
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Изучение условий труда работающих наряду с оценкой состояния производственной среды и трудового процесса должно включать оценку состояния организма в динамике рабочих смен, недели, месяца, года.

Физиологические исследования на предприятиях проводятся при определении функциональных сдвигов в органах и системах организма работающих, для оценки уровня работоспособности в динамике рабочего дня, степени утомления, а также при разработке рациональных режимов труда и отдыха и оценке эффективности оздоровительных мероприятий.

После изучения технологического процесса и ознакомления с производственным участком отбирается группа рабочих для проведения физиологических исследований. Для получения достоверных данных она должна быть не менее 10–12 человек.

Выбранные лица должны составлять однородную группу испытуемых:

- по полу (ж, м);
- по возрасту (20–29, 30–39, 40–49 лет и т.д.);
- по стажу (до 4, 5–9, 10–15 лет и более);
- по профессии;
- быть практически здоровыми.

Желательно не включать в группу лиц, которые работали после отпуска меньше месяца.

Продолжительность исследования должна составлять не менее 2 недель. При проведении работ на открытом воздухе исследования необходимо проводить дважды в год — в теплый и холодный периоды года.

Кратность исследования в течение рабочей смены должна соответствовать периодам работоспособности (вработываемость, высокая работоспособность, утомление), т.е. изучаемые физиологические функции следует определять не менее пяти раз:

- перед началом рабочей смены;
- через 2–3 часа работы;
- перед обеденным перерывом;
- через 10–20 мин после него;
- за 20–30 мин до окончания рабочего дня.

Если же по условиям производства 5-кратные исследования проводить невозможно, то следует ограничиться первыми двумя и последним исследованиями.

Выбор методик физиологических исследований определяется характером трудовой деятельности, ведущими производственными факторами и вредностями. Важными из них являются методики для изучения:

- центральной нервной системы — определение устойчивости внимания, исследование работоспособности двигательных анализаторов, определение сенсомоторных реакций;
- сердечно-сосудистой системы — контроль пульса и артериального давления;
- дыхательной системы — частота дыхания, объем легочной вентиляции;
- нервно-мышечного аппарата — динамометрия, треморометрия;
- исследование функции анализаторов (зрительного, слухового, кожного, обонятельного).

Выбор методик определяется наибольшей их адекватностью сдвигам, которые ожидаются в организме рабочих при выполнении работы (физической, умствен-

ной). Принято исследовать не менее трех функциональных систем, например центральную нервную, сердечно-сосудистую и нервно-мышечную.

При этом методики исследования должны быть достаточно информативными, простыми в выполнении и минимально отвлекать исследуемого от работы.

Если методика исследования связана с отрывом рабочего от трудового процесса, то одновременно следует использовать не более 2-3 методик, причем время, затрачиваемое на каждую из них, не должно превышать 2-3 мин. Таким образом, одноразовое отвлечение рабочего будет занимать 5-7 мин. Если по условиям исследования нужно применять большее число методик, то можно чередовать их по дням исследований.

Перед проведением исследований на производстве необходимо ознакомить работающих с целью исследования, провести инструктаж, а в некоторых случаях — тренировку по используемым тестам.

Физиологические исследования часто сопровождаются социологическими — анкетирование рабочих с целью выяснения их отношения к работе, режиму труда и отдыха, условиям труда, а также выявления лиц, предъявляющих жалобы на усталость, утомление, плохое самочувствие в период работы и т.д.

Обязательным компонентом физиологических исследований является хронометраж трудового процесса, рабочих операций в течение смены.

Метод хронометража, т. е. установление длительности выполнения отдельных рабочих операций, позволяет выявить изменения работоспособности. Так, постепенное увеличение времени, затрачиваемого на определенную операцию, может свидетельствовать о наступлении утомления.

Метод хронометражных наблюдений на производстве применяется для оценки трудового процесса (режим труда, ритм работы, темп выполнения отдельных операций),

выявления возможного влияния условий труда на функциональное состояние организма.

Перед проведением наблюдений необходимо ознакомиться с технологическим процессом, характером каждой рабочей операции (элементов), особенностями условий труда. Составляется схема последовательности изучаемых операций, для чего изучаемый трудовой процесс следует правильно разделить на отдельные операции или их элементы.

Хронометражные исследования проводятся при помощи секундомера по текущему времени, т.е. не останавливая стрелку, а лишь отмечая время окончания каждого элемента рабочего процесса, каждой операции. С помощью хронометража можно вывести следующие данные:

- среднюю продолжительность отдельных операций в течение рабочего дня, выявляя её зависимость от времени смены, режима труда, ритма работы;
- время, затрачиваемое на выполнение основных и вспомогательных операций, простой и ремонт оборудования, исправление брака, личные и производственные отвлечения, что характеризует условия и организацию труда;
- среднюю производительность;
- плотность (загруженность) рабочего дня.

Загруженность рабочего дня считается малой, если сумма времени, затрачиваемого на рабочие операции, вспомогательные работы и производственные отвлечения, занимает менее 75% от общего времени рабочей смены, достаточной — 75–85%, интенсивной — 86–95%, очень интенсивной — превышает 95%.

Результаты хронометража оформляются в виде таблицы или в графической форме.

Карта хронометражных наблюдений

Предприятие _____

Цех _____

Профессия _____

Краткое описание выполняемых операций _____

Время наблюдения:

начало _____ конец _____

Данные хронометражных исследований:

Выполняемая операция	Время начала	Время окончания	Продолжительность
...			

Результаты хронометражных расчетов:

Рабочие операции	Вспомогательные операции	Простои	Отвлечения	
			производственные	личные
В минутах и секундах				
В процентах от общего времени смены				

Методы исследования центральной нервной системы

Определение зрительно (слухо)- моторной реакции. Определение скрытого времени реакции (латентного периода рефлексов) служит одним из показателей функционального состояния нервно-мышечного аппарата при развивающемся утомлении в результате выполнения мышечной или умственной работы.

Время скрытой реакции (латентный период) на свет, как правило, больше такового на звук. При развивающемся утомлении в результате выполнения мышечной или умственной работы время реакции (латентный период) удлиняется. Реакция считается существенно измененной, если разность показателей превышает 0,02 с.

Исследование устойчивости внимания методом отыскивания чисел. Методика отыскивания чисел применяется для оценки способности переключения внимания. На специальном бланке из 49 клеток (рис. 1) в случайном порядке отпечатаны черным цветом числа от 1 до 25 и красным — от 1 до 24. Обследуемый называет, показывая, вначале в возрастающем порядке все черные числа, а затем, в убывающем порядке, красные. При времени выполнения задания менее 2 мин можно говорить о хорошем качестве внимания, свыше 3 минут — о недостаточном уровне переключаемости внимания.

Для более точной оценки может применяться метод отыскивания чисел с переключением и распределением внимания — исследуемый должен находить черные и красные числа, попеременно называя сначала одно черное, затем одно красное. Черные числа следует отыскивать в возрастающем, а красные — в убывающем порядке.

1	16	15	1	19	18	4
23	9	12	24	12	10	3
20	14	17	3	5	7	10
2	20	4	25	21	23	13
9	11	22	14	2	7	24
8	6	5	11	17	8	18
21	16	15	22	13	19	6

Рис. 1

Метод корректурных исследований при помощи таблицы. Корректурные таблицы применяются для исследования произвольного внимания и для оценки темпа психомоторной деятельности, работоспособности и устойчивости к монотонной деятельности, требующей постоянного сосредоточения внимания.

Обследование проводится с помощью различных корректурных таблиц, составленных из букв, цифр (таблицы В.Я. Анфимова) (рис. 2), или колец с разрывами, направленными в различные стороны (кольца Ландольта) (рис. 3), или геометрических фигур. Метод заключается в том, что испытуемый вычеркивает, подчеркивает или подсчитывает заданные знаки, например «а» и «с». В отдельных случаях проводится усложненное задание с дифференцировкой — испытуемый продолжает вычеркивать буквы «а» и «с», но в определенных сочетаниях с другими буквами, например буквосочетания «на» и «ис».

АЧКМПРОСТУФРОВСТФРАУКАХКЕРОПТИС	9148756394678831234
ПРВМСАНПРОМТРАВФЫВПУКНЯЧСМТЬ	8765432198765431421
ЩФЫВПРОЛОХЗШГМИТРВФЭЖДЛОРПВАПР	2345678912345671821
УЦЙХЭШГНЕКУЦФЫВАПРОЛДЖЭЙФЯЦЫЧ	3467382914567349129
ЮЗЖХЭЪЮДЦШЛЬОГТРИПЕМАКСВУЧЫЦЯ	3982774675370988028
ОЛДЖЭЮБЪТИМСЧЯФЫВАПРЙФЯЦЫЧУВСКА	0563770895749746505
ЪЮДЦШЛЬОГТРИПЕМАКСВУЧЫЦЯФЙШЛО	4328976378209382457
КУВСЧЫЦУВСЧЫЦЙФЯЧВСХЗЖДЛБЛШГОБ	6554744466688831346
РНОГЬБЛДЦЮЖЗХЪЭЖДЛОРПАВЫФЙЦУКЕН	2132112312354378239
АМСВУЦЫЧЯФЙЦУЧУВЫФЙЦУКЕНГШЦЗХЪЮ	8798787682676570198
ЩДЖЗЮДЖЭХЪЗЖДБЛШГОТРИПЕМАКУВСЧ	9873826455910884234
КЗЙЦУКРОЛДЕАКГНЕКУЦФЫВАПРОЛДЖЭЮ	4682468369118194455
МНЕКУЦЙХЭШГНЕКУЦФЫВАПРОЛДЖЭЮД	3659172375948767766
АЧКМПРОСТУФРОВСТФРАУКАХКЕРОПТИС	1827364558183729108
ПРВМСАНПРОМТРАВФЫВПУКНЯЧСМТЬ	7348556472378026775
РЮШФЫВПРОЛОХЗШГМИТРВФЭЖДЛОРПВАП	3860918764382928765
КУЦЙХЭШГНЕКУЦФЫВАПРОЛДЖЭЙФЯЦЫ	7543354682254668574
ЮЗЖХЭЪЮДЦШЛЬОГТРИПЕМАКСВУЧЫЦЯ	0439347368247463647
ОЛДЖЭЮБЪТИМСЧЯФЫВАПРЙФЯЦЫЧУВСКА	0161984632876428487
ЪЮДЦШЛЬОГТРИПЕМАКСВУЧЫЦЯФЙШЛО	3654289661036826754
КУВСЧЫЦУВСЧЫЦЙФЯЧВСХЗЖДЛБЛШГОБ	8654876983473896474
РНОГЬБЛДЦЮЖЗХЪЭЖДЛОРПАВЫФЙЦУКЕН	9573869010285378232
АМСВУЦЫЧЯФЙЦУЧУВЫФЙЦУКЕНГШЦЗХЪЮ	4286497628018365283
ЩДЖЗЮДЖЭХЪЗЖДБЛШГОТРИПЕМАКУВСЧ	8295163837846752266
	24827463889619848328

Рис. 2. Корректурные таблицы (Анфимова)

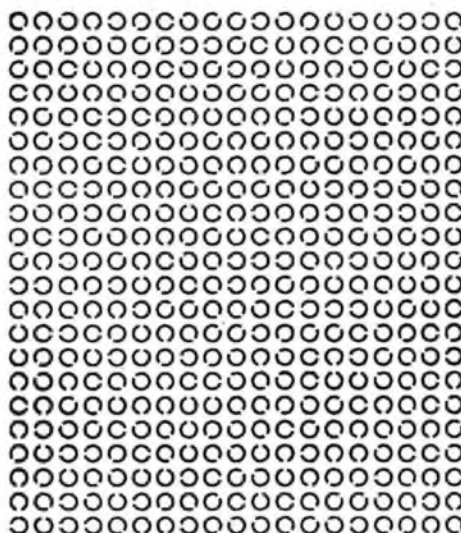


Рис. 3. Корректирующие таблицы (кольца Ландольта)

Результаты пробы оценивают как в отношении качества выполненной работы, т.е. пропуска или ошибочного зачеркивания букв (время должно быть одинаковым — 4 минуты), так и в отношении затраты времени на выполнение задания (табл. 2).

Таблица 2

Критерии оценки умственного труда

Оценка	Кол-во просмотренных знаков	Кол-во допущенных ошибок
Отлично	Более 1000	2 и менее
Хорошо	900–1000	3–5
Удовлетворительно	800–900	6–10
Неудовлетворительно	Менее 700	11 и более

При обработке корректирующих карт учитываются общее количество просмотренных знаков и число ошибок. Под ошибкой следует понимать незачеркнутые задан-

ные буквы или подчеркнутые незаданные буквы или буквосочетания. Данные исследования сводятся в таблицу наблюдений, на основании которой для каждой пробы проводится расчет следующих показателей:

1. P — объем переработанной зрительной информации, бит:

$$P = 0,5936 \times N,$$

где 0,5936 — средний объем информации, приходящийся на один знак; N — общее число просмотренных знаков.

2. S — скорость переработки зрительной информации, бит/с:

$$S = \frac{(P - 2,807 \times c)}{T},$$

где 2,807 бита — потеря информации, приходящейся на один пропущенный знак; c — число допущенных ошибок; T — время опыта, сек.

3. A — показатель внимания, %:

$$A = \frac{V}{(c+1)} \times 100,$$

где V — скорость просмотра, мин. Показатель внимания низкий — менее 37, средний 37–51 и высокий — более 51%.

4. E — умственная производительность (формула Уипла):

$$E = N \times B, \quad B = \frac{a - (b + c)}{(a + b)},$$

где B — коэффициент качества; a — количество правильно проверенных знаков; b — число пропущенных знаков.

Оценить результаты, полученные в ряде исследований, можно с помощью оценочной таблицы 3.

Таблица 3

Оценка изменения умственной работоспособности
[Л.Л. Артамонова]

Умственная производительность	Объем выполненной работы	Число ошибок	Изменение работоспособности
Увеличивается	Увеличивается. Увеличивается. Без изменений	Снижается. Без изменений. Снижается	Постепенное повышение умственной работоспособности (вработывание)
Незначительно снижается	Уменьшается. Без изменений. Уменьшается	Уменьшается. Увеличивается. Без изменений	Постепенное снижение умственной работоспособности
Снижается	Увеличивается	Увеличивается	1-я фаза утомления (работоспособность снижается за счет преобладания процессов возбуждения, за счет ослабления активного торможения)
Снижается	Уменьшается	Увеличивается	2-я фаза утомления (работоспособность снижается за счет развивающегося охранительного торможения)

Методы исследования
сердечно-сосудистой системы

Исследование первичных показателей.

Подсчет пульса — лабильный и информативный показатель функционального состояния сердечно-сосудистой системы. По частоте сердечных сокращений (ЧСС) нормируются предельно допустимые величины физического напряжения при операциях с преобладанием статической нагрузки, а также общей, региональной и локальной динамической работе. Показатель нормы: 60–80 ударов в мин.

Измерение артериального давления (АД).

Диастолическое, или минимальное, давление (ДД) — определяется степенью проходимости прекапилляров, частотой сердечных сокращений и степенью эластичности кровеносных сосудов. Показатель нормы: 60–89 мм рт. ст. После нагрузок ДД не меняется или несколько понижается (до 10 мм рт. ст.). Резкое снижение уровня диастолического давления во время работы или, напротив, его повышение и медленный (более 2 мин) возврат к исходным значениям расценивается как неблагоприятный признак.

Систолическое, или максимальное, давление (СД) — зависит от сократительной функции миокарда, систолического объема сердца, состояния эластичности сосудистой стенки, гемодинамического удара и ЧСС. Показатель нормы: 110–139 мм рт. ст. При нагрузке СД увеличивается на 20–80 мм рт. ст., а после ее прекращения возвращается к исходному уровню в течение 2–3 мин. Медленное восстановление исходных значений СД рассматривается как свидетельство недостаточности сердечно-сосудистой системы.

При оценке изменений систолического давления под влиянием нагрузки сопоставляют полученные сдвиги максимального давления и частоты сердечных сокращений с этими же показателями в покое:

$$СД = \left(\frac{СДр - СДп}{СДп} \right) \times 100\%,$$

$$ЧСС = \left(\frac{ЧССр - ЧССп}{ЧССп} \right) \times 100\%,$$

где СДр, ЧССр — систолическое давление и частота сердечных сокращений при работе; СДп, ЧССп — те же показатели в покое.

Это позволяет охарактеризовать состояние сердечно-сосудистой регуляции. В норме она осуществляется

за счет изменений давления (СД больше ЧСС), при сердечной недостаточности регуляция идет за счет увеличения ЧСС (ЧСС больше СД).

По данным артериального давления могут быть рассчитаны следующие гемодинамические показатели:

Пульсовое давление (ПД) — в норме у здорового человека составляет около 25–30% величины минимального давления, по изменениям ПД можно составить косвенное представление о работе сердца.

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

Среднединамическое давление (СДД) — является показателем согласованности регуляции сердечного выброса и периферического сопротивления. Изменения СДД указывают на неустойчивость механизмов регуляции кровообращения. Показатель нормы: 75–85 мм рт. ст. СДД можно рассчитать по формулам:

$$\text{СДД} = \frac{\text{СД} + 2\text{ДД}}{3}; \quad \text{СДД} = \frac{\text{ПД}}{3} + \text{ДД}.$$

Минутный объем крови (МО) — это количество крови, перекачиваемое сердцем за минуту. Показатель нормы: 3,5–5,0 л. Величина МО зависит от возраста, пола, массы тела, температуры окружающего воздуха, интенсивности физической нагрузки, от методики определения. Наиболее простой способ, позволяющий ориентировочно определить величину МО, — определение по формуле Старра:

$$\text{МО} = \text{УО} \times \text{ЧСС}, \text{ мл};$$

$$\text{УО} = 101 + 0,5 \times \text{СД} - 1,09 \times \text{ДД} - 0,6 \times \text{В},$$

где УО — ударный объем, мл; СД — систолическое давление, мм рт. ст.; ДД — диастолическое давление, мм рт. ст.; В — возраст, в годах.

Для более объективной оценки наблюдаемых изменений целесообразно вычислить *должный минутный объем (ДМО)*:

$$\text{ДМО} = 2,2 \times S,$$

где 2,2 — сердечный индекс, л; S — поверхность тела обследуемого, определяемая по формуле:

$$S = k\sqrt{p \times h},$$

где p — масса тела, кг; h — рост, м; k — коэффициент, равный для женщины 0,162; для мужчины — 0,167. Для ускорения расчетов поверхность тела может определяться по номограмме (в соответствии с рис. 4).

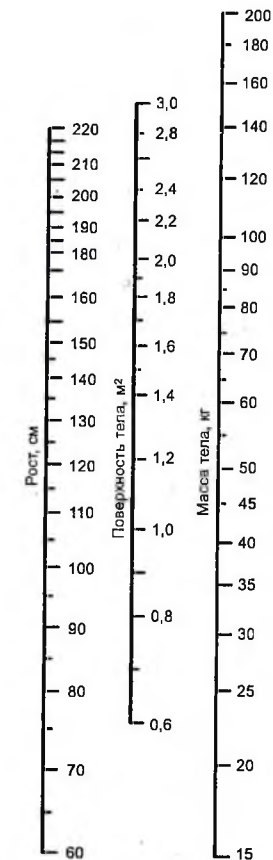


Рис. 4. Номограмма для определения поверхности тела

Сопоставление МО и ДМО позволяет более точно охарактеризовать специфику функциональных изменений в сердечно-сосудистой системе, обусловленных воздействием различных факторов.

Гемодинамические показатели позволяют судить о снабжении работающих органов кислородом, питательными веществами и другими регуляторами. Так, при умеренной мышечной нагрузке наиболее рациональной реакцией является увеличение УО без изменения ЧСС. За счет этого увеличивается МО, и работающие мышцы получают достаточное количество крови.

Более тяжелая мышечная работа влечет за собой менее рациональную реакцию. Достаточное увеличение МО достигается не столько за счет увеличения силы сокращения и УО, сколько за счет учащения пульса. Это ухудшает кровоснабжение самого сердца.

Состояние сердечно-сосудистой системы может также характеризоваться при помощи различных индексов и коэффициентов.

Сердечный индекс (СИ) — характеризует интенсивность кровообращения. СИ покоя у взрослых равен 3,0–3,5 л/мин/м².

$$СИ = \frac{МО}{ПТ},$$

где МО — минутный объем; ПТ — единица поверхности тела, определяется по номограмме.

Периферическое сосудистое сопротивление (ПСС) — отражает реакцию прекапиллярного русла, зависящую от объема циркулирующей крови и обуславливает постоянство среднединамического давления (или его отклонения от нормы). Для практических целей удобна величина удельного периферического сопротивления (УПСС). В норме УПСС колеблется в пределах 35–45 усл. единиц.

$$УПСС = \frac{СДД}{СИ}.$$

Н.Н. Савицкий выделил 3 типа кровообращения: *гипокинетический* — характеризуется низким показателем СИ (менее 2,75 л/мин/м²) и относительно высоким показателем ПСС; *гиперкинетический* — определяются самые высокие значения СИ (более 3,5 л/мин/м²) и низкие — ПСС; *эукинетический* — характеризуется средними показателями СИ (2,75–3,5 л/мин/м²) и ПСС.

Исследование начальных и конечных показателей при проведении тестовых воздействий.

Проба Мартине (упрощенная методика) — используется при массовых исследованиях, позволяет оценивать способность сердечно-сосудистой системы к восстановлению после физической нагрузки. В качестве нагрузки могут применяться 20 приседаний за 30 с и приседания в том же темпе в течение 2 мин. В первом случае период восстановления длится 3 мин, во втором — 5. Перед нагрузкой и через 3 (или 5) мин после ее окончания у испытуемого измеряется ЧСС, систолическое и диастолическое давление.

Оценка пробы проводится по величине разности исследуемых показателей до и после нагрузки: при разности не более 5 — «хорошо»; при разности от 5 до 10 — «удовлетворительно»; при разности более 10 — «неудовлетворительно».

Проба с приседанием — служит для характеристики функциональной полноценности сердечно-сосудистой системы. Обследуемому в спокойном состоянии (в положении сидя) подсчитывают пульс, измеряют систолическое и диастолическое давление. После этого обследуемый, не снимая манжетки с руки, проделывает 20 глубоких приседаний (в течение 30 с) и садится. Сразу же после приседаний измеряются пульс и кровяное давление. В дальнейшем через каждые 10–30 с подсчитывается пульс до возвращения его к исходной частоте и 3 раза измеряется артериальное давление. В норме у практически здоровых людей величина пульса и давления

возвращается к исходному уровню на 2–3-й минуте. Установлено, что после 20 приседаний в норме пульс может увеличиваться на 16–20 уд. в мин, максимальное давление — не более чем на 4 мм рт. ст. Под влиянием развития процесса утомления показатели пробы могут существенно меняться, что при исследовании пульса и кровяного давления без физической нагрузки нередко не выявляется.

Для оценки пробы применяют *показатель качества реакции (ПКР)* — характеризует период восстановления после выполнения интенсивной работы.

$$\text{ПКР} = \frac{\text{ПДр} - \text{ПДп}}{\text{ЧССр} - \text{ЧССп}},$$

где ПДп и ЧССп — пульсовое давление и ЧСС до работы; ПДр и ЧССр — показатели после работы.

У здорового человека ПКР меньше 1. Увеличение ПКР свидетельствует о неблагоприятной реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку.

Коэффициент выносливости (КВ) — используется для оценки степени тренированности сердечно-сосудистой системы к выполнению физической нагрузки. Показатель нормы: 12–15 усл. ед.

$$\text{КВ} = \frac{\text{ЧСС}}{\text{ПД}} \times 10.$$

Увеличение значения КВ, связанное с уменьшением ПД, свидетельствует о детренированности сердечно-сосудистой системы.

Оценка вегетативного статуса.

Вегетативный индекс Кердо (ВИК) — отражает степень влияния на сердечно-сосудистую систему вегетативной нервной системы.

$$\text{ВИК} = \left(1 - \frac{\text{ДД}}{\text{ЧСС}}\right) \times 100.$$

Показатель нормы: от -10 до $+10\%$. Положительное значение ВИК говорит о преобладании симпатических влияний, отрицательное — о преобладании парасимпатических влияний.

Ортостатическая проба — служит для характеристики функциональной полноценности рефлекторных механизмов регуляции гемодинамики и оценки возбудимости центров симпатической иннервации.

После 5-минутного пребывания в положении лежа у обследуемого считают пульс в течение 15 с и измеряют АД. Затем исследуемый спокойно (без рывков) занимает положение стоя. Пульс подсчитывается на 1-й и 3-й минутах пребывания в вертикальном положении, кровяное давление определяется на 3-й и 5-й минутах. После получения фоновых величин испытуемый быстро встает, принимает вертикальное положение и стоит в течение 5 минут. При этом ежеминутно (во второй половине каждой минуты) просчитывается частота и измеряется артериальное давление.

Оценка пробы может осуществляться только по пульсу или по пульсу и артериальному давлению (табл. 4).

Таблица 4

Оценка ортостатической пробы

Показатели	Переносимость пробы		
	хорошая	удовлетворительная	неудовлетворительная
ЧСС	Учащение не более чем на 11 уд.	Учащение на 12–18 уд.	Учащение более чем на 19 уд.
СД	Повышается	Не меняется	Снижается в пределах 5–10 мм рт. ст.
ДД	Повышается	Не изменяется или несколько повышается	Повышается
ПД	Повышается	Не изменяется	Снижается
Вегетативные реакции	Отсутствуют	Потливость	Потливость, шум в ушах

По результатам пробы можно рассчитать *ортостатический индекс (ОИ)* по формуле, предложенной Бурхардом—Киргофом:

$$\text{ОИ} = \frac{\text{АД}_{\text{тах лях}}}{\text{АД}_{\text{тах стоя}}} \times \frac{\text{АД}_{\text{мин стоя}}}{\text{АД}_{\text{мин лежа}}} \times \frac{\text{ЧСС}_{\text{стоя}}}{\text{ЧСС}_{\text{лежа}}}$$

В норме ортостатический индекс составляет 1,0–1,6 относительной единицы. При хроническом утомлении ОИ=1,7–1,9; при переутомлении ОИ = 2 и более.

Расчётный индекс адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы:

$$\text{АП} = 0,0011\text{ЧСС} + 0,014\text{СД} + 0,008\text{ДД} + \\ + 0,009\text{М} + 0,009\text{Р} + 0,014\text{В} - 0,27,$$

где АП — адаптационный потенциал системы кровообращения в баллах, ЧСС — частота сердечных сокращений (уд./мин); СД и ДД — систолическое и диастолическое артериальное давление (мм рт. ст.); Р — рост (м); М — масса тела (кг); В — возраст (лет).

АП ниже 2,6 — удовлетворительная адаптация; 2,6–3,9 — напряжение механизмов адаптации; 3,10–3,49 — неудовлетворительная адаптация; 3,5 и выше — срыв адаптации.

Срыв адаптации как результат перенапряжения и истощения механизмов регуляции у лиц старшего возраста отличается резким падением резервных возможностей сердца, в то время как в молодом возрасте при этом наблюдается даже увеличение уровня функционирования системы кровообращения.

Определение типа саморегуляции кровообращения (ТСК) дает возможность оценивать уровень напряжения в регуляции сердечно-сосудистой системы.

$$\text{ТСК} = \frac{\text{ДД}}{\text{ЧСС}} \times 100.$$

ТСК от 90 до 110 отражает сердечно-сосудистый тип. Если индекс превышает 110, то тип саморегуляции кро-

вообращения сосудистый, если менее 90 — сердечный. Изменение регуляции кровообращения в сторону преобладания сосудистого компонента свидетельствует об ее экономизации, повышении функциональных резервов.

Методы исследования дыхательной системы

Функциональное состояние дыхательного аппарата может характеризоваться как качественными (ритм), так и количественными (частота, глубина дыхания, минутный объем дыхания, жизненная емкость легких) показателями.

Определение частоты дыхания — число дыханий в минуту можно определить, наблюдая за экскурсиями грудной клетки. В состоянии покоя число дыханий в минуту у взрослого человека равно 16–20. Изменение частоты дыхания зависит в значительной степени от ритма и тяжести работ. В среднем в процессе работы число дыханий повышается на 12–30 в мин.

Проба с задержкой дыхания — определяется время, в течение которого обследуемый способен задержать дыхание после глубокого вдоха. Обследуемый делает предварительно 2 глубоких вдоха, затем на высоте 3-го вдоха экспериментатор включает секундомер и дает команду задержать дыхание. При этом обследуемый зажимает нос и рот рукой и задерживает дыхание на возможно длительное время. При первом вдохе обследуемого секундомер останавливается, и по его показателю регистрируется время задержки дыхания.

В покое взрослый человек может задержать дыхание на 40–45 с, а физически тренированные лица — до 60–120 с. При утомлении время задержки дыхания уменьшается. Можно применять также задержку дыхания в положении выдоха. Проба считается благоприятной, когда дыхание задерживается после выдоха не менее чем на 20 с.

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) — состоит из объема воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого при каждом

дыхательном цикле (около 500 мл), дополнительного объема воздуха, поступающего в легкие при максимальном вдохе (около 1500 мл), и резервного объема воздуха, который можно максимально выдохнуть после спокойного выдоха (около 1500 мл).

Величина ЖЕЛ зависит в основном от пола, возраста и роста, на величину ЖЕЛ оказывает влияние интенсивность физической работы: незначительная нагрузка увеличивает ЖЕЛ, тяжелая — снижает ее. Последнее связано с активным выдохом, участие в котором принимают мышцы, уменьшающие объем грудной клетки. Определение ЖЕЛ может использоваться также при оценке уровня физической работоспособности человека.

Определение ЖЕЛ проводится с помощью водного или сухого спирометра. Перед проведением измерения на нос исследуемого накладывается зажим. Для измерения объема выдыхаемого воздуха необходимо сделать максимально глубокий вдох и, взяв в рот мундштук, равномерно выдохнуть в спирометр максимально возможное количество воздуха. Дыхание его не должно быть замедленным или форсированным. Продолжительность выдоха должна быть 4–8 с. Измерение проводят 3–5 раз, до получения близких результатов, из которых учитывается максимальный.

ЖЕЛ выражают не только в абсолютных значениях, но и в процентах к *должной жизненной емкости легких (ДЖЕЛ)*. Для расчета ДЖЕЛ имеются специальные номограммы и расчетные формулы:

$$\text{ДЖЕЛ}_{\text{муж}} = 0,052P - 0,019B - 3,76;$$

$$\text{ДЖЕЛ}_{\text{жен}} = 0,049P - 0,019B - 3,2,$$

где P — рост, см; B — возраст, годы.

В норме фактическая жизненная емкость легких соответствует должной, если отклоняется от нее не более чем на $\pm 15\%$.

Методы исследования нервно-мышечного аппарата

Для изучения работоспособности и утомления нервно-мышечного аппарата наиболее часто используют динамометрию, треморометрию и электромиографию.

Динамометрия — измерение максимальной произвольной силы, выносливости к статическим напряжениям отдельных мышечных групп в условиях, в которых они осуществляют свое действие.

Мышечная сила определяется величиной максимального усилия, которое может приложить обследуемый. Основными измерительными приборами при этом являются различные виды динамометров — кистевой, становой, для измерения силы мышц — разгибателей спины. При измерении силы обследуемый дважды осуществляет максимальное воздействие (плавно, без рывков) на соответствующее устройство динамометра. Достигнутая максимальная сила должна быть зафиксирована на 1–2 с. Наибольшее значение принимают за исходное.

Выносливость является наиболее тонким показателем, отражающим ранние изменения работоспособности не только двигательного аппарата, но и состояния нервной системы, когда показатели силы остаются ещё на высоком уровне.

Выносливость к статическому напряжению определяется по длительности периода, в течение которого обследуемый удерживает усилие, равное 50 или 75% от максимальной произвольной силы. Как только обследуемый достигает необходимого уровня усилий, исследователь включает секундомер и останавливает его в момент отказа продолжать поддерживать усилие такой интенсивности. Время удержания (в секундах) и есть показатель статической выносливости.

Производной функцией от силы и выносливости является максимальная мышечная работоспособность,

которая определяется как произведение силы на время удержания.

При снижении работоспособности, развитии утомления динамометрические показатели, как правило, снижаются. Оптимальным в процессе обычного рабочего дня является снижение выносливости на 5–10%, предельно допустимым — на 20%. Превышение этого уровня указывает на развитие выраженного утомления нервно-мышечного аппарата и служит основанием для проведения профилактических мероприятий.

Определение тремора кисти (треморометрия) — регистрация постоянных, произвольных мелких колебаний кисти, которая осуществляется с помощью специального прибора. Анализ треморограммы проводится по амплитуде и частоте колебаний. Тремор в пределах 8–12 колебаний в 1 секунду считается частым, 5–8 — средним, 3–5 — медленным. При развитии утомления тремор усиливается.

Электромиография — регистрация биоэлектрической активности мышц с помощью электромиографа. Электромиография является одной из наиболее адекватных методик, позволяющих объективно оценить функциональное состояние нервно-мышечного аппарата.

Практическая работа

Группа студентов делится на «исследователей» и «испытуемых». У испытуемых проводится исследование функционального состояния центральной нервной системы, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, нервно-мышечного аппарата. Изучение указанных систем проводится до работы, сразу после работы, а также через 5 и 10 минут после окончания работы. Результаты исследования заносятся в рабочую тетрадь по следующей форме.

Протокол исследований

Ф.И.О. испытуемого _____
 Возраст _____ Пол _____
 Производимая работа _____
 Продолжительность работы _____

№ п/п	Исследуемые функции	Состояние организма			Примечания
		До работы	После работы	Восстановительный период	
				через 5 мин	

Заключение: _____

Контрольные вопросы

1. Физиология труда — определение, задачи, методы.
2. Основные формы трудовой деятельности и их физиологические особенности.
3. Труд умственный и физический. Организация, гигиенические особенности.
4. Изменение функционального состояния организма при трудовой деятельности.
5. Динамическая и статическая работа — физиологическая характеристика.
6. Динамика работоспособности человека в течение рабочего дня. Режим труда и отдыха
7. Проблемы утомления. Современные теории утомления. Кумуляция утомления. Меры предупреждения переутомления.
8. Организация и проведение изучения функционального состояния организма рабочих в условиях производства.
9. Режим труда и отдыха при конвейерном производстве.