другим причинам работа уже закончена.

В других случаях работа длится дольше того времени, которое нужно для мобилизации сахара, но количество сахара, которое может быть предоставлено мышцам, не покрывает потребности в нем. И, наконец, мы можем представить себе и такой случай, когда истощается адреналиновая система раньше, чем углеводные запасы.

Из вышесказанного следует, что об истощении углеводных запасов в организме можно говорить только при длительной работе приблизительно средней мощности.

ИССЛЕДОВАНИЯ САХАРА КРОВИ ВО ВРЕМЯ СОВЕРШЕНИЯ РАБОТЫ

Большинство исследований сахара крови относится к длительной работе, которая проводится в устойчивом „состоянии“ (steady state), т. е. когда вспомогательные органы мышечной работы уже мобилизованы.

Христенсен (23) исследовал сахар крови при работе на велоэргометре. Этот неподвижный велосипед имел приспособление для точной дозировки и регистрации величины работы. Опыты проводились над тремя лицами, из которых одно было мало тренировано, а двое других были очень хорошо тренированы. В этих опытах напряженная работа проводилась около 30 мин., но не „до отказа“. Во всех случаях в начале работы количество сахара крови падает, а во второй половине работы, т. е. через 10—20 мин., начинается увеличение. У малотренированного лица в конце работы количество сахара увеличивалось до исходного и выше, иногда же оно оставалось ниже исходного. После работы подъем продолжался около 5 мин., а потом уровень сахара падает до исходного.

У одного хорошо тренированного испытуемого во второй половине работы уровень сахара крови почти всегда был выше исходного и после работы он еще сильно поднимался. У второго хорошо тренированного испытуемого кривая при значительно более мощной работе похожа на кривую малотренированного.

При работе длительностью 90 мин. со средней мощностью 1440 кгм/мин. испытуемый порядочно истощен. В этих опытах уровень сахара в крови сначала падает, потом до 45 мин. уровень в основном сохраняется, но наблюдаются значительные колебания; затем уровень опять постепенно падает. Минимум во время работы в одном опыте был 68 мг⁰/₀, в другом 70 мг⁰/₀. Во время восстановления в одном случае уровень сахара через 5 мин. незначительно повышается выше исходного, потом падает; в другом случае подъема этого не наблюдалось.

У одного испытуемого при 30-минутной работе было найдено во второй половине работы значительное повышение сахара крови, но это повышение не было обнаружено при работе такой же мощности, но длительностью в 90 мин. Автор приписывает это психическому фактору, а именно тому, что испытуемые знали, когда работа закончится. Но здесь возможны и другие толкования. В первых, возможно что во время более длительной работы испытуемый был лучше тренирован, а во-вторых, испытуемый при 30-минутной работе мог слабее темп к концу ее.

Бойе (4) исследовал кровь у тренированных и нетренированных лиц различной мощности работы на велоэргометре. Два тренированных подопытных лица работали в первых опытах с мощностью 1080 кгм/мин., потом мощность постепенно увеличивалась. С мощностью 1080 кгм/мин. работа продолжалась с большой легкостью 1 час, а при интенсивности в 1620 и 1800 кгм/мин. испытуемые не могли работать в течение всего часа, а прекращали работу из-за утомления эту работу раньше.

При работе с малой интенсивностью уровень сахара крови у тренированных лиц в начале работы падает, затем поднимается, отклоняясь при этом от исходных цифр на очень незначительные величины (рис. 2).

При более мощной работе, после начального падения сахара крови в течение 15 мин., наблюдается увеличение сахара крови выше исходного уровня. В тех опытах, которые вследствие сильного утомления прекращались раньше часа, уровень сахара поднимается до 150% исходного. После прекращения работы содержание сахара в крови еще несколько минут продолжает увеличиваться. При повторении той работы, которую испытуемый сначала не мог выполнить в течение всего часа, продолжительность работы увеличивается, так что после нескольких повторений часовая работа выполняется уже с большей легкостью и не представляет трудностей.

работу до отказа. При этом подъем уровня сахара во время работы в более поздних опытах значительно меньше (рис. 3).

В других опытах хорошо тренированные лица проводили менее мощную работу (1120 кгм/мин.) до отказа. При этом длительность

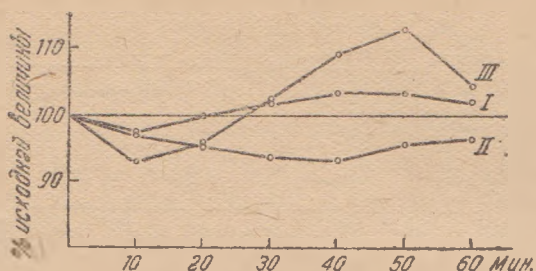


Рис. 2. Изменения сахара крови у тренированного лица при работе малой интенсивности (по Бойе)

I. Среднее из 2 опытов при работе в 1080 кгм/мин.

II. Среднее из 3 опытов при работе в 1260 кгм/мин.

III. Среднее из 3 опытов при работе в 1440 кгм/мин.

работы доходила до 2½—3 час. В начале работы и приблизительно до второго часа ее уровень сахара почти не изменялся, затем наступало постепенное падение его. К концу работы, когда испытуемые не могли уже дольше продолжать ее, уровень сахара

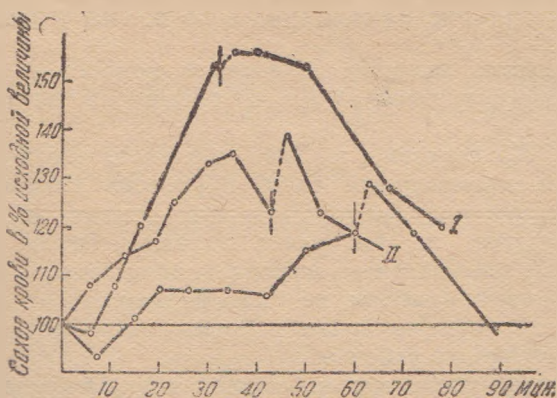


Рис. 3. Изменения сахара крови у тренированного лица при мощной работе (1620 кгм/мин.) (по Бойе).

Пунктир связывает последнюю пробу во время работы с первой пробой после работы.

крови оказывался очень низким, у одного ниже 60 мг%. Это сопровождается также обычными гипогликемическими симптомами (сильный голод, слабость, головокружение, темнота в глазах). После работы содержание сахара постепенно возвращается к исходному, у одних быстрее, у других медленнее.

Совсем другая картина получалась у малотренированных лиц. У них при напряженной для них работе (720—1080 кгм/мин.), которая в первых опытах уже через 20—25 мин. сопровождается яркими признаками утомления, обнаруживалось значительное паде-

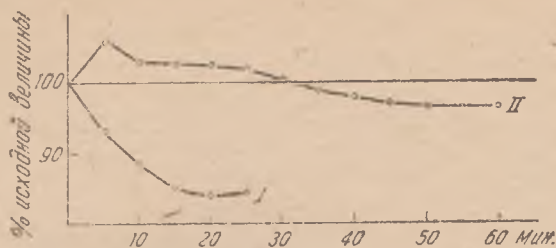


Рис. 4. Изменения сахара крови у малотренированного лица в начале и в конце тренировочного периода при работе одинаковой мощности (720 кгм/мин.) (по Бойе)

- I. Среднее из 10 опытов.
- II. Среднее из 2 опытов через 6 месяцев.

ние сахара крови во время самой работы. После длительной тренировки уровень сахара остается во время работы на уровне исходной величины (рис. 4).

СВЯЗЬ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ САХАРА ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ РАБОТЫ

Имеет большое значение выяснение вопроса о том, каковы отношения между уровнем сахара во время работы и после окончания ее.

Из работ Христенсена и Бойе вытекает, что в большинстве случаев после прекращения работы уровень сахара в течение нескольких минут поднимается. Но этот подъем, за исключением отдельных случаев, не так резко выражен, чтобы можно было получить после работы очень высокие цифры сахара крови у лиц, у которых во время работы не было подъема, и наоборот, у лиц с высоким уровнем сахара после работы показывает, что подъем начался уже во время работы.

В том случае, когда мы наблюдаем после работы уровень сахара ниже нормы, мы можем сказать, что и во время работы имело место падение сахара крови. При работе среднего напряжения мы наблюдаем небольшие колебания уровня сахара по отношению к исходной величине во время и после работы.

В табл. 7 мы приводим несколько цифр из наблюдений Христенсена. В этих опытах работа длилась 30 мин. Во всех случаях уровень сахара уже во время работы преодолевал нижнюю норму. Особенно у испытуемого М. Н. уже во время работы сахар повышается до 30 мг%. У него же отмечается значительный подъем сахара после работы.

Содержание сахара во время и после работы
(по данным Христенсена)

Испытуемые	Сахар крови (в мг ‰)				Испытуемые	Сахар крови (в мг ‰)				
	1	2	3	4		1	2	3	4	
	До ра- боты	Последн. определ. во время работы	После работы	Разность 2—3		До ра- боты	Последн. определ. во время работы	После работы	Разность 2—3	
E. L. L.	87	76	87	11	M.N.	91	93	120	27	
	91	88	112	24		89	91	136	45	
	92	84	103	19		85	105	135	30	
	108	85	108	23		99	94	157	68	
	94	94	108	14		92	114	137	23	
	92	103	116	13		90	115	140	25	
	89	81	100	19		89	102	123	21	
	110	95	120	25		102	100	117	17	
	103	88	99	11		103	101	115	14	
	99	89	104	15		111	100	111	11	
	104	82	103	21		O. V.	95	90	100	10
	90	85	103	18			111	77	120	43
	101	96	109	13			99	112	114	2
	123	111	117	6						

Вышеуказанные взаимоотношения между уровнем сахара крови во время работы и после работы дают возможность разъяснить и литературные данные, которые получены после работы, без наблюдений во время самой работы.

ИССЛЕДОВАНИЯ САХАРА КРОВИ ПОСЛЕ РАБОТЫ

Левин, Гордон и Дерик (29) и др. (Levine, Gordon и Derick) исследовали сахар крови (по методу Фолина) у марафонских бегунов. Они наблюдали, что между состоянием бегуна у финиша и уровнем сахара имеется параллелизм. Бегун, занявший первое место, финишировал в хорошем состоянии. Содержание сахара в крови у него до бега—108 мг%, после бега—89 мг‰. Два других бегуна с незначительным признаком истощения на финише имели сахара в крови 82 мг‰. Два лица, которые финишировали в удовлетворительном состоянии, показывали 65 мг‰ сахара. Другие четыре бегуна были значительно истощены. Один из них потерял сознание. У него на финише сахар крови составлял всего 45 мг‰, а у других трех—47, 49 и 59 мг‰.

Маттисес (30) (Matthies) проводил исследования сахара крови после трех велотуров продолжительностью 6—7 час. В первом

опыте, когда испытуемый не был тренирован, уровень сахара снизился с 88 мг⁰/₀ до 40 мг⁰/₀. Во втором опыте после более длительной езды уровень сахара показывал падение до 42 мг⁰/₀, а в третьем опыте, когда испытуемый был лучше тренирован, уровень был равен 69 мг⁰/₀, хотя испытуемый был и в этот раз очень усталым.

Кестнер, Ионсон и Лаубман (31) (Kestner, Johnson и Laubmann) изучали изменения сахара крови у четырех испытуемых при горных переходах. После первого перехода отмечалось сильное понижение сахара крови до 40—60 мг⁰/₀. После небольшой тренировки при повторении опыта падение уровня сахара крови было не так значительно.

Кноль и Люсс (32) (Knoll и Lüss) исследовали изменения сахара крови у тренированных и нетренированных лиц после ночного марша. У тренированных лиц они получили в большинстве случаев незначительные отклонения от исходного, у нетренированных уровень сахара явственно снижался (табл. 8).

Таблица 8

Влияние тренированности на изменения сахара в крови (по Кнолю и Люссу)

Состояние	Изменение сахара крови (в мг ⁰ / ₀)	Состояние	Изменение сахара крови (в мг ⁰ / ₀)
Тренированные . . .	— 5	Нетренированные	— 9
	+ 4		— 27
	— 2		— 6
	+ 7		— 22
	+ 0		—
	+ 7		—
	+ 0 — 9		—

Ими же исследовалась гребля продолжительностью в 1 час. У всех испытуемых, за исключением одного из них, уровень сахара после работы понизился (табл. 9).

Таблица 9

Изменения в содержании сахара крови у нетренированных лиц при гребле (по Кнолю и Люссу)

Состояние испытуемых	Сахар крови до работы (в мг ⁰ / ₀)	Сахар крови после работы (в мг ⁰ / ₀)	Разница
Нетренированные . . .	117	105	— 12
	112	92	— 20
	114	119	+ 5
	100	89	— 11
	91	83	— 8
	79	73	— 6

Эти опыты можно сравнить с опытами Бойе, проведенными при работе средней мощности до истощения ($2\frac{1}{2}$ —3 часа).

Из опытов Бойе можно сделать вывод, что низкий уровень сахара крови, наблюдаемый после марафонского бега, велотура и горного перехода, безусловно, имел место уже во время работы и может быть даже в большей мере.

Другая картина получается при более мощной, но менее продолжительной работе у тренированных лиц.

Мы исследовали сахар крови у двух тренированных бегунов после прохождения дистанции 6 км со скоростью 15,5 км/час (кросс). Эта скорость не была для наших испытуемых предельной на данную дистанцию. У обоих испытуемых мы нашли значительное увеличение сахара крови (табл. 10), максимум был у одного 184,4 мг⁰/₀ и у другого 161,8 мг⁰/₀. Вторые опыты при некотором увеличении скорости бега у обоих испытуемых дали значительно большие повышения, чем первые опыты.

Таблица 10

Изменения сахара в крови при беге на длинную дистанцию

№ опыта и дата	Испытуемые	Количество сахара (в мг ⁰ / ₀)							
		До	Сразу после бега	Через 30 мин.	Через 60 мин.	Через 120 мин.	Через 180 мин.	Через 240 мин.	Через 300 мин.
1. 29 X	Д.	97,4	146,2	104,4	95,7	83,5	85,26	81,6	87
2. 14 X	"	97,4	184,4	135,7	99,18	83,5	81,75	76,6	81,78
3. 1 XI	"	109,6	163,6	104,4	81,8	85,0	88,7	83,5	83,5
4. 29 X	До	90,48	114,8	88,7	90,48	92,2	80,0	80,0	76,6
5. 12 XI	"	97,4	161,8	153,11	111,4	109,6	95,7	94,0	87,0

Кноль и Люсс исследовали сахар крови после плавания на 1000 м, продолжительностью меньше получаса. Почти все тренированные лица дали увеличение сахара крови после работы (табл. 11).

Эти опыты соответствуют опытам Бойе с работой мощностью в 1440 кгм/мин и выше. Полученные нами после бега на 6 км изменения так значительны, что можно предполагать, что начало изменения уровня сахара имело место уже во время работы.

Мы исследовали сахар крови и при беге на среднюю дистанцию, что представляет еще более мощную, но кратковременную работу. Испытуемыми были 6 студентов института физкультуры (возраст 20—25 лет). Все они имели многолетний физкультурный стаж. Бег проводился с постоянной скоростью 21 км/час, до отказа. Дистанция у разных лиц, и у одних и тех же испытуемых, в зависимости от состояния, колебалась за весь экспериментальный период от 400 до 1250 м. До бега испытуемые проводили разминку (легкую, медленный бег) в течение 5—10 мин. При рассмотрении результатов опытов, приводимых в таблице 12, видно, что во

Содержание сахара в крови после плавания
(по Кюллю и Люссу)

Состояние испытуемых		Сахар крови (в мг %)		
		До	После	Разница
Тренируемые	Мужч.	108	133	+ 25
	"	103	122	+ 19
	"	90	133	+ 43
	"	105	107	+ 2
	"	94	128	+ 34
Тренированные	Женщ.	103	100	- 3
	"	100	96	- 4
	"	96	112	+ 16
	"	99	103	+ 4
	"	101	138	+ 37

всех экспериментах уровень сахара в крови после конца бега (от 0 до 10 мин.) оказывается повышенным.

Подопытные лица прошли неодинаковый тренировочный период. Часть испытуемых тренировалась без перерыва, в то время как другая часть после тренировки в течение мая имела более месячный перерыв. Во время перерыва эти испытуемые не проходили систематической тренировки по бегу, но тренировались другим видам.

Все исследования показали, что у тех испытуемых, которые имели перерыв в тренировке к бегу, уровень сахара крови в первом опыте после перерыва значительно ниже, чем в последующих опытах до перерыва (рис. 5). Повторный опыт показывает во всех случаях повышение уровня сахара крови по сравнению с первым опытом после перерыва, за исключением одного испытуемого (Б-в), у которого уровень сахара не изменялся в обоих опытах.

У испытуемых, которые непрерывно тренировались в течение с мая по июль, уровень сахара крови, достигнув определенной высоты, оставался на этой высоте до конца экспериментального периода. Так, например, у испытуемого Еф-ва, непрерывно тренировавшегося, мы отмечаем во втором опыте более высокий уровень сахара в крови, чем в первом опыте. Исследования после 52-дневной непрерывной тренировки не дали дальнейшего повышения сахара в крови (рис. 5).

В наших опытах, так же как и в опытах Бойе, у тренируемых лиц при мощной работе получается подъем сахара в крови. Однако у Бойе при повторении той же мощной работы в последующих опытах уровень сахара поднимался уже не так высоко, в то время

Содержание сахара в крови при беге на средние дистанции

Время взятия крови	Содержание сахара крови (в мг %)													
	Кр-в						Еф-в				Ш			
	9/V	20/V	30/V		10/VII	19/VII	9/V	30/V	10/VII	22/VII	9/V	20/V	29/V	
До бега	73,1	66,1	83,5	Перерыв в трени- ровке	70,04	106,1	71,3	87,0	85,2	85,3	71,3	81,7	81,8	
Тотчас после бега	Через 5 мин.				Через 8 мин.	Через 7 мин.	Через 10 мин.							Через 15 мин.
Через 30 мин.	102,7	100,9	142,7		104,8	139,2	80,04	153,1	145,3	142,7	73,1	107,9	113,1	
" 60 "	73,1	67,9	97,4		—	106,1	69,6	109,6	—	—	66,1	90,5	118,3	
" 120 "	78,1	80,0	76,6		—	87,0	—	76,6	—	108,6	87,0	83,5	99,2	
	83,5	99,2	83,5	—	87,0	—	—	—	76,6	90,5	76,6	83,5		

Время взятия крови	Содержание сахара крови (в мг %)										
	Б-в					Б-й		Д			
	9/V	30/V		10/VII	22/VII	9/V	29/V	30/V		10/VII	22/VII
До бега	83,5	89,6	Перерыв в трени- ровке	78,3	83,5	79,2	75,7	95,5	Перерыв в трени- ровке	79,2	78,3
Тотчас после бега		Через 10 мин.		Через 5 мин.		Через 5 мин.	Через 10 мин.	Через 10 мин.		Через 7 мин.	Через 4 мин.
Через 30 мин.	100,9	134,8		120	120,9	95,7	102,7	146,2		113,1	146,2
" 60 "	95,7	90,5		106,1	—	94,8	53,9	87		77,8	125,3
" 120 "	99,8	80,9		92,2	64,4	73,08	55,7	76,3		78,3	81,8
	—	—	—	78,3	99,2	70,9	74,8	76,6	69,6		

Сахар крови после бега на разные дистанции
(по Шенку)

Испытуемые	Дистанция (в м)	Время взятия крови	Сахар (в мг %)
М.	1 200	До	100
		Сразу после	221
		Через 60 мин.	185
Б.	1 500	До	118
		Сразу после	243
		Через 60 мин.	178
Гей	400	До	93
		Сразу после	129
		Через 60 мин.	107
Г.	400	До	170
		Сразу после	243
		Через 60 мин.	146
В.	300	До	138
		Через 5 мин. после	197
		Через 70 мин.	143
Ге	10 000	До	112
		Через 10 мин.	90
		Через 60 мин.	103
Во	10 000	До	135
		Через 5 мин. после	93
Ди	10 000	До	186
		Через 5 мин. после	142
Бе.	10 000	До	181
		Сразу после	109
Ц.	10 000	До	107
		Сразу после	132
Фр.	10 000	До	121
		Через 10 мин. после	185
		Через 60 мин.	94
То.	42 000	До	114
		Через 5 мин. после	66
Го.	42 000	До	108
		Через 7 мин. после	84
Са.	42 000	До	130
		Через 10 мин. после	77
Дей.	42 000	До	100
		Через 5 мин. после	85
Ле	42 000	До	114
		Через 12 мин. после	70

как у нас во вторых опытах уровень стал выше. Нам кажется, что это противоречие можно объяснить только тем, что Бойе давал одинаковую по мощности и продолжительности работу, а наши испытуемые бежали каждый раз до отказа.

Его исходные данные взяты на стадионе до соревнования, поэтому на их величину влияли прием пищи, передвижение и эмоциональное состояние испытуемого.

Из всех приведенных исследований явствует, что изменение сахара крови при мышечной нагрузке у тренированных и нетренированных значительно отличается (см. рис. 6).

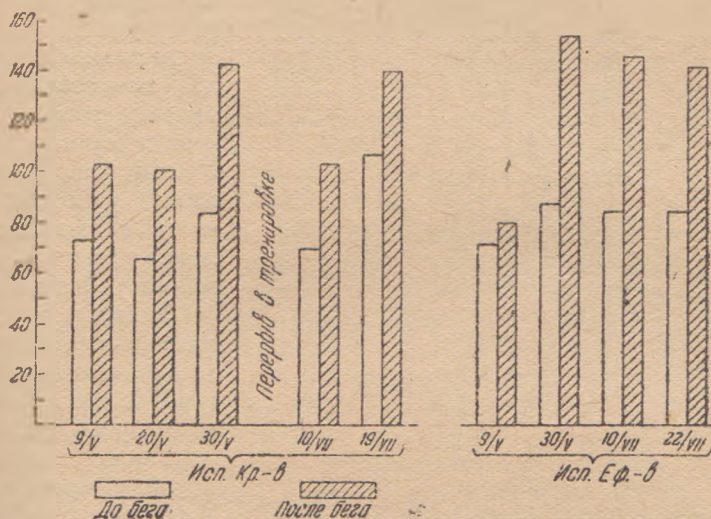


Рис. 5. Сахар крови до и после бега на средние дистанции.

Падение сахара крови у нетренированных лиц происходит не только после очень длительной изнуряющей работы, но и после относительно непродолжительной работы.

Лившиц проведены опыты над 3 нетренированными лицами (возраст их от 25 до 30 лет) (табл. 14). Испытуемые после разминки в течение 10 мин. сразу пробежали дистанцию в 500—600 м с максимальной скоростью. У одного из них (Ав.) в первом опыте наблюдалось после бега значительное падение уровня сахара крови до 39,9 мг% перед началом работы до 48,7 мг% после работы, а во втором опыте—от 64,4 до 43,5. В следующих опытах это падение было значительно и в 5 и 6-м опытах уровень сахара уже почти не изменяется. У двух других лиц наблюдалось небольшое повышение уровня сахара крови после бега.

Ланг (34) (Láng) у тренированных собак после бега (45 мин., 5° подъем) не обнаружил изменения сахара крови, у нетренированных количество сахара уменьшалось.

Изложенному не соответствуют некоторые данные Мейтхалера и Дросте (35) (Meythaler и Droste). Они пишут, что часто

повторяющиеся через короткие интервалы максимальные напряжения (прыжки, метание, игра, бег) увеличивают сахар крови у нетренированных больше, чем у тренированных. Дальше они отмечают, что при средней дистанции подъем уровня сахара во время работы у нетренированных лиц выше, чем у тренированных. Даже при беге на длинную дистанцию они наблюдали у некоторых нетренированных лиц более значительное увеличение сахара в крови, чем у тренированных. У лиц же с совсем малой работоспособностью наблюдалось падение уровня сахара во время работы.

Укажем также изменения, обнаруженные во время наступления „мертвой точки“ и „второго дыхания“.

Глюкоза крови во время мертвой точки была исследована Ионеску (36) (Jonescu). Он отмечает падение уровня

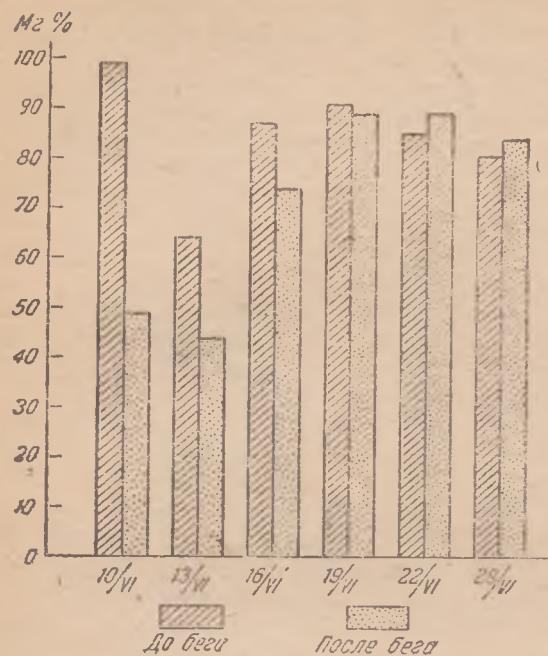


Рис. 6. Сахар крови до и после бега у малотренированного лица. (Исп. Ав.).

сахара во время мертвой точки и повышения его при втором дыхании. Эти данные подтверждены Дулиге (37) (Dulige).

Таблица 11

Сахар крови после бега у малотренированных лиц

Время взятия крови	Содержание сахара крови в мг %													
	Ав.						Л-ш						В-ш	
	10/VI	13/VI	16/VI	19/VI	22/VI	28/VI	10/VI	13/VI	16/VI	22/VI	25/VI	28/VI	13/VI	16/VI
До бега.	99,2	64,4	87	90,5	85,3	80,9	69,6	78,3	116	81,8	81,8	78,3	75,7	85,3
Тотчас после	48,7	43,5	74,4	88,7	88,7	83,5	83,5	80,0	76,6	118,3	94	103,5	88,7	99,2
Через 30 мин.	63,5	47	74,8	81,8	80,04	78,3	81,8	71,3	72,2	86,1	90,5	90,5	81,8	88,7
Через 60 мин.	—	55,7	75,7	78,3	80,04	81,8	—	—	—	—	—	—	83,5	—

МИНИМУМ САХАРНОГО УРОВНЯ (ИСТОЩЕНИЕ)

До какого же уровня может падать сахар при полном истощении?

Левин и др. (29) после марафонского бега нашли у четырех истощенных участников 45 мг⁰/₀, 47 мг⁰/₀, 49 мг⁰/₀ и 50 мг⁰/₀ глюкозы в крови (определение по Фолину). Маттес (30) обнаружил после первых двух велотуров 40 мг⁰/₀ и 42 мг⁰/₀ глюкозы (определение по Хагедорну и Йенсену). Кестнер (31) отмечает уровень сахара после горного перехода, равный 40—60 мг⁰/₀ (определение по Хагедорну). Самая низкая величина сахара крови, найденная Бойе, была равна 40 мг⁰/₀ (определение по Хагедорну).

Если учесть то, что определения сахара крови по методам, которые применялись авторами, дают на 10—20 мг⁰/₀ более высокие цифры, чем действительное количество глюкозы в крови, то можно считать, что самое низкое содержание глюкозы в крови после напряженной длительной физической нагрузки составляет приблизительно 25—30 мг⁰/₀.

Понижение количества глюкозы в крови (гипогликемия) сопровождается комплексом симптомов, в своей резкой форме наблюдаемым после приема инсулина. Гипогликемия характеризуется следующими признаками: общая слабость, сильный голод, понижение температуры, сильное потоотделение, сердцебиение, чувство беспокойства, боязнь, дрожь, иногда судороги. Сходную картину наблюдал Иокль при соревнованиях; в этих случаях, однако, описанные симптомы кратковременны.

Тяжелое состояние при гипогликемии не является следствием плохого снабжения мышц сахаром, а его можно приписывать скорее влиянию низкого уровня сахара на центральную нервную систему.

Убедительным доказательством значения нормального уровня сахара для деятельности центральной нервной системы являются результаты исследований Е. С. Лондона, показавшего, что мозг потребляет сахара больше всех других органов. Количество потребляемой мозгом глюкозы составляет 13,6 мг⁰/₀.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИ ПРИЕМЕ САХАРА НА ФОНЕ ИСТОЩЕНИЯ

После всего описанного, естественно, возникает вопрос: как влияет на работоспособность увеличение глюкозы крови путем приема сахара?

Для выяснения этого вопроса Пампе (25) давал 6 испытуемым выпить раствор, содержащий 50 г сахарозы в 200 см³ воды за 15 мин. до работы. Это время было выбрано потому, что по наблюдениям этого автора вершина сахарной кривой крови после физической нагрузки достигается через 30 мин. после приема сахара. В опытах Пампе работа состояла в поднятии гири в 11 кг 13 раз за 15 мин. до отказа.

Опыты с предшествующим работе приемом сахара чередовались с опытами без приема сахара. С каждым испытуемым проведено

было 13—26 опытов, продолжительность работы в каждом опыте 40—107 сек.

Влияние приема сахара на работоспособность в этих опытах не отмечается. Это вполне понятно, так как при такой кратковременной работе об истощении сахара, как о факторе, определяющем работоспособность, не может быть и речи.

Гораздо поучительнее в этом отношении опыты Бойе.

Бойе проведены опыты с дачей сахара во время работы над двумя тренированными лицами. Эти испытуемые работали до полной усталости, после чего, не прекращая работы, получали сахар. До опыта испытуемые находились на бедной углеводами диете. Во всех опытах мощность работы была 1080 кгм/мин. Ввиду того, что исследования Бойе представляют большой интерес, мы описываем их подробно, останавливаясь и на субъективных ощущениях испытуемых.

Во время первых 2 час. работы подопытное лицо чувствует себя хорошо, потом появляются вялость и ощущение голода. После 150-минутной работы подопытный выглядит очень усталым и с большим трудом удерживает заданный темп. Через 163 мин., когда испытуемый уже почти не может больше работать, он получает 100 г глюкозы в 200 г воды.

Через 13 мин. опять дается 100 г глюкозы. В первые 10—15 мин. после приема первой дозы состояние почти не меняется, потом начинает быстро улучшаться и через 25 мин. после приема первой порции сахара испытуемый чувствует себя опять хорошо и работает без затруднений. Через 63 мин. после второго приема сахара работа была прекращена, причем испытуемый оказался настолько свежим, что мог работать еще и дольше (рис. 7).

Другой испытуемый в течение первого часа работает бодро, но после 70 мин. начинает жаловаться на чувство скованности в бедренных мышцах. К концу второго часа это ощущение становится очень неприятным. Развивается значительная общая усталость. Через 130 мин. работы испытуемый уже совсем вялый и испытывает сильное чувство голода. В этот момент он получает 100 г глюкозы. Уже через 10 мин. после приема глюкозы начинает исчезать чувство скованности в мышцах. Дается еще 100 г глюкозы. Через 20 мин. после первого приема глюкозы вся усталость исчезает, и испытуемый легко работает еще 40 мин. В течение первого часа работы уровень сахара понижается, на исходной величины. Это падение все прогрессирует, и через 2 часа после начала работы содержание сахара составляет всего 51 мг⁰/₀.

В течение 15 мин. после первого приема глюкозы уровень сахара поднимается с 53 до 96 мг⁰/₀.

Другой опыт с этим же испытуемым. Испытуемый чувствует себя плохо уже с первой минуты работы. Значительная скованность в мышцах, исчезающая через 1/2 часа работы. Уже через часовой работы испытуемый чувствует быстро растущее утомление и через 90 мин. он уже едва сидит на эргометре, сбавляя с заданного темпа и, находясь в полусознательном состоянии.

колоссальным усилием воли принуждает себя продолжать работу. Через 97 мин. после начала работы он получает 100 г сахарозы и через 105 мин. еще 50 г. Через 10 мин. после первого приема сахара испытуемый еще ощущает сильнейшую усталость и, несмотря на большое напряжение, не может сохранять нужный темп работы. Через 15 мин. после приема сахара начинается улучшение состояния, испытуемый уже работает в нужном темпе. Через полчаса

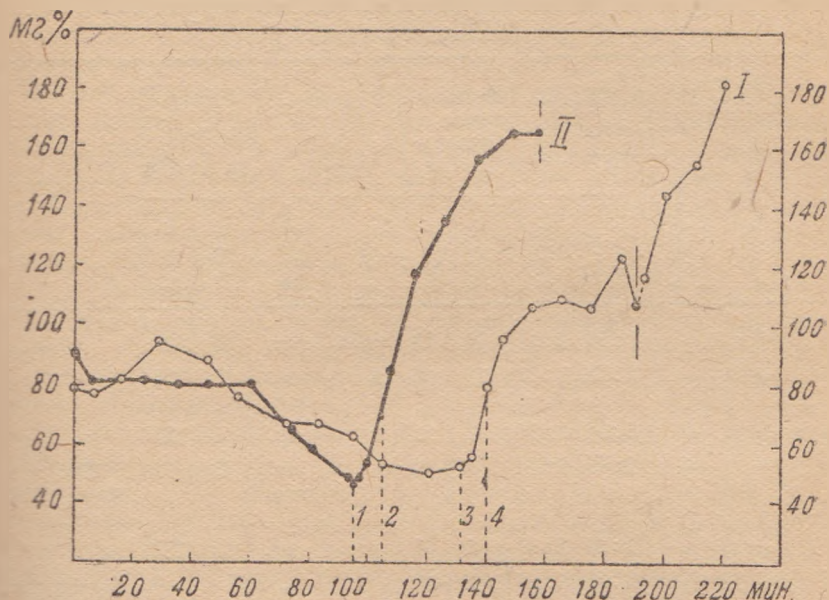


Рис. 7. Влияние приема сахара во время работы на уровень его в крови (по Бойе). Мощность работы 1080 кгм/мин. I, 3 и 4 — прием по 100 г глюкозы; II. 1 — прием 100 г сахарозы; 2 — прием 50 г сахарозы.

усталение исчезает и далее работа уже совершается без затруднений.

Исходный уровень сахара у этого испытуемого — низкий, всего 78 мг%, во время первого получаса работы он поднимается на 20%, затем круто падает и через 95 мин. содержание сахара в крови составляет уже 47 мг%.

Эти опыты показывают, какой большой эффект оказывает при изматывающей работе прием сахара. При этом положительное действие обнаруживается не только при приеме глюкозы, но и сахарозы, что важно в практическом отношении, так как последняя значительно более доступна.

Гардон (37) и др. после того как ими было установлено, что при марафонском беге количество глюкозы в крови сильно уменьшается именно у тех лиц, у которых резко выражены признаки истощения, давали марафонским бегунам во время тренировки углеводы в виде пищи, а другим во время соревнования — глюкозу. Время, когда надо принимать глюкозу, было определено

экспериментально. Еще во время тренировок у каждого лица было предварительно исследовано, после какой дистанции начинается падение уровня сахара в крови. Табл. 15 показывает влияние на достижения, самочувствие и уровень сахара в крови потребления углеводистой пищи во время тренировки и приема глюкозы во время соревнования.

Таблица 15

Сахар крови и самочувствие после марафонского бега
(по Гордону и др.).

Испытуемый	Получил в 1925 г.		Время прохождения дистанции		Занимал место в соревновании		Самочувствие		Сахар крови (в мг %)		Примечание
	Углев. пищу при тренировке	Глюкозу на соревновании	1924 г.	1925 г.	1924 г.	1925 г.	1924 г.	1925 г.	1924 г.	1925 г.	
1	+	+	2:56	2:51	15	13	удов.	хор.	65	105	
2	+	-	2:53	2:43	13	8	оч. пл.	оч. хор.	50	114	
3	+	+	3:24	3:16	41	31	удов.	хор.	65	81	
4	+	-	2:43	2:44	8	9	оч. пл.	оч. хор.	49	92	В 1925 г. во время бега нос
5	-	-	2:30	2:34	1	2	хор.	хор.	89	102	
6	+	+	2:38	2:49	3	10	"	"	-	-	Страдал от лода
7	+	+	2:41	2:42	6	7	"	"	-	-	То же
8	+	+	3:00	2:59	19	18	удов.	"	-	-	
9	+	+	3:03	3:04	23	21	"	"	-	-	
10	+	+	3:14	3:08	31	26	"	оч. хор.	-	-	
11	+	+	3:20	2:58	37	15	"	"	-	-	
12	+	+	3:27	3:07	42	24	плох.	"	-	-	
13	+	+	-	2:37	-	4	"	"	-	-	Не финишировал в 1925 г. за последние стояние
14	+	-	3:15	2:55	33	16	удов.	хор.	-	-	
15	-	+	-	3:22	-	38	-	плох.	-	-	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во всех опытах Христенсена и Бойе мы видим, как правило, что уровень сахара в начале работы падает. Это приписать тому, что потребление сахара работающими повышается в начале работы, в то время как из печени

еще не мобилизован пропорционально расходу его из крови. В дальнейших периодах работы мы видим различные изменения уровня сахара в зависимости от мощности и длительности работы.

При работе средней мощности у тренированного человека после первой фазы уровень сахара более или менее постоянен и приблизительно равен исходному. Наступает фаза динамического равновесия сахарного уровня крови. Она длится в течение первых 45 мин. в опытах Христенсена при мощности работы 1440 кгм/мин., выполняемой в течение 90 мин., или в течение первых 2 час. в опытах Бойе, в которых работа мощностью 1120 кгм/мин. была проведена до отказа.

Третья фаза в этих же опытах заключается в постепенном падении уровня сахара крови. Это значит, что динамическое равновесие нарушается, что приход и расход сахара крови неодинаковы. Здесь надо предполагать, что мобилизация сахара уменьшается. Это может произойти как за счет истощения углеводного запаса в депо, так и за счет истощения адреналиновой системы [Мейталер и Восидло (38) (Meythaler и Wossidlo)].

От этой картины истощения значительно отличается та картина, которую мы наблюдаем у тренированных лиц при более мощной, но менее продолжительной работе. В этом случае после первой фазы падения сахара крови через 10—20 мин. начинается подъем его, который продолжается и после работы. Здесь, безусловно, имеет место более энергичная мобилизация сахара, нежели при умеренной работе. Это, повидимому, вызывается тем, что при более мощной работе действуют более сильные раздражители. Что представляют собою эти раздражители, мы не знаем. При этом мы не можем смотреть на избыточную мобилизацию, как на явление расточительности в организме, так как степень перехода сахара из крови в ткань мышц зависит от разности концентрации в них. При работе подобной мощности невозможность для испытуемого продолжать работу не зависит от уровня сахара крови. Работа прекращается по другим причинам.

У малотренированных лиц при более кратковременной работе мы находим падение уровня сахара крови. Здесь мы не можем предполагать истощения углеводных запасов, так как эти же лица могут производить менее мощную работу продолжительное время. Больше всего надо думать о том, что у малотренированных лиц количество сахара, которое они могут за единицу времени мобилизовать, ограничено.

После длительной тренировки падение уровня сахара крови при такой работе будет меньшим, даже наблюдается подъем его, т. е. способность мобилизовать сахар из депо улучшается.

Подъем сахара после работы есть также результат нарушения сахарного баланса крови. Мышцы, прекратившие работу, меньше потребляют сахара, а усиленное поступление его из депо продолжается еще несколько минут. Можно допустить, что степень падения уровня сахара после работы зависит от напряжения сахарного баланса во время работы, т. е., главным образом, от разности в потреблении сахара мышцами во время и после работы.

Таким образом мы можем по состоянию сахара крови частично характеризовать три разные формы утомления:

1. У тренированных лиц после длительной работы уровень сахара доходит до минимума ввиду истощения углеводных запасов организма. В этом случае низкий уровень сахара крови будет решающим фактором утомления.

2. У нетренированного человека при относительно мощной работе уровень сахара падает. Если даже уровень сахара не будет предельно низким, он будет одним из факторов, ограничивающих работоспособность, несмотря на то, что углеводные запасы организма не истощены.

3. При мощной работе средней продолжительности (но до отказа) у тренированного лица уровень сахара крови достаточно высок для продолжения работы, но утомление наступает по другой причине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hilla. Kupalov, Proc. roy. Soc. B. **105**, 313, 1929.
2. Chauveau et Kaufmann, Comptes rendus. 1886.
3. London, Angiostomie und Organstoffwechsl. Moskau, 1935.
4. Boje, Skand. Arch. Physiol. **74**, Supplement N 10/1, 1936.
5. Конради, Слоним, Фарфель, Физиология труда, 1934, стр. 111.
6. Embden u. Habs, Z. physiol. Chem. **171**, 1927.
7. Wakabayashi, Z. physiol. Chem. **179**, 79, 1928.
8. Ferrari, Pflügers Arch. **230**, 639, 1932.
9. Deuticke. Klin. Wschr. **16**, 11, 1937.
10. Thörner, Klin. Wschr. **16**, 140, 1937.
11. Jokl, Klin. Wschr. **14**, 718, 1915.
12. Long a. Grant, J. of biol. Chem. **89**, 1930.
13. Brand u. Krogh, Skand. Arch. Physiol. **72**, 1, 1935.
14. Lajos, Biochem. Z. **281**, 279, 1936.
15. Weslaw, Wronski, Wroblewski, Klin. Wschr. **16**, 1746, 1937.
16. Букин, Витамины, Москва, 1937.
17. Балаховский, Микрoхимический анализ крови.
18. Hagedorn u. Jensen (см. Балаховский).
19. Fujita u. Iwatake, Biochem. Z. **242**, 543, 1931.
20. Hemmingsen. Цит. по Бойе.
21. Ege u. Roche, Skand. Arch. Physiol. **59**, 75, 1930.
22. Somogyi, J. of biol. Chem. **86**, 655, 1930.
23. Hiller, Lindera. v n Slyke, J. of biol. Chem. **64**, 625, 1925.
24. Boje, Skand. Arch. Physiol. **76**, 298, 1937.
25. Foster G. L., J. of biol. Chem. **55**, 291, 1923. Цит по Бойе.
26. Gibson H. V. J. of biol. Chem. **67**, 46, 1926.
27. Pampе, Arbeitsphysiol. **5**, 342, 1932.
28. Christensen, Arbeitsphysiol. **4**, 128, 1931.
29. Levine, Gordon, Derick. J. americ. med. assoc. **82**, 1778, 1924.
30. Matthies Th., Pflüg. Arch. **227**, 4, 1931.
31. Kestner, Johnson und Laubmann, Pflügers Arch. **217**, 335, 1927.
32. Knoll u. Lüss. Arbeitsphysiol. **7**, 517, 1934.
33. Schenk, Die Ermüdung gesunder und kranker Menschen, Jena 1930.
34. Lang, Arb itsphysiol. **9**, 43, 1935 1937.
35. Meythaler u. Droste, Klin Wschr. **13**, 439, 1934.
36. Knoll, Mihaila, Jonescu, Dulige, Arbeitsphysiol. **9**, 414, 1935.
37. Dulige, Klin Wschr. **16**, 180, 1937.
38. Gordon, Kohn, Levine, Matton, Scriver, Whiting. J. americ. med. assoc. **85**, 508, 1925.
39. Meythaler u. Wossidlo, Klin. Wschr. **16**, 658, 1937.

А. И. Лившиц и Е. К. Хализева

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ФОСФОРА В КРОВИ И МОЧЕ ПОСЛЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ НАПРЯ- ЖЕННОЙ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ

Новейшие теории химизма мышечного сокращения приписывают важную роль соединениям фосфора при работе мышц, причем распад фосфорных органических соединений сочетается с превращением химической энергии в механическую. Чтобы получить полную наглядную картину фосфорного баланса целого организма, нужно наблюдать за обменом веществ, образом жизни и питанием данного организма в течение длительного периода (1). Однако изменения, сопровождающие кратковременную, максимально напряженную работу, часто настолько велики и закономерны, что дают возможность косвенно судить о динамике этих веществ в отдельных звеньях обмена.

Фосфор в моче был открыт в 1669 г. впервые гамбургским алхимиком Брандом (2). В 1865 году Либих пишет о том, что в его время можно только констатировать факт присутствия фосфора во всех жидкостях организма и частях животных и из этого делать вывод о необходимости фосфора для жизни животных.

В 1899 году Маклеод (3) установил, что работающие мышцы содержат больше неорганического фосфора, чем неработающие. Эмбден, Гризбах и Шмидт в 1914 г. (4) нашли в мышцах лактацидоген и высказали предположение, что дача фосфора может влиять на обмен веществ в мышцах. Целый ряд работ Эмбдена и его школы установил, что фосфор необходим для совершения мышечной работы, что его количество повышается в крови и моче после работы и что дача фосфора за некоторое время до выполнения работы может повышать работоспособность человека (5, 6).

Большое количество исследований по этому вопросу разделяется на две группы: первая группа исследователей изучает изменение работоспособности, а также содержание фосфора в моче и крови при мышечной работе при даче фосфорных соединений; вторая группа наблюдает за динамикой фосфатов при мышечной работе без введения фосфатов извне.

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМА ФОСФАТОВ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

Гирцкеймер (7), Мюллер (8), Леви (9), Гинсберг (10), Гризбах (11), Герхардт (12), Пешпельерктер (13) и Дармен (14) наблюдали повышение работоспособности при приеме внутрь фосфорных соединений за некоторое время перед работой. Шварц и Леман при длительном приеме внутрь глицерофосфата отмечали повышение мышечной силы и длительности работы. Время отдыха после напряженных коротких работ сокращалось (15). Марбе (16) при коротких работах по-

лучал отчасти чрезвычайно слабые, отчасти отрицательные результаты. Тальбот и другие авторы (17) не наблюдали повышения коэффициента полезного действия и дыхательного коэффициента при работе на третбане при даче NaH_2PO_4 за 12 час. перед началом работы. По Атцлеру и сотрудникам различные фосфорные соединения действуют различно при подкармливании ими на повышение работоспособности и другие показатели. Усвоение одного и того же фосфорного препарата зависит от состояния уровня пищевого обмена индивидуума, от азотного и кальциевго баланса организма. Из своих наблюдений авторы делают следующие выводы:

1) При работе фосфорный баланс падает по сравнению с азотным балансом даже в том случае, если азотный минимум остается без изменения.

2) Фосфорная нагрузка понижает азотный баланс по отношению к балансу фосфора, потому что при увеличении ретенции P_2O_5 растет азотный минимум, или при неизменном минимуме азота наступает ретенция фосфора.

Влияние дачи фосфатов на изменения в крови и моче при мышечной работе изучал также Крестовников с сотрудниками (18, 19, 20).

ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОСФОРА В КРОВИ

Целый ряд авторов занимался изучением изменений в содержании неорганического фосфора в крови при выполнении физической работы.

Цакаль (21) в 1934 г. ставил опыты над собаками, у которых при беге на третбане изучались изменения фосфорного обмена во время работы и в период восстановления. Работа была длительная и изменения фосфора изучались до 24 час. Нагрузка менялась. Строго дозировалась пища. Бег на 8,16 км с интенсивностью в 4,08 км/час и 35,12 км с интенсивностью в 6,39 км/час. Результаты этих исследований сводятся к следующему: содержание неорганического фосфора в крови во время мышечной работы не показывает характерных изменений, но после работы оно сперва повышается, а затем следует его понижение. Степень этого понижения зависит от величины работы. Кривая, показывающая содержание неорганического фосфора в моче, протекает различно и зависит от величины работы. При усиленной работе всюду отмечается резкое снижение содержания неорганического фосфора в моче, которое авторами рассматривается как следствие блокады фосфора почками. Это понижение продолжается и в первый период восстановления. Затем при разных работах отмечается повышенное выделение фосфора мочей, в то время как содержание неорганического фосфора в крови падает. Автор объясняет повышенное выделение фосфора мочей тем, что из организма начинает выделяться избыток неорганического фосфора, мобилизованного из других органов для совершения работы.

Говард и Рей (22) находят непосредственно после работы небольшое понижение неорганического фосфора крови с последующим его падением в течение следующего, за которым дальше следует увеличение фосфора мочи.

Шенк (23) отмечает в крови после короткой работы увеличенное содержание неорганического фосфора.

Гоммилл и Рибейро (24) показали, что через 2-3 мин. после напряженной кратковременной работы (бег на 50-60 м в 10 сек.) наблюдается некоторое ничтожное повышение содержания фосфатов крови (на 0,12-0,15 мг%), а в течение этого в течение часа происходит некоторое падение его (1,6-0,6 мг%).

Ефимов и Самичкина (25) отмечают после напряженной работы у человека значительное повышение фосфорной кислоты в крови после работы (от 7 до 12 мг%), причем количество затрачиваемой энергии при этой работе невелико (25).

Эмбден и Ловачек также указывают на увеличение содержания фосфора в крови после работы. На повышение неорганического фосфора в крови при обычном питании указывают также и следующие авторы: Гейнель (26), Харроп и Бенедикт (29), Миттельштедт (30) и Атцлер (1).

Как видно из перечисленных выше исследований от большинства авторов, содержание неорганического фосфора в крови всегда повышается после работы. К сожалению, трудно систематизировать

тизировать все эти данные, потому что различны как работа, так и время взятия проб.

Наши опыты проводились в лаборатории. Испытуемый приходил натощак. Отдыхал 30 мин. и проводил бег на месте до отказа. (Подробнее о характере работы см. предыдущую статью).

Неорганический фосфор крови мы определяли по методу Бригса, описанному у Балаховского. Кровь бралась из пальца. Приведенные в табл. 1 цифры являются средними из двух определений. Определения проводились до работы, тотчас после работы (через 1--2 мин.), через 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 300 мин. Всего было проведено 11 опытов. Колебания неоргани-

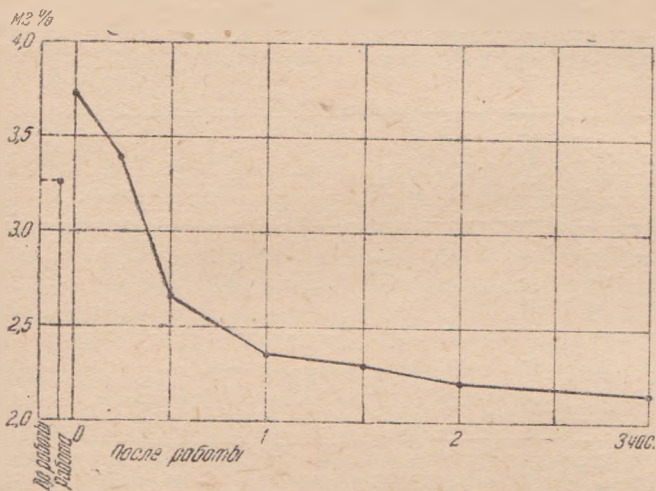


Рис. 1. Содержание неорганического фосфора в крови после бега на месте до отказа (3' 40''). Опыт 26/IV-37 г.

ческого фосфора крови натощак за время изученного нами экспериментального периода с 2/IV 1936 г. по 23/VI 1937 года составляют от 2 до 3,7 мг⁰/₀ за исключением опыта, где исходная цифра была значительно выше и равнялась 5,1 мг⁰/₀.

Во всех экспериментах мы можем отметить сразу после работы повышение неорганического фосфора крови. Такое же повышение отмечает целый ряд авторов, упомянутых выше.

Как видно из приведенной табл. 1, уже через 15 мин. наблюдается повышение неорганического фосфора крови, которое в 30 мин. приближается к величине покоя или падает ниже ее. Еще более резко это падение выражено в конце первого часа восстановительного периода (см. рис. 1). Дальнейшее протекание кривой неорганического фосфора крови, которую мы изучали, как уже указывалось, в течение 6 час. дает незначительные сдвиги в сторону понижения неорганического фосфора крови во всех экспериментах.

Содержание в крови неорганического фосфора в контрольном состоянии, т. е. в те дни, когда испытуемый не совершал работы, но

Неорганический фосфор крови после работы

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дата	2/IV	8/IV	20/IV	26/IV	8/V	14/V	26/V	2/VI	14/VI	21/VI	27/VI
Длительность работы	2 мин.	3 мин. 13 сек.	3 мин.	3 мин. 30 сек.	3 мин. 15 сек.	4 мин.	3 мин. 30 сек.	5 мин.	5 мин.	4 мин. 30 сек.	4 мин.
До	2,88	3,02	2,02	3,27	3,027	2,47	3,69	5,128	3,42	3,1	3,7
Тотчас после . . .	3,93	4,06	3,17	3,7	3,505	3,24	4,33	6,194	5,128	3,33	3,91
Через 15'	—	4,06	3,17	3,4	2,90	2,51	3,92	4,3	4,04	3,24	—
Через 30'	3,33	3,02	3,03	2,66	2,66	2,42	3,52	4,16	3,7	2,7	—
Через 45'	—	—	—	—	2,38	2,51	3,33	3,50	—	—	—
Через 60'	2,1	2,38	2,89	2,38	2,08	2,21	2,37	3,03	2,34	2,02	—
Через 90'	—	2,46	—	2,29	—	—	—	—	—	—	—
Через 120'	—	2,46	2,89	2,19	1,72	2,21	2,37	2,46	1,5	1,82	—
Через 180'	2,1	3,02	2,66	2,14	1,71	2,37	2,28	2,46	1,48	—	—
Через 300'	—	2,40	2,66	2,146	1,71	2,21	2,22	2,08	1,45	—	—

находился в лаборатории, не принимая пищи, колеблется сравнительно незначительно.

Если сравнить характер этих колебаний с кривой восстановления после работы, начиная от 2 час. восстановительного периода, то можем допустить, что отмеченные нами сдвиги в конце восстановительного периода отчасти вызваны голоданием.

Сопоставляя кривую работоспособности нашего испытуемого в течение тренировочного периода, которая выражается в возрастании времени работы от 2 мин. 06 сек. в первом опыте до 5-4 мин. 30 сек. в последнем, с изменениями неорганического фосфора крови, мы не находим никакой закономерности между величиной повышения неорганического фосфора крови и временем работы испытуемого и также не видим связи между содержанием неорганического фосфора в крови и состоянием тренированности.

ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОСФОРА В МОЧЕ

Выделение фосфатов мочей зависит от многих факторов: состава пищи, содержания минеральных веществ в ней и др. (31, 32). Неорганический фосфор в моче может появиться в результате распада органических соединений в организме, под влиянием различных процессов жизнедеятельности. Известно, например, что при мышечных сокращениях происходит распад гексозофосфорной кислоты, аденизинтрифосфорной кислоты, креатинофосфата и других веществ. В различных звеньях обмена может происходить распад нуклеопротеидов и фосфатидов, причем трудно установить соотношения, в каких фосфаты выделяются мочей и калом, потому что это выделение также зависит от многих причин. Хаммель Бергман (33) показал, что впрыснутый под кожу фосфат может полностью выделиться кишечником. Фосфаты играют очень важную роль в регулировании кислотнощелочного равновесия в организме. Нормально у человека выделяется мочью фосфора от 1 до 5 г в сутки. Есть указания, что при длительном голодании выделение фосфатов мочей зависит от распада костной ткани (Форстер (34), Цакаль).

Мунк и другие (35) авторы при очень напряженной мышечной работе наблюдали усиленное выделение фосфатов почками. Значительные выделения фосфатов почками в восстановительный период наблюдал Цакаль в длительных забегах с собаками (21).

Дасло (36) наблюдал после работы повышенное выделение фосфорной кислоты, креатинина и мочевой кислоты.

Дуг и Ослровский (37) цитируют работу Прейса (38), который нашел, что даже в обычных условиях выделение неорганического фосфора мочей сильно увеличивается, но эти колебания меньше, чем увеличение фосфора в моче после работы.

Свои опыты авторы проводили на собаках, пробегавших 8 км. Моча собаки содержала в дни бега на 0,18 г больше фосфатов, чем максимум выделение в нормальные дни, и на 0,2525 г больше средней величины мочи. Авторы высказывают предположение, что усиленное выделение фосфатов мочей зависит от усиленного выделения кислот в организме (молочной, фосфорной и угольной).

Карпентье и Бригаде (39) отмечают параллелизм между выделением P_2O_5 и интенсивностью работы.

Накагава (40) наблюдал повышение фосфатов в моче мальчиков при беге. Повышенное выделение неорганического фосфора мочей после работы отмечено также у следующих авторов: Майярда (41), Энгельмана (42), Цунда и Шумбурга (43), Маргета (44), Норта (45) и Вильсона (46).

Эмбден и Графе (4) показали, что выделение фосфатов в те дни, когда испытуемый выполнял работу на эргостате до полного утомления, значительно усилено по сравнению с днями обычного образа жизни. Максимум выделения наблюдался во вторую половину работы и в начале следующих суток.

Приводятся следующие цифры:

Суточное количество в рабочие дни — от 4,12 до 4,58; в дни покоя — от 3,54 до 4,02.

Виноградов с сотрудниками после 95 км лыжного бега, как правило, наблюдали повышенное выделение P_2O_5 тотчас после работы.

Крестовников (48) с сотрудниками наблюдали повышенное выделение мочью неорганического фосфора после работы (восхождение на гору), которое, по мнению авторов, указывает на сдвиги кислотнощелочного равновесия в организме.

Петтенкофер (49), Эртель и Кауп (50, 51) не обнаружили повышенного выделения фосфатов в моче после работы.

Гартман (52) нашел, что работа уменьшает выделение фосфатов мочей, а после работы содержание их увеличивается.

Клейтман (53) указывает, что содержание фосфатов в моче во время работы снижается, повышаясь по мере продолжения работы.

Несмотря на то, что работа, выполняемая испытуемыми, у различных авторов различна и неодинаково время взятия мочи, у большинства авторов отмечается повышенное содержание неорганического фосфора в моче после работы. К сожалению, взятие проб носит случайный характер и авторы не дают хода кривой этих изменений за более или менее продолжительное время. Как видно из наших опытов, разногласия авторов могут объясняться тем, что ход кривой изменений неорганического фосфора в моче после работы таков, что нельзя говорить только о повышении или понижении фосфора в моче после работы, не фиксируя точно время взятия мочи, характер выполняемой работы и другие условия опыта.

Содержание неорганического фосфора в моче определялось методом Бел-Дуази Бригса. Сравнение окраски производилось в колориметре Дюбоска. Моча бралась до работы, через час, через 2 часа, 3 часа, 4 часа, 5 часов, а в некоторых опытах и через 6 часов после работы.

Как было указано выше, по мере тренировки у испытуемых возрастала работоспособность, что выражалось в увеличении времени выполнения работы до отказа, но, как видно из цифр, приведенной ниже табл. 3, содержание фосфорной кислоты в моче не зависит от тренировки и времени работы.

Если количество фосфорной кислоты в моче до работы равно всюду за 0, то, как видно из рис. 2, кривые, показывающие изменения в содержании фосфорной кислоты в моче в период выполнения, резко падают характерным пучком ко второму часу. Содержание фосфорной кислоты в моче колеблется в этот период от 5 до 11 мг/час. Затем также согласно они начинают менее резко повышаться, и к пятому часу содержание фосфорной кислоты стабилизируется, но не всегда достигает исходной величины. Исходные величины отдельных опытов колеблются от 11 до 38 мг/час.

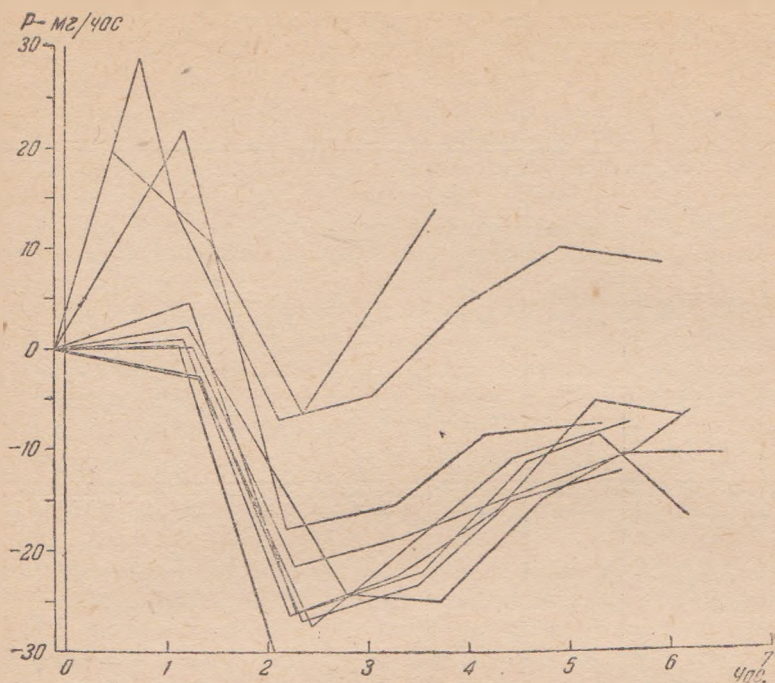


Рис. 2. Неорганический фосфор мочи после бега на месте (10 опытов).

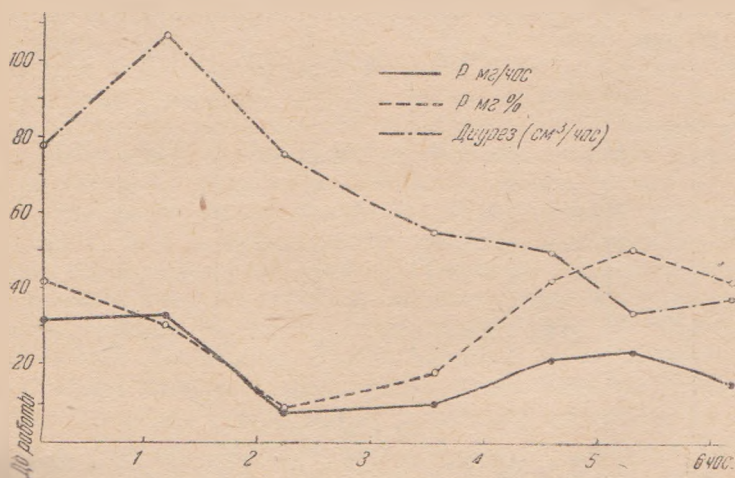


Рис. 3. Неорганический фосфор в моче и диурез после бега на месте. Продолжительность работы 3' 30" (26/IV-37).

Неорганический фосфор мочи при беге на месте
(в мг P, выделенного мочою)

Дата	№ опыта	До ра- боты	До 1 ча- са	1 с	2 часа	3 часа	4 часа	5 час.	6 час.
2/IV	1	11,90	27' 31,71	25' 22,70	20' 5,45	40' 25,90	—	—	—
8/IV	2	14,85	44' 43,73	6' 28,12	6' 7,91	1' 10,22	3 ч. 56'	4 ч. 56'	5 ч. 56'
20/IV	3	23,56	—	10' 45,33	10' 6,04	15' 8,31	10' 15,34	20' 16,48	—
26/IV	4	31,47	—	10' 32,46	13' 5,26	32' 9,56	34' 20,55	17' 23,02	11' 15,28
8/V	5	38,05	—	20' 35,45	20' 11,28	30' 14,77	25' 23,06	30' 26,18	—
14/V	6	34,65	—	12' 39,96	47' 10,26	42' 19,70	42' 20,00	42' 24,50	32' 24,65
26/V	7	27,27	—	15' 27,51	16' 5,73	16' 8,50	—	5 ч. 38'	13' 21,42
2/VI	8	36,81	—	11' 41,55	16' 10,77	16' 14,44	16' 21,00	16' 32,00	6' 30,54
14/VI	10	32,72	—	20' 30,00	25' 5,74	25' 13,55	25' 22,07	35' 25,70	—
21/VI	11	39,13	—	8' 39,46	3' 8,88	—	—	—	—
27/VI	12	20,17	41' 41,86	—	—	—	—	—	—
О П Ы Т Ы в п о к о е									
14/IV	1		8 ч. 55' 31,00	9 ч. 50' 23,07	11 ч. 45' 30,00	12 ч. 45' 23,60	13 ч. 50' 23,07		—
9/VI	2		8 ч. 30' 26,79	9 ч. 40' 23,20	10 ч. 40' 20,54	11 ч. 40' 23,69	12 ч. 40' 21,21	13 ч. 40'	—

На рис. 3 дана характерная кривая изменений неорганического фосфора в моче в мг/час. в одном типическом опыте, в период восстановления. На этом же графике для сравнения даны кривая концентраций неорганического фосфора в моче и кривая изменения диуреза после бега.

Уменьшение концентрации фосфорной кислоты ко второму часу после бега отнюдь не зависит от разбавления. Как видно из рисунка, диурез за это время не только не возрастает, но даже уменьшается.

В таблице 2 указаны колебания неорганического фосфора в моче у того же испытуемого натошак, без работы. Опыты в покое проводились 14/IV и 9/VI.

Как видно из результатов наших опытов, в зависимости от того, в какой момент восстановления после работы изучать содержание фосфора в моче, можно получить очень разноречивые данные, чем может быть и объясняются противоречия отдельных авторов. Так, например, в первых двух опытах 2/IV и 8/IV, когда моча бралась ранее часа (через 27 мин. и через 44 мин. после работы), видно повышение содержания фосфора в моче в ближайшее время после работы, а затем следует падение к первому часу восстановительного периода.

При сравнении колебаний в содержании фосфора в моче и крови, видно, что процесс восстановления протекает здесь не одинаково. Наиболее резкое падение отмечается в крови в период времени от 30 мин. до 1 часа, в то время как в моче оно достигает своей наибольшей величины только к 2 час. восстановительного периода. В моче не замечается отмеченных выше для крови „голодательных“ сдвигов, напротив, в то время как в крови продолжается незначительное понижение в содержании неорганического фосфора, последний в моче значительно возрастает.

Одновременно с фосфором мочи нами изучалось изменение величины рН в моче после работы. Интересен параллелизм между содержанием в моче фосфорной кислоты и кислотностью: как видно из сопоставления табл. 2 и 3, высокое содержание в моче фосфора через час отвечает минимальному рН (максимальной кислотности). Возможно, что резкий сдвиг в кислотности мобилизует труднорастворимые кальциевые фосфаты крови, почек и других частей организма и, кроме того, выделяется избыток фосфора, мобилизованного для совершения работы и не использованного для синтеза органических соединений. Труднее объяснить повышенное выделение фосфора в моче, начинающееся со второго часа восстановительного периода, когда содержание неорганического фосфора крови уменьшено. Происхождение этого „избыточного“ фосфора может быть объяснено после более детального изучения процессов, происходящих в целом организме во время мышечной работы и в период восстановления. Для этого должен быть найден лучший материал, чем тот, с которым нам пришлось столкнуться, просматривая литературу. На важность более детального изучения фосфорного баланса в организме указывают Атцлер, Лещинский и другие авторы (1).

Изменения pH мочи при беге на месте

Дата	№ опыта	До ра- боты	До часа	1 час.	2 час.	3 час.	4 час.	5 час.	6 час.
2/IV	1	6,33	27' 5,09	25' 5,07	20' 5,44	40' 5,42	— —	— —	— —
8/IV	2	5,47	44' 4,90	6' 5,00	6' 5,15	1' 5,26	3 ч. 56' 5,30	4 ч. 56' 5,35	5 ч. 56' 5,46
20/IV	3	5,72	— —	10' 5,21	10' 5,32	15' 5,34	10' 5,53	20' 5,79	— —
26/IV	4	5,72	— —	10' 5,08	13' 5,47	32' 5,64	34' 5,52	17' 5,77	11' 5,80
8/V	5	5,59	— —	30' 5,37	20' 5,51	30' 5,55	25' 5,59	30' 5,57	— —
14/V	6	5,65	— —	12' 5,06	47' 5,49	42' 5,47	42' 5,53	42' 5,54	32' 5,51
26/V	7	5,53	— —	15' 5,34	16' 5,58	16' 5,72	16' 5,73	38' 5,69	— —
2/VI	8	5,77	— —	11' 5,65	16' 5,48	16' 5,51	16' 5,37	16' 5,37	8' 5,51
14/VI	9	5,37	— —	20' 5,05	25' 5,37	25' 5,33	25' 5,56	35' 5,58	— —
21/VI	10	5,52	— —	8' 5,28	3' 5,37	— —	— —	— —	— —
27/VI	11	5,47	— —	— 5,30	— —	— —	— —	— —	— —
14/IV		8 ч. 55' 5,61	9 ч. 50' 5,42	11 ч. 45' 5,56	12 ч. 45' 5,63	13 ч. 50' 5,60			
9/VI		8 ч. 30' 5,70	9 ч. 40' 5,72	10 ч. 40' 5,71	11 ч. 40' 5,70	12 ч. 40' 5,70	13 ч. 30' 5,70		

ЛИТЕРАТУРА

1. E. Atzler, K. Bergmann, O. Graf, H. Kraut, G. Leinhardt. A. Szakáll. Arbeitsphysiol., 8, 621, 1935.
2. Д. И. Менделеев, Неорганическая химия. Ленинград, 1925.
3. Macleod. Z. physiol. Chem. 28, 535 (1899) (цит. по 1).

4. Embden, Griesbach u. Schmidt, Z. physiol. Chem. 93, 20 (1914) (цит. по 5).
5. Г. П. Конради, А. Д. Слоним, В. С. Фарфель, Физиология труда, Биомедгиз, 1934.
6. Embden, Kalberlach u. Schmidt, Biochem. Z. 45, 45 (1916). Embden u. Grafe, Hoppe-Seylers Z. 113 (1921) (цит. по 5). Embden u. Lowatschek, Biochem. Z. 127, 181, 1929.
7. Herxheimer, Klin. Wschr. 1922, 1, 480 (от 7 до 17 цит. по 1).
8. Müller, Med. Welt. 6, 959.
9. Loewy, Arbeitsphysiol. 3, 276 (1930).
10. Hinsberg K., Z. exper. Med. 59, 262 (1927).
11. Griesbach, Med. Welt. 1928, 780.
12. Gerhartz, Biochem. Z. 239, 401 (1931).
13. Poppelreuter, Münch. Med. Wschr. 1929, 1, 912.
14. Dahrmen O., Ind. Psychot-chn. 7, 273 (1930).
15. Atzler u. Lehmann, Med. Welt (1931).
16. Marbe K., Nahrung-Schmied. Arch. 167, 407 (1932).
17. Talbot и соудр. J. of biol. Chem. 78, 445—463 (1928).
18. Danilow, A. Koriakina, E. Kossovskaya, A. Krestovnikoff и А. Fomytschov, Arbeitsphysiol. 8, 1 (1935).
19. Крестовников и др., Arbeitsphysiol. 8, 13 (1935).
20. Крестовников и др., Arbeitsphysiol. 8, 24 (1935).
21. Szakall, Arbeitsphysiol. 8, 318 (1935).
22. Hovard a. Rey, J. of Physiol. 61, N 1 (1926) (от 22 по 25 цит. по 5).
23. Schenk u. Cramer, Arbeitsphysiol. 2, 163 (1929).
24. Gemmil a. Ribeiro, Amer. J. Physiol., 103, 367 (1933).
25. Ефимов и Замычкина, Гигиена Труда 3, 18, 1930; Arbeitsphysiol. 2, 41 (1930).
26. Embden u. Lowatschek (ср. 6).
27. Heinelt, Verh. ges. inn. Med., 391, 1925 (с 27 по 29 цит. по 5).
28. Dill, Edwards a. Talbott, J. of Physiol., 69, 267 (1930).
29. Harrop a. Benedict, J. of biol. Chem., 59, 683 (1924).
30. Миттельштедт, Дервиз и Георгиевская, Труды III съезда физиологов, 189 (1928) (цит. по 5).
31. Oppenheimer, Handbuch der Biochemie, т. 5.
32. L. Brill, A. intern. de physiol. 30, 1 (1923).
33. Hammel, Bergmann, Arch. für exp. Path. 47, 77 (1905) (цит. по 31).
34. Förster, Z. Biol. 9, 297 (1873) (цит. по 31).
35. Munk, Arch. Anat. u. Physiol. (1895), 385 (цит. по 31).
36. Laszlo, Klin. Wschr. 7 (1928).
37. Klug u. Oslowsky, Pfl. Arch., 54, 21, (1893).
38. K. Preysz, Ungarisches Archiv für Medizin, 1, S. 38.
39. Carpentier et Brigaoder, Bull. Soc. de Ch. biol., 9, 580 (1917).
40. Nakagawa, Amer. J. Dis. Childr. 49, 594—602 (1933).
41. Maillard, Journ. de Physiol. et de Pathol. 10, 11.
42. Engelmann, Arch. Anat. u. Physiol. (Berl. u. Lpz.) 1871; 14 (цит. по 1)
43. Zuntz u. Schumburg, Beitrage zur Physiolog. des Marsches, Berlin. 1 (цит. по 5).
44. Mariet C., C. r. Soc. Biol. Paris. 99, 243 (цит. по 1).
45. North W., Proc. Roy Soc. Med. 36.
46. Вильсон и соудр. J. biol. Chem. 65, 755, 1926 (цит. по 5).
47. Embden u. Grafe (ср. 6).
48. P. Baicenko und A. N. Krestovnikoff, Arbeitsphysiol., 6, 4 (1932).
49. Pettenkoffer u. Voit, Z. Biol. 2, 544 (1866).
50. Ortel, Z. Physiol. Chem., 26, 123 (189) (цит. по 5).
51. Каур, Z. Biol. 43, 221 (1902) (цит. по 5).
52. Hartmann, Pflugers Arch. 204, 613 (1924) (цит. по 5).
53. Kleitmann, Amer. J. Physiol. 74, 225 (1925) (цит. по 5).

А. В. Фомичев

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОЛЬНО УСИЛЕННОГО ДЫХАНИЯ НА ОРГАНИЗМ В СОСТОЯНИИ ПОКОЯ

С дыхательной системой организма неразрывно связана работоспособность человека. Очень часто ограниченное снабжение организма кислородом препятствует усилению и продолжению работы. При таких физических упражнениях, как бег на средние дистанции, скоростное плавание, ныряние и др., большое значение имеет хорошо развитая и укрепленная дыхательная система спортсмена. Часто этого бывает недостаточно и, чтобы выполнить огромную работу, требуется прибегать к другим средствам, еще более усиливающим дыхательную функцию. Многие спортсмены-пловцы перед заплывами на короткие дистанции применяют вдыхание кислородных смесей с воздухом и чистого O_2 . В естественных условиях одним из методов усиления газообмена применяется произвольное усиленное дыхание (гипервентиляция). Значение этих приемов (гипервентиляция, вдыхание O_2) и вызываемые ими физиологические сдвиги еще недостаточно распознаны. Гипервентиляция, однако, входит уже в практику спортсмена как фактор, способствующий иногда повышению спортивных результатов. Применяется ли гипервентиляция бессистемно, и вопрос о дозировке ее стоит в известке дня.

В настоящем исследовании делается попытка установить более целесообразную дозировку гипервентиляции, а также поднимаются вопросы, связанные с теорией гипервентиляции — с влиянием ее на организм.

Работами Дугласа, Пристли, Гендерсона, Фредерика, Эвальда, Ефимова и др. установлено, что произвольно усиленное глубокое дыхание резко изменяет состав альвеолярного воздуха в сторону увеличения напряжения O_2 и уменьшения напряжения CO_2 . Некоторые из этих авторов (Ефимов и др.) нашли, что при увеличении напряжения O_2 в альвеолярном воздухе его поглощение увеличивается, вследствие чего может быть увеличена работоспособность. Повышение производительности предварительным, произвольным усиленным дыханием отметили в свое время Дуглас и Холден (1910), но эффективность в этом случае, по их заключению, больше зависела от уменьшения напряжения CO_2 в альвеолярном воздухе, чем от накопления кислорода в крови.

Позднее работами Симонсона, Ефимова было установлено, что усиленное дыхание, применяемое во время и после работы, значительно сокращает время необходимого отдыха после тяжелой мышечной работы. Сокращение восстановительного периода после произвольного усиленного дыхания объясняется повышенным напряжением кислорода, уменьшением напряжения углекислоты в крови и улучшением кровообращения.

Несколько позднее наши наблюдения по изучению влияния произвольного усиленного дыхания на организм человека показали выгодность

перед работой и после нее. Нами отмечено, что глубокие дыхания перед работой на велотрабе и перед бегом способствовали уменьшению общей кислородной потребности и сокращению времени восстановления. Уменьшение восстановления после физической работы (бег) под влиянием глубокого дыхания отмечают также Лившиц и Великсон.

Влияние вдыхания кислорода прослежено в исследованиях Гилла, Фляка, Христенсена, Крога, Линдгарда и мн. других. Они установили, что вдыхание 50% смеси кислорода с воздухом повышает поглощение организмом кислорода во время работы и в восстановительном периоде. Гилл, Фляк, Мийама, Карпович в своих наблюдениях над спортсменами установили, что вдыхание кислорода до и после упражнения (бег) в течение нескольких минут повышает работоспособность, а также предотвращает одышку и скорее восстанавливает газообмен. Наблюдения Карповича по плаванию и бегу показали, что вдыхание O_2 повышает скорость выполнения работы лишь тогда, когда кислород вдыхается непосредственно перед упражнением; вдыхание O_2 , производимое за несколько минут до упражнения, не оказывало заметного влияния.

Бригс в своих исследованиях особо подчеркивает, что не только неприспособленный человек легче выполняет физическую работу при вдыхании смеси кислорода с воздухом, но что это полезно и для человека, приспособленного к выполнению напряженной работы.

Отмечено также благоприятное влияние вдыхаемых смесей O_2 с воздухом и чистого кислорода на сердечную деятельность и частоту дыхания в работах Гилла, Фляка, Мекензи, Христенсена, Крога, Линдгарда, Мийама, Барак, Ефимова и др. Из них многие нашли, что вдыхание O_2 перед работой и после нее снижает частоту пульса, дыхания, уменьшает величину кровяного давления и ускоряет их восстановление.

По наблюдениям Симонсона, Ефимова, Фомичева, Смирнова и др. вслед за прекращением глубоких дыханий после работы в сравнении с контрольной работой уменьшалась частота пульса, дыхания и снижалось кровяное давление. По данным Гилла и сотрудников вдыхаемый кислород ускоряет окисление молочной кислоты в мышцах, накопившейся в результате физической работы, вследствие чего ее концентрация в крови снижается.

Гилл, Фляк и Мекензи отмечают, что „мозговые симптомы“, связанные с недостатком кислорода, как-то: головокружение, потемнение в глазах и даже обморок, не появляются в том случае, когда работа производится после вдыхания кислорода (Бейнбридж). Правда, Дуглас и Гольден приписывают уменьшение триггерадных симптомов, указанные Гиллом, глубокому дыханию, которое по их мнению, якобы, имело место у лиц, вдыхающих кислород. По подсчетам Гилла и Фляка при вдыхании O_2 общий объем его в организме может увеличиться до 3 литров, за счет растворения в жирах, в воде организма и в крови. Это количество кислорода вполне может обеспечить снабжение тканей на 2 минуты тяжелой работы (Бейнбридж). Д. Баркрофт в своей книге „Основные черты архитектуры физиологических функций“ пишет: „что касается запасов O_2 как такового, то в состоянии резерва находится только:

1) кислород в легких в газообразном состоянии (в добавочном и остаточном воздухе) — около 400 см³ у человека.

2) Кислород в физическом растворе в тканевых жидкостях организма — не более 70 см³ и, возможно, много меньше, скажем, 10—15-секундный запас организма.

3) В гемоглобине мышц — сомнительное и почти ничтожное количество, примерно 50 см³.

4) В гемоглобине крови — примерно 800 см³ или приблизительно 2—3-минутный запас для организма в покое“.

Гилл, Фляк, Баркрофт и мн. др. считают, что организм во время напряженной физической работы недостаточно снабжается кислородом, так как кровь практически не насыщена O_2 . Насыщение крови кислородом даже в покое почти никогда не бывает полным. Так, по данным Холдена, Баркрофта, Ван-Слайка, Минза, Диксона, Волинского и многих других кровь нормального человека насыщена кислородом на 90—95%. При сердечной недостаточности насыщение колеблется от 95 до 75%.

В литературе имеются данные в пользу того, что при вдыхании O_2 его содержание в крови увеличивается не только за счет насыщения гемоглобина,

но и за счет физического растворения в плазме. Доллуиг, Колс и Левенхард указывают, что одним из факторов при поддержании уровня содержания O_2 в крови является давление кислорода во вдыхаемом воздухе.

Еще Фредерик, проводивший исследования напряжения O_2 в артериальной крови во время вдыхания собаками чистого кислорода, в некоторых опытах получал цифры кислорода, превышающие 60% атмосферного давления, что в четыре раза превышает напряжение O_2 в артериальной крови в норме. Такое напряжение O_2 возможно только при насыщении артериальной крови кислородом за счет его растворения в плазме. Прикладовицкий, изучая токсическое действие высоких давлений кислорода, указывает, что „по мере повышения парциального давления во внешней среде и соответственно этому увеличения количества газа, растворенного в плазме, увеличивается доля потребления тканями O_2 из раствора и тем самым уменьшается потребление кислорода из оксигемоглобина“.

Из учения о газах крови известно, что между напряжением CO_2 и O_2 в крови существуют определенные взаимоотношения: чем меньше напряжение CO_2 в крови, тем больше кровь воспринимает кислорода, и наоборот. При глубоких усиленных дыханиях можно ожидать, что вследствие удаления некоторых количеств CO_2 создаются более благоприятные условия для более полного насыщения крови кислородом.

Для работ, связанных с задержкой дыхания, предварительная гипервентиляция имеет весьма большое значение. Подтверждением этого могут служить многочисленные примеры из физкультурной практики. Так, например, многими спортсменами глубокие дыхания применяются перед нырянием, перед бегом на короткие и средние дистанции и др. Субъективно ими ощущается значительное облегчение выполняемой работы. По показаниям спортсменов предварительно проводимые глубокие дыхания перед бегом на средние и длинные дистанции способствовали отдалению и смягчению наступающей „мертвой точки“. Известно, что после нескольких глубоких дыханий перед бегом на 60 и на 100 м можно пробежать дистанцию, не переводя дыхания. Применение усиленных глубоких дыханий перед нырянием значительно удлиняет время пребывания под водой (Фомичев). Наблюдения Файзулина, проведенные в бассейне при сдаче норм по нырянию из комплекса ГТО II ст., показали, что многие лица после глубоких дыханий в течение одной минуты свободно проплыли дистанцию свыше 20 м, тогда как в обычных условиях они едва преодолевали 6—7 м. Туземцы островов Тихого океана—искатели жемчуга—перед нырянием производят в течение 15—30 мин. частое и глубокое дыхание, что дает им возможность находиться под водой без дыхания до 3 мин. без вредных для них последствий (Прикладовицкий).

Наряду с авторами, оценивающими положительное влияние вдыхаемой кислородной смеси и чистого O_2 , имеются лица, ставящие на противоположной точке зрения. К ним относятся Бенедикт, Хиггинс, Майер, Дуглас, Пристли и др. Бенедикт и Хиггинс утверждают, что нет никакой разницы между вдыханием атмосферного воздуха, содержащего 20% кислорода, и воздуха, содержащего 60 и 90% O_2 . Несмотря на вдыхание вышеуказанных газосмесей в течение 10—15 мин. в их опытах основной обмен не изменился. Большинство этих авторов основывает свои возражения на том, что организм не может быть обогащен кислородом, так как что гемоглобин крови полностью насыщен O_2 как в воздухе, так и

во время работы. Поэтому излишек O_2 , введенный в альвеолы легких, не может быть поглощен кровью, даже если он поступает и под более сильным давлением.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы применяли произвольно усиленное дыхание при различной частоте его— 8, 12, 16, 18 и 20 дыханий в одну минуту— в продолжении 1, 3 и 5 минут. При этом исследовались: газообмен по Дуглас-Гольдену, кровяное давление, частота пульса, частота и глубина дыхания (пнеймография), продолжительность задержки дыхания, вкаат мочи (по Мюллеру) и фагодитоз (по Платонову).

Испытуемыми были студенты Института физической культуры в возрасте от 19 до 25 лет, здоровые, хорошо тренированные.

Опыты ставились утром, натощак. Исследования производились в покое, во время и после произвольно усиленных дыханий.

Испытуемые после длительного отдыха в лаборатории производили усиленное дыхание через сухие газовые часы Цунда. Каждый раз частота дыхания задавалась метрономом. Для сохранения постоянной интенсивности дыхания за время опыта испытуемый контролировал глубину дыхания, глядя на стрелку газовых часов, стоящих перед ним.

ИЗМЕНЕНИЯ В ГАЗООБМЕНЕ

Количество вентилируемого воздуха во время глубоких дыханий по сравнению с покоем резко меняется. Соответственно увеличению частоты дыханий (в минуту) вентиляция возрастает (табл. 1). По отношению к покою при 8 глубоких дыханиях в минуту вентиляция увеличивается в 3—4 раза, при 16 дыханиях— в 5—5½ раз, а при 20— в 6—8 раз. При этом, как правило, глубина дыхания с нарастанием частоты постепенно снижается, но не доходит до уровня покоя. Так при 8 дыханиях в минуту глубина дыхания в 4—5 раз превышает таковую в покое, тогда как при 16 дыханиях— только в 3—3½ раза, а при 20 дыханиях и еще меньше.

Следовательно увеличение легочной вентиляции в наших опытах происходит за счет возрастания частоты дыханий при относительном уменьшении объема каждого выдоха.

В большинстве наших опытов легочная вентиляция в течение опыта, несмотря на то, что испытуемый мог регулировать глубину дыхания, не была одинакова. Это говорит о том, что при произвольно усленном дыхании очень трудно поддерживать равномерную глубину дыхания даже за небольшой промежуток времени.

Данные о поглощении кислорода во время произвольно усиленных дыханий и после представлены в таблице 2. Из таблицы следует, что поглощение O_2 во время усиленных дыханий возрастает и подчас тем больше, чем больше легочная вентиляция.

Наибольшее увеличение поглощения кислорода за время 5-минутного дыхания в большинстве происходит в первую минуту, несколько меньше— во 2 и 3 мин. и еще меньше— в 4—5 мин., не считая однако и к последней минуте уровня покоя.

Повышение потребления кислорода во время гипервентиляции является следствием целого ряда причин.

Во-первых, весьма вероятным является объяснение, данное Берлингером и Гартманом, обнаружившими при динамической ре-

Таблица 1

Легочная вентиляция в 1 мин. и глубина дыхания при различной заданной частоте форсированного дыхания (Средние данные)

Испытуемый	Частота дыханий в 1 мин.	1 мин.		3 мин.		5 мин.	
		Глубина дыхания в л	Легочная вентиляция в л	Глубина дыхания в л	Легочная вентиляция в л	Глубина дыхания в л	Легочная вентиляция в л
А-в	8	1,76	14,1	2,27	18,2	2,01	16,1
	12	1,65	19,8	1,88	22,6	1,58	19,0
	16	1,25	20,0	1,47	23,5	1,13	18,1
Ч-а	8	2,62	21,0	2,60	20,8	2,55	20,2
	12	2,36	28,3	1,82	21,8	1,90	22,8
	16	2,00	32,0	2,05	32,8	1,90	30,4
С-п	8	2,02	16,2	2,13	17,0	2,25	18,0
	12	1,75	21,0	1,68	20,2	2,09	25,1
	16	1,60	25,8	2,00	32,0	—	—
	18	1,75	31,5	1,72	31,0	1,76	31,7
	20	1,60	32,0	1,72	34,4	1,74	34,8
Ф-в	8	2,50	20,0	—	—	—	—
	12	1,87	22,4	—	—	—	—
	16	1,41	22,6	—	—	—	—
	20	1,35	27,0	—	—	—	—
	24	1,33	31,9	—	—	—	—
	60	0,87	52,2	—	—	—	—

гистрации газообмена по Рейну сходные с нашими данные. Они обращают внимание на изменяющийся при гипервентиляции состав воздуха в легких. Несомненно, что при интенсивном глубоком дыхании меняется состав альвеолярного воздуха в сторону понижения в нем CO_2 и повышения O_2 . Как показали наши расчеты, O_2 в альвеолярном воздухе может от 14—15% в покое повыситься при очень мощной гипервентиляции до 19—20%. Если принять неизменной емкости легких в 4—4,5 л, то при покоем дыхании в легких за вычетом вредного пространства находится около 2000 см³ воздуха (берем нарочито преуменьшенную величину, то при 15% содержащегося в нем кислорода общее содержание кислорода в легких составит приблизительно 300 см³. При усиленной вентиляции емкость легких вследствие более глубоких вдохов возрастает, предположим, до 3000 см³. Если процентное содержание O_2 в них достигает 19—20%, то это означает, что доступная емкость легких возрастает теперь до 540—600 см³. Иными сло-

Поглощение O_2 в 1' во время и после произвольного ус-
(Средние 3-х опытов)

Подопытные лица	Частота дыха- хания в 1'	Поглощение O_2 за 1' покоя	Произвольно усиленное дыхание					
			Легочная вентиля- ция в литрах			Поглощение O_2		
			1'	3'	5'	1'	3'	5'
К-н	—	226	22,5	26	—	490	441	—
А-в	8	202	14	18	16	403	379	302
	8	—	26	23	—	490	370	—
	12	—	20	23	19	389	333	290
	16	—	20	24	18	322	299	219
	16	—	30	26	—	500	330	—
Ч-а	8	225	21	21	20	523	383	437
	8	—	21	16	—	643	302	—
	12	—	23	22	23	773	405	363
	16	—	32	33	32	1030	633	405
С-н	8	220	16	17	18	451	401	415
	8	—	23	26	—	683	374	—
	12	—	21	20	25	660	487	452
	16	—	26	32	—	794	425	—
	18	—	32	31	32	1104	433	499
	20	—	32	34	35	1014	753	526

Восстановление				
Поглощение O ₂				
1'	2'	3'	4'	5'
82	118	200	210	228
102	121	128	163	189
115	135	135	163	190
102	131	113	155	166
82	117	135	151	159
88	118	119	168	191
105	124	131	168	187
83	95	102	181	229
108	156	153	172	213
90	145	157	171	201
93	136	175	191	192
83	123	145	175	180
92	142	168	182	189
92	114	133	160	203
72	131	155	187	187
166	156	166	208	208

вора, запас кислорода в легких может увеличиваться при гипервентиляции на 300 см^3 . По окончании гипервентиляции организм будет потреблять этот избыток кислорода из легких, пока его содержание в них не дойдет до прежнего уровня. Естественно, что разность между количеством вдыхаемого и выдыхаемого кислорода должна будет снизиться, что даст внешнюю картину кажущегося снижения в потреблении кислорода тканями.

Это объяснение весьма правдоподобно и, несомненно, что так и происходит в действительности, однако один только факт увеличения кислородной емкости легких не может полностью объяснить наблюдаемое нами избыточное потребление O_2 при гипервентиляции, достигающее за 5 мин. подчас до $2000-2500 \text{ см}^3$.

Следующее объяснение, которое может быть дано по поводу избыточного потребления O_2 при гипервентиляции,—это увеличение кислородной емкости крови. Известно, что кислород содержится в крови как в физически растворенном, так и в химически связанном состоянии. При этом количество как того, так и другого зависит от парциального давления O_2 в легких. Возрастание напряжения O_2 в альвеолярном воздухе, наблюдаемое при гипервентиляции, несомненно в какой-то мере донасыщает кровь кислородом. Та часть кислорода, которая находится в плазме в состоянии физического растворения, чрезвычайно незначительна и увеличение ее при повышении альвеолярного напряжения O_2 того порядка величин, которые наблюдаются при гипервентиляции, вряд ли может иметь практически ценное значение в повышении кислородной емкости крови.

Можно предполагать, что относительно большую роль здесь должно играть увеличение количества кислорода, связываемого гемоглобином. Как уже указывалось, в покое гемоглобин не полностью насыщен кислородом. Может, конечно, возникнуть сомнение, в состоянии ли наблюдаемое при гипервентиляции увеличение напряжения O_2 , скажем на 20 мм Hg , само по себе обеспечивает полное донасыщение гемоглобина кислородом. Здесь, однако, следует принять во внимание действие двух факторов, способствующих этому процессу. Во-первых переменность величины диффузионного кислорода через альвеолярно-сосудистые стенки. При усиленной легочной вентиляции значительно возрастает дыхательная поверхность легких, а увеличение легочной поверхности, как показал А. и М. Крог, обуславливает значительное увеличение коэффициента диффузии газов. Последнее же обеспечивает облегчение насыщения крови кислородом (Дуглас).

Во-вторых, усиленное вымывание при гипервентиляции CO_2 из крови. Известно (Гендерсон—Баркрофт), что способность гемоглобина связывать кислород зависит кроме прочего от наличия в крови связанной CO_2 . Удаление части ее из венозной крови, притекающей к легким, обеспечивает образование оксигемоглобина. При гипервентиляции из крови вымываются значительные массы CO_2 (рис. 1), что естественным образом влечет за собой более углубленный захват кислорода гемоглобином.

Все это, вместе взятое, дает основание предполагать, что при гипервентиляции происходит увеличение не только кислородной

емкости легких, но и увеличение кислородной емкости крови. Величина прироста последней, однако, сравнительно невелика. Если предположить даже, что кислородная емкость крови поднялась с 18 до 20% (что мало вероятно), то на всю массу циркулирующей крови, скажем в 5 л, это составит прирост всего на 100 см³.

Мы знаем, однако, что при покое количество циркулирующей крови меньше всего количества крови, находящейся в организме, так как часть ее депонирована. При усиленной гипервентиляции депонированная кровь если не вся, то значительная часть ее, вероятно, вступает в общее кровообращение. Так как, находясь в депо, кровь мало насыщена кислородом, то при вступлении ее в круг она захватит из легких относительно больше кислорода. Если ориентировочно предположить, что при гипервентиляции мобилизуется еще 1 л венозной крови, то это даст обогащение общей крови кислородом еще на 60—70 см³.

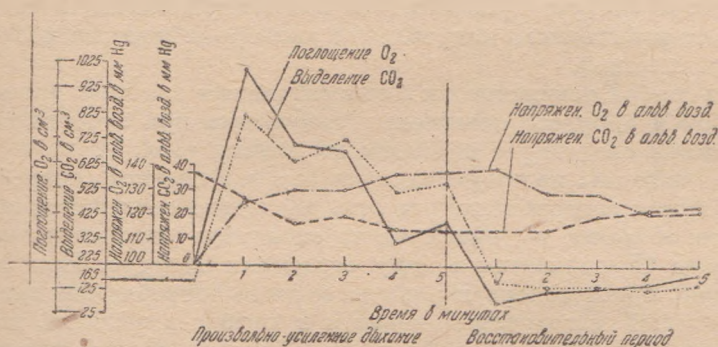


Рис. 1. Газообмен при произвольно-усиленном дыхании в покое.

Мы видим таким образом, что при гипервентиляции возможно образование кислородных запасов в легких и в крови, в общем прирост ли превышающем 0,5 л O₂. Правда, мы здесь не принимаем в расчет возможного дополнительного растворения O₂ в тканях. Однако, если по подсчетам Баркрофта в нормальных условиях тканевые жидкости содержат не больше 70 см³ физически растворенного кислорода, то практически небольшое увеличение парциального давления O₂ в легких при гипервентиляции и обусловленное этим слабое увеличение концентрации физического раствора O₂ в плазме вызовут также небольшой прирост растворенного O₂ в тканевых жидкостях, которым при наших грубых расчетах можно пренебречь.

Следующим фактором, участвующим в усиленном потреблении кислорода при гипервентиляции, может быть избыточное его потребление дыхательной мускулатурой, усиленно работающей в период гипервентиляции. По данным Шпека потребление кислорода дыхательными мышцами составляет 10 см³ на литр вентиляции. Эванс указывает значительно меньшую цифру—0,3—0,7 см³.

При усиленной вентиляции в 60 л эта величина возрастает до 1,7—2 см³ на литр. Таким образом при покое издержки на работу дыхательной мускулатуры составляют 1,4% общего обмена организма, а при усиленном дыхании, сопровождающем интенсивную работу, — до 10%. По подсчетам Бенцингера и Гартмана избыточное потребление O₂, сопровождавшее гипервентиляцию, не покрывается в их опытах той величиной потребления O₂, которая идет на работу дыхательных мышц, а еще на 60% выше этой величины, несмотря на то, что они принимают издержки на дыхательную мускулатуру равными 20—30% от общего обмена.

В наших опытах, когда форсированная вентиляция при покое превышала подчас 30 л, издержки на работу дыхательной мускулатуры должны быть ощутимыми. Если принять, что на каждый литр вентиляции потребляется 5 см³ O₂, то общая затрата на 30 л составит 150 см³/мин., а за 5 мин. — 750 см³/мин.

Отсюда следует признать, что при гипервентиляции значительная доля избыточного потребления кислорода идет на работу дыхательных мышц.

Для грубой ориентировки в относительном значении упомянутых факторов в процессе повышения газообмена при гипервентиляции произведем следующие подсчеты из данных табл. 2.

Если исходить из предположения, что повышенное „потребление“ O₂ во время гипервентиляции есть следствие создания запасов O₂ в легких и крови, то, очевидно, по окончании гипервентиляции потребление O₂ понизится в меру созданных запасов. При „восстановлении“ будет теперь в первую очередь потребляться тот кислород, который находится в крови и в легких в избытке, пока в приращение O₂ в них не дойдет до обычного своего уровня при покое.

В табл. 3 показаны величины избыточного потребления O₂ при гипервентиляции (разность между фактическим потреблением O₂ и потреблением O₂ при покое за то же время) и величины недостаточного его потребления после гипервентиляции. Последние цифры должны быть увеличены. Восстановление изучалось на протяжении 5 мин., к этому времени величина потребления O₂ часто возвращалась уже к исходному уровню, однако во многих опытах она еще оставалась и к 5 мин. низкой. Однако, если даже восстановление заканчивалось к 10-й мин., то за последние 5 мин. разность между фактическим потреблением O₂ и исходным его уровнем составляла едва несколько десятков куб. сантиметров.

Из табл. 3 видно, что после гипервентиляции уменьшение в потреблении O₂ относительно исходного уровня составляет практически почти постоянную величину, независимую от величины избыточного потребления кислорода в период активной гипервентиляции. Абсолютное значение этой величины недостаточного потребления кислорода после гипервентиляции должно быть в некоторых случаях несколько увеличено, поскольку, как указывалось, восстановление часто еще не заканчивалось на 5-й мин. Если прибавить к этим цифрам даже 50 см³, то в подавляющем большинстве опытов абсолютная недостача в потреблении O₂ составит

Разность между потреблением O_2 во время гипервентиляции и после нее и исходным его потреблением при покое

Испытуемые	Частота дыхания	Длительность гипервентиляции	Потребление O_2 во время усиленного дыхания минус потр. O_2 при покое	Разность между потреблением O_2 после усиленного дыхания и исходн.
К-н	—	3 мин.	697	— 290
А-в	8	3 "	624	— 272
	8	5 "	755	— 307
	12	5 "	625	— 343
	16	3 "	348	— 366
	16	5 "	554	— 326
Г-а	8	3 "	572	— 435
	8	5 "	1038	— 410
	12	5 "	1184	— 323
	16	5 "	2081	— 361
Сэр.	8	3 "	751	— 394
	8	5 "	983	— 308
	12	5 "	1438	— 327
	16	3 "	984	— 398
	18	5 "	1868	— 368
	20	5 "	2472	— 196

гипервентиляции не превосходит 400 см^3 ; возможный максимум этой величины в двух опытах не превышает $450\text{--}460 \text{ см}^3$.

Как выше указывалось, можно предполагать, что обогащение легких и крови кислородом при гипервентиляции составляет приблизительно подобную же величину. Отсюда естественно предположить, что недостаточное потребление O_2 после гипервентиляции есть следствие использования в это время организмом того кислорода, который во время гипервентиляции в избытке скопился в легких и крови.

В пользу этого предположения говорит также тот факт, что величина недостаточного потребления кислорода после гипервентиляции оказывается постоянной, независимо от того, совершалась ли гипервентиляция в течение 3 или 5 мин.

Увеличение в содержании кислорода в легких и в крови происходит, очевидно, в первые же минуты усиленного дыхания; проявляющаяся же в последние минуты гипервентиляция ничего не прибавляет к образовавшимся уже запасам. Отсюда вытекает важное практическое заключение о бесполезности для практических целей

чрезмерно длительной произвольной гипервентиляции. Для обогащения легких и крови кислородом 3 мин. вероятно достаточно.

У всех испытуемых, во всех (за одним исключением) опытах избыточное потребление O_2 во время гипервентиляции не равно недостатку в его потреблении после гипервентиляции, а значительно выше последнего. Это, несомненно, говорит о том, что при усиленном дыхании происходит также усиление обмена веществ. В некоторых опытах эта разница полностью может быть отнесена за счет потребления O_2 усиленно работающей дыхательной мускулатурой. Однако этим никак нельзя объяснить наблюдавшееся нами в ряде случаев такое мощное избыточное потребление, как $2-2\frac{1}{2}$ л O_2 .

Нам представляется возможным следующее объяснение этого факта. Лица, бывшие в этой работе подопытными, являются квалифицированными спортсменами, привыкшими выполнять физическую работу большой мощности. Эта работа, естественно, сопровождалась интенсивным дыханием. Поскольку же частое выполнение большой работы, иначе частое мощное усиление окислительных процессов, всегда сопровождалось интенсивным дыханием, то законно задать себе вопрос, не может ли само по себе интенсивное дыхание вызвать усиление окислительных процессов в организме? Этот вопрос тем более законен, что в свете ряда работ, выполненных в лаборатории К. М. Быкова (Быков, Ольнянская), можно теперь с уверенностью говорить о возможности условно-рефлекторного повышения обмена. Об этих же влияниях со стороны коры мозга на обмен говорят и интересные опыты Шаттенштейна, показавшего, что газообмен может повышаться при одном представлении о работе у загипнотизированного субъекта. Нам представляется, что подобно тому, как в иной постановке опытов это было у Быкова и Ольнянской, наблюдаемое нами повышение обмена при усиленном дыхании есть процесс условно-рефлекторный. Условным раздражителем в данном случае является сам акт усиленного дыхания, всегда сопутствовавший привычному для наших испытуемых мощному повышению обмена. Наибольшие величины газообмена при гипервентиляции обнаружены у испытуемого Сорокина. По специальности этот испытуемый — борец, регулярно тренирующийся, притом работающий эмоционально. Вполне вероятно, что производимое им мощное интенсивное дыхание могло вызвать в организме повышение окислительных процессов, в обычных условиях его спортивной деятельности требующих мощного дыхания.

Предположение о том, что при гипервентиляции усиливаются окислительные процессы, подтверждается, как нам кажется, результатами наших исследований над вакатом O_2 мочи.

ВАКАТ КИСЛОРОДА МОЧИ

Под вакатом Мюллер подразумевает то количество кислорода, которое может воспринять для полного окисления данное вещество или раствор. Из работ Мюллера, Сидоровой и др. следует, что вакат O_2 является хорошим показателем для суждения об

сивности окислительных процессов в организме при разных физиологических состояниях организма.

Определение ваката мочи по Мюллеру до и после различной продолжительности произвольно усиленных дыханий дали следующие результаты (табл. 4). Вакат мочи в полном покое не дает никаких изменений, в то время как после периода усиленных дыханий он значительно уменьшается. Снижение ваката происходит не только тотчас же после глубоких дыханий, а даже спустя некоторое время. В большинстве случаев наибольшее снижение было отмечено на 30-й мин. после глубокого дыхания, но уже на 60-й мин. вакат выравнивается до цифр покоя. Таким образом, это снова указывает на важную роль глубоких усиленных дыханий в ускорении окислительных процессов в организме человека.

Таблица 4

Вакат O_2 мочи в покое и при произвольно усиленном дыхании

Подопытные лица	Произвольно усиленное дыхание (в мин.)	Вакат O_2 (в мг на 1 см ³ мочи)		
		Покой	Через	
			30'	60'
Ф-в	4	8,97	8,58	8,9
Г-ч	5	8,5	8,19	8,2
С-в	7	9,83	9,38	9,7
Г-ч	10	8,13	7,96	7,98
Г-ч	10	7,52	7,31	5,84
.	10	7,89	7,6	7,85
.	5	7,7	6,9	6,9

ЗАДЕРЖКА ДЫХАНИЯ

Большое прикладное значение имеет вопрос о влиянии гипервентиляции на длительность задержки дыхания. Как выше уже указывалось, гипервентиляция как прием, способствующий удлинению времени задержки дыхания, довольно широко применяется на практике ныряльщиками. Экспериментально влияние гипервентиляции и вдыхания кислорода на длительность задержки дыхания исследовалось рядом авторов — Шнейдером, Уайтом, Верноном, Баркрофтом и др.

Наибольший интерес для нас представляет подробное исследование Шнейдера. Его опыты показали, что при большой подаче O_2 в легкие продолжительность задержки дыхания удлиняется. Так, например, после усиленного двухминутного дыхания длительность задержки дыхания больше, чем после глубокого дыхания, она еще более продолжительна после вдыхания O_2 или же после периода усиленных дыханий и 3-х глубоких вдохов чистого кислорода.

В одном из его опытов после периода усиленных дыханий и трех вдохов чистого O_2 один из испытуемых задержал дыхание в течение 15 минут 13 се-

кунд. По мнению Шнейдера длительность задержки дыхания зависит от накопления CO_2 , а не от недостатка кислорода, так как реакция пульса и кровяного давления аналогична таковой при постепенном увеличении CO_2 во вдыхаемом воздухе. Свое предположение Шнейдер подтверждает еще тем, что задержка дыхания в камере с различными низкими давлениями кислорода по продолжительности не отличалась от задержки в обыкновенных условиях.

Понижение способности к задержке дыхания после девятидневного пребывания в горах этот автор ставит в связь с уменьшением щелочных резервов крови. Им также отмечена весьма слабая корреляция между длительностью задержки дыхания и жизненной емкостью легких, в то время как корреляция между задержкой дыхания и силой выдоха весьма большая.

В общем же, по его мнению, длительность задержки дыхания больше определяется психологическим фактором, чем фактором физиологическим. Физиологическими же факторами, определяющими время задержки дыхания, он считает состав крови, ее щелочной резерв и содержание в ней CO_2 ; недостаток кислорода играет второстепенную роль.

По Фляку, Баркрофту и др., в противоположность Шнейдеру, момент прекращения задержки дыхания зависит главным образом от недостатка кислорода.

В настоящей работе описываются результаты 660 наблюдений над представителями различных групп спортивных специальностей. У 20 человек в группе. У одних испытуемых исследовалась длительность задержки дыхания при покое и после 1—3 мин. произвольно усиленных дыханий. У других испытуемых задержка дыхания регистрировалась при покое и после 1 мин. форсированных дыханий, осуществлявшихся с различной частотой—8, 12 и 16 раз в минуту. Задержка дыхания во всех опытах производилась при среднем положении грудной клетки.

В табл. 5 представлены данные первой серии опытов. Из этой таблицы, в которой в числителе указаны минимальные и максимальные, а в знаменателе средние длительности, видно, что предварительная гипервентиляция, как правило, увеличивает длительность задержки дыхания. Кроме того таблица показывает, что гипервентиляция, производимая в течение 3 мин., увеличивает длительность задержки дыхания гораздо больше (подчас свыше чем на 50%) чем одномоментная гипервентиляция. Этот факт, как нам кажется, свидетельствует о том, что увеличение длительности задержки дыхания зависит не только или не столько от увеличения содержания кислорода в легких и крови при гипервентиляции, сколько от вымывания из крови углекислоты. Для обогащения кислородом легких и крови, возможно, достаточно одной минуты усиленного дыхания, а если бы увеличение длительности задержки дыхания зависело только от этого фактора, то различий между одномоментной и трехминутной гипервентиляцией не наблюдалось бы.

Продолжающаяся же во вторую и третью минуты гипервентиляция вымывает все большие массы CO_2 из крови. На рис. 1 хорошо видно, как к третьей минуте происходит перекрест кривых потребления O_2 и выделения CO_2 ; падение потребления O_2 сопровождается здесь повышенным выделением CO_2 . Усиленное же выведение CO_2 уменьшает возбуждение дыхательного центра и способствует прекращению дыхания на более долгий срок.

Из табл. 5 также видно, что гипервентиляция не в одинаковой мере увеличивает длительность задержки дыхания у представителей различных спортивных специальностей. У пловцов

Таблица 5

Длительность задержки дыхания в покое и после произвольно усиленного дыхания

Спортивная специальность	Покой	Одна минута гипервентиляции	Три минуты гипервентиляции
Плавание (20 человек)	$35'' - 2'30''$ $1'15''$	$1'15'' - 4'43''$ $2'36''$	$1'25'' - 5'15''$ $3'15''$
Акробатика и художественная гимнастика (20 чел.)	$40'' - 2'20''$ $1'14''$	$1'00'' - 3'00''$ $1'44''$	$1'22'' - 4'00''$ $2'31''$
Спортигры (40 чел.)	$37'' - 1'36''$ $1'04''$	$1'07'' - 2'33''$ $1'36''$	$1'24'' - 3'53''$ $2'17''$
Гимнастика (20 чел.)	$40'' - 1'48''$ $1'05''$	$50'' - 2'13''$ $1'30''$	$1'25'' - 3'10''$ $2'13''$
Бокс (20 чел.)	$30'' - 1'30''$ $46''$	$35'' - 2'04''$ $1'14''$	$42'' - 2'36''$ $1'48''$
Борьба и поднятие тяжестей (20 чел.)	$30'' - 1'34''$ $46''$	$40'' - 1'50''$ $1'06''$	$1'00'' - 2'20''$ $1'36''$

влияние выражено несравненно сильнее, чем у представителей других исследованных нами спортивных групп. Вероятно это объясняется большим влиянием плавания на развитие дыхательного аппарата, большей тренированностью пловцов на задержку дыхания и привычным для них гипервентилированием перед нырянием.

Во второй серии опытов, представленных в табл. 6, регистрировалась длительность задержки дыхания после гипервентиляции одной, той же длительности (1 мин.), но различной интенсивности (8, 12 или 16 форсированных дыханий в минуту). Таблица показывает, что увеличение интенсивности дыхания обеспечивает (правда, в сравнительно небольшой степени) большее удлинение времени задержки дыхания.

Таблица 6

Длительность задержки дыхания в покое и после 1' произвольно усиленного (различной частоты) дыхания

Спортивная специальность	Покой	Задержка дыхания в мин. и сек.		
		Произвольно усиленное дыхание		
		8	12	16
Борьба	$20'' - 1'4''$	$24'' - 1'30''$	$30'' - 1'35''$	$31'' - 1'48''$
	$37'5''$	$56''$	$57''$	$1'4''$
Гимнастика	$22'' - 1'7''$	$35'' - 1'11''$	$55'' - 1'10''$	$40'' - 1'25''$
	$38''$	$54''$	$53''$	$1'5''$
Спортигры	$27'' - 56''$	$32'' - 1'20''$	$37'' - 1'36''$	$45'' - 1'49''$
	$38''$	$56''$	$1'2''$	$1'6''$
Бокс	$20'' - 1'32''$	$39'' - 2'4''$	$39'' - 2'12''$	$32'' - 1'54''$
	$46''$	$1'11''$	$1'15''$	$1'14''$

Для исследования значения вдыхания O_2 в комбинации с усиленным дыханием мы провели еще одну серию опытов. Эти опыты показали, что длительность задержки дыхания после усиленных глубоких дыханий и нескольких вдохов чистого кислорода или после вдыхания одного кислорода в течение одной минуты значительно возрастает.

Если испытуемые этой серии могли в покое задержать дыхание от 30 сек. до 2 мин., то после 3 мин. усиленного дыхания и трех вдохов чистого O_2 они удерживали дыхание до 5' 26", а после 1 мин. вдыхания чистого O_2 —до 6 мин. 03 сек. Случаев с 14- и 15-минутной задержкой, отмеченных в опытах Шнейдера, мы, несмотря на большое число наблюдений, не получили.

Как материал к анализу причин, обуславливающих удлинение задержки дыхания, приводим табл. 7, в которой указаны содержание O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе.

Таблица 7

Содержание O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе в покое и после задержки дыхания вслед за гипервентиляцией или вдыханием кислорода

	CO_2	O_2	Длительность задержки дыхания
	(в процентах)		
Покой	5,51	14,25	—
После задержки дыхания в покое	8,12	8,17	2'20"
К концу задержки дыхания после усиленного дыхания	8,86	8,13	3'50"
К концу задержки дыхания после вдыхания O_2 в течение 1'30"	9,19	14,23	5'18"

Из этой таблицы видно, что после задержки дыхания на фоне покоя содержание CO_2 в альвеолярном воздухе резко увеличивается при одновременном падении содержания кислорода. После форсированного дыхания время задержки дыхания увеличено, но задержка дыхания кончается приблизительно при той же концентрации CO_2 в альвеолярном воздухе (а следовательно и в крови), что и после задержки дыхания на фоне покоя. Наконец после вдыхания кислорода длительность задержки дыхания увеличена еще более, однако напряжение CO_2 поднялось сравнительно не на много. Получается впечатление, что каждый раз задержка дыхания прекращалась к тому моменту как накопление CO_2 в крови достигало известной величины. Характерно при этом, что в последнем случае задержка дыхания была прекращена тогда, когда в легких содержалось еще много кислорода, столько же, сколько и при покое. Возможно, что вдыхание кислорода играло здесь роль не столько в отношении образования кислородных запасов, сколько для обеспечения более успешного выделения из крови углекислоты.

КРОВЯНОЕ ДАВЛЕНИЕ И ЧАСТОТА ПУЛЬСА

Произвольно усиленное дыхание можно рассматривать как учащенное дыхание, где все элементы присущи нормальному дыханию только в усиленном виде. Поэтому несколько иные условия создаются для деятельности сердца и сердечно-сосудистой системы (с. с. с.) в целом. Ввиду создания новых условий и в деятельности с. с. с. можно было ожидать некоторых изменений, но, как будет видно из данных, эти изменения незначительны.

Максимальное кровяное давление у одних лиц, независимо от частоты усиленного дыхания, дает очень небольшие колебания в сторону повышения, у других остается без изменения. Несколько большие колебания в смысле подъема можно отметить в отношении минимального давления.

Что касается частоты пульса, то здесь мы имеем несколько большие колебания, чем колебания кровяного давления (табл. 8).

Таблица 8

Влияние форсированного дыхания на частоту пульса

Испытуемые	Частота дыхания в мин.	Частота пульса			
		Покой	Форсированное дыхание		
			1 мин.	3 мин.	5 мин.
Аб-в	8	72	75	78	81
	12	"	78	81	81
	16	"	81	84	84
Ч-а	8	48	58	63	68
	12	"	68	72	76
	16	"	76	86	86
Сер-я	8	54	66	72	72
	12	"	66	72	72
	18	"	69	75	81
	20	"	72	81	84

В период произвольно усиленного дыхания частота пульса неуклонно возрастает и тем больше, чем чаще и длительнее дыхание.

Частота пульса, даже после 18 и 20 дыханий в минуту, через 4—5 минут после дыхания возвращалась к исходной покое. Такие же указания в отношении последующего влияния усиленного дыхания на частоту пульса и кровяного давления мы встречаем у Шнейдера.

Влияние произвольно усиленного дыхания на кровяное давление изучали: Балье, Денсам и Уэлс, Бузби, Гилл, Фляк, Гендерсон, Принс и Хаггард, Бейнбридж, Эванс, Грольман, Норлин, Шнейдер, Рааб, Винсент и Томсон и многие другие, но результаты их исследований неоднородны.

Большинство этих авторов пришли к заключению, что систолическое (артериальное) давление у человека во время произвольно усиленного дыхания, независимо от продолжительности его, почти постоянно. Только Винсент и Томсон после короткого и интенсивного дыхания у людей нашли заметное и очень быстрое падение кровяного давления.

Шнейдер — несмотря на возрастание усиленного дыхания в течение 22 минут — наблюдал лишь легкое повышение, иногда падение кровяного давления. Частота пульса в его экспериментах постоянно возрастала и при 22 минутах усиленного дыхания повышалась на 80% первоначальной величины. Небольшие колебания кровяного давления нашли Грольман и Норлин. Усиленное дыхание в некоторых опытах Норлива продолжалось свыше одного часа. При этом частота пульса также неизменно повышалась. Одни (Колье, Денсам, Уэлс, Стюарт, Шнейдер и др.) считают это результатом компенсирующего сужения периферических сосудов вследствие потери CO_2 и повышения pH крови (Плеш, Андер, Леман, Эванс и др.), другие (Гейдерсон, Принс, Хаггард, и др.) — уменьшением венозного давления и уменьшением прилива венозной крови к правому сердцу, также по причине низкого содержания CO_2 в крови, влияющей на периферические сосуды, а по третьим (Грольман) вышеуказанные факторы особого значения не имеют и регуляция крови зависит от других факторов.

Грольман, наблюдавший увеличение частоты пульса и повышение кровяного давления с произвольно усиленным дыханием атмосферного воздуха и в опытах с вдыханием CO_2 , пришел к выводу, что частота пульса и кровяное давление не зависят от изменения напряжения CO_2 , а зависят от фактора механического. В своих исследованиях он не нашел различия ни в действии CO_2 , ни усиленной вентиляции на периферическое кровообращение. В этом и другом случае частота пульса неизменно увеличивалась. Он считает, что увеличение механической силы, заставляющей быстрее двигаться кровь по капиллярам, и является причиной усиления сердечной деятельности при вдыхании CO_2 и при произвольно усиленном дыхании. По его данным произвольно усиленное дыхание и гиперпноэ, вызываемое вдыханием CO_2 , увеличивают минутный объем сердца. Увеличение минутного объема сердца при произвольно усиленном дыхании отметили также Норлин и Швигк.

Линдгард и Лиистранд при вдыхании 4%, а Дуглас и Гольден 5% смеси CO_2 не нашли почти никаких изменений в сердечной деятельности. Ожидаемое ими усиление работы сердца, по мнению Дугласа и Гольдена, не произошло потому, что действие CO_2 ослаблялось влиянием более высокого давления кислорода артериальной крови, вызванного усилением дыхания.

Улучшение работы сердца при более высоком содержании кислорода вдыхаемого воздуха было отмечено Гиллом, Фляком и др. Положительное влияние глубоких дыханий по мнению многих авторов сказывается еще и в том, что они способствуют увеличению притока венозной крови к правому сердцу вследствие отрицательного давления, образующегося в грудной полости при вдохе.

ФАГОЦИТАРНАЯ СПОСОБНОСТЬ БЕЛЫХ КРОВЯНЫХ ТЕЛЕЦ

Исследование изменений фагоцитарной силы крови под влиянием глубоких усиленных дыханий было поставлено под углом зрения того, в какой мере глубокие дыхания влияют на мобилизацию защитных свойств организма.

Как видно из данных табл. 9, фагоцитарная способность лейкоцитов в большинстве опытов после глубоких дыханий значительно возрастает. У одних фагоцитоз нарастает тотчас же после дыханий, у других спустя некоторое время, оставаясь увеличенной еще 30 мин. и 60 мин. спустя.

Мы здесь не будем вдаваться в подробности теоретических суждений в отношении колебания фагоцитоза и ограничимся констатацией того, что глубокие дыхания оказывают благоприятное влияние и на защитную функцию крови.

Колебание фагоцитоза при произвольно усиленном дыхании

Испытуемые	Характер исследования (Произвольно усиленное дыхание в мин.)	Покой	1—3 мин.	30 мин.	60 мин.
Ф-в	4	33	42	34	36
"	7	24,5	37,5	37,5	28
Г-ц	5	30	35	40	29
"	10	31	35	34	26
Е-й	5	25	25	22	27
"	5	27	28,5	29	28
"	10	24,5	24	25	24
Х-н	3	22	22	30	
"	3	22	22,5	29,5	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потребление кислорода во время форсированного дыхания возрастает в особенности в первые минуты гипервентиляции. По прекращении гипервентиляции потребление кислорода резко западает ниже исходных величин покоя, к уровню которых оно возвращается спустя 5 и больше минут.

Высказывается предположение, что изменения в газообмене при гипервентиляции обусловлены в основном следующими тремя процессами:

1) увеличением при гипервентиляции содержания кислорода в легких и крови; западение кривой потребления O_2 после гипервентиляции обусловлено, вероятно, потреблением в это время образовавшихся до этого „запасов“ кислорода;

2) потреблением кислорода усиленно функционирующей дыхательной мускулатурой;

3) усиленным потреблением O_2 покоящейся мускулатурой, обмен веществ в которой повышается при бурной произвольной гипервентиляции, быть может, в условно-рефлекторном порядке.

Длительность задержки дыхания увеличивается после предшествовавшей гипервентиляции, притом тем больше, чем интенсивнее и дольше совершалась гипервентиляция.

При сравнении степени удлинения задержки дыхания под влиянием гипервентиляции у представителей различных спортивных специальностей оказалось, что наибольшее удлинение задержки дыхания имеет место у пловцов.

Влияние форсированного дыхания на деятельность сердечно-сосудистой системы сказывается в основном в учащении пульса, при сравнительно небольших сдвигах кровяного давления.

Обнаружено повышение фагоцитарной способности лейкоцитов при гипервентиляции.

А. В. Фомичев

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОЛЬНО УСИЛЕННОГО ДЫХАНИЯ, ДЫХАТЕЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ И ВДЫХАНИЯ O_2 НА ОРГАНИЗМ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

Настоящая работа является продолжением наших предыдущих исследований по влиянию произвольно усиленного дыхания на организм человека при выполнении им последующей физической работы и на организм, находящийся в состоянии покоя.

Задачей данной работы является сопоставить эффективность произвольно усиленного дыхания, комплекса дыхательных упражнений и вдыхания O_2 на работоспособность организма.

Из работ Гилла, Фляка, Лептона, Мекензи, Мийама, Бригса, Эвлета, Барнета, Льюиса, К. Кеннеди, Овена, Карпович, Ефимова, Янсена, Стромберга и др., не считая большого числа авторов, применявших вдыхание смесей O_2 и чистого O_2 в клинике, авиации и других условиях, известно благотворное влияние O_2 ; а по данным Дугласа, Гольдена, Симонсона, Ефимова, Великсон и Лифшиц и нашим — и произвольно усиленного дыхания на работоспособность организма.

В основном наблюдения большинства авторов сводились к следующему.

Предварительное вдыхание O_2 перед работой сказывалось на улучшении выполняемой работы и увеличении ее скорости, на уменьшении объема дыханий, частоты дыханий, на улучшении сердечной деятельности, уменьшении отрицательных мозговых симптомов и чувства удушья, на усилении окислительных процессов и удалении продуктов распада. Произвольно усиленное дыхание и вдыхание O_2 после работы ускоряли процессы восстановления.

В литературе имеются также данные (Янсен, Стромберг, Книппинг) о том, что вдыхание O_2 выравнивает часто создающийся кислородный дефицит в периферической (капиллярной) крови, имевший место у лиц с недостаточной работоспособностью сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Было высказано предположение о том, что при вдыхании O_2 или кислородной смеси с воздухом количество кислорода в организме может быть повышено. Гилл и Фляк предполагали о возможности увеличения общего объема кислорода в организме до 5 литров. Христенсен, Круг и Линдгард, повторившие наблюдения Гилла, установили, что поглощение O_2 , а также максимальная интенсивность работы могут быть увеличены вдыханием $45\frac{1}{10}$ кислорода.

Увеличение интенсивности работы при вдыхании O_2 по мнению Линдгарда происходит вследствие уменьшения издержек на вентиляцию и субъективного ощущения уменьшения усилия.

Христенсен, Круг и Линдгард утверждают, что влияние кислорода сказывается только на работе, продолжающейся не менее 2—3 минут, и не дает никакого эффекта при более кратковременных работах, равных минуте. Это явление ставят в зависимость от скорости кровообращения, как фактора, ограничивающего снабжение тканей кислородом. На развитие максимальной скорости кровообращения, по их данным, требуется 2 и более минут. Наиболее выгодным (в этом отношении) они считают начинать работу с субмаксимальной скоростью, позволяющей сердечно-сосудистой системе приспособиться к нарастающим требованиям со стороны мышечной системы.

По Смуту „для приспособления тела к новым потребностям в кислороде при переходе от состояния покоя к работе требовалось три минуты“.

По Гиллу и Лептону для достижения постоянной величины потребления O_2 после начала работы требуется $2\frac{1}{2}$ минуты, иначе обмен веществ не может достигнуть постоянного уровня.

Вернон и Штольц определенно заявляют, что большую эффективность вдыхание O_2 дает при беге на большие расстояния, тогда как при беге на короткие дистанции (400 м) ни глубокое дыхание, ни вдыхание O_2 не могут увеличить работоспособность хорошо тренированного бегуна.

Встает вопрос о том, сколько и когда вдыхать кислорода? Многие рекомендуют перед началом работы вдыхать O_2 не менее 10 мин., что необходимо для удаления большей части азота, растворенного в крови, и замены его кислородом. Например Бенедикт, Роберт и Стрек считают, что „вдыхание кислородной смеси с воздухом необходимо для удаления азота, растворенного в крови, и для замены азота кислородом до тех пор, пока упругость газа в крови не будет равной упругости O_2 во вдыхаемом воздухе“. До сего времени, несмотря на ряд работ, нет единого мнения о том, какая концентрация O_2 для организма наиболее благоприятна.

В настоящее время для медицинских целей большей частью пользуются 60% смесью O_2 . Большая концентрация по мнению Бригса и других не оказывает никакого влияния. Бенедикт, Роберт, Стрек, Кеткарт, Хиггинс и др. вообще не нашли никакой разницы между вдыханием атмосферного воздуха, содержащего 20% O_2 , и воздуха, содержащего 40, 60 и 90% O_2 , в смысле их влияния на изменение основного обмена.

В настоящей работе мы применили произвольно усиленное дыхание, комплекс дыхательных упражнений и вдыхание 60% O_2 и чистого O_2 . В качестве нагрузки был взят бег на месте в течение 3 минут с темпом 208 шагов в минуту. Высота поднятия колен устанавливалась постоянной посредством натянутого шнура. Исследования проводились в покое, во время и после бега. Эксперименты состояли из двух серий. Первая серия опытов состояла из произвольно усиленного дыхания, дыхательных упражнений, вдыхания O_2 перед бегом и контрольных опытов с нормальным дыханием. Вторая серия — применение вышеуказанных вариантов непосредственно после бега.

Продолжительность произвольно усиленного дыхания перед бегом была 3 мин., дыхательные упражнения и вдыхание O_2 — 2 мин. После бега все варианты по 2 мин.

Вдыхание кислорода осуществлялось не при нормальном дыхании, а при произвольно глубоком вдыхании O_2 , как и при усиленном вдыхании атмосферного воздуха.

Испытуемыми были 6 студентов Института физкультуры им. Сталина, в возрасте 20—22 лет, занимающихся преимущественно бегом, хорошо тренированных и вполне здоровых.

Исследовались: газообмен по Дуглас-Гольдену, частота пульса, частота и глубина дыханий, газы крови по микрометоду Баркрофта, фагоцитоз крови, вакат мочи по Мюллеру и окислительный индекс мочи.

Эксперименты проводились утром натощак. В покое, до бега и после бега, в положении сидя брались пробы на исследование газообмена, проводился подсчет пульса, запись дыхания, бралась из пальца кровь под парафиновое масло для определения в ней

газов и производились пробы мочи на закат и окислительный индекс. Во время бега—газообмен и запись дыхания. Каждый опыт повторялся по три раза и всегда в различном порядке, что давало возможность устранить влияние последующего приспособления к работе и к методикам.

ИЗМЕНЕНИЯ В ДЫХАНИИ И ГАЗООБМЕНЕ

Вентиляция легких во время бега возростала значительно, достигая 45—50 л/мин. В тех же случаях, когда бегу предшествовали вдыхание кислорода или нарочито форсированное дыхание, легочная вентиляция во время бега возростала не столь значительно. Пониженные против обычных цифры легочной вентиляции наблюдались в этих опытах и во время восстановления.

Подобное же снижение величины как во время бега (табл. 1), так и после него (табл. 2) относится и к частоте дыханий. Характерно при этом, что предшествующее бегу усиленное дыхание и вдыхание O_2 вызывают более значительное снижение частоты

Таблица 1

Частота дыхания во время бега после покоя, дыхательных упражнений, произвольно усиленного дыхания и вдыхания O_2

	Количество дыханий в 1 мин. при беге			
	После покоя	После дыхательных упражнений	После произвольно усиленного дыхания	После вдыхания O_2
Ас-ов	50	31	31	32
Ми-ов	25	24	23	22

Таблица 2

Частота дыхания при нормальном дыхании и вдыхании O_2 после работы

Время исследования	Количество дыханий в 1 мин.	
	Нормальное дыхание	Вдыхание O_2
Покой	16	16
Восстановительный период после бега		
1'	24	18
3'	20	14
5'	17	15
8'	18	16
10'	17	16

дыхания во время бега в том случае, когда в обычных условиях испытуемый реагирует очень резким учащением дыхания (табл. 1). У лиц, же хорошо владеющих своим дыханием и учащающих его при беге менее значительно, различия в частоте дыхания в контрольных опытах и в опытах, где бегу предшествовали гипервентиляция или вдыхание O_2 , значительно менее заметны. Наибольшие различия в частоте дыхания в основных и контрольных опытах отмечаются в начале бега, когда дыхание после гипервентиляции или вдыхания O_2 особенно редко. По мере продолжения бега различия несколько сглаживаются.

Поглощение O_2 во время и после бега в зависимости от состояния дыхания до бега различно (табл. 3).

В большинстве опытов большее поглощение O_2 наблюдается во время бега с предшествовавшим нормальным дыханием. При других же вариантах опытов наиболее резкое снижение потребности в кислороде мы наблюдаем в экспериментах с вдыханием O_2 и в меньшей степени при форсированном дыхании. Дыхательная гимнастика в этом отношении влияет меньше.

Уменьшение потребления кислорода в опытах с вдыханием O_2 и форсированным дыханием происходит за счет снижения потребления O_2 во время самой работы. При восстановлении же потребляется приблизительно такое же количество O_2 , как и в контрольных опытах. Это наводит на мысль о том, что при совершенно одинаковой, при всех вариантах, работе образуется, очевидно, одинаковое количество продуктов распада и приблизительно одинаковое количество их подвергается окислению после работы. Но такой ход рассуждений справедлив только при допущении, что и во время самой работы потребляется тоже одинаковое (независимо от условий предшествующего дыхания) количество кислорода. Это допущение не противоречит резко фактическим данным, несмотря на то, что последние показывают уменьшенное потребление O_2 во время работы, которой предшествовали усиленное дыхание и в особенности вдыхание O_2 . В предыдущем исследовании нами было показано, что форсированное дыхание может повысить содержание кислорода в легких и крови. Совершенно очевидно, что при вдыхании кислорода происходит еще большее обогащение им легких и крови. С начала выполнения работы может поглощаться в первую очередь тот кислород, который в легких и крови находится в избытке; естественно, что исследование газообмена покажет в этом случае уменьшение потребления O_2 из наружного воздуха. Это не означает истинного уменьшения потребления O_2 ; ткани потребляют O_2 в меру их запроса, но часть потребного O_2 черпается не их воздуха, а из созданного предварительным вдыханием O_2 избытка его в организме.

Вместе с тем, однако, у нас нет оснований приписывать пониженное потребление O_2 при беге вслед за вдыханием O_2 только утилизации образовавшихся запасов. Наблюдаемые фактические различия в величине потребления O_2 в данных условиях опыта и в контрольных опытах превышают в большинстве случаев 1000 см^3 , доходя до 2 л и в одном случае до 3 л. Такое большое различие

Поглощение кислорода и выделение углекислоты в см³ при нормальном дыхании, форсированном дыхании, дыхательной гимнастике и вдыхании O₂ перед работой

Испытуемые	Нормальное дыхание			Форсированное дыхание			Вдыхание O ₂			Дыхательная гимнастика		
	Работа	Восстан. период.	Сумма	П е р е д р а б о т о й								
				Работа	Восстан. период.	Сумма	Работа	Восстан. период.	Сумма	Работа	Восстан. период.	Сумма
Аб-ов	O ₂ 4659	4470	9 129	4907	3128	8 035	3456	4049	7 505	—	—	—
	CO ₂ 4474	4524	8 998	4119	2574	6 693	4268	3275	7 543	—	—	—
Пл-й	O ₂ 6941	4241	11 183	6312	4364	10 676	3859	3844	7 703	—	—	—
	CO ₂ 6148	3784	9 932	3919	3689	7 608	5125	4113	9 238	—	—	—
Пл-оп	O ₂ 7591	5160	12 751	5350	5298	10 648	5326	5405	10 731	6060	5192	11 252
	CO ₂ 7607	5447	13 054	4976	4999	9 975	5546	5073	10 619	4897	5201	10 098
Ша-й	O ₂ 7009	4800	11 809	6060	4525	10 585	5466	5398	10 864	6066	4986	11 052
	CO ₂ 5381	5072	10 453	4852	4394	9 246	5185	5907	11 092	5348	4929	10 277
А-ов	O ₂ 5240	4828	10 068	5521	4451	9 972	4751	4053	8 804	5409	4436	9 845
	CO ₂ 4774	4958	9 732	4855	4728	9 583	4851	4302	9 153	5096	4702	9 798
М-ов	O ₂ 5562	5613	11 175	5782	6162	11 944	4413	5799	10 212	6053	6463	12 516
	CO ₂ 5059	5194	10 253	4425	6192	10 644	5531	6094	11 625	5382	6213	11 595

в количестве потребленного кислорода вряд ли может быть покрыто только в результате предварительно образовавшихся запасов (см. предыдущее сообщение). Очевидно помимо этого момента имеет место еще и экономизация в потреблении кислорода. В известной степени экономизация в потреблении O_2 может здесь получиться за счет уменьшившейся работы дыхательных мышц и сердца (см. ниже). Все эти процессы, связанные с уменьшенным захватом кислорода легкими, разыгрываются в течение первых минут работы. Об этом в частности свидетельствуют данные табл. 4, в которой приведено потребление O_2 во время бега в течение 3 и 5 мин. после нормального усиленного дыхания. Уменьшение в захвате кислорода оказывается при 3-минутном беге почти тем же, что и при 5-минутном.

Несколько особое положение занимают опыты с применением вышеуказанных вариантов после бега. В сравнении с контрольными экспериментами потребность в кислороде резко уменьшается после вдыхания O_2 и произвольно усиленного дыхания.

Интересно отметить, что усиленное дыхание в течение 3 мин. и вдыхание O_2 в течение 2 мин. дают больший эффект, чем 2-минутное произвольное дыхание и вдыхание O_2 в продолжение 1 мин.

Опыты с дыхательными упражнениями здесь занимают среднее положение между контрольными и опытами с усиленным дыханием.

Таблица 4

Общая кислородная потребность при беге на месте с предварительным нормальным дыханием и усиленным дыханием

Характер работы	Поглощение кислорода			Общее количество поглощ. O_2 (в см ³)
	за 3 мин. усил. дых.	за время бега	за время восстан.	
Бег на месте 5 мин.				
1 С предв. норм. дыхан.	—	10 947	4 250	15 197
2 " " усилен. "	1 271	10 120	3 950	14 070
Бег на месте 3 мин.				
1 С предв. норм. дыханием	—	6 145	4 260	10 405
2 " " усилен. "	1 160	4 917	4 654	9 571

В опытах с вдыханием O_2 и с произвольно усиленным дыханием почти никакой разницы. Восстановление во всех опытах за исключением контрольных заканчивается приблизительно на 5—5-й мин.

Следует отметить, что процент поглощения O_2 у отдельных лиц не дает четких и закономерных изменений. Во время бега процент поглощения O_2 во всех случаях в сравнении с покоем возрастает, но особой разницы между отдельными вариантами нет.

В некоторых экспериментах можно видеть, что процент поглощения O_2 тем выше, чем меньше вентиляция легких. При увеличении легочной вентиляции утилизация O_2 из альвеол легких уменьшается.

В опытах с применением вышеуказанных вариантов после бега процент поглощения кислорода значительно меньше, чем в контрольных. Из них наибольшее снижение процента поглощения O_2 отмечается в вариантах с вдыханием O_2 и произвольно усиленным дыханием, в результате содержание кислорода в выдыхаемом воздухе увеличивается.

Данные этой работы вполне подтверждают результаты нашей первой работы, где нами при работе на велотрапе с предварительным произвольно усиленным дыханием было отмечено снижение общей потребности O_2 от 4 до 21,2%, а при беге на 60 м — от 9,8 до 16,2%, а также снижение потребления кислорода в период восстановления при применении усиленного дыхания после работы.

Они также подтверждаются исследованиями Гилла, Лептона, Мекензи, Мийама, Бригса, Карпович, Кеннеди, Овена, Симонсона, Ефимова и др.

Выделение CO_2 в большинстве опытов идет параллельно поглощению кислорода (табл. 3). В контрольных опытах с нормальным дыханием общее количество выделенной CO_2 в сравнении с другими вариантами несколько больше, так как здесь больше и общая потребность кислорода.

Если сопоставить между собой общее количество выделенной CO_2 с общей потребностью O_2 при отдельных вариантах, то можно видеть, что в большинстве опытов с предшествующим произвольно усиленным дыханием CO_2 выделяется меньше, чем в других вариантах и в контрольных опытах с нормальным дыханием.

Это является следствием того, что за время усиленных дыханий было выведено из организма большое количество CO_2 , а часть образующейся во время работы CO_2 задерживается в начале работы.

При дыхательных упражнениях CO_2 выделяется больше вследствие того, что в этих опытах нагрузка падает не только на дыхательные, но и на другие мышцы.

Совсем иное наблюдается в опытах с предшествующим рабочим вдыханием O_2 . Здесь CO_2 за время бега и в восстановительный период в большинстве случаев выделяется больше, чем поглощается кислорода, в результате и общее количество выделенной CO_2 превышает общее количество поглощенного кислорода. Это несколько необычное несоответствие между выделением CO_2 и поглощением O_2 зависит от того факта, что увеличенное содержание кислорода в организме позволяет выдержать несколько большее напряжение CO_2 .

В серии экспериментов с применением указанных вариантов после бега между поглощением O_2 и выделением CO_2 имеются почти такие же отношения, что и в вариантах, применяемых до бега.

ЧАСТОТА ПУЛЬСА

Данные частоты пульса при разных вариантах различны, но однородны по реакции отдельных испытуемых.

Из всех вариантов в сравнении с покоем частота пульса меньше всего повышается после бега с предварительным вдыханием кислорода и произвольно усиленным дыханием (табл. 5).

Таблица 5

Изменения частоты пульса

Испытуемый	Время исследования	Нормальное дыхание	Предварительно			После работы		
			Усил. Дых.	Вдых. O ₂	Дых. упр.	Усил. Дых.	Вдых. O ₂	Дых. упр.
	Покой	66	—	—	—	—	—	—
	После работы (мин.):							
	1	150	120	115	144	93	96	102
	3	108	93	93	102	90	90	90
А-ов	5	98	87	87	96	93	90	90
	8	94	87	87	87	90	90	90
	10	90	84	87	87	90	90	90
	15	90	84	87	87	90	90	90
	18	86	84	87	84	—	—	—

Несколько большие колебания отмечаются после контрольного бега с нормальным дыханием и дыхательными упражнениями. Наиболее заметное влияние предварительно вдыхаемого O₂ и произвольно усиленного дыхания на уменьшение частоты пульса сказывается в первые 3 мин. восстановления.

В опытах с применением указанных вариантов после бега частота пульса во всех экспериментах почти одинакова.

Наши данные подтверждают наблюдения Гилла, Фляка, Мийама, Барака, Бенедикта, Роберта, Стрека, Ефимова и др. Барак отмечает, что при вдыхании O₂ частота пульса через 2—4 и 8 мин. после упражнения в среднем на 20% ниже. По Гиллу и Фляку вдыхание O₂ поддерживает работоспособность сердца, вследствие чего может быть выполнена и большая мышечная работа.

Таким образом наши (и литературные) данные снова указывают на рациональность применения произвольно усиленного дыхания и вдыхания O₂ перед работой, так как при этом создаются более благоприятные условия для работы сердца.

ГАЗЫ КРОВИ

Предварительные опыты по исследованию газов крови показали, что процент содержания кислорода, независимо от варианта, почти не изменяется. Правда, наши данные по газам крови весьма

немногочисленны, поэтому на основании их нельзя сделать каких-нибудь практических выводов, но из литературы известно, что при тяжелой мышечной работе газовый состав крови резко изменяется. Например, Блохин, изучая газовый состав крови собак, выполнявших тяжелую мышечную работу, отметил задержку O_2 работающими мышцами до 40% по отношению к покою. При этом CO_2 артериальной и венозной крови снижалась. Средняя отдача CO_2 в кровь равнялась 106% .

По Дубинскому средний процент задержки O_2 мышцей после работы равен 16, а отдача CO_2 мышцей—15.

Уменьшение содержания CO_2 при работе в сравнении с покоящейся мышцей Блохин относит за счет гипервентиляции легких.

ФАГОЦИТОЗ КРОВИ И ВАКАТ МОЧИ

Данные фагоцитарной способности крови после физической нагрузки с нормальным дыханием и нагрузки с предварительным произвольно усиленным дыханием показывают, что в первом варианте фагоцитоз в большинстве случаев падает, во втором повышается. Повышение фагоцитоза под влиянием произвольно усиленного дыхания в покое было отмечено в нашей предыдущей работе и в одной из бригадных работ лаборатории научным сотрудником Гуляк.

Произвольно усиленное дыхание и вдыхание O_2 перед бегом благоприятно сказались и на уменьшении недоокисленных веществ в организме. После бега с предварительным нормальным дыханием недоокисленные вещества в моче нарастают, тогда как при других вариантах они уменьшаются.

Эти факты снова подтверждают благоприятное воздействие произвольно усиленного дыхания на работоспособность организма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение произвольно усиленного дыхания, дыхательных упражнений и вдыхания кислорода перед бегом на месте влечет за собой уменьшение потребления O_2 во время и после работы.

2. Большую эффективность в снижении потребности кислорода дают опыты с вдыханием O_2 и произвольно усиленным дыханием, чем опыты с дыхательными упражнениями.

3. Произвольно усиленное дыхание, дыхательные упражнения и вдыхание O_2 , применяемые после бега, ускоряют ликвидацию кислородной задолженности и уменьшают время восстановления газообмена.

4. Данные реакции сердечно-сосудистой и дыхательной системы показывают экономизирующее влияние дыхательных процедур на работу дыхательного аппарата и сердца.

5. Произвольно усиленное дыхание, вдыхание O_2 перед работой ведут к повышению защитных свойств крови и усиление окислительных процессов в организме (снижение ваката мочи).

ЛИТЕРАТУРА

1. Barach A. L., Amer. J. Physiol. 107, 610, 1934.
2. Pembrey M. S. and F. Cook, J. of Physiol. 37, 41, 1908.
3. Feldman J. and L. Hill, J. of Physiol. 42, 439, 1911.
4. Hill L. and M. Flack, J. of Physiol. 38, 28, 1909.
5. Hill L. and J. Mackenzie, J. of Physiol. 38, 33, 1909.
6. Douglas C. and J. Haldane, J. of Physiol. 38, 420, 1909; 39, 1, 1909.
7. Vernon H. and H. Stolz, Quart. J. exper. physiol. 4, 243, 1911
(цит. по Бенедикту).
8. Vernon H., J. of Physiol. 3, 8, 18 (1909).
9. Schneider E. C., Amer. J. Physiol. 94, 464 (1930).
10. Briggs H., J. of Physiol., 53, 38 (1919). 54, 292 (1920).
11. Smith H., Carnegie Inst. Wash. Pub. 1928. Nr. 309, 256 (цит по Бенедикту).
12. Hill A. V. and H. Lupton, Quart. J. med. 16, 151 (1923).
13. Hewlett A., Barnett V. and J.K. Lewis, J. clin. Invest. 3, 317 (1926/1927).
14. Clark-Kennedy A. E. and T. Owen, J. of Physiol. 62, 14 (1926).
15. Miyama A., Acta Scholae med. Kioto 14, 73 (1931). (цит. по Бенедикту и др.).
16. Barach A. L., Amer. J. Physiol. 107, 610 (1934).
17. Karpovich P. V., Research. Quart. Amer. Physiol. Edus. Assoc. 5, 24 (1934).
18. Francis, G. Benedict, Robert, C. Lee and F. Strick, Arbeitsphysiologie, 8, H. 3, 1934.
19. Benedict F. and H. Higgins, Amer. J. Physiol. 28 (1911), 1.
20. Benedict F. and E. P. Cathcart, Carnegie Inst. Wash. 1913, N. 187.
21. G. Schwigg, Zeitschrift für Gesamt. Experim. Med. B. 74, 1930.
22. Schneider C., Amer. J. Physiol. 91, 2, 1930.
23. A. Grollman, Amer. J. of Physiol. 94, 1930.
24. Douglas C. and J. Haldane, J. of Physiol. VI, 69, 1922. (цит. по Grollman'у).
25. Schneider E. C., Amer. J. Physiol. XCIV, 2, 1930.
26. Norlin, Skandinavisches Archiv für Physiologie. LXIV. 1932.
27. Simonson, Arbeitsphysiologie. B. I, 1929.
28. Benzinger u. Gartman, Luftfahrtmedizin. B. I, N. 2, 1936.
29. Douglas and S. G. Priestley, Human Physiology. Oxford. 1924.
30. Бейбридж, Физиология мышечной деятельности. ГИЗ, 1927.
31. Вериго, Основы физиологии человека и высших животных, т. II, 1909.
32. Фостер М., Учебник физиологии, т. I, 1882.
33. Ewald, Pflügers Arch. VII. 1873. (цит. по Фостеру).
34. Фомичев А. В. Физиологические основы спорта, „Физкультура и Туризм“, 1935.
35. Конради, Слоним и Фарфель, Физиология труда. Биомедгиз, 1934.
36. Великсон и Лившиц, Журнал „Военно-санитарн. дело“ № 1, 1933.
37. H. Müller, Biochem. Z. 186, 451, 1927; 213, 116, 1929.
38. H. Buttner, Z. exper. Med. 57, 721, 1929; 59, 193, 1928.
39. Дж. Баркрофт, Основные черты архитектуры физиологических функций. Биомедгиз, 1937.
40. Дж. С. Холден и Дж. Г. Пристли, Дыхание. Биомедгиз. 1937.
41. Прикладовицкий, Физиол. ж. СССР, 1934.
42. Блохин, Физиол. ж. СССР, т. XIX, вып. 6, 1935.
43. Гинецинский, Гальперин, Лейбсон, Физиол. ж., т. XIII, вып. 6.
44. Дубинский, Врачебное Дело, № 21, 1932.
45. Collier, Densham and Wells, Quart. Journ. Exper. Physiol. XVIII, 291, 1927.
46. Henderson, Prencse and Haggard, Journ. Pharm. Exper. Therap. XI, 203, 1918.
47. Stewart, тот же журнал XXVIII, 190, 1911.
48. Fleisch A., Pflüg. Arch. CXXXI, 86, 1918.
49. Schneider E. C. und D. Freusdell, Journ. Pharm. Exper. Therap. 1, XIII, 155, 1922.
50. Beckman, Pflüg. Arch., CСХIII, 561, 1929.
51. Шатенштейн. Тезисы сообщений XV Межд. Физиол. конгр. 1935.
52. Ольянская, Физиолог. журнал, т. XV, 1932.
53. Ольянская, Архив биол. наук, т. 34, 1933.

В. С. Фарфель, И. М. Фрейдберг, А. С. Шабашова

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАССЛАБЛЕНИЮ

СООБЩЕНИЕ 1. ИЗМЕНЕНИЯ В РАССЛАБЛЕНИИ МЫШЦ ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ КОНТРАЛАТЕРАЛЬНЫХ МЫШЦ

Проблема расслабления занимает в методике выполнения физических упражнений серьезное место. Сейчас нельзя назвать такое физическое упражнение, при котором на расслабление не обращалось бы сугубое внимание. Вместе с тем, однако, понятие „расслабление“ еще не имеет ни точной расшифровки, ни сколько-нибудь удовлетворительного объяснения, ни тем более физиологического обоснования. Объединены ли общим физиологическим смыслом различные виды расслаблений или их внутренняя структура различна? Преследуют ли упражнения на расслабление одну и ту же цель или различны их задачи? Может ли быть расслабление измерено, каковы критерии удовлетворительной расслабленности? От чего расслабление зависит, в какой мере оно воспитуемо, существует ли врожденная способность к расслаблению? и т. д., и т. д. Большой комплекс вопросов по поводу расслабления возникает непрерывно, оставаясь неразрешенным в значительной степени по причине неизвестности того, что под этим термином следует понимать, а главным образом вследствие совершенной неизученности этого вопроса.

Нам представляется, что проблема расслабления в ее физиологической интерпретации сводится к проблеме тонуса и координации, и физиология расслабления должна разрабатываться по линии изучения тонических и координационных отношений у человека. К сожалению, объем изученности этих двух громадных проблем, в особенности на человеческом материале, очень невелик. Несомненно, громадная работа проделана в отношении распознавания механизмов координации и тонуса рядом физиологических школ и, главным образом школами Шеррингтона и Магнуса, но еще неизмеримо поле неизученного. Кроме того следует иметь в виду, что и изученное относится преимущественно к животным, а в отношении человеческого материала область неизвестного еще значительно шире. Несомненно, что то, что известно об элементарных механизмах координации у животных, относится и к человеку, однако вполне вероятно, что координационные отношения верхних конечностей у человека во многом разнятся от координации передних конечностей четвероногого. Наконец, роль коры головного

мозга в управлении элементарной координацией и даже тонуса у человека не может идти ни в какое сравнение с ролью коры животных.

Приступая к разработке проблемы расслабления, мы в первую очередь столкнулись с полным почти отсутствием методических путей и средств к ее разрешению. Изучая какое-нибудь явление нахо в первую очередь получить возможность регистрации, в лучшем случае измерения его. Если мы говорим, что вопрос о расслаблении упирается по преимуществу в вопрос о тонусе, то совершенно очевидно, что в поисках регистрации расслабления следовало отпираться от регистрации тонуса. Беда, однако, в том, что удовлетворительной регистрации и измерения тонуса мышц человека физиология еще не знает. Оценка тонических явлений путем регистрации токов действия, предпринятая, кстати, по поводу оценки расслабления Джекобсоном, для нас, к сожалению, недоступна. Остальные пути учета тонуса, насколько нам известно, не сводятся к непосредственной характеристике наличного „фоновое“ состояния возбуждения, а являются методами суждения о тонусе по вторичным, подчас косвенным, его признакам, например, твердость мышц и т. д.

В нашей первой методической попытке оценки расслабления мы не стремились к точному учету тонического состояния конкретных мышц, а пытались суммарно оценить состояние расслабленности целой конечности. В упражнениях на расслабление, практикуемых в физупражнениях, часто встречаются такие, в которых конечности предоставляется свободно падать. Степень расслабленности при этом оценивается визуально: насколько „расслабленно“ падает отведенная конечность. Естественно, что оценка на-глазок груба, и небольшие различия в степени расслабленности учесть здесь невозможно. Мы ввели регистрацию этого свободного падения конечности, взяв за измеритель время падения.

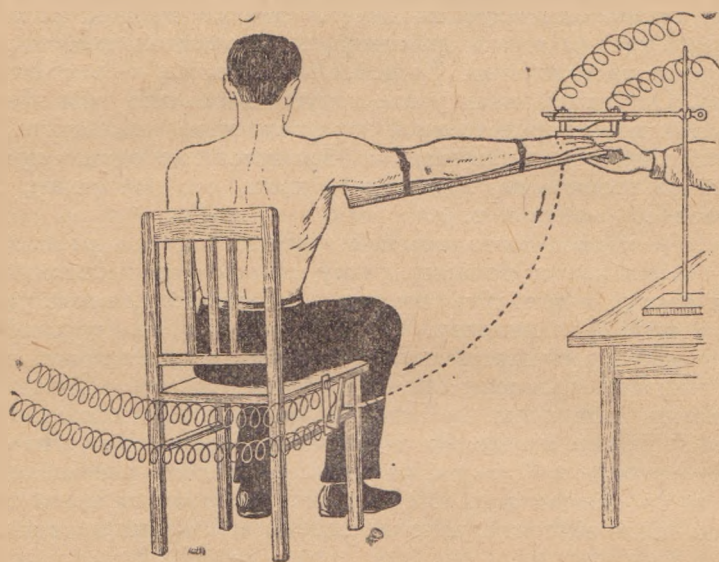
Методика опытов состояла в следующем:

Рука сидящего испытуемого поднималась во фронтальной плоскости до горизонтального положения. Этот подъем осуществлялся пассивно с помощью руки экспериментатора. К руке прочно подвязывалась фанерная дощечка так, что вся рука, отведенная в горизонтальное положение, покоилась на ней. При этом положении конец дощечки упирался в ключ, замыкающий ток, питающий электромагниты хроноскопа Ширского, работающего на размыкание. Рука экспериментатора, поддерживавшая доску с рукой снизу и прижимавшая конец доски к ключу, внезапно отбрасывалась. Рука испытуемого вместе с привязанной к ней дощечкой, лишенная опоры, падала. В момент принятия рукой вертикального положения, конец доски ударял в ключ укрепленный ниже сидения стула, что вновь замыкало ток. Хроноскоп, пущенный в действие в момент размыкания верхнего контакта, останавливался в тот момент, когда замыкался нижний. Следовательно хроноскоп работал в течение всего времени падения руки, регистрируя таким образом продолжительность этого падения. Испытуемому предлагалось во время измерения сидеть прямо, не сосредотачивая своего внимания на той руке, время падения которой измеряется. В течение всего хода эксперимента испытуемому предлагалось сохранять свою руку расслабленной, ни на один момент не напрягая мышц ее. Особенно это относилось к той группе мышц, которые перекинута через плечевое сочленение, так как именно относительно его совершалось движение свободно падающей руки с фиксированным в разогнутом положении, благодаря прикреплению к доске, локтевым суставом.

После того как рядом измерений определялось время свободного падения отведенной верхней конечности, испытуемому задавалась статическая работа про-

тнвположной (контралатеральной) конечности. В то время как осуществлялась эта статическая работа, производилось измерение времени падения подопытной руки, которую испытуемому предлагалось попрежнему сохранять расслабленной. Рука, выполнявшая статическую работу, принимала то же положение, что и противоположная расслабленная рука перед падением, т. е. была отведена и поднята в сторону; она была простертой горизонтально во фронтальной плоскости. При этом, однако, в разных опытах в напряжение вовлекалась то одна, то другая из антагонистических групп мышц.

В одних случаях, когда удерживался собственный вес руки, отягощенный добавочным грузом в 1 или несколько кг, напрягались экстензоры и абдукторы, в общем те мышечные группы, возглавляемые дельтой, которые тянут руку вверх во фронтальной плоскости. В других случаях, когда плечо сообщалось с грузом посредством бечевки, перекинутой через блок или когда производилось давление



плеча на подставленный под него упор, напрягались уже мышцы, действующие диаметрально противоположно предыдущим. В этих случаях в напряжение вовлекались те мышцы, которые стремятся опустить, привести руку во фронтальной плоскости, т. е. главным образом грудные и широкая спины.

Таким образом исследования на каждом испытуемом состояли из трех серий опытов. В одной серии измерялось время свободного падения одной руки при состоянии покоя другой руки, расслабленно висящей вдоль тела. В другой серии время свободного падения одной руки измерялось при состоянии напряжения мышц, препятствующих падению другой руки. И в третьей серии опытов время свободного падения одной руки измерялось при состоянии напряжения мышц другой, способствующих падению последней. Все три вида измерений чередовались друг с другом по несколько раз на протяжении одного эксперимента. Измерялось свободное падение как правой руки при одновременном напряжении левой, так и левой при напряжении правой. В разные дни опыт начинался либо с левой, либо с правой руки в чередующемся по-

рядке. Для избежания возможного образования рефлекса на время от момента поднятия руки до падения ее промежутки времени не был одинаков, а всегда колебался от одной до десятков секунд. Экспериментаторы тщательно следили за тем, чтобы их рука, подпирающая доску с рукой испытуемого, прекращала это подпираание с большой внезапностью, предоставляя таким образом руке испытуемого свободно падать.

Опыты были поставлены на 11 испытуемых. На трех из них измерялось время падения только одной руки, на 8 остальных — обеих рук. Число наблюдений у большинства велико, у одного напр. до 1000, и лишь у некоторых несколько десятков. Общее число измерений составляет 5100.

Как указывалось, время падения измерялось хроноскопом Ширского. Следует отметить, все же, что единица измерения не точно соответствует сигме, так как в ходе опытов обнаружилось, что она меняется от изменения силы тока. В каждой серии опытов сила тока, однако, сохранялась постоянной, поэтому относительные цифры точны. Некоторой неточностью, возможно, страдают абсолютные значения приводимых цифр, что для смысла эксперимента не играет роли.

В таблице 1 приведены средние данные опытов за каждый день на каждом испытуемом и их общая средняя. Цифры с большей убедительностью свидетельствуют о том, что время свободного падения руки находится в зависимости от наличия или отсутствия напряжения мышц другой половины тела, при чем напряжения антагонистов влияют в противоположных направлениях. По данным таблицы четко видно, что напряжение мышц, препятствующих падению одной руки, увеличивает время падения другой, расслабленной руки. И наоборот, напряжение мышц, способствующих падению одной руки, уменьшает время падения другой руки, мышцы которой находятся в состоянии „расслабления“. Поскольку время свободного падения руки зависит от степени расслабления ее, постольку обнаруженные нами зависимости указывают на то, что степень расслабления мышц одной конечности изменяется при напряжении соответствующих мышц контралатеральной конечности.

Изменение времени свободного падения руки в нашем случае при прочих равных условиях определяется соотношением тонуса мышц плечевого сустава. Замедление времени падения, очевидно, вызывается повышением тонуса разгибателей и отводящих мышц над тонусом мышц, сгибающих и приводящих плечо; ускорение же падения обуславливается снижением тонуса первой группы мышц и, может быть, повышением его у второй. Несмотря на то, что у нас нет оснований судить в отдельности о тонусе каждой из этой пары групп антагонистов, мы можем с полным правом говорить о распределении тонуса о превалировании его в той или иной группе. Очевидно, что представленный материал свидетельствует о том, что происходит перераспределение тонуса в антагонистической паре мышечных групп одной конечности при напряжении одной из групп соответствующей пары контралатеральной

Таблица 1

Время падения руки в σ (М). Число наблюд. — n

Испытуемые	Д а т а	Норма		Давление вниз		Давление вверх	
		n	М	n	М	n	М
	Правая рука						
Н. Я. Кор.	27/І—38 г.	40	332,5	28	315	25	345
"	2/ІІ	42	308	29	302	24	328
"	4/ІІ	32	314	30	296	25	322
"	7/ІІ	32	309	30	301,5	26	316
"	10/ІІ	35	317	29	305	28	323
Средняя	за все дни	181	316	146	304	128	322,8
	Левая рука						
Н. Я. Кор.	2/ІІ—38 г.	29	308	31	296	24	309,5
"	4/ІІ	36	321	25	299	26	326
"	7/ІІ	31	306	28	300	24	305
"	10/ІІ	31	320	29	290,5	26	321,5
"	15/ІІ	30	—	22	—	23	—
Средняя	за все дни	157	313,7	135	296,4	123	315,5
	Правая рука						
Наг.	8/ІІ—37 г.	47	414	—	—	26	463
"	10/ІІ	55	422	—	—	23	448
"	25/ІІ	40	403	30	376	30	444
"	26/ІІ	35	398	30	383	30	433
"	2/ІІІ	30	401	20	387	20	429
Средняя	за все дни	207	407,6	80	382	129	443,4
	Левая рука						
Наг.	13/ІІ—37 г.	41	399	—	—	32	436
"	22/ІІ	35	389	30	376	30	424
"	2/ІІІ	30	394	20	374	20	413
"	2/ІІІ	30	390	20	379	20	413
Средняя	за все дни	136	393	70	376,3	102	421,5
	Правая рука						
Пас.	7/VI—37 г.	20	370	10	359	11	393
"	13/VI	45	349	20	321	11	360
"	14/VI	40	376	20	355	21	388
"	16/VI	25	408	10	372	20	413
"	17/VI	27	408	11	412	11	458
"	19/VI	25	402	38	397	23	423
"	25/VI	25	393	10	386	10	411
Средняя	за все дни	207	386,5	119	371,7	107	406

Испытуемые	Дата	Норма		Давление вниз		Давление вверх	
		п	М	п	М	п	М
	Левая рука						
Пас.	7/VI—37 г.	46	387	10	372	29	390
"	14/VI	40	350	20	346	20	355
"	17/VI	29	415	10	400	11	438
"	25/VI	24	403	10	380	20	403
Средняя .	за все дни	139	388,7	50	374,5	80	396,5
	Правая рука						
Ек.	31/III	26	307	21	312	21	320
"	1/IV	26	300	22	297	22	317,5
"	1/IV	25	287	22	289	22	300
"	2/IV	26	289	22	291	22	303
"	2/IV	22	295	21	293	21	308
Средняя .	за все дни	125	295,6	108	296,4	108	309,7
	Левая рука						
Ек.	31/III	25	311	22	311	23	362
"	1/IV	26	292	22	290	22	296
"	1/IV	25	298	22	300	21	309
"	2/IV	26	306	22	298	22	309
"	2/IV	26	293	23	301	22	310
Средняя .	за все дни	128	300	111	300	110	317,2
	Правая рука						
Пол.	25/III	26	312	22	292	21	366
"	26/III	26	301	20	299	22	320
"	28/III	27	255	22	238	22	261
"	29/III	27	252	23	249	23	261
"	31/III	25	254	21	251	21	265
Средняя .	за все дни	131	274,8	108	265,8	109	294,6
	Левая рука						
Пол.	23/III	32	364	25	351	27	372
"	25/III	26	318	22	312	21	320
"	26/III	28	291	23	286	22	300
"	28/III	26	249	22	247	22	253
"	29/III	26	256	21	259	22	259
Средняя .	за все дни	138	295,6	113	291	114	300,8

Испытуемые	Дата	Норма		Давление вниз		Давление вверх	
		n	M	n	M	n	M
	Правая рука						
Мак.	23/III	31	362,5	22	356	23	394
"	25/III	27	383	21	387	21	393
"	28/III	27	307	23	304	23	318
"	29/III	26	303	21	301	22	320
"	31/III	26	309	22	302	22	317
Средняя .	за все дни	137	332,9	109	330	111	348,4
	Левая рука						
Мак.	23/III	28	374	21	367	23	387
"	25/III	27	392	23	402	23	406
"	28/III	26	309	22	305	23	326
"	29/III	27	311	21	307	22	326
"	31/III	22	303	22	306	22	316
Средняя .	за все дни	130	337,8	109	337,4	113	352,2
	Правая рука						
Ник.	15/VI—37 г.	30	406	20	387	10	454
Осип.	13/VII—37 г.	31	375	20	334	—	—
В. И. Кач.	13/IV—37 г.	42	384	20	386	33	416
	Левая рука						
Ник.	13/IV—37 г.	17	395	9	356	10	402
Осип.	13/VII—37 г.	29	405	20	363	20	426
"	15/VII	30	364	20	312	—	—
В. С. Ф.	2/VI	24	429	9	405	14	492
"	4/VI	18	448	10	416	12	483
А. В. Ф.	3/VI	12	448	13	429	10	537
Кар.	2/III	56	412	36	407	26	433
"	5/III	49	410	—	—	35	476

конечности. Мы можем сказать, что активное напряжение мышц поднимающих при данной позе одну руку, вызывает в другой руке перераспределение тонуса в пользу тех же поднимающих мышц второй руки. И, наоборот, активное напряжение мышц стремящихся опустить руку, вызывает в другой руке перераспределение тонуса в пользу таких же мышц свободной руки.

Классическими опытами Шеррингтона и его школы установлен кардинальный факт реципрокности (взаимосочетанности) центра-

ных импульсов. Как известно, им показано, что возникновение возбуждения в одной группе нервных центров неразрывно связано с изменением наличного возбуждения в других нервных центрах, корреспондирующих с первыми. В первую очередь это относится к антагонистической паре нервных центров одной конечности, относительно которой показано, что возникновение возбуждения в одних центрах одновременно индуцирует торможение в антагонистических. Эта одновременная (симультанная) индукция распространяется, однако, и на контралатеральные центры; при этом возбуждение и торможение индуцируются на другую сторону с обратным знаком. Если на одной конечности животного возбуждены, скажем, центры сгибателей и заторможены центры разгибателей, то в другой одновременно возбуждены разгибатели, а сгибатели, наоборот, заторможены. Процессы возбуждения и торможения в антагонистических парах двух конечностей соотносятся перекрестно.

Обнаруженное нами явление, несомненно, как нам кажется, относится к разряду описываемых Шеррингтоном реципрокных отношений между двигательными центрами. Однако в нашем факте имеется одна существенная подробность. Возбуждение центров, например разгибателей индуцирует на контралатеральные идентичные центры отнюдь не торможение, а возбуждение же. Иными словами, здесь имеет место не перекрестная реципрокность, а параллельная. Этот факт, как нам кажется, имеет принципиальное значение. Учение Шеррингтона о взаимодействии центров есть учение о координации. Для конечностей животного, главным типом движений которого является акт локомоции, в основе координации этих движений лежит принцип перекрестной контралатеральной реципрокности центров. Если же мы не обнаруживаем этой перекрестной контралатеральной реципрокности на верхних конечностях человека, то это есть следствие того, что координационные отношения в движении человеческих рук иные, чем, скажем, в задних конечностях животных. Очевидно, характер взаимодействия между нервными центрами определяется рабочей функцией иннервируемой ими периферии.

Даже у спинального животного удается иногда наблюдать движения не чередующиеся—ходячего типа, а галопирующие движения. Несомненно, что в этот момент реципрокность у них из перекрестной делается параллельной. Несравнимая сложность координации верхних конечностей человека предполагает наличие и образование множественных и разнообразнейших путей соотношений двигательных центров. Обнаруженная нами параллельная контралатеральная реципрокность вряд ли является общим правилом для всех исходных поз верхних конечностей. Для данной же позы „руки в стороны“ она несомненна, и говорит о том, что наиболее выгодным сочетанием движений выпрямленных рук во фронтальной плоскости будут движения не попеременные и противоположные, а содружественные, однозначные, параллельные.

Шабашова А. С.

ВЫНОСЛИВОСТЬ К СТАТИЧЕСКОМУ УСИЛИЮ У СПОРТСМЕНОВ

В 1933 г. появилась работа трех французских исследователей Fessard, Laugier и Nouel, в которой авторы делают попытку количественной оценки выносливости к статической работе. Несмотря на то, что работа авторов ориентирована на вопросы физиологии труда и профотбора, исследование это представляет несомненный интерес и с точки зрения физиологии физических упражнений, как устанавливающее важные закономерности между мускульной силой и выносливостью.

В своем стремлении дать количественный измеритель выносливости авторы исходили из следующей предпосылки: если предложить субъекту поддерживать груз определенного веса, то, очевидно, мерой выносливости субъекта будет служить то предельное время, в течение которого он может этот груз удерживать. Совершенно естественно, что чем больше будет вес груза, тем меньше будет время его поддержания до предельного чувства утомления. Грубо говоря, время поддержания груза будет находиться в обратной зависимости от величины груза. Схематически соотношение между величиной нагрузки и длительностью сохранения усилия видно на рис. 1, заимствованном из работы этих авторов.

Величины нагрузки в схеме не абсолютны, а выражены в процентном отношении к максимальному мышечному усилию, которое, следовательно, необходимо прежде всего определить у субъекта. Делается это для того, чтобы поставить всех испытуемых в одинаковые условия, потому что если бы мы предложили какой-нибудь определенный, для всех один и тот же груз, то испытуемый болевильный был бы поставлен в лучшие условия, поддержание для бы дольше и время поддержания у разных лиц нельзя было бы сравнивать между собой. Если же брать одну какую-нибудь часть максимального усилия, то этим самым сохраняется постоянство, унифицируются условия нагрузки для всех испытуемых. Исходя из этого, авторы говорят об „индексе выносливости“, определяющемся длительностью поддержания усилия. Эмпирически авторы пришли к заключению, что части максимального усилия от $\frac{1}{2}$ до $\frac{2}{3}$ являются наилучшими для определения „индекса выносливости“. Большая величина усилия менее удовлетворительна, так как при малой длительности поддержания возрастает величина ошибки опыта; равно неудовлетворительны и меньшие величины, так как, по мнению авторов, скука, наступающая в процессе

длительного поддержания, превращает определение индекса выносливости в испытание терпения.

Важным на основании исследований, проведенных на большом материале (800 чел.), является тот факт, что авторами установлено отсутствие связи между мышечной силой и выносливостью субъекта. Коэффициент корреляции из данных 800 чел. оказался равным 0,2. При сравнении данных мужчин и женщин обнаруживается разница в силе при отсутствии разницы в данных выносливости. То же относительно данных для левой и правой руки — преимущество в силе правой руки (у правшей) и одинаковая выносливость левой и правой. И, наконец, задавшись вопросом упражняемости, авторы обнаружили при опытах на 6 лицах явное нарастание

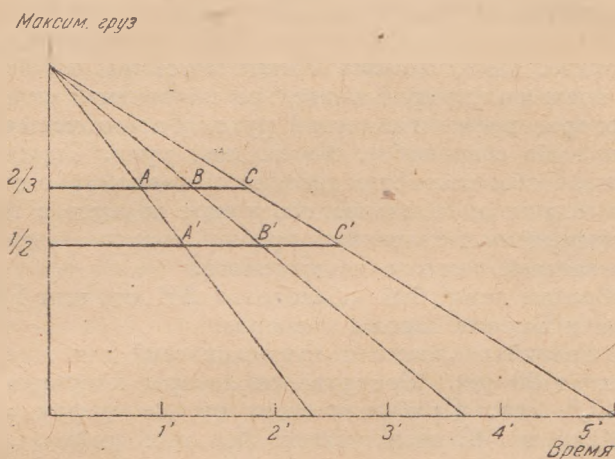


Рис. 1. Соотношение между величиной нагрузки и длительностью усилия (схема Fessard'a).

силы при весьма незначительном улучшении или отсутствии изменений показателей выносливости. И здесь, в процессе тренировки, связи между силой и выносливостью нет.

Отношения, найденные Fessard, Laugier и Nouel, и возможность измерения такого сложного процесса, как выносливость, представляют несомненный интерес с точки зрения физиологии физических упражнений и возможности включения этого метода в число методов физиологических исследований мышечной деятельности.

Помимо указанных авторов, попытка дать критерий выносливости была сделана профессором Ветохиным. Но нам метод Ветохина не кажется достаточно удовлетворительным по той причине, что ставит всех испытуемых в неравные условия. Метод Fessard и других имеет то преимущество, что показателем выносливости является фактор времени, тогда как Ветохин пытается оценить выносливость (кстати, противопоставляя ее утомляемости) беря за критерий ее фактор силы при постоянном времени.

В своем исследовании, проведенном на студентах ГЦОЛИФК им. Сталина, мы применяли метод Fessard и др.

Методика наших опытов не отличалась от метода Fessard, Laugier и Nouel. Применялся ртутный динамометр, состоящий из груши 150 см³ емкостью, наполненной ртутью, подающейся в вертикальную стеклянную трубку диаметром 3 мм, прикрепленную к штативу со шкалой с сантиметровыми делениями.

Испытуемому давалось задание: 1) произвести максимальное сжатие груши кистью одной руки; этот опыт повторялся дважды с небольшим промежутком; отмечаемая наибольшая высота подъема ртути принималась за показатель максимальной силы сжатия; 2) спустя 2—3 мин. предлагалось испытуемому произвести сжатие до поднятия ртути на 50% его максимальной силы (прежней высоты) и поддерживать ртуть на этом уровне максимально долгое время до наступления полной невозможности поддерживать долее заданное усилие. Такие же два замера максимальной силы и максимального времени при приблизительно половинной силе делались спустя некоторое время и с другой рукой. Разные испытуемые начинали опыт либо с правой, либо с левой руки. Тщательно следилось за тем, чтобы сжатие производилось равномерно всей кистью и ни в коем случае не вдавливались концы пальцев в грушу. При обработке материала и сравнении брались максимальные из полученных показателей каждого испытуемого.

Таким образом нами был обследован 361 студент ГЦОЛИФК им. Сталина и Высшей школы тренеров.

Средняя величина „индекса выносливости“ для всех испытуемых составляет 80 сек. Французские авторы получили среднюю величину—67,5 сек. Приблизительно ту же цифру получил и Я. А. Шейдин на 42 испытуемых. Большая цифра, полученная нами, объясняется возможно тем, что материал, обследованный Fessard и др., значительно отличается в качественном отношении от нашего. Их испытуемые составляли в основном клинический материал, в то время как мы обследовали тренированных студентов, специализирующихся в каком-либо виде спорта и обладающих, очевидно, большей выносливостью, чем не спортсмены.

Это различие ни в коем случае не может быть объяснено просто большей мышечной силой наших подопытных, так как и мы, подобно предшествующим авторам, со всей категоричностью отрицаем связь между выносливостью и силой. Среди наших испытуемых были люди как большой, так и малой мышечной силы. Например показатель максимальной силы сжатия в твое превосходил минимальный, подчас при равных показателях выносливости. Иллюстрируем это следующим примером: трое испытуемых с показателем силы 130—140 см ртутного столба дали выносливость 125 сек., 106 сек. и 35 сек.; испытуемые с показателем силы 40—50 см ртутного столба дали индекс выносливости 125, 115 и 45 сек. Что эти случаи не единичны, показывает тот факт, что коэффициент корреляции между силой и выносливостью, выведенный для всех без исключения испытуемых, равен 0,08. Эта величина, свидетельствующая о полном отсутствии связи между силой

и выносливостью, находится в согласии с данными Fessard и др. и Шейдина. У Fessard и др. коэффициент корреляции равен $-0,2$, а у Шейдина $0,01-0,08$.

Авторы „индекса выносливости“, разрабатывая свой индекс, ориентировались на выносливость данного субъекта к статической работе, не претендуя на определение общей выносливости. Свой индекс они назвали „индексом выносливости к статической работе“. Оно и понятно, так как предметом исследования служило статическое усилие. В выводах авторы указывают на то, что, например, для целей профотбора на те работы, где выше статический компонент, можно руководствоваться данными „индекса выносливости“. Между тем, нигде не приведены доказательства того, что субъект, давший по методам авторов высокий „индекс выносливости“ к данной форме статического усилия, действительно обладает большой выносливостью ко всяким видам статического усилия. Как бы ни был хорош этот метод определения выносливости, он все же кажется недостаточным убедительным до тех пор, пока он не проверен в дальнейшем на производственной работе испытуемых. Испытуемые же авторов индекса прошли однажды перед их глазами для того, чтобы навсегда скрыться из поля их зрения. Авторы не проверили в дальнейшем правильности своих предсказаний, не говоря уже о том, что они не имели и предварительной характеристики своих испытуемых, которая дала бы им возможность делать те или другие выводы.

Исходя из этих соображений, мы решили сравнить величины „индекса выносливости“ представителей разных видов спорта, характеризующихся большим или меньшим компонентом статических усилий. Для сравнения мы вначале взяли представителей четырех видов спорта: борьбы, снарядовой гимнастики, плавания и легкой атлетики (бег).

От борца требуется способность развивать большие статические усилия, захватывающие большие мышечные массы. В снарядовой гимнастике, наряду с вовлечением больших мышечных масс, по преимуществу требуется местное статическое усилие мышц кисти. В легкой же атлетике и плавании почти исключены длительные и мощные статические усилия.

Под обследование были взяты: борцы — 47; гимнасты — 73; пловцы — 24; легкоатлеты — 92. „Индекс выносливости“ к статическому усилию представителей этих групп равен:

У борцов	84	сек. со	средней ошибкой	± 4
„ гимнастов	80	„	„	$\pm 2,6$
„ пловцов	78	„	„	$\pm 4,4$
„ легкоатлетов	83	„	„	$\pm 2,7$

Если исходить из предположения авторов, мы должны были бы ожидать у борцов и гимнастов значительно большие величины индекса против легкоатлетов и пловцов. На самом же деле, как мы видим, величины практически равны. Имеющиеся небольшие расхождения порядка нескольких секунд лежат в пределах ошибки. Казалось, мог бы напрашиваться вывод о неудовлетворительности предложенного авторами мерил для определения выносливости

к статической работе. Однако дальнейший анализ данных не позволяет делать такой вывод.

Производя опрос испытуемых, мы отмечали, на какую дистанцию испытуемый бежит. При этом мы заметили, что бегуны на короткие дистанции в состоянии поддерживать статическое усилие меньшее время, чем бегуны на длинные дистанции. Обработав материал группы легкоатлетов (бегунов) с точки зрения деления на подгруппы: спринтеров с одной стороны и средневиков и стайеров — с другой, мы убедились в правильности наших наблюдений. Цифровые данные следующие:

Бегуны на короткие дистанции, 44 чел. 67 ± 2 сек.
 „ на средние и длинные дист., 40 чел. $101 \pm 4,7$ „

Различия в полученных величинах достаточно очевидны. Однако для того, чтобы говорить о достоверности разницы в средних этих двух рядов чисел, нужно, чтобы величина этой разницы не меньше чем в три раза превышала ошибку разницы по формуле:

$$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

Для наших данных это составит $\frac{101 - 67}{\sqrt{2^2 + 4,7^2}} = 6,3$. Эта цифра

свидетельствует о том, что обнаруженные величины не случайны, а указывают на фактические различия в выносливости данных двух групп испытуемых.

Следовательно, мы можем говорить о несомненно более высоком „индексе выносливости“ бегунов на средние и длинные дистанции

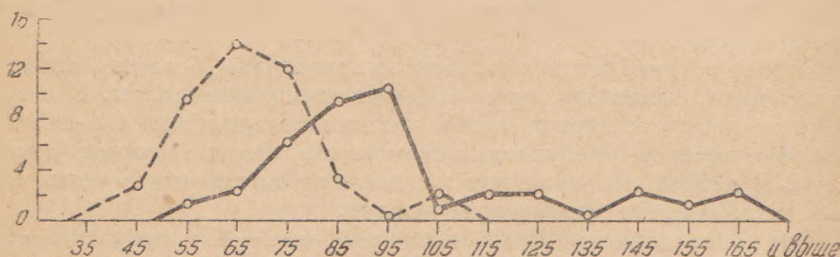


Рис. 2. Вариационные ряды у бегунов-спринтеров (пунктир) и стайеров и средневиков (сплошная линия) в абсолютных числах.

по сравнению с индексом спринтеров. Это не значит, что любой стайер будет обязательно иметь более высокий индекс, чем каждый спринтер; приведенные цифры являются результатом статической обработки двух трансгрессивных рядов.

Рис. 2 говорит все же о том, что подавляющее большинство бегунов на длинные и средние дистанции имеет более высокий индекс, чем спринтеры. Таким образом на основании сравнения данных этих двух групп бегунов можно говорить о том, что „индекс выносливости“ Fessard и др. является не столько

или к работе на скорость, на кратковременное мощное усилие, на рывок—с другой? Общее число таких испытуемых, четко ответивших на заданный вопрос, включая вышеупомянутых специалистов-бегунов, составляет 248. Из них 101 спринтерского типа и 147 стайерского.

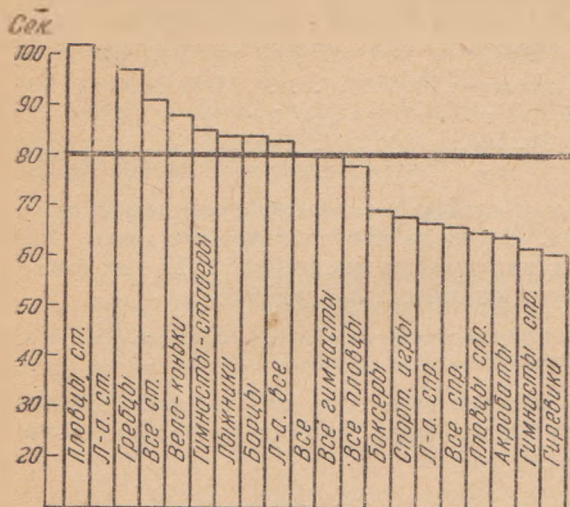


Рис. 4. Средние величины „индексов“ для спортсменов разных специальностей.

других спортивных специальностей. Данные „индексов выносливости“ приведены в нисходящем порядке (см. также рис. 4).

Средние величины „индекса выносливости“ для этих двух условных групп следующие:

Тип спринтера (101 чел.) 66 сек.
 Тип стайера (147 чел.) 91 „

Рис. 3 показывает распределение данных этих двух групп по вариационным классам.

Отношения, как видим, в основном те же, что и в вышеприведенных примерах.

В следующей таблице объединены все эти данные и, кроме того, результаты обследований представителей

Таблица 1

Средние величины „индекса выносливости“ для представителей разных спортивных специальностей

Бегуны на дальние дистанции	(40 чел.)	101 сек.
Пловцы „ „ „	(10 „)	100 „
Гребцы	(13 „)	97 „
Все „стайеры“	(147 „)	91 „
Вело-коньки	(13 „)	88 „
Гимнасты „стайеры“	(19 „)	85 „
Лыжники	(39 „)	84 „
Борцы	(47 „)	84 „
Все легкоатлеты	(92 чел.)	83 „
Все гимнасты	(73 „)	80 „
Все испытуемые	(361 „)	80 „
Все пловцы	(24 „)	78 „
Боксеры	(7 чел.)	69 „
Спортивные игры	(35 „)	68 „
Бегуны спринтеры	(44 „)	67 „
Все „спринтеры“	(101 „)	66 „
Пловцы спринтеры	(14 „)	65 „
Акробаты	(5 „)	64 „
Гимнасты „спринтеры“	(18 „)	62 „
Гиревики	(8 „)	61 „

Мы не беремся утверждать, что при большем количестве испытуемых средний „индекс выносливости“ каждой спортивной группы сохранит именно то место, которое он занимает в данной таблице. Возможно, что соседние группы смогут поменяться местами. Однако общая принципиальная закономерность в этой таблице, несомненно, видна. Если исходить из вышеуказанного среднего „индекса выносливости“ для всех 361 человек, равного 80 сек., то мы из данных этой таблицы должны заключить, что высокой выносливостью обладают прежде всего бегуны и пловцы на дальние и средние дистанции, гребцы, вело—коньки, борцы и лыжники (еще раз подчеркиваем, что мы не настаиваем на точной последовательности; очередность их может быть несколько иная). Меньшей выносливостью обладают гиревики, бегуны и пловцы на короткие дистанции, боксеры и спортигроки, акробаты.

Из сопоставления же этих групп, показавших величины индексов, резко различные, бросается в глаза тот факт, что большая величина „индекса выносливости“ встречается у представителей тех видов спорта, которые характеризуются более длительным, динамическим или статическим мышечным напряжением. Малая же величина „индекса выносливости“ встречается у тех групп, где мощные физические напряжения кратковременны или чередуются с напряжением малой мощности (спортигры).

Сопоставляя все вышеизложенные данные, можно высказать предположение, что „индекс выносливости“ французских авторов не есть показатель выносливости только к статической работе ввиду того, что бегуны на средние и длинные дистанции дали наибольшие величины индексов. С другой стороны, этот индекс не является показателем выносливости только к какому-нибудь определенному виду динамической работы, например бегу, потому что представителей самых разнообразных спортивных специальностей оказалось возможным разбить на две большие группы, в которых малые величины индекса оказались присущими спортсменам, характер физических упражнений которых представляет работу на высокую мощность, развиваемую в короткий отрезок времени. Высокие же индексы оказались характерными для лиц, специализирующихся на развитии усилий в течение более длительного времени.

В своем экспериментальном анализе „индекса выносливости“ Fessard и др. Я. А. Шейдин указывает, что одного лишь сопоставления „индекса выносливости“, определяемого только при 50% максимального усилия, еще недостаточно для категорического суждения о сравнительной выносливости субъекта. Шейдин предлагает, не ограничиваясь измерением максимального времени удерживания 50% от максимального груза, измерять его и для 60 и 20% груза.

В примерах, приводимых Шейдиным, действительно встречались случаи, когда из двух испытуемых один, оказавшийся более выносливым при 50%, уступал другому при 60%. Следует отметить, что это в примерах Шейдина встречается лишь у лиц, которые не сильно разнятся между собой в любой точке кривой. Крайние же величины выносливости оцененных при 50% оказались крайними же и при других измерениях.

Мы произвели несколько измерений „индекса выносливости“ у лиц, давших резко различные индексы при 50% максимального усилия. Мы сравнили эти показатели с данными, полученными при 75% и 25%. Как показывает рис. 5, различия, обнаруженные при 50%, сохранились и при 75% и 25%.

Естественно, нельзя считать, что данные настоящего исследования исчерпывают все поставленные и возникшие в порядке работы вопросы. Однако и в этом виде материал представляется нам убедительно говорящим о том, что метод оценки выносливости по Fessard, Laugier и Nouel может быть внесен в арсенал методик, применяемых как для теоретических, так и для практи-

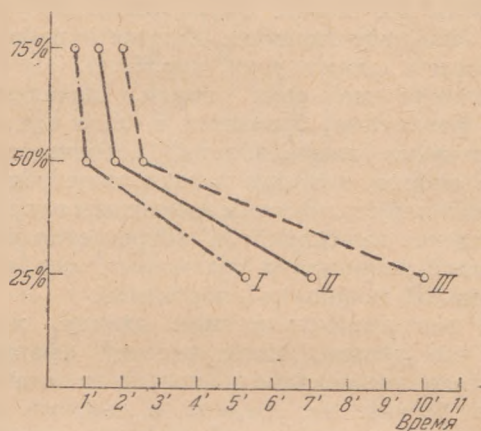


Рис. 5. Длительность поддержания 75, 50 и 25% максимальной нагрузки у 3-х лиц.

ческих целей оценки физиологических качеств спортсмена. Это не следует понимать так, что выносливость может быть полностью оценена только на основании данных индекса Fessard и др. Этот метод может применяться среди прочих физиологических приемов оценки состояния организма, причем удельный вес этого метода нужно признать достаточно большим. С теоретической же стороны нужно указать, что результаты наших исследований ставят вопрос об отсутствии принципиального разрыва между выносливостью к статической и динамической работам и о возможности наличия между ними линейной связи. Быть может, не существует выносливости только к статической или только к динамической работе, а существует выносливость вообще, одинаково сказывающаяся при различных видах мышечной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fessard, Laugier et Nouel, Le travail Humaine, N 1, 1933.
2. Fessard, Laugier et Monnin, Le travail Humaine, N 2, 1935.
3. Ветохин И. А., Пермский Медицинский журнал № 1-2 и № 3-4, 1935. Физиологическое исследование рабочих. Пермь, 1935.
4. Шейдин Я. А. Физиологический журнал СССР, XVIII, № 4, 1935. Труды Физиологического научно-исследовательского института под редакцией А. А. Ухтомского, № 10, 1936.

В. С. Фарфель

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ МЫШЦ

СООБЩЕНИЕ I. ГАЗООБМЕН ПРИ СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ СИММЕТРИЧ- НЫХ МЫШЦ ТЕЛА

При изучении деятельности мышечных групп тела человека необходимо часто считаться с наличием не только анатомической, но и функциональной их асимметрии. Известно, что у большинства людей мышцы правой половины тела, в особенности мышцы рук, сильнее развиты, чем мышцы левой половины тела. У многих правшей эта асимметрия развита в такой степени, что левая их рука по сравнению с правой кажется совсем беспомощной. Она явно отстает от правой в силе и в особенности в координированности движений. При некоторых физических упражнениях, при которых по преимуществу используется одна рука (метание диска, копья), эта асимметрия еще более подчеркивается, при иных же упражнениях, требующих вовлечения обеих конечностей и одинаковой искусности во владении левой и правой руками (гимнастика, спортигры, бокс, борьба) и ногами (футбол), наличие такой асимметрии является подчас явной помехой. Спортсмену в этом случае приходится иногда специально упражнять левую конечность, чтобы хотя несколько приблизить степень ее дееспособности к правой.

По поводу асимметрии, ее происхождения, развития, форм, существует обширная литература, в которой приводится как высокое обилие фактов, так и множество теорий. Не останавливаясь на этих данных, укажу лишь, что в работах в этой области красной нитью проходит предположение о том, что при наличии функциональной асимметрии одна из конечностей (у правшей, например, правая) превалирует над другой во всех отношениях (сила, координация, экономичность, выносливость в работе, возбудимость и т. д.).

Между тем факты, обнаруженные мною еще в 1929 г. и доложенные впервые на съезде физиологов в 1930 г., заставляют думать, что отнюдь не во всех функциональных отношениях мышцы доминирующей половины тела имеют превосходство над контралатеральной мускулатурой. Эти факты собирались мною затем на протяжении ряда лет в разных институтах; работа в этом направлении продолжается и сейчас в Институте физкультуры. В настоящем сообщении приводится серия опытов, связанных с оцен-

кой энергетических затрат при работе, выполняемой левой и правой конечностями.

Производя исследования газообмена при статической работе, выполняемой одновременно двумя руками, я обратил внимание на замечания испытуемых, указавших, что, несмотря на равенство нагрузок, падающих на обе руки, правая рука уставала сильнее левой. Все испытуемые были правшами, и правая рука как по их собственным показаниям, так и по динамометрическим данным была сильнее левой. Заинтересовавшись этим явлением, я поставил ряд специальных исследований, связанных с проблемой функциональной асимметрии мышечных групп человека. В первую очередь были произведены мною нижеизложенные опыты по сравнительному исследованию газообмена при статической работе, выполняемой отдельно или левой, или правой рукой.

Методика исследований была следующая. Испытуемый лежал на кушетке с вытянутыми вдоль тела руками. Кисть одной руки охватывала рукоятку, соединенную с грузом посредством бечевки, перекинутой через блок, находящийся над испытуемым. До начала работы блок зажимался особыми пружинными колодками, препятствующими падению груза. Эти колодки соединялись с рычагом, помещенным около экспериментатора, позади испытуемого. Путем перемещения рычага колодки отводились от блока и происходило включение испытуемого в статическое усилие, так как теперь силе падающего груза противодействовало только напряжение мышц руки. В момент прекращения работы блок снова тормозился. Таким образом включение в статическую работу и ее прекращение не сопровождалось движениями рук.

Во все время „рабочего“ и „послербочего“ (до полного восстановления) периодов выдыхаемый воздух направлялся через газовые часы, и аликвотные его пробы непрерывно поступали в стеклянные реципиенты для анализа. В большинстве случаев бралась суммарная проба за все время работы и восстановления. В первый же день опыта определялось по вентиляции время конца восстановления, после чего забор пробы продолжался еще несколько минут. Это суммарное время сохранялось во всех опытах с данным испытуемым.

Длительность рабочего периода была близкой к максимально возможной длительности поддержания заданного груза данным испытуемым. В различные дни опыты начинались либо с правой, либо с левой руки поочередно. При нескольких опытах в день промежутки времени между отдельными опытами составляли обычно не меньше часа — время вполне достаточное для полного восстановления.

Результаты описанных опытов, поставленных на 5 испытуемых, на протяжении месяцев тренировавшихся на опыты по газообмену при статической работе, представлены в табл. 1. Вследствие того что при развившейся упражняемости на поддержание груза в течение времени, заданного с первого же опыта, расход энергии в последующих опытах снижался почти до уровня основного обмена, на двух испытуемых (К. и У.) была поставлена повторная серия опытов с увеличением времени работы.

Из таблицы видно, что средние величины потребления кислорода при работе левой рукой лежат ниже соответствующих цифр при работе правой рукой.

На рис. 1 представлены данные всех опытов в их хронологической последовательности. Здесь хорошо видны большие цифры в потреблении кислорода при работе правой рукой сравнительно с левой. Менее четкие данные дал только испытуемый У., и то в одной серии опытов; в другой экономичность работы левой

Среднее потребление O_2 (в см³) за 1 мин. при статической работе левой и правой рукой

№ по пор.	Испытуемый	Груз (в кг)	Длит. работы (в мин.)	Длит. восст. (в мин.)	Количе- ство опы- тов (пар- ных)	Потреб. O_2 в 1 мин.	
						Левая рука	Правая рука
1	Б.	5	2	6	6	296	310
2	С.	4	3	8	4	268	295
3	К.	5	2	10	7	334	357
4	"	5	3	9	9	328	341
5	З.	5	3	7	4	281	291
6	У.	3	3	10	17	270	282
7	"	3	7	13	9	289	297

рукой выступает достаточно четко. Характерно также, что в тех случаях, когда замечалась упряжённость (систематическое снижение потребления кислорода), как, например, у испытуемых Б., С. и К., она более ярко выявлялась у левой руки, чем у правой.

Таким образом эти данные показывают, что у исследованных при описанной постановке опытов 5 испытуемых статическая работа, выполняемая левой рукой, сопровождается меньшим расходом энергии, чем статическая работа, выполняемая правой рукой.

Можно было предположить, что у данных испытуемых и при динамической работе имеют место те же энергетические отношения, что и при статической. Известно, что обычно при динамической работе, выполняемой правой рукой, расход энергии меньше, чем когда эту работу выполняет левая рука (Атцлер). Не лишним все-таки представлялось выяснить и у наших испытуемых величины энергетических трат при динамической работе, отдельно выполняемой правой или левой рукой. Для того, чтобы и динамическая работа выполнялась приблизительно теми же мышечными группами, что и статическая, испытуемый сохранял прежнюю позу (лежа на кушетке и держа рукой рукоятку, соединенную с грузом бечевкой, перекинутой через блок) и под ритм метронома поднимал груз. При этом в сокращение вовлекались приблизительно те же мышцы, которые напрягались при статической работе, противодействуя силе груза, стремящейся поднять руку, т. е. отвести ее от тела. Опускание груза производилось при пассивно поднимающейся расслабленной руке. Величина груза сохранялась та же, что и при статической работе (отличаясь только у испытуемого С. на 1 кг), а темп подбирался такой частоты, чтобы максимально возможная длительность этой динамической работы не на много отличалась от максимально возможной длительности статической работы.

В табл. 2 представлены опыты, проведенные при описанных условиях на 3 испытуемых. Количество этих опытов невелико, но различия в величинах потребления кислорода при работе левой

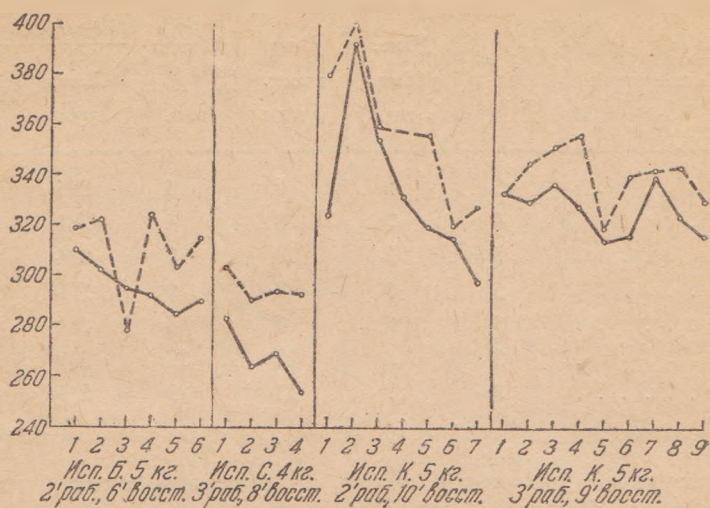


Рис. 1а.

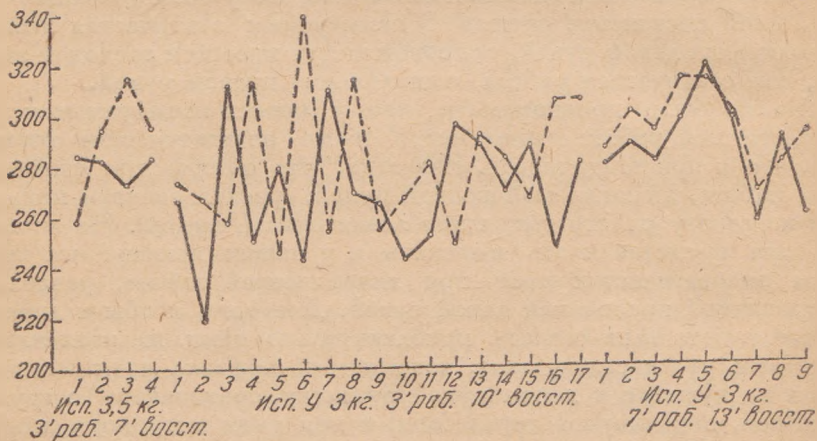


Рис. 1б.

Газообмен при статической работе левой (сплошная линия) и правой руки (пунктир).

и правой руками выступают здесь с совершенной четкостью. Мы видим, что динамическая работа, выполняемая левой рукой, сопровождается большим расходом энергии, чем динамическая работа, выполняемая правой рукой.

Таблица 2

Среднее потребление кислорода (в см³) за 1 мин. при динамической работе левой или правой рукой

№ по пор.	Испытуемый	Груз (в кг)	Темп (число подн. в 1 мин.)	Длит. работы (в мин.)	Длит. восст. (в мин.)	Количество опытов (парных)	Потребление О ₂ за 1 мин.	
							Левая рука	Правая рука
1	Б.	5	30	2	7	2	338	307
2	С.	5	30	2	6	2	336	297
3	К.	5	44	5	6	5	503	449

Резюмируя все вышеизложенное, можно сказать, что у исследуемых при данной постановке опытов испытуемых выполнение статической работы левой рукой оказывается энергетически более экономным, чем выполнение ее правой рукой, в то время как динамическая работа дает обратные отношения.

Обратимся теперь к иному виду статической работы, к ношению груза на вытянутой отвесно руке при вертикальном положении туловища. В этих условиях, как показали опыты Атцлера, отношения между правой и левой рукой на первый взгляд противоположны тем, которые были нами обнаружены при работе на статергометре. Так, например, по Атцлеру энергетически оптимальный вес груза, несомого правой рукой, равняется 14 кг, а при ношении левой рукой всего 10—11 кг. Атцлер приписывает это в основном выгоды работы правой рукой вследствие ее большей тренированности, но вместе с тем указывает, что в статическое напряжение вовлекаются не только мышцы удерживающей груз руки, но и мышцы противоположной стороны туловища, противодействующие склонению последнего в сторону груза.

Он пишет¹: „Различное поведение правой и левой половины тела при ношении груза одной отвесно висящей рукой следует отнести за счет лучшей тренированности правой половины тела. Это ведет, однако, к своеобразным выводам. При ношении груза отвесно висящей рукой соответствующее плечо стремится опуститься, чему препятствует статическое напряжение мышц шеи и туловища той же стороны. Мы не должны, однако, упускать из виду то обстоятельство, что при таком способе ношения груза в сторону его склоняется туловище. Следовательно в действие вступают спинные мышцы противоположной половины тела, чтобы статически затормозить сгибание туловища и закрепить позвоночник“.

Сделать отсюда дальнейший вывод—предположить, что энергетически большая выгода ношения груза правой рукой может в значительной степени объясняться большей экономичностью

¹ Atzler. Ergebnisse d. Physiologie. B. 27, 732, 1928.

статической работы мышц левой половины туловища, Атцлер не решился. Кажущееся противоречие он объясняет взаимосочетанием статических и динамических компонентов работы.

Для проверки этих положений мною был поставлен ряд опытов, имеющих целью экспериментально выяснить участие мышц туловища в поддержании груза руками и их роль в энергетических отношениях работы правой и левой рук.

Поставлены были опыты, в которых испытуемый стоя удерживал кистью отвесно висящей руки груз (сумку с гириями, общим весом в 20 кг). Результаты представлены в табл. 3 (первый ряд) и рис. 2 (слева). Мы видим, что удерживание груза отвесно висящей правой рукой сопровождается меньшим расходом энергии, чем удерживание его левой рукой, что вполне согласуется с данными Атцлера для ношения груза.

Однако, как уже говорилось, этот результат может быть обусловлен не только большей приспособленностью правой руки для совершения подобной работы, но и тем, что значительное участие в этой работе принимают мышцы противоположной стороны туловища. Для проверки этого предположения была сделана попытка возможного элиминирования напряжения этих мышц туловища. Это достигалось двумя способами: 1) на кисть руки, вытянутой горизонтально и в сторону, надевалась манжета, соединяемая шнуром с неподвижной стойкой; при смещении центра тяжести тела в противоположную от этой руки сторону, т. е. при поддержании груза другой рукой, потребность в напряжении мышц туловища в значительной мере отпадала, так как падению тела препятствовала здесь пассивно укрепленная рука; 2) туловище охватывалось широким куском материи, прикрепленной с противоположной грузу стороны к неподвижной стойке. Таким путем достигалась известная фиксация туловища, препятствующая склонению его в сторону груза. Результаты этих опытов также представлены в таблице 3 и рис. 2. Данные тех опытов, когда склонению туловища в сторону груза препятствовало фиксирование противоположной грузу

Таблица 3

Среднее потребление кислорода (в см³ за 1 мин.) при стоянии с грузом (20 кг), удерживаемым кистью отвесно висящей левой или правой руки

№ по пор.	Условия опыта	Длит. работы (в мин.)	Длит. восст. (в мин.)	Колич. опыт.	Потребление О ₂ за 1 мин.	
					Левая рука	Правая рука
1	Нормальная стойка . .	5	7	4	398	369
2	Фиксация противоположн. руки	5	7	8	299	329
3	Фиксация туловища . .	5	7	14	311	329
4	Нормальн. стойка ступни вместе	5	7	8	309	324

руки, помещаются во втором ряду табл. 3 и посредине рис. 2а. В третьем ряду табл. 3 и с правой стороны рис. 2а представлены данные тех опытов, когда склонению туловища препятствовала фиксация самого туловища.

Характерным моментом для приведенных опытов является изменение соотношений величин энергетических трат при работе левой и правой руками, когда мы тем или иным способом пытаемся элиминировать напряжение мышц туловища. В обычных условиях более экономичным является удерживание груза правой рукой.

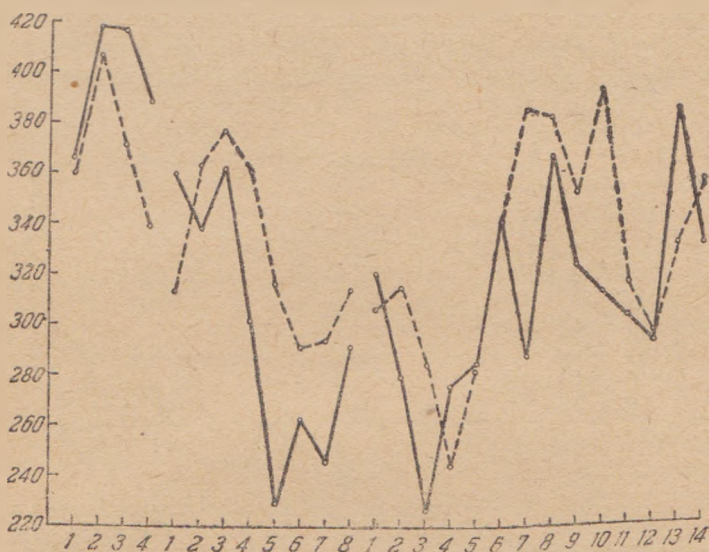


Рис. 2а. Газообмен при выключении напряжения контралатеральных мышц (левая рука—сплошная линия, правая—пунктир).

При выключении же напряжения мышц противоположной стороны туловища более экономичным оказывается удерживание груза левой рукой.

Если принять во внимание, что напрягающаяся мышечная масса части туловища значительно больше, чем количество мышц руки, поддерживающих груз, то вышеприведенные опыты указывают на то, что у данного испытуемого меньший расход энергии при поддержании груза в обычных условиях обусловлен большей энергетической экономичностью статической работы некоторых мышц левой стороны туловища по сравнению с мышцами правой его стороны.

Нельзя забывать однако, что при поддержании груза стоя в статическое напряжение вовлечены не только мышцы руки и туловища, но и мышцы ног. Естественно, что когда груз поддерживается правой рукой, т. е. происходит смещение общего центра тяжести тела вправо, больше напрягается правая нога, при смещении влево—левая нога. Можно высказать поэтому предположе-

ние, что в опытах с выключением напряжения мышц туловища больший энергетический расход при поддержании груза правой рукой сравнительно с левой объясняется не исключительно тем, что менее экономично статическое усилие только мышц правой руки, но и мышц правой ноги сравнительно с левой. Несомненно, что и мышцы ног играют далеко не меньшую роль и при обычной стойке, но там, возможно, эта относительная энергетическая невыгодность напряжения мышц правой ноги замаскируется большей экономичностью напряжения мышц левой половины туловища. Эти соображения находят некоторые подтверждения и в следующем опыте.

В табл. 3 (верхний ряд) и рис. 2а (слева) мы видели, что удержание груза в условиях свободной стойки сопровождается мень-

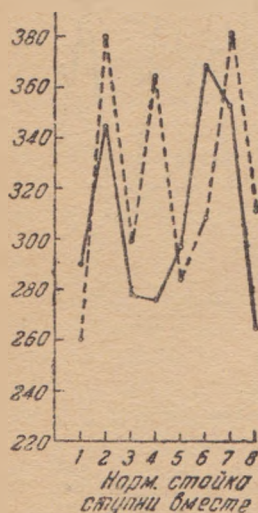


Рис. 26. Газообмен при удерживании груза стоя (левая рука—сплошная линия, правая—пунктир).

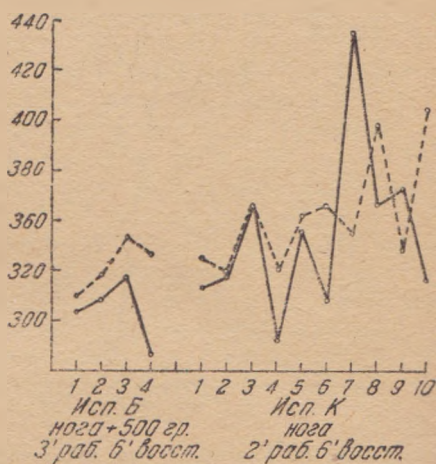


Рис. 3. Газообмен при статической работе левой (сплошная линия) и правой ноги (пунктир).

шим расходом энергии, когда груз поддерживается правой рукой, чем когда он поддерживается левой рукой. В этих опытах ноги не были тесно сомкнуты, а были несколько раздвинуты для обеспечения большей опорной поверхности. Когда же были поставлены опыты при стойке с тесно сдвинутыми ступнями ног, различия в энергетических тратах при поддержании груза правой или левой рукой извратились.

Здесь уже, как показывает нижний ряд табл. 3 и рис. 2б, поддержание груза правой рукой сопровождается большим расходом энергии, чем при поддержании левой рукой. Естественно, что чем меньше опорная поверхность, тем больше должно быть напряжение мышц той ноги, в сторону которой смещается центр тяжести.

сти тела. Тот факт, что уменьшение опорной поверхности вызывает при смещении центра тяжести вправо относительно больший расход энергии, чем при смещении его влево, также вызывает мысль о меньшей энергетической экономичности статического напряжения мышц правой ноги сравнительно с мышцами левой ноги.

Эти предположения подтверждаются также некоторыми опытами по учету энергопродукции при статической и динамической работе ног. Опыты ставились следующим образом. Испытуемый, лежа на спине, поднимал выпрямленную ногу так, что угол в тазобедренном суставе между сторонами, образуемыми кушеткой и ногой, составлял 30° . В этом положении нога поддерживалась в течение нескольких минут. Результаты этих опытов представлены в табл. 4 (2 верхних ряда) и рис. 3, из которых мы видим, что поддержание правой ноги сопровождается большим расходом энергии, чем поддержание левой ноги.

Таблица 4

Среднее потребление кислорода в куб. см. за 1 мин. при статической и динамической работе левой или правой ноги

№№	Испытуемый	Условия опыта	Груз	Длит. раб.	Длит. восст.	Кол. опыт.	Потребл. O_2 в куб. см. за 1 мин.	
							Левая нога	Правая нога
1	Б.	Статическая работа	Собств. вес ноги + 500 г.	3 м.	6 м.	4	324	342
2	К.	"	Собств. вес ноги	2 "	6 "	10	354	362
1	Б.	Динамич. работа, темп 72 в 1 мин.	"	3 "	10 "	2	399	391
2	К.	"	"	2 "	7 "	9	390	365

На этих же испытуемых были поставлены несколько опытов и с динамической работой ног. Для этого испытуемый под ритм метронома поднимал ногу, сгибая ее только в тазобедренном суставе также до угла в 30° . Поднятие ноги осуществлялось приблизительно теми же мышечными группами, что и в опытах со статической работой. Как показывает таблица 4 (два нижних ряда), величины потребления кислорода показывают отношения, противоположные тем, которые имели место при статической работе ног. Здесь расход энергии при динамической работе правой ноги оказывается меньшим, чем при динамической работе левой ноги.

На основании данной работы можно сделать вывод, что статическая работа, выполняемая некоторыми мышечными группами левой половины тела, сопровождается меньшим расходом энергии, чем когда эту работу выполняют соответственные мышцы правой половины тела.

В. С. Фарфель

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ МЫШЦ

СООБЩЕНИЕ II. К АСИММЕТРИИ СТОЯНИЯ

В предыдущем сообщении было показано, что в ряде случаев значительные мышечные группы левой половины тела могут более экономно выполнять статическую работу, нежели симметричные им мышцы правой половины тела. Эти исследования проведены были на людях, у которых исследуемые мышечные группы правой стороны были сильнее мышц левой стороны и динамическая (фазная) работа выполнялась ими более экономно. Указывалось также, что различие в статической выносливости некоторых симметричных мышечных групп касается не только рук, но и ног. Было обнаружено, что при исследованной позе статическая работа вызывала меньший расход энергии тогда, когда она выполнялась левой ногой, в то время как динамическую работу более экономно выполняла правая нога.

Отсюда возникла мысль о том, что может быть большая выносливость мышц левой ноги сравнительно с правой к выполнению статической работы используется человеческим организмом в его повседневной деятельности, или, наоборот, более частое употребление левой ноги для статической работы повлекло за собой как следствие большую выносливость ее к этому виду мышечной деятельности.

Естественнее всего было обратиться к акту стояния, акту привычного и повседневного включения в статическое напряжение значительных мышечных групп. При вольном стоянии человек редко все время опирается поровну на обе ноги, ориентируя центр тяжести тела в центр опорной поверхности. Гораздо чаще происходит переиминание с ноги на ногу, когда центр тяжести тела сдвигается то в левую, то в правую сторону. В этих условиях мышцы ног несут неравномерную нагрузку; в статическое усилие попеременно включаются по преимуществу либо мышцы левой, либо правой ноги. Естественно предположить, что если выносливость к статической работе симметричных мышц ног одинакова, то при продолжительной вольной стойке, связанной с указанными поперечными перемещениями центра тяжести тела, суммарная длительность преимущественной опоры на левую и правую ногу будет приблизительно одинаковой. И, наоборот, относительно большая длительность опоры на одну из ног будет свидетельствовать

относительно большей выносливости к статическому усилию мышечных групп ноги именно этой стороны.

При выборе метода исследования мы исходили из указанных выше соображений. В течение длительных отрезков времени (1—1½ часа) производились наблюдения за характером стояния.¹ Испытуемому, не знавшему содержания темы и предмета наблюдения, предлагалось стоять „вольно“, причем разрешалось менять характер стояния так часто, как это ему хочется. Экспериментатор же точно хронометрировал длительность опоры на обе ноги, преимущественную опору на левую и на правую ноги. В ряде случаев, когда испытуемый слишком долго стоял, равномерно опираясь на обе ноги, ему предлагалось стоять асимметрично, т. е. перемещать свой центр тяжести на правую или левую сторону, как ему удобно. Подчеркиваем еще раз, что изменения характера стояния зависели только от самого испытуемого и перемещал он свой центр тяжести с одной на другую сторону тогда, когда ему надоедало, когда он уставал по преимуществу опираться на одну из ног.

Для того чтобы усталость при опоре на одну ногу развивалась скорее и для того, чтобы не слишком удлинять время каждого наблюдения, мы ввели небольшое изменение в способе стояния, затрудняющее его. Это изменение заключалось в том, что испытуемый стоял не на горизонтальной поверхности, а на наклонной. Были сооружены две площадки, помещавшиеся под каждую ступню испытуемого. Пяточный конец каждой площадки был приподнят и опирался на крепкую рессорную пружину. Получалась плоскость, наклоненная под углом в 30°, с подъемом от носка к пятке. От пяточного края площадки шел шнур к короткому плечу легкого рычага, укрепленного на штативе. Длинные плечи обоих рычагов, соединенных со своими площадками, были обращены друг к другу. Когда испытуемый, стоя на площадках, опирается равномерно на обе ноги, оба рычага находятся на одной линии. Достаточно же испытуемому склониться в одну сторону, как рычаги меняют свое взаимное расположение вследствие опускания одной площадки и поднятия другой. Экспериментатор, имея перед глазами эти рычаги, хронометрировал изменения их взаимоположения и таким образом учитывал длительность преимущественной опоры на левую или правую ногу. Полученные временные отрезки суммировались с целью получения общего времени преимущественной опоры на левую или правую ногу. В табл. 1 представлено это суммарное время в секундах для каждого из 58 обследованных нами испытуемых.

В последнем столбце этой таблицы даны отношения длительности опоры на левую ногу к длительности опоры на правую. Мы видим, что у 50 испытуемых это отношение больше единицы и только у 8 лиц оно меньше единицы.

Обнаруженный нами факт свидетельствует о том, что в подав-

¹ Часть материала собрана студентами т.т. Хайн С. И. и Яценко Д. Д. на кафедре физиологии МГИИ (зав. кафедрой проф. Е. Б. Бабский).

Таблица 1

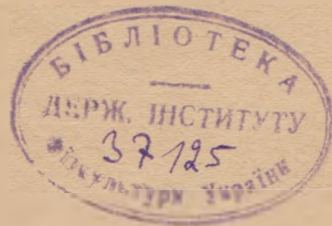
Длительность опоры на левую и правую ногу при стоянии

№№ п.п.	Испытуе- мый	Пол	Левая	Правая	Левая/пра- вая	№№ п.п.	Испытуе- мый	Пол	Левая	Правая	Левая/пра- вая
1	Каб.	м.	3315	505	6,56	31	Пос.	ж.	2029	1509	1,35
2	Х.	ж.	460	85	5,45	32	Пус.	м.	2020	1540	1,31
3	Ум.	м.	3175	835	3,80	33	Щег.	ж.	2700	2090	1,29
4	Зайц.	ж.	2342	875	2,68	34	Кр.	ж.	860	680	1,28
5	Кар.	м.	2010	930	2,26	35	Фр.	м.	2450	1925	1,27
6	Гл.	ж.	2288	1083	2,11	36	Майд.	ж.	1757	1385	1,27
7	Бл.	м.	780	380	2,06	37	Наг.	м.	1991	1584	1,26
8	Гус.	м.	2225	1095	2,03	38	Мих.	м.	2250	1830	1,23
9	Пет.	м.	2015	1012	1,99	39	Мас.	м.	2225	1805	1,23
10	Люб.	м.	2535	1270	1,99	40	Шав.	ж.	1495	1260	1,19
11	Белк.	ж.	2301	1191	1,93	41	Гол.	ж.	1631	1379	1,18
12	Мар.	м.	3094	1625	1,90	42	Бог.	м.	1915	1625	1,18
13	Чер.	ж.	2275	1290	1,76	43	Нав.	ж.	1884	1716	1,10
14	Тум.	м.	2220	1270	1,75	44	Бур.	м.	2260	2080	1,09
15	Зал.	м.	2760	1618	1,71	45	Миш.	м.	2830	2585	1,09
16	М.	ж.	3095	1825	1,70	46	В.	м.	2100	1960	1,07
					(левша)						(левша)
17	Куд.	м.	2147	1319	1,63	47	Нар.	м.	715	690	1,03
18	Хр.	ж.	3015	1875	1,60	48	Я.	м.	2065	2025	1,02
19	Гал.	ж.	1970	1242	1,58						(левша)
20	Рыб.	м.	1745	1150	1,52	49	Пр.	м.	1975	1930	1,02
21	Аб.	ж.	585	386	1,51	50	Маз.	м.	2145	2100	1,02
22	Ив.	м.	2624	1752	1,49	51	Шул.	ж.	1733	1929	0,90
23	Кал.	м.	2175	1470	1,48	52	Рез.	м.	2100	2425	0,86
24	Пан.	ж.	3395	2280	1,48	53	Кл.	ж.	1720	2195	0,78
25	Зин.	м.	2545	1745	1,46	54	Баж.	м.	1470	2175	0,68
26	Ден.	ж.	2370	1630	1,45	55	Изв.	м.	4725	6930	0,68
27	З.	ж.	3235	2265	1,43	56	Нев.	ж.	1392	2208	0,63
28	Яр.	м.	2640	1870	1,41	57	Аб.	ж.	645	1185	0,54
29	Бел.	ж.	2430	1730	1,40	58	Габ.	м.	1515	2845	0,53
30	Бер.	ж.	1689	1203	1,40						

ляющем большинстве случаев имеет место большая выносливость к статической работе разгибательной группы мышц левой ноги относительно симметричных им мышц правой ноги.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
<i>П. Э. Гуляк, А. Д. Лантош, А. И. Лившиц, В. С. Фарфель, А. В. Фомичев, Е. К. Хализева.</i> Физиологические изменения при повторной максимальной работе (к анализу тренировки)	5
<i>А. Д. Лантош и А. И. Лившиц.</i> Сахар крови при напряженной мышечной работе	41
<i>А. И. Лившиц и Е. К. Хализева.</i> Изменение содержания неорганического фосфора в крови и моче после кратковременной напряженной мышечной работы	67
<i>А. В. Фомичев.</i> Влияние произвольно усиленного дыхания на организм в состоянии покоя	78
<i>А. В. Фомичев.</i> Влияние произвольно усиленного дыхания, дыхательных упражнений и вдыхания O_2 на организм во время работы	96
<i>В. С. Фарфель, И. М. Фрейдберг, А. С. Шабашова.</i> Исследования по расслаблению	106
<i>А. С. Шабашова.</i> Выносливость к статическому усилию у спортсменов	114
<i>В. С. Фарфель.</i> Исследования по функциональной асимметрии мышц. Сообщение I. Газообмен при статической работе симметричных мышц тела	123
<i>В. С. Фарфель.</i> Исследования по функциональной асимметрии мышц. Сообщение II. К асимметрии стояния	132



Цена 5 р. 55 к. Переплет 1 р. 25 к.

Редактор А. М. Хейнман. Технический редактор
М. С. Козан. Корректор М. Г. Митрофанов.
Сдано в набор 5/1—1939 г. Подписано к печати
19/V—1939 г. Печ. листов 8,5. Учетно-авт.
листов 10,13. Количество знаков в печ. листе
47.500. Формат бумаги 60 × 92 см. Тираж
2000 экз. Физ. № 1285—Ф. Мособлгорлит № 6-1991
Заказ № 360.

Тип. „Лен. Правда“. Ленинград, Социалисти-
ческая, 14.

5412

2530