

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кафедра гигиены детей и подростков с гигиеной питания и труда

Кафедра гигиены и эпидемиологии

## **ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Учебное пособие

Оренбург – 2013

УДК 613.6(075.8)

ББК 51.24я73

С33

А.Г.Сетко, С.П.Тришина, Н.П. Сетко. Под редакцией д.м.н., проф. А.Г. Сетко.

**ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.** Учебное пособие - Оренбург, 2013. – 74с.

Пособие содержит материал, необходимый для изучения физиологических процессов, протекающих в организме в процессе выполнения различных видов и форм трудовой деятельности, методов исследования физической и умственной работоспособности, мероприятий, направленных на повышение работоспособности и поддержания оптимального физического и психического состояния работающего.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 060105.65 «Медико-профилактическое дело».

Рецензенты:

**Березин И.И.** д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей гигиены ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации.

**Зулькарнаев Т.Р.** д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей гигиены с экологией с курсом гигиенических дисциплин ГБОУ ВПО «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации.

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к печати РИС ГБОУ ВПО ОрГМА  
Минздрава России

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Общие положения	5
2. Классификация и общая характеристика трудовой деятельности	12
3. Основные характеристики деятельности скелетных мышц	19
3.1. Морфофункциональная характеристика двигательных единиц	19
3.2. Энергетика мышечного сокращения	22
3.3. Виды и режимы мышечных сокращений	24
3.4. Работа и сила мышц	25
4. Работоспособность	29
5. Физиологические механизмы формирования трудовых навыков	35
6. Физиологические механизмы утомления. Переутомление	40
7. Методов оценки физиологического состояния организма	47
7.1. Основные принципы организации и проведения физиологических исследований	47
7.2. Хронометраж рабочего дня и методы его исследования	49
7.3. Методы исследования физической работоспособности	50
8. Физиологические основы умственного труда	61
8.1. Общие положения	61
8.2. Физиологические сдвиги в организме при умственном труде	63
8.3. Исследования состояния ЦНС при умственном труде	64
9. Тестовые задания	69
10. Эталоны ответов к тестовым заданиям	73
11. Рекомендуемая литература	74

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из специальных учебных дисциплин, изучаемых студентами медико-профилактического факультета в медицинском ВУЗе, является «гигиена труда». Теоретической базой для освоения этого предмета являются сведения, получаемые обучающимися на кафедрах медико-биологического профиля (1-2 курс) и, в частности на кафедре нормальной физиологии. Вместе с тем, в учебниках по нормальной физиологии для медицинских вузов содержатся лишь отдельные положения по физиологии трудовой деятельности. Изложение ряда вопросов по данной проблеме является фрагментарным либо вообще отсутствует.

Современная система высшего профессионального образования по специальности медико-профилактическое дело предполагает высокий уровень знаний выпускников медицинских ВУЗов указанной специальности форм трудовой деятельности, физиологических процессов, протекающих в организме в процессе их выполнения, методов исследования работоспособности, а также умение разрабатывать и контролировать выполнение профилактических мероприятий, направленных на предупреждения утомления и переутомления работающих. Изучению этих вопросов и посвящено настоящее учебное пособие.

***Целью изучения данного направления является формирование профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 2010 по специальности «Медико-профилактическое дело»:***

ПК-9 способность и готовность к прогнозированию опасности для здоровья, причиной которых могут стать используемые трудовые и производственные процессы, технологическое оборудование, и определение рекомендаций по их планированию и проектированию, распознаванию и интерпретации появления в производственной среде химических, физических и биологических и иных факторов среды обитания человека, которые могут повлиять на здоровье и самочувствие работников;

ПК-17 способность и готовность к определению степени воздействия на организм работника вредных факторов, расследованию причин профессиональных заболеваний и отравлений;

ПК-35 способность и готовность к формулировке, оценке и проверке гипотез, объясняющих причину, условия и механизм возникновения заболеваний и их распространения.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Труд (трудовая деятельность) является понятием, характеризующим сугубо человеческие проявления жизнедеятельности, которые выделяют человека среди всех представителей животного мира. Это понятие относится к социально-экономической сфере деятельности людей. С этих позиций «Труд - целесообразная деятельность человека, направленная на сохранение, видоизменение, приспособление среды обитания для удовлетворения своих потребностей, на производство товаров и услуг» (В кн.: «Новый иллюстрированный энциклопедический словарь» (ред. А.М.Прохоров), М., «Большая Российская энциклопедия», 1999, 912 с.).

Основными составляющими трудовой деятельности являются: а) собственно труд (работа); б) предмет труда; (объект, подвергающийся воздействию в ходе работы), в) средство труда (средства производства, станки, инструменты и пр.). Различные аспекты трудовой деятельности человека изучаются рядом наук: политэкономия, эргономика, инженерная психология, научная организация труда и др., в том числе физиология труда и гигиена труда.

Гигиена труда - раздел гигиены, изучающий влияние трудовой деятельности, её характера, разнообразных производственных факторов на организм человека и разрабатывающий на этой основе санитарно-гигиенические нормы труда, направленные на повышение его эффективности и поддержании при этом оптимального физического и психического состояния работающего.

Физиология труда – специальный раздел гигиены труда (физиологии), изучающий изменения функционального состояния организма человека под влиянием трудовой деятельности с целью разработки и обоснования физиологических мероприятий по оптимизации трудового процесса, способствующих поддержанию высокой работоспособности и сохранения здоровья человека.

Среди многообразных форм трудовой деятельности человека в

большинстве учебников и руководств принято выделять два основных её вида: физический и умственный труд. В реальных условиях жизнедеятельности человека в чистом виде указанные формы труда не встречаются; можно говорить лишь о преобладании в трудовом процессе одной из них. Кроме того, необходимо отметить, что как в процессе организации движений (физический труд), так и осуществлении интеллектуальной деятельности (умственный труд) безусловно, главенствующая роль принадлежит процессам, происходящим в центральной нервной системе. Существенно, что для различных видов трудовой деятельности эти процессы являются принципиально общими, а в их основе лежат единые механизмы функционирования мозговых структур.

С физиологической точки зрения трудовая деятельность является особой, присущей только людям формой поведенческой реакции, которая приобретает в ходе индивидуального развития человека. Принципиальная организация трудового поведения с этих позиций представлена на рис.1.

Координатором всех протекающих в организме процессов является центральная нервная система, которая реализует свои регулирующие воздействия на исполнительные органы либо прямо через эфферентные нервные волокна, либо опосредовано путем включения в эфферентное звено эндокринного аппарата.

Первым компонентом поведенческой реакции, его сущностью и содержанием (мотивом и стимулом) является психика. По сути - это высшая форма отражения, присущая наиболее высокоорганизованным животным, в том числе и человеку, обладающим наиболее развитой и совершенной ЦНС. Не касаясь многообразных и чрезвычайно сложных аспектов психики (они изучаются специалистами в области философии, психологии, социологии и т.д.) отметим, что к ее проявлениям относятся известные, понятные и знакомые каждому человеку феномены: ощущения, эмоции, память, мышление, воля и мн.др. Физиологической основой этих и других аспектов психики является высшая нервная деятельность - совокупность

нейрофизиологических процессов, обеспечивающих приобретаемые в ходе жизни индивидуальные поведенческие реакции. Считаю необходимым еще раз подчеркнуть ведущую роль в организации поведения выше перечисленных феноменов психики. Необходимо также отметить, что так называемая низшая нервная деятельность (ННД- совокупность видовых, генетически детерминированных рефлексов) с одной стороны является базой для ВНД, с другой - непосредственным исполнителем, посредством которого реализуются влияния на эфферентные системы организма.

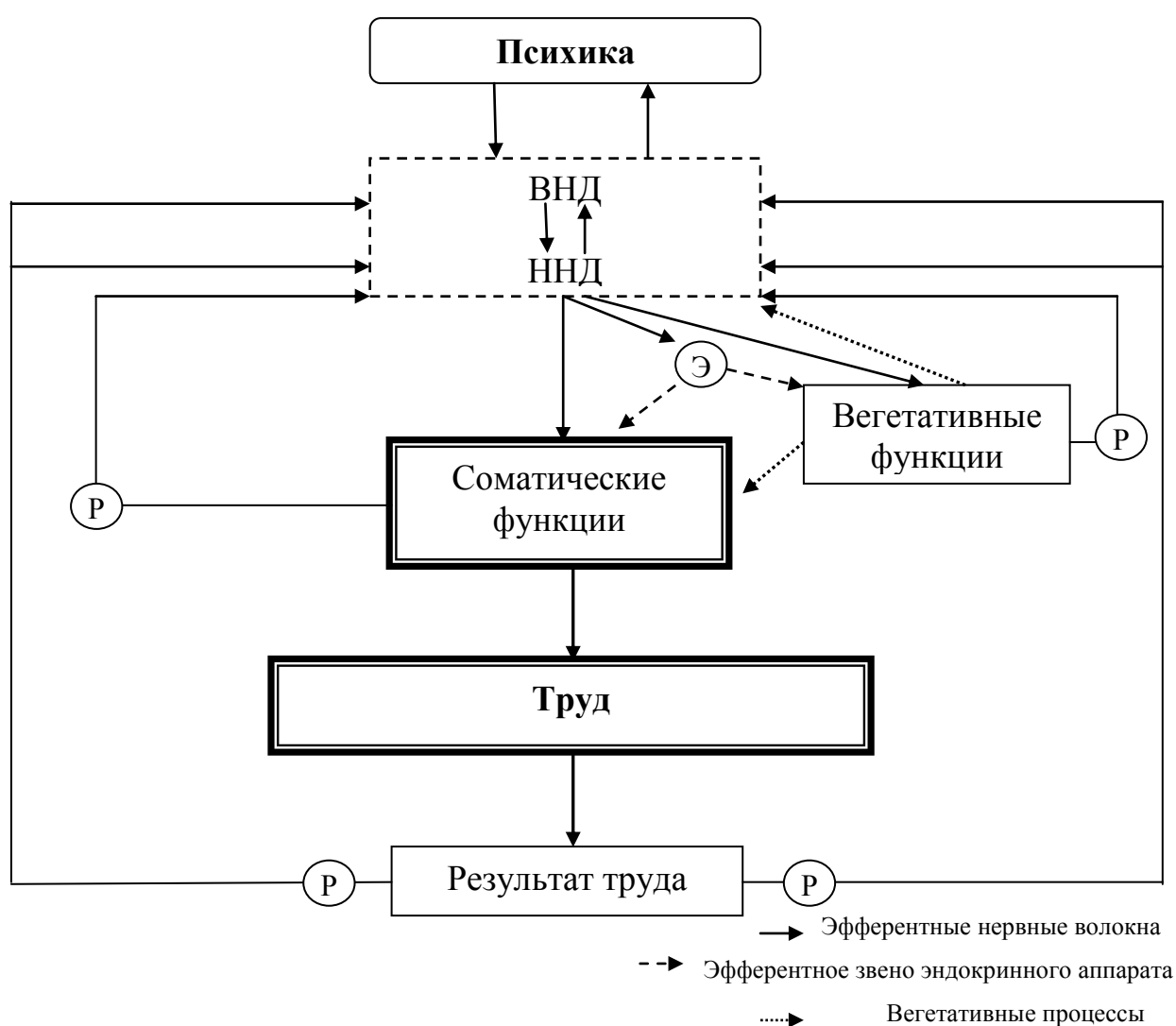


Рис. 1 Схема организации трудовой деятельности как поведенческой реакции организма

Внешним (видимым) проявлением поведенческой реакции (в том числе и трудовой деятельности) является какая-либо двигательная

активность организма (соматические функции). Это второй компонент поведенческой реакции. Он включает в себя, во-первых, тоническую деятельность скелетных мышц, в результате чего формируется и поддерживается рабочая поза. Оптимальная (удобная) рабочая поза - важный фактор, в значительной степени определяющий эффективность как физического, так и умственного труда. Во-вторых, физическая активность скелетных мышц обеспечивает осуществление движений различных частей тела и, прежде всего, верхних конечностей, в результате чего осуществляется какая-либо работа. Совершенно очевидно, что при физическом труде двигательная активность - это непосредственная производительная сила, за счет которой выполняется определенный объем механической работы. Существенно также, что и при любой форме умственного (интеллектуального) труда соматический компонент поведенческой реакции также присутствует. Во-первых, как указывалось выше, тонус скелетных мышц обеспечивает поддержание удобной позы. Во-вторых, умственный труд всегда сопровождается (или, по крайней мере, завершается) какими-либо двигательными актами (письмо, манипуляции с клавиатурой компьютера и т.д.).

Третьим компонентом поведенческой реакции являются вегетативные функции. Сущностью этих функций являются приспособительные изменения деятельности висцеральных систем организма (дыхание, кровообращение, выделение, тепловой баланс и т.д.). Цель этих адаптивных реакций - трофическое и энергетическое обеспечение меняющейся метаболической и функциональной активности, как скелетных мышц, так и нейрональных элементов различных церебральных структур. Необходимо также подчеркнуть, что в основе координирующей деятельности ЦНС лежат процессы восприятия, анализа и передачи информации. В ряду этих процессов важную роль играет информация, поступающая в ЦНС по каналам обратной связи от рецепторов (Р), воспринимающих уровень параметров исполнительных органов (скелетных мышц, висцеральных



систем, внутренней среды) а также результаты трудовой деятельности. Такого рода информация постоянно поступает в ЦНС от проприорецепторов скелетных мышц, разнообразных интерорецепторов, характеризующих состояние внутренних органов и параметры гомеостаза (механо-, хемо-, баро-, волюмо-, термо- и другие рецепторы). Непосредственные результаты производимой работы воспринимаются экстерорецепторами и передаются в высшие отделы ЦНС как при выполнении каждого элементарного этапа труда, так и достижении конечного результата производственной деятельности. Переработка этой информации производится анализаторными системами, которые по сути являются одним из элементов высшей нервной деятельности.

Ведущая роль в этих процессах принадлежит зрительному, слуховому и кожному анализаторам. Возникновение при этом ощущения является основой для коррекции как двигательной активности (выполнение разнообразных манипуляций) при физическом труде, так и мыслительных процессов при умственной деятельности.

Изложенное подтверждает высказанное в начале данного пособия положение об общности и единстве закономерностей функционирования ЦНС при различных видах трудовой деятельности и относительной условности деления работы на физическую и умственную. В связи с этим уместно подчеркнуть, что при интеллектуальном труде, также как и при физической работе происходит закономерное увеличение энерготрат организма. Существенно, что феномен увеличения расхода энергии обусловлен не ростом метаболической активности мозга: уровень метаболизма мозга и его энергетические характеристики являются относительно постоянными. Причиной этого феномена является повышение мышечного тонуса (при напряжённой интеллектуальной деятельности тоническая деятельность скелетных мышц составляет до 30% от суммарных энерготрат организма), а также минимальная физическая активность соматической мускулатуры (письмо ручкой, печатание, управление

компьютером и т.д). При выраженном эмоциональном напряжении физическая активность скелетных мышц также возрастает: жестикуляция, мимика, произвольные движения. В таких ситуациях происходит также повышение активности симпато-адреновой системы, что является ещё одной причиной роста энерготрат организма.

В заключении необходимо отметить ещё один существенный момент. При описании физического труда в физиологии и гигиене очень часто используется термин «работа». Следует подчеркнуть, что этот термин зачастую не соответствует определению «работа» с позиций физики. В соответствии с законами механики работа (A) рассчитывается как произведение силы (F) на расстояние (S):

$$A=F*S$$

При этом сила выражается как произведение массы (m) на ускорение (a):

$$F=m*a$$

Единицей силы (в системе СИ) является **ньютон (Н)**:  $1Н=кг*м*сек^{-2}$   
Работа в системе СИ выражается в джоулях (Дж):  $1 Дж=1Н*1м=кг*м*сек^{-2}$   
 $2*М = кг*м^2*сек^{-2}$

Из этого следует, что при сокращении мышцы с постоянной скоростью (ускорение равно нулю) или с неизменной длиной (изометрическое сокращение, при котором перемещение (S) равно нулю) с физической точки зрения работа также не совершается. Вместе с тем в описанных ситуациях мышцы находятся в физиологически активном состоянии: формируется потенциал действия, имеет место расходование энергии АТФ, восстановление её запасов за счет окислительного фосфорилирования, взаимодействие сократительных белков, активный транспорт и т.д. Таким образом, мышца находится в деятельном состоянии, т.е. «работает».

До настоящего времени в руководствах и учебниках по физиологии и гигиене труда для количественной характеристики мышечной деятельности используются старые (традиционные) единицы силы, работы и мощности.

Для перевода этих единиц в систему СИ (и наоборот) удобно пользоваться данными, представленными таблице 1.

Таблица 1

Соотношение между единицами системы СИ и традиционными (старыми) единицами

Величина; размерность единицы системы СИ	Соотношения	
Сила; Ньютон (Н) $\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{сек}^{-2}$	1 кгс = 9,81 Н	1Н = 0,102 кгс
Работа (энергия, количество теплоты); Джоуль (Дж) $\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{сек}^{-2}$	1 кгсм = 9,81 Дж	1Дж = 0,102 кгс*м
	1 кал = 4,19 Дж	1 Дж = 0,239 кал
	1 кал = 0,4 кгс м	
Мощность; Ватт (Вт) $\text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{сек}^{-3}$	1 кгсм/с <sup>-1</sup> = 9,81 Вт	1Вт = 0,102 кгсмс <sup>-1</sup>
	1 л.с. = 736 Вт	1 Вт = 0,00136 л.с.
	1 ккал час <sup>-1</sup> = 1,16 Вт	1 Вт = 0,86 ккал час <sup>-1</sup>

Примечание: кгс -килограммометр силы (часто используется обозначение кг)

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Наиболее распространённой и приводимой во всех современных учебниках и руководствах по физиологии труда является классификация, предложенная М.И.Виноградовым (1958). Критерием, положенным в основу этой классификации, являются суточные энергозатраты организма при различных видах трудовой деятельности. По этому признаку все работающие делятся на различные профессиональные группы (табл. 2)

Таблица 2

Классификация видов труда по суточному расходу энергии

Группы	Вид труда	Потребность энергии (ккал)
I	Малая мышечная работа (сидя), различные виды умственного труда	2200-2600
II	Работа умеренной тяжести	2800-3400
III	Тяжелая работа	3600-4000
IV	Очень тяжелая работа	4200-6000 и выше

Первая группа - Работники умственного труда, энергозатраты - 2200-2600 ккал/сутки. Характеристики и особенности умственного труда описаны в специальном разделе настоящего пособия.

Вторая группа - Рабочие механизированных производств, энергозатраты 2800- 3400 ккал/сутки. К этой категории рабочих могут быть отнесены: токари, фрезеровщики, текстильщики, водители и др.

Третья группа - Рабочие физического труда, который механизирован лишь частично, энергозатраты - 3600-4000 ккал/сутки. К этой группе относятся: слесари-сантехники, некоторые категории сельскохозяйственных рабочих, подсобные рабочие на строительстве и др.

Четвертая группа - Рабочие тяжелого физического труда, энергозатраты - 4200- 6000 ккал/сутки. Профессии, относящиеся к этой группе, в настоящее время встречаются достаточно редко: некоторые категории разнорабочих и подсобных рабочих, грузчики, трактористы и некоторые другие. Существенно,

что при тяжелом труде около 50% рабочего дня расходуется на отдых. В настоящее время этот труд может считаться оправданным лишь в индивидуальных формах труда (работа на данном участке, индивидуальное строительство и др.), а также условиях, при которых невозможно использовать средства механизации.

В настоящее время на основании этого критерия (суточный расход энергии) в соответствии с рекомендациями ВОЗ принято выделять пять профессиональных групп (К.В. Судаков, 2001). К пятой группе относят лиц, профессиональная деятельность которых характеризуется большими физическими нагрузками, требующими ещё больших энергозатрат (до 6500 ккал/сутки и более). В нее входят работники службы МЧС, горноспасатели, спортсмены-профессионалы, военнослужащие подразделений специального назначения и некоторые другие.

Кроме того, существует классификация, основанная не только на энергозатратах человека, но и на основных характеристиках трудового процесса (М.И.Виноградов, 1983). По этим параметрам различают следующие формы трудовой деятельности:

**Формы труда, требующие значительной мышечной активности** (рабочие третьей - четвертой групп по предыдущей классификации). В ходе трудовой деятельности, как правило, включаются в основном крупные мышцы (мышечные группы), способные развивать значительные усилия и мощность. В трудовую деятельность вовлекается более 2/3 всей мышечной массы человека. При однообразной форме труда имеют место гипертрофия отдельных групп мышц, в результате чего возможны асимметрия и нарушение пропорциональности тела. Интенсивный физический труд характеризуется нагрузками в основном на мышечную, кардиореспираторную системы, стимулируя обменно-энергетические процессы в организме человека.

**Механизированные формы труда.** Они характеризуются гораздо меньшими энергозатратами, усложнением программы действий. Профессии

механизированного труда нередко требуют специальных знаний и двигательных навыков. В условиях механизированного производства происходит снижение мышечной работы, вовлечение мелких мышц дистальных отделов конечностей, которые должны работать с большой скоростью и точностью. Однообразие простых и часто локальных действий, простота и как следствие – монотонность труда.

*Монотонность* – свойство труда с высокой частотой повторения, простотой и однообразием трудовых действий или воспринимаемых раздражителей (табл. 3).

Различают монотонность действия и монотонность обстановки.

Монотонность труда определяется:

I Особенности технологии

- повторяемость трудовых процессов
- продолжительность сложных операций
- объем полезной информации
- объекты наблюдения

II Гигиеническими условиям

- постоянный шум
- повышенная температура

III Организацией рабочих мест

- ограниченность пространства
- разобщенность, изоляция.

Таблица 3

Критерии и степени монотонности труда

Особенность операций	Степень монотонности			
	I	II	III	IV
повторяемость	180	181-300	301-600	более 600
длительность выполнения	более 100	100-41	40-21	2-20
количество элементов	более 10	10-7	6-4	3-2

Меры борьбы с монотонией на производстве:

- 1) укрупнение производственных операций в более сложные и разнообразные по содержанию;
- 2) внедрение методов узловой сборки с автономным ритмом;
- 3) изменение темпа движения конвейера в соответствии с динамикой работоспособности;
- 4) периодические (2-3 раза в час) кратковременные (2-3 минуты) ускорения темпа работы (на 5-10%);
- 5) автоматизация и механизация наиболее простых операций;
- 6) чередование производственных операций;
- 7) чередование работы в относительно свободном и заданном темпе;
- 8) применение рациональных режимов труда и отдыха по 5-10 минут через каждые 1-2 часа;
- 9) увеличение освещения при зрительно напряженных однообразных работах.

**Формы труда, связанные с полуавтоматическим и автоматическим производством.** При полуавтоматическом производстве деятельность рабочего сводится в большинстве случаев к небольшому набору простых действий: фиксации деталей в станке, включение и выключение станка, изъятие готовой детали. Труд является монотонным, не требующим высокой квалификации. В условиях полностью автоматизированного производства, перечисленные выше действия, выполняются машиной. Для обеспечения полуавтоматического и автоматического производства требуется высококвалифицированные специалисты по обслуживанию машин и механизмов. Прежде всего, это наладчики, профессиональное мастерство которых определяется большим объемом знаний (как теоретических, так и конкретных сведений о механизмах), а также мануальных навыков, что позволяет, определив характер и локализацию неисправности, устранить её. Характерна монотонность, высокий темп и ритм работы и утрата творческого начала. Физиологические особенности – готовность рабочего к действию,

быстрота реакции по устранению неполадок, то есть рабочий в напряжении – следит за автоматом. При этом виде труда такое функциональное состояние называют состоянием «оперативного ожидания». Истощение процессов возбуждения в коре головного мозга сопровождается утомлением.

### **Групповые формы труда (работа на конвейерном производстве).**

Работа на конвейерном производстве предполагает последовательное выполнение каждым отдельным работником определенных, порой относительно простых действий. В результате обучения и последующей работы навык автоматизируется, становится отточенным и совершенным. Это обеспечивает резкое повышение производительности труда (по сравнению с производством, где все операции последовательно выполняются одним человеком). Недостатком, с физиологической точки зрения является монотонность такого вида трудовой деятельности. Для её устранения, работающим на конвейере, специалистами по физиологии труда рекомендуется освоение не одной, а двух-трех операций. Это позволяет делать труд более разнообразным и интересным.

**Формы труда, связанные с дистанционным управлением.** Этим термином обозначается широко распространенная трудовая деятельность операторов, управляющих производственным процессом на расстоянии. Напряженность работы оператора определяется рядом факторов: объем информации, поступающей на пульт управления; необходимой скоростью принятия решения и выполнения корректирующих действий; частотой поступающих сигналов, последствий ошибочного действия и др.

При этом необходимо учитывать, что малая частота и редкое появление сигнала требует большей концентрации внимания и вызывает сильное эмоционально напряжение. Все эти факторы делают очень широким диапазон операторской деятельности и требуют высокой квалификации оператора, а работа характеризуется высоким уровнем психоэмоционального напряжения (работа диспетчеров, управляющих полетами самолетов). Человек включен в систему управления как необходимое оперативное звено. Чем



менее автоматизированный процесс, тем большее участие принимает человек.

Выделяют две формы управления производственным процессом:

- требует частых активных действий (пульта управления);
- человек редко участвует в управлении механизмами.

В первом случае необходимо непрерывное внимание, получает разрядку в непрерывных движениях либо голосе; во втором случае – постоянная готовность к действию, мало реакций.

**Формы интеллектуального труда.** Умственный труд объединяет работы, которые связаны с приемом и переработкой информации, требует напряжения сенсорного аппарата, внимания, памяти, активации мышления, эмоциональной сферы. Этот труд представлен профессиями сферы материального производства (техники, конструкторы, инженеры) и нематериального (врачи, учителя).

Характерны переработка большого объема разнообразной информации с задействованием памяти и внимания, незначительная мышечная нагрузка, гипокинезия. В последнее время наблюдается рост творческого элемента во всех сферах. Все формы подразделяются на операторский, управленческий и творческий труд. Отличаются по организации трудового процесса, равномерности нагрузки, степени эмоционального напряжения.

**Операторский труд.** В условиях современного механизированного производства работником осуществляется контроль за работой машин. Характерна большая ответственность, высокое нервно-эмоциональное напряжение. Высокий уровень нервно-эмоционального напряжения и малый уровень двигательной активности повышает риск развития заболеваний нервной, сердечно-сосудистой систем, гипокинезии.

**Управленческий труд.** Руководители учреждений и предприятий.

Характерен чрезмерный рост объема информации, повышение дефицита времени для ее переработки, ответственность за решения, периодически возможны конфликтные ситуации.

**Творческий труд.** Научные работники, писатели, композиторы.

Требуется значительный объем памяти, характерно напряжение внимания и как следствие нервно-эмоциональное напряжение.

**Труд преподавателей и медицинских работников** – постоянный контакт с людьми, высокая ответственность, дефицит времени для принятия решений.

**Труд учащихся и студентов** – напряжение основных психических функций (память, внимание, восприятие), наличие стрессовых ситуаций.

### 3. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Строение скелетных (поперечно-полосатых) мышц, а также физиологические и биофизические процессы, лежащие в основе их функционирования (формирование и распространение ПД, взаимодействие сократительных белков, роль  $Ca^{2+}$  в этих процессах и т.д.) достаточно подробно излагаются во всех учебниках физиологии. В данном разделе настоящего пособия представлены сведения, имеющие прикладное значение для изучения ряда аспектов трудовой деятельности.

#### 3.1. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ

Двигательная (нейромоторная) единица (ДЕ) представляет мотонейрон спинного мозга или мотонейрон, локализованный в эфферентных отделах ядер черепно-мозговых нервов, его аксон и группу одиночных мышечных волокон, с которыми терминали аксона образуют синаптические контакты. С морфологической точки зрения все двигательные единицы отличаются своими размерами. С этих позиций выделяют большие и малые ДЕ.

Большая ДЕ представлена крупным мотонейроном, имеющим аксон большого диаметра. При достижении мышцы этот аксон образует множество ответвлений, в результате чего контактирует посредством синапсов с многочисленными одиночными мышечными волокнами (до нескольких тысяч). Такие морфофункциональные комплексы, как правило, представлены в крупных мышцах конечностей и туловища.

Малая нейромоторная единица включает в себя мелкий мотонейрон, имеющий аксон небольшого диаметра, который на периферии образует синаптические контакты с небольшим количеством мышечных волокон (до 10-12). Малые ДЕ обеспечивает работу мышц, выполняющих наиболее тонкие движения: мимическая мускулатура, скелетные мышцы языка и

глотки, мышцы управляющие движениями пальцев рук и кисти в целом. Необходимо подчеркнуть, что, рассматривая вопрос о распространении больших и малых ДЕ, можно говорить лишь о преобладании того или иного типа нейромоторных единиц в различных мышцах. То есть в каждой мышце имеются обе разновидности ДЕ, но их соотношение в каждой конкретной мышце не одинаково. Более того, как правило, имеют место даже индивидуальные особенности, характерные для каждого отдельного человека.

С позиций физиологии нейромоторные единицы принято делить на две группы: быстрые ДЕ и медленные ДЕ. Физиологические свойства этих типов ДЕ определяются тем, что в их состав входят: а) быстрые ДЕ - быстрые мотонейроны и быстрые мышечные волокна; б) медленные ДЕ - медленные мотонейроны и медленные мышечные волокна.

Медленные ДЕ представлены мотонейронами, которые образуют контакты с медленными мышечными волокнами. С морфологической точки зрения такие волокна характеризуются: богатой капиллярной сетью, большим количеством митохондрий, высоким содержанием субстратов для окисления. Часто эти мышцы называют красными, что обусловлено высокой концентрацией в них миоглобина. Употребление термина «красные» по отношению к медленным мышцам зачастую является неоправданным, поскольку: а) наиболее отчетливые различия выражены лишь у некоторых домашних животных (курица, кролик); б) наличие миоглобина существенно не влияет на физиологические характеристики процессов возбуждения и сокращения. Мышечные волокна такого типа характеризуются более медленным развитием ПД, его большей продолжительностью, длительным периодом рефрактерности (табл. 4).

Медленные волокна мышц имеют более низкую скорость развития мышечного сокращения и большую продолжительность. Основным путем ресинтеза АТФ и восполнение запасов энергии для совершения работы этими мышцами является окислительное фосфорилирование. Такие мышцы

способны развивать относительно меньшее по сравнению с быстрыми мышцами усилие, но за счет наиболее эффективного способа ресинтеза АТФ они характеризуются высокой выносливостью: способностью длительное время выполнять работу без развития утомления.

Таблица 4

Временные параметры ПД в быстрых и медленных мышечных волокнах (по Eccles, O'Connor, 1938) с сокращениями

Параметры	Быстрые мышцы	Медленные мышцы	Медленные в % к быстрым
Время достижения максимума, мс	0,6	0,75	125
Общая деятельность, мс	1,6	2,2	138
Скорость проведения возбуждения, м*с <sup>-1</sup>	5,5	3,4	62
Минимальный интервал между двумя импульсами, мс	1,15	1,9	165

Быстрые ДЕ состоят из крупных мотонейронов, возбуждение которых выражается в формировании ПД с большей частотой, значительно возрастающей во времени. Эти мотонейроны образуют контакты с быстрыми мышечными волокнами. При возбуждении быстрых мышечных волокон (часто обозначаются как белые) скорость формирования ПД является высокой, соответственно продолжительность их рефрактерности малая по сравнению с медленными миоцитами, а полный период одиночного сокращения более короткий. Основным источником энергии для этого типа мышечных волокон являются фосфогенная и гликолитическая энергетические системы.

Быстрые мышечные волокна способны развивать большее усилие, по сравнению с медленными волокнами. Вместе с тем, для этого типа мышечных волокон характерна относительно низкая выносливость и следовательно в них быстро развивается процесс утомления. Максимальной эффективности деятельность быстрых двигательных единиц достигается в ситуациях, когда требуется в течение короткого времени развить значительное усилие.

Как указывалось выше, в каждой конкретной мышце, а также у каждого отдельного человека имеет место различное соотношение быстрых и медленных мышечных волокон. Это в значительной мере определяет конституционные способности конкретного работника физического труда к выполнению работы различной тяжести и различной продолжительности.

### **3.2 ЭНЕРГЕТИКА МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ**

Единственным источником энергии, используемой мышцами при сокращении, является энергия АТФ. Ресинтез АТФ в скелетных мышцах может осуществляться за счет имеющихся в них трёх энергетических систем.

*Фосфогенная* энергетическая система обеспечивает работу мышц за счет имеющихся в них запасов АТФ и КФ (креатинфосфата). Энергия последнего используется для ресинтеза АТФ. Восстановление запасов АТФ возможно также путем миокиназной реакции между двумя молекулами АДФ. Концентрации АТФ, КФ и АДФ в мышце очень незначительны, поэтому сокращение мышц за счет энергии АТФ, ресинтезированной таким путем может осуществляться только в течение 2-3 секунд. Однако скорость освобождения энергии этой системы в 3-10 раз выше, чем у других систем.

За счет фосфогенной энергетической системы возможно осуществление лишь мощных кратковременных усилий «взрывного» типа (например, в каких-либо экстремальных, аварийных ситуациях).

*Гликолитическая (лактоцидная)* энергетическая система обеспечивает ресинтез АТФ за счет анаэробного гликолиза. Эта система является источником энергии в начальном периоде деятельности мышц, когда они функционируют в условиях несоответствия скорости доставки кислорода и скорости его потребления. Она осуществляет энергообеспечение работающих мышц также в течение относительно короткого промежутка времени - десятки секунд. Это определяется истощением запасов субстратов (глюкоза, гликоген) и, в большей степени, накоплением в мышцах молочной

кислоты, которая угнетает ферменты гликолиза. Несмотря на то, что емкость этой системы относительно невелика, она может обеспечить кратковременную (до одной минуты) работу высокой интенсивности. Этому способствует относительно высокая мощность этой системы (скорость ресинтеза АТФ), которая ниже, чем у фосфогенной системы, но гораздо выше, чем у кислородной. За счет гликолитической энергетической системы возможно выполнение работы высокой интенсивности в течение более длительного по сравнению с фосфогенной системой периода времени (до 30-40 с). Однако этот период несопоставим с продолжительностью рабочего дня, поэтому данная энергетическая система также может оказаться эффективной лишь в каких-либо срочных ситуациях, требующих кратковременных, но мощных усилий.

Описанные выше два пути ресинтеза АТФ являются основными способами восполнения запасов энергии в быстрых мышечных волокнах.

Кислородная (окислительная) энергетическая система обеспечивает ресинтез АТФ за счет окислительного фосфорилирования. Основными субстратами являются глюкоза (гликоген) и жирные кислоты. Эта энергетическая система характеризуется более низкой скоростью включения, что обусловлено не только более высокой мощностью фосфогенной и гликолитической систем, но и имеющимся в начале работы несоответствием доставки кислорода скорости его потребления мышцами. Однако емкость этой системы является максимальной, она является гораздо более эффективной, так как обеспечивает ресинтез гораздо большего количества АТФ при окислении одинакового количества субстрата. В результате функционирования кислородной системы происходит наиболее полное окисление субстратов (до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ) и не имеет место накопление метаболитов, «отравляющих» работающие мышцы. Данный путь ресинтеза АТФ является основным в энергообеспечении медленных мышечных волокон.

Кислородная энергетическая система является основой при

физическом характере трудовой деятельности.

Для количественной оценки и сопоставления характеристик описанных энергетических систем обычно используются следующие параметры:

1. *Максимальная мощность системы* - количество АТФ (в молях) ресинтезированное в единице времени той или иной системой.
2. *Емкость системы* - максимальное общее количество АТФ (в молях), которое может ресинтезироваться за счет функционирования той или иной систем. Приблизительные данные о мощности и емкости различных энергетических систем представлены в таблице 5. Величины этих параметров являются расчетными и характеризуют их уровень у «стандартного» мужчины (масса 70 кг), общая масса сокращающихся мышц у которого составляет приблизительно 20 кг.

Таблица 5

Максимальная мощность и ёмкость энергетических систем

Системы	Максимальная мощность моль АТФ/мин	Емкость, общее количество молей АТФ
Фосфогенная	3,6	0,5
Гликолитическая	1,3	1,2
Кислородная:		
Окисление углеводов	0,8	80
Окисление жирных кислот	0,4	6000

### 3.3 ВИДЫ И РЕЖИМЫ МЫШЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

В физиологии принято различать следующие *виды сокращений* скелетных мышц:

- одиночное сокращение;
- тетаническое сокращение;
- тоническое сокращение.

Каждый из перечисленных видов мышечных сокращений может осуществляться в следующих *режимах*:

- изотоническом, при котором во время сокращения мышцы её напряжение остается неизменным. Наиболее близким лабораторным



феноменом является сокращение свободно подвешенной изолированной мышцы животного. В реальных условиях деятельности мышечного аппарата такой режим сокращения мышц отсутствует;

- изометрическом, при котором во время сокращения мышцы длина её остается неизменной. В лабораторных условиях такой режим моделируется путём жесткой фиксации противоположных концов сухожилий изолированной мышцы. В реальных условиях функционирования мышечного аппарата сокращение в изометрическом режиме имеют место при удержании поднятого груза на определенной высоте, поддержании неподвижной позы, попытке подъема «неподъемного» груза;

- ауксотоническом режиме, при котором во время сокращения мышцы изменяются во времени как длина, так и развиваемое ею усилие. Это наиболее распространенный режим деятельности мышц, при котором совершается внешняя работа (в частности при изменении груза). Разновидностью этого режима является плеометрический, при котором, несмотря на активную деятельность мышцы, длина её не уменьшается, а увеличивается (опускание тяжелого груза, торможение движущегося объекта и др.).

### **3.4 РАБОТА И СИЛА МЫШЦ**

Термины «работа» и «сила», используемые в физиологии для важнейших характеристик мышечной деятельности не всегда соответствуют этим понятиям, применяемым в физике.

Сила мышц. В физике вычисление силы осуществляется на основе уравнения:  $F=m \cdot a$ , где  $F$ - сила,  $m$ - масса тела,  $a$  - ускорение. В физиологии труда сила мышцы определяется путем выявления наибольшей массы груза, которую способна поднять изолированная мышца. В условиях целостного организма функционирование мышц приводит в движение систему рычагов разного рода, поэтому определение силы мышцы (как правило, групп мышц) производится косвенно. При этом определяется максимальное усилие,

которое развивается в системе рычагов (кости, суставы, сухожилия), приводимых в движение определенной группой мышц. В частности, сила кисти характеризует усилие, развиваемое сгибателями предплечья. Она выражается в ньютонах (Н) или килограммах (кгс), определяется при помощи кистевого динамометра. Аналогично определяется сила и других мышц.

В экспериментальных условиях сила изолированной мышцы определяется по величине максимального напряжения, которое она может развить в условиях изометрического сокращения либо по максимальной величине груза, который она может поднять. Она также выражается в ньютонах или килограммах.

Сила мышц зависит от её морфологических особенностей и физиологического состояния. При стандартных физиологических условиях (трофика, метаболизм, возбудимость, лабильность и т.д.) сила мышцы определяется следующими факторами. Во-первых, соотношением быстрых и медленных мышечных волокон. Чем более высок удельный вес быстрых волокон, тем больше максимальное напряжение, развиваемое мышцей в целом. Во-вторых, сила мышцы зависит от её поперечного сечения. Различают анатомическое и физиологическое поперечное сечение. Обе эти величины являются равными для мышц со строго параллельным ходом отдельных мышечных волокон. Например, *m. sartorius*. Большинство мышц человека имеет перистое строение, при котором мышечные волокна располагаются косо. В этом случае физиологическое поперечное сечение, то есть сумма поперечных сечений всех мышечных волокон значительно больше анатомического. Для сопоставления силовых характеристик мышц с различными морфофункциональными характеристикам максимальное напряжение, то есть максимально поднятый груз мышцы делят на площадь физиологического поперечного сечения. Получаемая при этом величина обозначается как *абсолютная удельная сила мышцы*, выражаемая в Н/см<sup>2</sup>.

Для различных мышц человека эта величина колеблется от 30-40 до

150— 200 Н/см<sup>2</sup>. Приблизительные расчеты показывают, что максимальное усилие, которое способны создать все мышцы среднего человека (при параллельном расположении всех мышечных волокон) составляет до  $15 \cdot 10^4$  Н (15 - 20 тонн).

Работа, совершаемая при мышечной деятельности В физике механическая работа (A) рассчитывается как произведение силы (F) на расстояние (S) перемещения какого-либо тела и выражается в джоулях:  $A = F \cdot S$

В физиологии труда различают два вида работы. Во-первых, это динамическая работа, которая имеет место при совершении определенного движения. При этих движениях в мышцах развивается усилие, направленное на преодоление внешних сил, препятствующих этому движению. Простейший пример динамической работы - поднятие груза. В этом случае совершается работа по преодолению силы тяжести и она может быть строго количественно охарактеризована с позиции физики.

Во-вторых, это статическая работа. Этот вид работы имеет место тогда, когда сокращение мышц происходит в изометрическом режиме и следовательно какое-либо движение отсутствует. В этом случае с позиции механики работа вообще не совершается. Вместе с тем в скелетных мышцах протекают такие же процессы, как и при их укорочении, то есть запускается механизм сокращения, происходит распад и синтез АТФ, более интенсивно протекают все метаболические процессы и т.д. Поэтому в физиологии и гигиене труда такой вид деятельности мышц также обозначается термином работа. Простейшим примером статической работы является удержание груза в руках в течение определенного отрезка времени. В физиологии труда работа в этом случае рассчитывается как произведение массы груза на время, в течение которого этот груз удерживается. Получаемая при этом размерность (кг/мин) не соответствует размерности, которая характеризует работу с физической точки зрения. Распространенным видом статической работы является деятельность, обеспечивающая поддержание позы тела, в

том числе рабочей позы, поскольку положение тела в пространстве определяется тоническими сокращениями мышц, происходящими в изометрическом режиме (статическая работа).

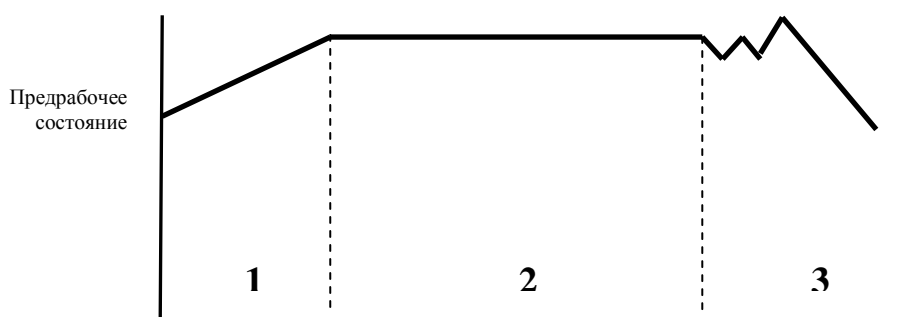
Как правило, при физическом характере трудовой деятельности имеет место сочетание статической и динамической форм работы мышц. При манипулировании какими-либо инструментами (динамическая работа) его удержание в руках производится путем сокращения сгибателей в изометрическом режиме.

## 4. РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

*Работоспособность* – состояние человека, определяемое возможностью физиологических и психических функций организма, которое характеризует его способность выполнять максимально возможное количество работы заданного качества за требуемый интервал времени при интенсивном напряжении организма.

Работоспособность человека зависит от уровня его тренированности, степени закрепленности рабочих навыков и опыта работающего, его физического, физиологического и психологического состояний, здоровья и других факторов. Среди внешних факторов ведущее значение имеют условия окружающей среды, интенсивность факторов трудовой деятельности, степень рациональной организации производственного процесса. Из внутренних факторов выделяют такие, как мотивация и эмоциональная сторона труда, уровень функциональной активности в момент работы, величина физической подготовленности человека и психофизиологической адаптации к труду, особенности его личности и др.

При выполнении человеком работы, независимо от её характера, интенсивности и напряженности, работоспособность претерпевает закономерные фазовые изменения (рис. 2).



- 1 период вработывания
- 2 период устойчивой работоспособности
- 3 период снижения работоспособности:
  - фаза неполной компенсации
  - фаза конечного порыва
  - фаза прогрессивного падения работоспособности

Рис. 2 Динамика работоспособности при выполнении работы

Отрезок времени накануне работы обозначается как *предрабочее (предстартовое) состояние*. В течение этого периода в мышцах происходят метаболические перестройки, направленные на их усиленное энергообеспечение. Параллельно развиваются сдвиги в деятельности систем кровообращения, дыхания, выделения, терморегуляции и др. Цель этих сдвигов - заблаговременное (опережающее) приспособление деятельности висцеральных систем к новому уровню функционирования организма и прежде всего предупреждение резких сдвигов гомеостаза, обусловленных значительным увеличением метаболических потребностей организма. В основе этих реакций лежат изменения деятельности ЦНС в целом и ВНС в частности. Происходит повышение возбудимости нервных центров, обеспечивающих регуляцию движений, формирование доминанты, концентрация внимания, мобилизация памяти, формирование устойчивой мотивации на выполнение работы и т. д.

Первый период - период вработывания. В это время продолжается более тонкая «настройка» всех систем организма на выполнение работы и устанавливается полное соответствие между новым уровнем деятельности организма при выполнении работы и состоянием соматических, вегетативных и психических функций работающего. Уровень работоспособности постепенно нарастает по сравнению с исходным в начале работы. Характеризуется этот процесс повышением психофизиологических показателей и результатов самого труда. Продолжительность этой фазы зависит от интенсивности факторов трудового процесса и индивидуальных особенностей работника. Длится фаза от нескольких минут до 1-1,5 часа, а при умственном, творческом труде – до 2-2,5 часов.

Второй период – высокой и устойчивой работоспособности, характеризуется стабильным уровнем работоспособности. Причины этой стабильности описаны выше. Одной из важнейших задач специалистов в области физиологии и гигиены труда является разработка и обоснование режима и условий трудовой деятельности, при котором этот период занимал

бы большую часть рабочего дня (смены).

Одним из физиологических обоснований режима труда является «закон средних нагрузок», описанный Массо в 1921. Проводя исследование динамики работоспособности при помощи эргографа собственной конструкции, он установил, что максимальный объем работы выполняется испытуемым при соблюдении следующих условий:

а) нагрузка, предъявляемая к работающим мышцам (например, вес поднимаемого груза) должна быть какой-то средней (оптимальной). Малая нагрузка и даже полное ее отсутствие приводят к развитию утомления в работающих мышцах. При этом внешняя работа совершается в небольшом объеме или вообще не выполняется. При чрезмерной нагрузке утомление развивается столь быстро, что суммарный объем выполненной работы также является небольшим.

б) ритм, в котором осуществляется работа (подъем груза) также должен быть средним (оптимальным). При низком ритме объем проделанной работы является небольшим. При высоком ритме вследствие быстрого развития утомления суммарная величина выполненной работы также является низкой.

Такого рода исследования позволяют обеспечить оптимальное распределение работы в течение рабочего дня, обосновать наиболее рациональное чередование труда и отдыха и способствовать высокому уровню производительности труда. Непременным условием этого является организация рабочего места, что позволяет поддерживать оптимальную рабочую позу, требующую минимальных позно-тонических энерготрат мышц. Существенно, что оптимальная поза является одним из важнейших условий оптимизации не только физического, но и умственного труда.

Производительность труда и его эффективность максимальны. Продолжительность данной фазы от 2-2,5 часов и более в зависимости от условий работы, степени тяжести и напряженности труда.

Третий период – снижения работоспособности, в течение которого

работоспособность человека понижается вследствие развития в организме процесса *утомления*.

Утомление - временное (обратимое) снижение работоспособности, обусловленное выполнением какой-либо работы. Говоря о процессе утомления, необходимо подчеркнуть, что не всякое снижение работоспособности является результатом развития процесса утомления. Причины пониженной работоспособности могут быть разнообразны. Она может быть снижена в результате развития в организме разнообразных патологических процессов, действия на него неблагоприятных факторов окружающей (производственной) среды, резких сдвигов каких-либо параметров гомеостаза и др. Все эти факторы могут быть отнесены к нарушениям здоровья человека, которое в основном характеризуется состоянием физического и психического комфорта человека. Необходимо четко представлять, что причиной развития утомления является сам факт, совершаемой человеком работы.

Проблема утомления является одной из центральных в физиологии труда и рассмотрена в самостоятельном разделе настоящего методического пособия.

Восстановление работоспособности происходит в три фазы (рис. 3).



Рис. 3 Фазы восстановления работоспособности

При выборе профессии необходимо учитывать свою работоспособность, которая зависит в основном от типа нервной системы и темперамента чело-



века.

Обобщенную картину динамики продуктивности, общей работоспособности у разных типов темперамента отражают кривые, изображенные на рисунке 4.

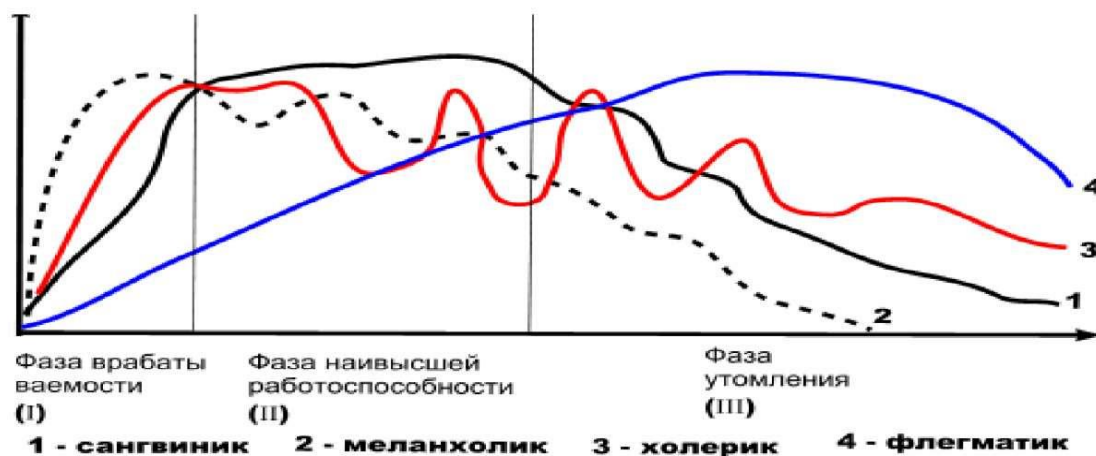


Рис. 4 Кривые динамики работоспособности людей с различными типами высшей нервной деятельности

Если принять кривую работоспособности сангвника (условно) за «среднюю» (кривая 1), то кривая меланхолика (кривая 2) будет отличаться более короткой фазой вработываемости, более быстрым достижением фазы наивысшей работоспособности и быстро наступающей фазой утомления.

У меланхолика снижение работоспособности начинается уже в то время, когда у сангвника стабилизировался период «плато» – II фаза.

Для флегматика (кривая 4) характерна самая длинная фаза вработываемости. На уровень своей наивысшей работоспособности он выходит, позже всех и соответственно дольше всех оказывается «работоспособным», так как фаза утомления у него наступает позже всех.

Для холерика характерна нервная, импульсивная кривая (3) работоспособности.

Вид кривой работоспособности не зависит от содержания и вида деятельности, каждый темперамент устойчиво сохраняет свой вид, какой бы профессией человеку ни приходилось заниматься.

Добиться профессионального успеха можно людям с разной скоростью протекания психических процессов, с разным типом темперамента, ведь эффективность деятельности человека зависит не столько от особенностей его нервной системы, сколько от отношения к труду, интереса к работе, наличия знаний и навыков и умения организовать свою работу.

## 5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТРУДОВЫХ НАВЫКОВ

Вопрос о формировании трудовых навыков традиционно как в нашей стране, так и за рубежом изучался специалистами в области физиологии физического труда и спорта. В связи с этим в большинстве руководств и монографий по физиологии труда и спорта приводятся сведения о формировании двигательных навыков. Ведущие отечественные специалисты в этой области (А.Н.Крестовников, А.М.Зимкин, М.Н.Виноградов, Ю.М.Уфлянд, Я.М.Коц и др.), не давая строгого определения понятия «двигательный навык», приводят следующие его характеристики и условия формирования:

- состоит из меньшего или большего количества элементарных двигательных актов;
- носит автоматизированный характер последовательно совершаемых движений;
- отсутствие осознания производимых движений, как правило, осознается либо конечный результат, либо какие-либо нарушения (препятствия, затруднения), возникающие на каком-то этапе движения;
- условием формирования навыка, является многократное повторение (тренировка) последовательно совершаемых отдельных движений, в результате чего они формируют единый целый двигательный акт.

*Изложенное позволяет определить понятие двигательного навыка следующим образом. Двигательный навык - неосознаваемые сложные автоматизированные движения, состоящие из отдельных элементарных актов и превращающиеся в единое целое в результате многократных повторений (тренировок).*

В качестве примеров двигательных навыков можно привести большое количество более или менее сложных движений, которые человек совершает в своей повседневной жизни: разнообразные виды

рукоделья (вышивание, вязание, плетение и т.д.), ходьба, одевание, застегивание пуговицы, замка, кнопки, различные виды «домашней» работы.

Основным физиологическим механизмом, лежащим в основе формирования двигательного навыка, является образование временной связи - условный рефлекс, а точнее - совокупности большего или меньшего количества последовательно включающихся рефлексов. Совокупность таких рефлексов И.П.Павлов обозначил как «динамический стереотип». С позиции нейрофизиологии это последовательные цепные условные рефлексы. Процессы, лежащие в основе формирования такого типа рефлексов описаны в соответствующих разделах всех учебников по нормальной физиологии. Нейронально-молекулярные механизмы этих рефлексов не отличаются от других (от простейших до более сложных) видов условных рефлексов.

Среди физиологических механизмов образования последовательных цепных рефлексов важнейшее значение играет поток вторичной афферентации, поступающей по каналам обратной связи от рецепторов, раздражение которых происходит на каждом этапе выполнения движения (на самом деле этот поток афферентных импульсов является непрерывным).

Рассмотрим с этих позиций формирование простейшего двигательного акта, состоящего из двух несложных движений, совершаемых, например, рукой. На начальном этапе формирования целостного двигательного акта каждое из движений выполняется в результате двух последовательных команд (тренера, мастера производственного обучения). После первой команды и начала первого движения происходит раздражение ряда рецепторов, от которых информация поступает в ЦНС и, в том числе - кору больших полушарий. Эта информация идет от проприорецепторов сокращающихся мышц и расслабляющих синхронно мышц-антагонистов, зрительных рецепторов, которые фиксируют изменения положения руки, и кожных рецепторов, что может быть обусловлено контактом кожи пальцев руки с каким-либо телом (инструментом), а также слуховых рецепторов ,

если движение сопровождается каким-либо звуком. В результате всего этого на фоне выполнения первого движения в коре больших полушарий формируется новый очаг (очаги) возбуждения, что обусловлено включением ряда анализаторных систем, раздражителем для рецепторного аппарата которых является сам факт совершения первого движения. После выполнения этого движения подается команда к следующему движению. В ходе его совершения в рецепторных системах и коре больших полушарий развиваются такие же явления, как и при выполнении первой команды, отличается только их информационное значение.

В результате многократных повторений обучающийся начинает слитно выполнять оба движения лишь после первой команды. Существенно, что на определенном этапе тренировок он будет делать движения автоматически, произвольно, то есть, не осознавая их.

Описанный феномен легко объясним с позиции теории условных рефлексов. Можно допустить, что для человека, обладающего развитой второй сигнальной системой, каждая команда является безусловным раздражителем. Во время выполнения движения всякий раз накануне второй команды в коре больших полушарий формируются очаги возбуждения, обусловленные потоком вторичных афферентных импульсов (проприорецепторы, кожные, зрительные и т.д.). Со временем, после нескольких повторений (тренировок) эта афферентация приобретает сигнальное значение и становится стимулом, запускающим второе движение без команды учителя.

Поток вторичных афферентных импульсов в ходе выполнения второго движения носит констатирующий характер, то есть обеспечивает поступление в кору больших полушарий информации о выполнении всякого двигательного акта и достижения его конечной цели.

Реальный трудовой навык состоит из большого количества отдельных двигательных актов. При этом вторичная афферентация при каждом предыдущем элементарном движении является сигналом для каждого

последующего движения и имеет для него пусковое значение.

Формирование двигательного акта осуществляется в несколько этапов. Различные специалисты в этой области (А.М.Зимкин, М.И.Виноградов, Ю.М.Уфлянд и др.) выделяют различное количество фаз и обозначают их, используя неодинаковые термины. По сути же авторы описывают единые для всех теорий закономерности. На начальных этапах формирования двигательного навыка отдельные движения являются неточными, замедленными, имеют избыточную амплитуду. При этом имеют место повышение общего мышечного тонуса и фазные движения, не имеющие отношения к формируемому двигательному навыку - лишние движения, жесты, мимика. То есть движения являются неточными, не координированными, не экономичными. В последующем, происходит «шлифовка» («оттачивание») двигательного акта. Движения становятся точными, координированными, экономичными, общий мышечный тонус нормализуется, лишние движения выключаются.

Описанные явления отражают процессы, происходящие в ЦНС и имеющие место при образовании любого условного рефлекса: преобладание процесса возбуждения и его иррадиация в коре больших полушарий на начальных этапах формирования временной связи и последующая концентрация возбуждения, уравновешиваемого за счет различных видов внутреннего торможения.

Представленное описание характеризует формирование самого простейшего (примитивного) навыка. В реальных условиях в основе формирования двигательного навыка лежат более сложные условные рефлексы, условные рефлексы второго и более высоких порядков, экстраполяционные рефлексы, инструментальные или манипуляционные рефлексы и др. При формировании достаточно сложных двигательных навыков важнейшую роль играет рассудочная деятельность человека.

Успешность и скорость формирования двигательного навыка (освоение и совершенствование профессиональных навыков, а также достижение

высокого уровня профессионального мастерства) определяется наличием выраженной мотивации как биологической, так и социальной к освоению навыка и наличия в ЦНС стойкого очага доминантного возбуждения. На процессы формирования двигательного навыка существенное влияние оказывает эмоциональное состояние обучающегося.

С позиций физиологии высшей нервной деятельности любой двигательный (профессиональный) навык является итоговым проявлением целостной поведенческой реакции организма. Совершаемые субъектом движения являются лишь внешним проявлением процессов, происходящих в организме человека и, прежде всего в ЦНС. Процессы, происходящие при этом в ЦНС соответствуют общепринятым представлениям о архитектонике целостной поведенческой реакции, основные положения о которой разработаны П.К. Анохиным и описанными во всех отечественных учебниках по нормальной физиологии.

Формирование навыков имеет место и при умственном характере трудовой деятельности. В основе формирования этих навыков лежат принципиально сходные процессы, происходящие в высших отделах мозга. Эти закономерности будут рассмотрены в соответствующем разделе настоящего пособия.

## 6. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ УТОМЛЕНИЯ

По определению одного из ведущих отечественных специалистов (В.В.Розенблат), 1983 г.: «Утомление - особое физиологическое состояние человеческого организма, проявляющееся во временном снижении его работоспособности в результате проведенной работы». Автор подчеркивает временность и обратимость данного состояния, поскольку длительная, непосильная работа может привести к развитию в организме необратимых патологических процессов. С другой стороны следует иметь в виду, что причиной снижения работоспособности могут являться и другие факторы: различные заболевания, недостаточное питание, обезвоживание организма и др.

*Усталость* - комплекс субъективных ощущений, возникающих при развитии утомления.

*Производственное утомление* – это временное и обратимое снижение функциональных возможностей организма человека, вызванное непосредственно работой и воздействием условий труда.

Субъективные признаки производственного утомления:

- 1) чувство усталости, слабосилия – повышенное напряжение при работе, неуверенность в способности продолжить ее должным образом;
- 2) расстройство внимания – трудность в его концентрации, неустойчивость, затруднение в его переключении;
- 3) расстройство в сенсорной сфере – изменения в деятельности анализаторов – снижение остроты зрения, чувство жжения в глазах, снижения остроты слуха;
- 4) нарушения в моторной сфере – замедленные или беспорядочные, торопливые движения;
- 5) неприятные ощущения в работающих органах – чувство боли, затекания в мышцах рук и ног, при умственной работе – появление боли в области лба и затылка;
- 6) дефекты памяти и мышления в сфере рабочей деятельности;



7) ослабление воли (выдержки, самоконтроля, устойчивости);

9) сонливость.

Объективные признаки утомления:

1) экономические (снижение выработки, увеличение штучного времени, рост брака);

2) статистические (увеличение случаев травматизма, микропаузы в рабочей деятельности);

3) физиологические (нарушение координации движений, тремор рук, пальцев, снижение мышечной выносливости);

4) психологические (замедление психических процессов и реакций, снижение концентрации внимания, рост количества ошибок).

Заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем:

1) координаторные неврозы, в т.ч. писчий спазм – при работе, требующей высокой координации движений.

История развития учения об утомлении представляет длительную конкуренцию двух антогонистических групп концепций, лежащих в основе этого физиологического феномена. Первая группа теорий ведущее значение в развитии утомления отводит периферическим (местным) механизмам: теория истощения (снижение энергетических ресурсов в работающих мышцах), теория отравления (накопление в функционирующих мышцах метаболитов, в частности молочной кислоты или образования в результате метаболических процессов работающих мышц каких-либо «ядовитых» веществ).

Вторая группа теорий утверждает, что первично утомление развивается в нервных центрах и снижение работоспособности мышц является лишь отражением процессов, происходящих в ЦНС. Классическим доказательством первичной роли центральных механизмов в развитии процессов утомления являются результаты следующих исследований. Испытуемому предлагалось выполнить определенную работу до «отказа»,

то есть состояния полного утомления и неспособности выполнить какое-либо движение работавшими мышцами. После этого мышцы при помощи чрезкожных электродов подвергались электростимуляции. Результат - мышцы вновь сокращаются в течение достаточно продолжительного периода времени. Вывод - в мышцах отсутствуют или слабо выражены феномены «истощения» и «отравления», а неспособность их к работе обусловлена процессами, локализованными в нервных центрах.

Современная, общепринятая теория утомления, не отрицая местных изменений, ведущее значение придает процессам, происходящим в ЦНС. Детальное описание процессов утомления представлено в работах В.В. Розенבלата (1961 - 1995) и М.И.Виноградова (1969). Сформулированные ими положения базируются на большом фактическом материале, полученном самими авторами, а также многочисленными отечественными и зарубежными учеными. Такого рода данные получены в ходе исследований, проводимых на людях, а также являются результатом разнообразных экспериментов на животных. Анализ и обобщение этих данных позволяет сформировать следующие положения относительно механизмов утомления. Первичным в генезе состояния утомления является развитие процесса торможения двигательных нейронов коры больших полушарий (больших пирамид Беца), которые по пирамидным путям обеспечивают посредством спинного мозга регулирующие (организующие) влияния на работающие мышцы.

Развитие торможения кортикальных двигательных нейронов связано с их высокой функциональной активностью и обусловлено, прежде всего:

- значительной нагрузкой на нейроны, которые запускают и контролируют произвольную двигательную активность. Следует учитывать, что пирамидные клетки Беца интегрируют влияние множества других нейрональных элементов, участвующих в формировании двигательных навыков;

- мощным потоком афферентных импульсов, поступающих от

проприорецепторов, а также рецепторного аппарата суставов и сухожилий. Эта афферентация обеспечивает поступление в корковые структуры информации об общем объеме выполняемой работы и об её интенсивности и состоянии работающих мышц в целом;

- потоком афферентных импульсов от хеморецепторов, локализованных в мышцах и передающих в нервные центры информацию об изменении концентрации субстратов (глюкозы, гликогена) и метаболитов, прежде всего, молочной кислоты.

*Другой причиной* развития торможения двигательных нейронов коры больших полушарий, являются изменение физико-химических параметров крови:

- возникновение артериальной гипоксемии и повышение концентрации молочной кислоты;

- снижение концентрации глюкозы, которая является основным источником энергии для нейрональных структур;

- повышение температуры внутренней среды (при интенсивной работе она может повышаться до 38,5 °С и более).

Информация об этих изменениях воспринимается интерорецепторами и передаётся в ЦНС, в том числе и двигательную зону коры больших полушарий.

В некоторых отдельных ситуациях причиной развития утомления может быть обусловлено «истощением» резервов висцеральных систем, задачей которых является вегетативное обеспечение работающих мышц. В первую очередь это касается аппарата внешнего дыхания и системы кровообращения. Большое значение играет потеря большого количества воды в результате обильного потоотделения в интересах терморегуляции. Влияя на работоспособность мышц, эти факторы играют немалую роль и в развитии утомления корковых нейронов. В крайних вариантах висцеральные системы не только не могут обеспечить адекватную трофику работающих мышц, но и удовлетворить метаболические потребности корковых нейронов.

При различных вариантах физической работы, отличающейся по продолжительности, мощности, объему общих энергозатрат, напряженности преобладающую роль в развитии утомления играют те или иные из перечисленных выше факторов. Но при любом варианте формирования этого физиологического состояния ведущее значение имеют процессы, *развивающиеся* в ЦНС и, прежде всего, в коре больших полушарий.

Главенствующая роль и первичность центральных механизмов при развитии утомления имеет чрезвычайно важное биологическое значение. Кортикальное торможение выключает работу скелетных мышц, «защищает» их от истинного «истощения» и «отравления» и препятствует, таким образом, развитию в них необратимых процессов.

Задачей специалистов в области физиологии и гигиены труда является разработка оптимального режима трудовой деятельности: продолжительность рабочего дня (смены), интенсивности выполнения работы, оптимальное чередование труда и отдыха и т.д.

В случае если отдых оказывается недостаточным для полного восстановления работоспособности к началу следующего трудового периода, то рабочее напряжение физиологических функций значительно возрастает, и глубина развившегося утомления будет больше, чем в предыдущий период. При продолжении работы в подобных условиях кумуляция утомления может привести к появлению признаков хронического утомления, не ликвидируемых за обычный период отдыха (ежедневный и еженедельный). Дальнейшее выполнение работы сопровождается перенапряжением физиологических функций и организма работника.

*Перенапряжение* следует рассматривать как неблагоприятное функциональное состояние между нормой и патологией, обусловленное воздействием чрезмерно сильных раздражителей или хроническим воздействием стимулов, формирующееся при недостаточном отдыхе и проявляющееся застойным процессом возбуждения физиологических функций с расширением внутрисистемных процессов синхронизации и межсистемных интерактив-

ных взаимосвязей. Исход этого состояния в различных условиях своего развития неравнозначен: возврат к нормальному состоянию здоровья или переход с развитием нового качества — болезни. Дальнейшее продолжение деятельности без отдыха и активных мер профилактики приводит к тому, что восстановительные процессы запускают имеющиеся физиологические резервы. Исчерпав последние, в условиях продолжающихся нагрузок происходит развитие состояния переутомления, которое сопровождается резким падением производительности и эффективности труда, а чаще — отказом от дальнейшей работы.

*Переутомление* – болезненное состояние, когда за время отдыха работоспособность полностью не восстанавливается и могут развиваться функциональные расстройства в организме: раздражительность, сонливость днем и бессонница ночью, головные боли, заболевания ЦНС.

Сущность состояния переутомления заключается в проявлении различных предпатологических и патологических синдромов, что сопровождается существенным нарушением ряда функций, резким снижением эффективности, качества деятельности и нормализующееся только в результате лечения и реабилитации. В зависимости от вида трудовых нагрузок эти синдромы различны в своем проявлении. Так, физические перегрузки приводят к развитию ряда форм профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата и периферической нервно-мышечной системы (миозиты, нейромиофасциты, тендовагиниты и пр.). Не исключается, что интенсивные и продолжительные мышечные нагрузки влияют на развитие такой распространенный заболеваний дегенеративного характера, как деформирующий остеоартроз и остеохондроз. При интенсивном умственном труде, связанном с нервно-эмоциональными перегрузками, это может проявиться некоторыми формами общесоматической патологии: невротические расстройства, вегетососудистая дистония, гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца и др. Особое значение при этом приобретают индивидуальная чувствительность и диагностика ранних доклинических при-

знаков заболевания.

## **7. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА**

Целью проведения физиологических исследований является определение функциональных сдвигов в органах и системах организма работающих в процессе труда для оценки уровня работоспособности в динамике рабочего дня, степени утомления и разработка на основании полученных данных рациональных режимов труда и внутрисменного отдыха с оценкой их эффективности после внедрения.

### **7.1 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

После ознакомления с производственным участком, цехом и получения общих сведений о технологическом процессе подбираются рабочие для проведения физиологических исследований. Для получения достоверных данных эта группа должна быть достаточной в количественном отношении (10-12 человек). Выбранные лица должны составлять однородную группу испытуемых – быть практически здоровы, иметь стаж работы на данном рабочем месте не менее трех лет, однородны по полу, возрасту, профессии.

Исследования проводят не менее двух недель. Если работники находятся в процессе трудовой деятельности на открытом воздухе, то исследования необходимо проводить как минимум дважды в год - в теплый и холодный периоды.

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

- 1) первые 10-30 минут рабочей смены;
- 2) через 2-3 часа работы;
- 3) перед обеденным перерывом;
- 4) через 10-20 минут после него;

5) за 20-30 минут до окончания рабочего дня.

При невозможности проведения по условиям производства 5-кратного исследования следует ограничиться первыми двумя и последним исследованием.

Методики должны быть достаточно информативными, простыми в выполнении, минимально отвлекать обследуемого от работы. Одновременно рекомендуется использовать не более 2-3 методик, время, затрачиваемое на каждую из них не должно превышать 2-3 минуты.

Перед проведением исследований целесообразно провести инструктаж или тренировку рабочих по тестам с обязательным объяснением им цели и смысла предстоящих наблюдений.

Методики, используемые в физиологии труда, могут быть условно разделены на две основные группы:

- 1) общие, которые можно применять при исследовании любого трудового процесса;
- 2) специфические, позволяющие выявить особенности влияния на организм определенных видов труда.

Принято исследовать не менее трех функциональных систем.

Оценка показателей может проводиться либо по их абсолютным величинам (частота сердечных сокращений, артериальное давление, энерготраты), либо по относительным значениям, выраженным в процентах по отношению к исходному уровню, принятому за 100% (мышечная сила, выносливость, латентные периоды слухо-, зрительно-моторных реакций).

Физиологические исследования желательно дополнить социологическими, например, провести анкетирование по интересующим вопросам.

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

После окончания исследований, полученные результаты подвергают статистической обработке.

В итоге физиологического исследования формулируют рекомендации,



указания по оптимизации режимов труда и внутрисменного отдыха рабочих изучаемых профессий.

## **7.2. ХРОНОМЕТРАЖ РАБОЧЕГО ДНЯ И МЕТОДЫ ЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

Метод хронометража – установление длительности и последовательности выполнения отдельных рабочих операций, позволяющее выяснить закономерные изменения работоспособности.

Метод хронометражных наблюдений используют для получения научно-обоснованной оценки трудового процесса (режим труда, ритм работы, темп выполнения отдельных операций), выявления возможного влияния условий труда на функциональное состояние организма, решения вопросов НОТ.

Перед проведением наблюдений необходимо ознакомиться с процессом труда, характером подлежащих учету рабочих операций или их элементов, особенностями условий труда. Составляется примерная схема последовательности изучаемых операций, для чего следует правильно расчленить изучаемый трудовой процесс на операции или их элементы.

Хронометраж ведут при помощи секундомера по текущему времени, т.е. не останавливают его стрелку, а лишь отмечая время окончания каждого элемента рабочего процесса, каждой операции.

Метод хронометража позволяет получить следующие данные:

1) среднюю продолжительность отдельных операций в течение рабочего дня, выявляя зависимость ее от времени смены, режима труда, ритма работы и т.д.;

2) соотношение времени, затрачиваемого на выполнение основных и вспомогательных операций, время, расходуемое на простои и ремонт оборудования, исправление брака, ожидание материала, личные и производственные отвлечения, что характеризует условия и организацию труда;

3) почасовую производительность труда;

4) загруженность рабочего дня.

Результаты хронометража могут быть выражены в виде таблицы или графической форме.

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

На основе анализа хронометражных данных, сопоставления их с данными физиологических наблюдений предлагаются и обосновываются рекомендации по рациональному построению рабочего дня.

### **7.3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ**

Наряду с непосредственным определением работоспособности, которая исследуется при выполнении человеком физической нагрузки в физиологии труда, производят также измерение ряда параметров, от которых зависит способность выполнять работу. Прежде всего, это сила и выносливость мышц. Кроме того, для оценки работоспособности организма в целом используют не прямые методы, основой которых является изучение параметров функционирования висцеральных систем, как правило, кардиореспираторного аппарата, поскольку адаптивные изменения их деятельности при физической нагрузке в значительной степени определяют уровень работоспособности.

#### **Методы исследования нервно-мышечного аппарата**

Динамометрия представляет собой определение основных показателей произвольной дееспособности отдельных мышечных групп. К ним относятся максимальная произвольная сила (МПС), выносливость к статическим напряжениям и интегральный показатель – максимальная мышечная работоспособность (ММР).

Определение силы мышц, как правило, производится при помощи

простых устройств, называемых динамометрами (чаще всего пружинные). Соответственно метод определения мышечной силы обозначается как динамометрия. Наиболее распространенными являются кистевые и становые динамометры. Существуют динамометры, измеряющие силу и других мышц (групп мышц). Для измерения усилия, развиваемого различными группами мышц, широко используются специальные датчики, вмонтированные в разнообразные тренажерные установки. Оценивая силу мышц необходимо учитывать, что динамометрия не позволяет непосредственно охарактеризовать усилие, создаваемое какой-либо мышцей (группой мышц), так как последняя посредством сухожилий и связок связана с системой рычагов (кости, суставы). Для развития силы в 400 Н (подъем груза массой 40 кг) при сгибании в локтевом суставе мышцы-сгибатели должны развивать усилие в 2500 Н. Максимальная тяга, создаваемая икроножной мышцей составляет 5000 Н и даже более.

Выносливость определяется при выполнении человеком статической или динамической работы. Выносливость при статической работе определяется по продолжительности периода, в течение которого человек может поддерживать усилие, равное 50% от максимальной силы мышцы (группы мышц). С этой целью определяют максимальную силу при помощи динамометра. Затем после отдыха при помощи секундомера измеряют максимальное время, в течение которого испытуемый под контролем зрения удерживает стрелку динамометра в заданном положении (50% от максимальной силы).

Для оценки выносливости при динамической нагрузке, также определяется время, в течение которого эта нагрузка выполняется при работе до отказа (полного утомления и неспособности выполнять нагрузку). Выносливость зависит от величины нагрузки и ритма, в котором она выполняется. Для точного дозирования её в настоящее время используется работа на велоэргометре или бег (ходьба) на тредбане (бегущая дорожка) или тредмиле (наклонный тредбан).

Определяя при помощи этих методов силу и выносливость необходимо помнить, что эти параметры физической работы зависят не только от морфофункциональных характеристик работающих мышц, но и от процессов, протекающих в нервных центрах. Именно эти процессы при прочих равных условиях играют определяющую роль в создании максимального усилия и выносливости.

Треморометрия. Представляет собой регистрацию постоянных, произвольных мелких колебаний кисти и осуществляется с помощью специального прибора – электротремомера. Анализ треморометрии проводится по амплитуде и частоте.

Электромиография (ЭМГ). Представляет собой регистрацию биоэлектрической активности мышц. Различают суммарную ЭМГ, когда регистрация осуществляется с помощью накожных электродов, и ЭМГ отдельных двигательных единиц, когда отведение осуществляется с помощью игольчатых электродов. Количественный анализ ЭМГ включает определение величины амплитуды осцилляций и частоты их следования.

#### ***Метод прямого исследования работоспособности (эргография)***

В основе названия метода лежит название устройства (эргограф), сконструированного Массо в начале прошлого столетия.

При помощи эргографа можно измерить и количественно выразить внешнюю работу, совершаемую мышцами по преодолению силы тяжести. В качестве нагрузки используется груз разной массы. Регистрация движений осуществляется на движущейся ленте кимографа. Современные эргографы имеют такой же принцип функционирования. Отличие заключается в конструкции устройств, создающих внешнюю нагрузку и регистрирующих совершаемые испытуемым движение. В настоящее время для исследования работоспособности широко используется велоэргометры, тредбаны или тредмины и другие устройства, позволяющие регистрировать работу, совершаемую различными группами мышц.

Косвенная оценка физической работоспособности определяется также

путем изучения реакции системы кровообращения на внешнюю нагрузку. Достаточно простым и распространенным является нагрузочный тест Валунда-Шестранда, рекомендованный ВОЗ для определения физической работоспособности. Этот тест обозначается  $PWC_{170}$  ( $PWC$  - аббревиатура от английского “physical working capacity”, что соответствуют значению термина “физическая работоспособность” в русском языке, 170 - частота сердечных сокращений). Такая ЧСС выбрана в связи с тем, что для большинства людей она является предельной для достижения максимального увеличения МОК (минутного объема крови), адекватного возрастающим метаболическим потребностям организма в объеме перекачиваемой сердцем крови. При большей частоте продолжительность сердечного цикла уменьшается столь существенно, что значительно снижается эффективность заполнения желудочков кровью во время диастолы, а это неизбежно приводит и к уменьшению систолического выброса. Теоретической основой данного теста является твердо установленный многими исследователями факт наличия линейной зависимости между мощностью работы и ЧСС. Порядок выполнения данного теста: испытуемый последовательно выполняет на велоэргометре две нагрузки разной мощности продолжительностью 5 минут, интервал между нагрузками 3 минуты. Нагрузки подбираются таким образом, чтобы ЧСС при их выполнении находилась в диапазоне 120 - 170 уд/мин. На основании полученных результатов строится график, и находится точка на графике, которая соответствует ЧСС - 170 уд/мин. Из этой точки опускают перпендикуляр на абсциссу и находят значение мощности нагрузки при ЧСС, равной 170 уд/мин.

Простым вместе с тем достаточно надежным, а в связи с этим широко распространенным является метод оценки физической работоспособности на основании приблизительных значений максимальной скорости потребления кислорода (МПК). Метод основан на том, что между МПК и ЧСС существует линейная зависимость. Также, как и в предыдущем методе, испытуемому

предлагается последовательно выполнить 3-4 нагрузки с возрастающей мощностью. Затем строится график, на котором находят точки 1, 2, 3, 4. Прямую, проведенную через эти точки (максимально близко к этим точкам) продолжают до пересечения с перпендикуляром, восстановленным от ординаты из точки, соответствующей максимальной ЧСС (точка 5). Из неё опускают перпендикуляр на абсциссу, состоящую из двух шкал: мощности интенсивности работы и скорости потребления кислорода. Полученные результаты составляют с данными специальных таблиц, где представлены должные величины МПК в зависимости от пола, возраста и антропометрических данных испытуемых.

Существует ещё ряд более точных прямых методов оценки физической работоспособности. В физиологии труда они используются в основном при проведении научных исследований..

#### **Методы исследования внешнего дыхания и газообмена**

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

Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) состоит из дыхательного объема, т.е. объема воздуха, вдыхаемого и выдыхаемого при каждом дыхательном цикле (обычно около 500 мл), дополнительного объема – объема воздуха, поступающего в легкие при максимальном (после спокойного) вдохе (около 1500 мл), и резервного объема воздуха – объем воздуха, который можно максимально выдохнуть после спокойного выдоха (около 1500 мл).

ЖЕЛ не является показателем функциональной способности аппарата внешнего дыхания. 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.

Минутный объем дыхания (МОД), или легочная вентиляция, – объем воздуха, который вентилируется в легких за 1 минуту для обеспечения орга-

низма необходимым количеством кислорода и выведения углекислого газа. Величина МОД зависит от потребности организма в кислороде и степени утилизации вентилируемого воздуха.

Частота дыхания (количество дыхательных движений за 1 минуту) определяется путем визуального наблюдения за дыхательными экскурсиями грудной клетки.

Глубина дыхания определяется как частное от деления МОД (в миллилитрах) на число дыханий в 1 минуту.

Измерение газообмена бывает необходимо для определения величины энерготрат при различных видах трудовой деятельности.

### **Методы исследования сердечно-сосудистой системы**

Наиболее часто используются измерения гемодинамических показателей и электрокардиография.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) – лабильный и информативный показатель функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Она может быть подсчитана разными методами. По частоте сердечных сокращений нормируются предельно допустимые величины физического напряжения при операциях с преобладанием статической нагрузки, а также общей, региональной и локальной динамической работе.

Артериальное давление (АД) измеряется по методу Н.С. Короткова. По данным систолического (СД) и диастолического (ДД) давления могут быть рассчитаны следующие гемодинамические показатели:

- пульсовое давление (ПД)  $ПД = СД - ДД$
- среднее динамическое давление (СДД)  $СДД = ПД/3 + ДД$
- ударный объем сердца (УО)  $УО = 101 + 0,5 СД - 1,09 ДД - 0,6 * В$  (В - возраст обследуемого в годах)
- минутный объем сердца (МО)  $МО = УО * ЧСС$

Гемодинамические показатели позволяют судить о снабжении работаю-

щих органов кислородом, питательными веществами, гормонами и другими регуляторами. Характер и выраженность этих изменений указывают на степень тяжести и напряжённости труда. Так, например, при умеренной мышечной нагрузке наиболее рациональной и эффективной реакцией является увеличение УО без ускорения или при незначительном ускорении ЧСС. За счёт этого увеличивается МО кровообращения и работающие мышцы получают достаточное количество крови.

Более тяжёлая мышечная нагрузка, особенно в неблагоприятных гигиенических условиях, влечёт за собой менее рациональную реакцию. Она выражается в том, что достаточное увеличение силы сердечной мышцы и УО, но в большей степени за счёт учащения пульса. Это ухудшает кровоснабжение самого сердца.

При ещё большей нагрузке в неудовлетворительных гигиенических условиях реакции системы кровообращения становятся всё менее рациональными и адекватными. При самой тяжёлой работе, как физической, так и умственной, со стороны системы кровообращения обнаруживаются парадоксальные патологические реакции. У работающих уменьшается показатель УО, что не компенсируется соответствующим учащением пульса. Иногда это сопровождается относительным замедлением пульса по сравнению с периодом устойчивой работоспособности или с его среднесменной частотой. В результате показатель МО не увеличивается, а иногда даже уменьшается. Появляются также парадоксальные сдвиги в ту или иную сторону показателя СДД, особенно заметные у работников умственного труда.

В большинстве случаев описанные патологические реакции носят временный характер. У части работающих по различным причинам эти сдвиги могут стабилизироваться и со временем модифицироваться в соответствующие сердечно-сосудистые заболевания.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и адаптационных возможностей организма работающих можно оценить с использованием автоматизированного кардиоритмографического комплекса ORTO Expert



(Мороз М.П., 2003). Регистрация сердечного ритма производится беспроводными электродами. Кардиограммы записываются после пяти минут отдыха в положении лёжа, при переходе в вертикальное положение стоя. Анализ статистических характеристик вариационных рядов временных показателей сердечного ритма позволяет определить такие показатели, как исходный вегетативный тонус, степень напряжения регуляторных систем и функциональные резервы организма. С помощью компьютерной программы рассчитываются: ЧСС (частота сердечных сокращений),  $AM_0$  (амплитуда моды),  $\Delta X$  (вариационный размах), ИН (индекс напряжения), предложенный Р.М. Бавевским для описания степени напряжения регуляции сердечного ритма. Функциональные резервы определяются с учетом динамики параметров variability сердечного ритма (VSP) при проведении нагрузочной пробы (активной ортостатической пробы).

В основе метода диагностики функционального состояния организма лежит представление о том, что сердечно-сосудистая система с её многоуровневой регуляцией – это функциональная система, конечным результатом деятельности которой является обеспечение заданного уровня функционирования целостного организма (рис. 5). Обладая сложными нервно-рефлекторными и нейрогуморальными механизмами, система кровообращения обеспечивает своевременное адекватное кровоснабжение соответствующих структур. Сердечный ритм и процесс управления им вегетативной нервной и гуморальной системами являются важным звеном в адаптации организма к условиям внешней и внутренней среды, что даёт возможность использовать характеристики сердечного ритма для оценки функционального состояния организма в целом. Средняя частота сердечных сокращений отражает конечный результат многочисленных регуляторных влияний на аппарат кровообращения, характеризует сложившийся в процессе адаптации гомеостаз. Информация о том, как сложится этот гомеостаз, какая «цена» адаптации, содержится в структуре сердечного ритма, его variability.

Основы метода оценки функционального состояния организма сформу-

лировал Р.М. Баевский (1979) в виде концепции о трёх, наиболее значимых, компонентах функционального состояния: исходном уровне функционирования, напряжении регуляции, состоянии функциональных резервов.

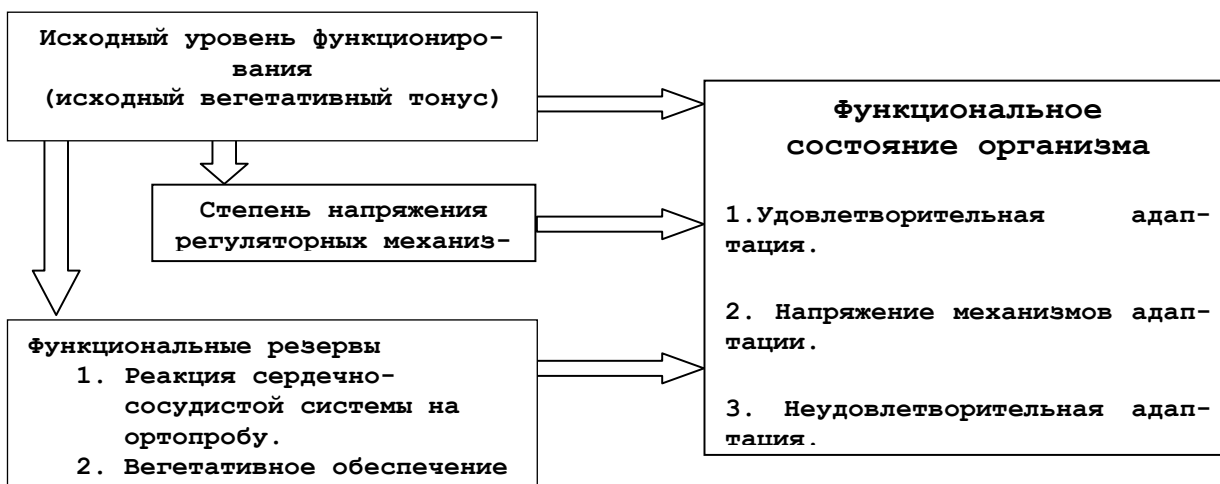


Рис. 5 Структура метода диагностики функционального состояния организма

По данным ритмограммы даётся заключение:

1. Исходный вегетативный тонус:

- преобладание парасимпатического отдела ВНС
- смешанный тонус ВНС
- преобладание симпатического отдела ВНС

2. Степень напряжения систем регуляции:

- нормальное состояние систем регуляции
- регуляция с увеличенным влиянием парасимпатического отдела ВНС
- регуляция с увеличенным влиянием симпатического отдела ВНС
- напряжение систем регуляции за счёт значительно увеличенного влияния парасимпатического отдела ВНС
- напряжение систем регуляции за счёт значительно увеличенного влияния симпатического отдела ВНС
- напряжение систем регуляции за счёт рассогласования влияний симпатического и парасимпатического отделов ВНС
- высокое напряжение систем регуляции за счёт чрезмерного увеличения влияния парасимпатического отдела ВНС

- высокое напряжение систем регуляции за счёт чрезмерного увеличения влияний симпатического отдела ВНС
- высокое напряжение систем регуляции за счёт значительного рассогласования влияний симпатического и парасимпатического отделов ВНС
- очень высокое напряжение систем регуляции за счёт одновременного снижения тонуса симпатического и парасимпатического отделов ВНС и централизации регуляции
- резкое напряжение систем регуляции за счёт значительного одновременного снижения тонуса симпатического и парасимпатического отделов ВНС и централизации регуляции
- резкое напряжение систем регуляции за счёт значительного одновременного снижения активности всех компонентов системы, регулирующих сердечный ритм

### 3.Реакция на ортопробу:

- нормальный переходный процесс адекватная реакция сердечно-сосудистой системы на ортопробу
- увеличенная реакция сердечно-сосудистой системы на ортопробу
- значительно увеличенная реакция сердечно-сосудистой системы на ортопробу
- сниженная реакция сердечно-сосудистой системы на ортопробу
- реакция сердечно-сосудистой системы на ортопробу не определена

### 4.Вегетативное обеспечение организма:

- вегетативное обеспечение организма достаточное
- вегетативное обеспечение организма избыточное
- вегетативное обеспечение организма чрезвычайно избыточное
- вегетативное обеспечение организма недостаточное
- вегетативное обеспечение организма парадоксальное

Общее заключение о функциональном состоянии даётся в соответствии с представлениями о типах адаптации.

Типизация заключений о функциональном состоянии организма:

### *Удовлетворительная адаптация*

1. Достаточные функциональные возможности организма. Оптимальное функционирование систем регуляции.
2. Состояние минимального напряжения при оптимальном функционировании систем регуляции.
3. Повышенный расход функциональных резервов организма. Незначительное напряжение механизмов адаптации.

### *Напряжение механизмов адаптации*

4. Снижение функциональных резервов организма. Умеренное напряжение механизмов адаптации.
5. Выраженное снижение функциональных резервов организма. Значительное напряжение механизмов адаптации.

### *Неудовлетворительная адаптация*

6. Значительное снижение функциональных возможностей организма.

### *Срыв механизмов адаптации*

Резкое снижение функциональных возможностей организма. Возможно наличие заболеваний в субкомпенсированном или декомпенсированном состоянии.

## **8. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УМСТВЕННОГО ТРУДА**

### **8.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

В начале настоящего пособия говорилось об условности деления труда на умственный и физический. Оба этих вида трудовой деятельности имеют общие черты. Во-первых - в их основе лежат принципиально одинаковые процессы, протекающие в ЦНС, которая выполняет как «организующую» роль в совершении мускульных движений, так и является материальным субстратом интеллектуальной деятельности. Во-вторых, конечным результатом любой работы и умственной, и мышечной является какая-либо, даже самая минимальная двигательная активность.

Необходимо отметить также условность отнесения работников умственного труда к первой профессиональной группе при их классификации по энерготратам. Дело в том, что диапазон умственного напряжения при разных видах трудовой деятельности очень широк. У ряда профессий так называемого умственного труда необходимость интеллектуальной деятельности минимальна. Это профессии, у представителей которых трудовая деятельность осуществляется по стандартной, стереотипной программе: учетчик, счетовод, большинство конторских служащих и др. Их умственная деятельность осуществляется по жесткой программе, мыслительный процесс предусматривает решение типовых (достаточно простых) задач, поиск новых решений отсутствует.

С другой стороны, ряд профессий механизированного труда (II – III групп по энергозатратам) в ряде случаев характеризуется достаточно высоким уровнем рационализаторской активности и следовательно, мыслительной деятельности, направленной на поиск нового решения для достижения конечной цели. При этом имеется в виду рационализация в широком смысле этого слова, а не формально подкрепленная оформлением соответствующих документов. Рационализация проявляется не только в создании новых устройств или совершенствования существующих. Она проявляется и в изменении последовательности отдельных действий (этапов)

изготовления какой-то детали, внедрение новых, более совершенных двигательных актов, создание оригинальных инструментов и т.д. Максимально высокий интеллектуальный уровень характерен для профессий, в основе которых лежит творческая деятельность. К этой категории прежде всего относится труд ученых, конструкторов, изобретателей, деятелей литературы и искусства (писатель, художник, режиссер, актер и т.д.).

Интеллектуальная деятельность - это предмет исследования, прежде всего психологов и социологов и только потом физиологов и гигиенистов. При описании закономерностей умственного труда могут быть использованы в первую очередь психологические характеристики, такие как личность и её психологические особенности, восприятие, память, воля, внимание, мышление, интеллект, сознание, высшие эмоции, мотивации и др. Некоторые из этих феноменов являются предметом исследования и в физиологии, точнее в физиологии ВНД и психофизиологии, которые в результате выраженной последнее столетие дифференциации наук практически выделялись из физиологии, и обладают своими собственными методами, специфическими понятиями и терминологией. Классическая же физиология может исследовать лишь отдельные аспекты закономерностей, лежащих в основе умственного труда. Такие исследования являются односторонними, они не могут достаточно полно охарактеризовать интеллектуальную деятельность, лежащую в основе умственного труда. В одном из руководств по физиологии труда известный специалист в этой области (Е.П.Ильин, 1969) указывает, что «характеризовать труд только с позиции физиолога, гигиениста, социолога или психолога очень трудно» (по-видимому, вообще не возможно). Именно на стыке этих специальностей в США в 20-е годы прошлого столетия сформировалась наука, получившая название «инженерная психология», а чуть позже в Европе была создана и внедрена в производственную сферу «эргономия», предметом которой также являются различные аспекты трудовой деятельности. К сожалению, в нашей

стране комплексный подход психологов, социологов, физиологов и гигиенистов к рассматриваемой проблеме сформировался значительно позже. Лишь в 60 -70 годы прошлого столетия в результате интеграции, выше перечисленных наук возникла «эргономика», всесторонне изучающая различные аспекты трудовой деятельности.

## **8.2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СДВИГИ В ОРГАНИЗМЕ ПРИ УМСТВЕННОМ ТРУДЕ**

Энерготраты организма при умственной работе характеризуются наименьшими значениями. Однако они значительно превышают величину основного обмена. Достаточно выраженный рост энергозатрат характерен для тех видов интеллектуальной деятельности, при которых выраженным является психоэмоциональное напряжение работающих. Такая ситуация наблюдается при трудовой деятельности летчиков, особенно при возникновении в ходе полета каких-либо экстраординарных ситуаций, а также актеров, студентов во время экзаменационной сессии, лекторов, авиадиспетчеров и др. Основными причинами роста энергозатрат в этих случаях являются следующие сдвиги в организме работающего. Во-первых, значительное повышение мышечного тонуса, обозначаемое как «идеомоторное напряжение мышц», а также непроизвольно совершаемые двигательные акты, такие как мимика, жестикуляция и др. Во-вторых, активация симпатoadреналовой системы, которая оказывает существенное влияние на метаболические процессы и физиологические функции организма. Функционирование висцеральных систем также претерпевает существенные изменения при умственном труде. Сдвиги параметров вегетативных функций по направлению совпадают с их изменениями при физической работе, однако в количественном обозначении они являются менее значительными. В первую очередь на умственную нагрузку реагируют система кровообращения и аппарат внешнего дыхания. Также как и наибольшее увеличение энергозатрат, максимально выраженные изменения

легочной вентиляции развиваются при умственном труде, сопровождающимся высоким психоэмоциональным напряжением.

При умственном труде увеличивается минутный объем дыхания в основном за счет роста частоты дыхательных движений, а также имеет место увеличение количества лейкоцитов в периферической крови.

Во время интенсивной интеллектуальной деятельности может повышаться температура тела (до 37,3 - 37,5 ° C), усиливается потоотделение, изменяется деятельность почек и пищеварительного аппарата.

### **8.3. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЦНС ПРИ УМСТВЕННОМ ТРУДЕ В ФИЗИОЛОГИИ ТРУДА**

Исследования состояния ЦНС при умственном труде позволило большинству исследователей, занимающихся разработкой данной проблемы, прийти к заключению о том, что в основе утомления лежит развитие процессов торможения деятельности нервных центров, прежде всего локализованных в коре больших полушарий. Это проявляется в изменениях различных параметров физиологических тестов используемых для оценки умственной работоспособности и выражается в следующем:

- снижение возбудимости сенсорных систем. Для оценки этого чаще всего используется определение порога раздражения зрительного и слухового анализаторов. Кожный анализатор – осуществляется исследование болевой, вибрационной, температурной чувствительности, определение скрытого времени рефлекторной реакции на контактное и радиационное тепло. Слуховой анализатор - применяют тональную пороговую аудиометрию, исследование слуха речью и с помощью камертона.

- увеличение времени простых и в большей степени сложных сенсомоторных реакций. При этом оценивается временной интервал между действием раздражителя (звук, свет) и двигательной реакцией испытуемого (выключение лампочки, звонка или звукового генератора). Так определяется время простой сенсомоторной реакции. Время сложной сенсомоторной реакции



определяется также, только испытуемому предлагается выключать только один, например, красный световой сигнал из нескольких попеременно предлагаемых (синий, зеленый, желтый и др.) или определенный звуковой раздражитель из нескольких, отличающихся по высоте и громкости. Уровень функционального состояния ЦНС и работоспособность можно оценивать с помощью методики (М.П. Мороз) – вариационной хронорефлексометрии: по устойчивости нервной реакции (УР), функциональному уровню нервной системы (ФУС) и по уровню функциональных возможностей сформированной функциональной системы (УФВ). Методика предназначена для диагностики функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) человека и прогнозирования его работоспособности на основе показателей – динамических характеристик времени простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР). Преимуществом методики является простота, удобство применения, быстрота сбора и обработки данных. Методика реализована в виде компьютерной программы и требует для проведения лишь нескольких минут времени. В качестве метода определения функционального состояния ЦНС в физиологии труда используется вариационная хронорефлексометрия, в основе которой лежит статистический анализ латентных периодов простой сенсомоторной реакции. Вариационные характеристики временных показателей двигательной реакции отражают вероятностно-статистический принцип работы мозга. Относительная простота этой методики, удобство ее применения в производственных условиях и в клинике, практическое отсутствие влияния фактора тренированности дают возможность использовать ее как экспресс-метод в прикладных исследованиях по оценке функциональных состояний человека.

Анализ статистических характеристик вариационных рядов временных показателей позволяет рассчитывать критерии, оценивающие различные стороны функционального состояния ЦНС:

- функциональный уровень нервной системы (ФУС);
- устойчивость нервной реакции (УР);

- уровень функциональных возможностей сформированной функциональной системы (УФВ).

Далее производится расчет усредненных критериев ФУС, УР, УФВ по правой и левой руке, характеризующих функциональное состояние ЦНС.

Исследование подвижности нервных процессов. Проба критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) позволяет определить подвижность нервных процессов в зрительном анализаторе.

- изменение параметров условно-рефлекторной деятельности: минимальное число сигнала и подкрепления, необходимых для выработки рефлекса, способность воспроизведению рефлекса через определенный временной интервал. Количественно оцениваются также процессы внутреннего торможения, как правило, дифференцировочного, условного тормоза и запаздывания. При этом в качестве условного раздражителя используются сигналы как первой, так и второй сигнальных систем.

- понижение концентрации внимания, определяемое при помощи так называемой «корректирующей пробы», разработанной психологами. Для этого испытуемому предлагается вычеркнуть какую-либо букву из предлагаемого для исследования определенного объема машинописного текста. Показателем концентрации внимания является количество совершенных ошибок. С этой целью используется также проба с «перепутанными» линиями.

Исследования внимания с помощью таблицы Анфимова (рис. 6). Таблица представляет собой бланк, на котором напечатаны буквы русского алфавита (40 знаков в одной строке, всего 40 строк). Последовательность букв в ней такова, что полностью исключается наличие во всей таблице сколько-нибудь грамматически связанного текста. Задача испытуемого – в течение заданного промежутка времени, отслеживая буквы от строчки к строчке, вычеркивать обусловленные заранее отдельные буквы или их сочетания. Общее количество просмотренных букв и ошибочных зачеркиваний укажет на состояние таких параметров внимания, как объем и концентрация.

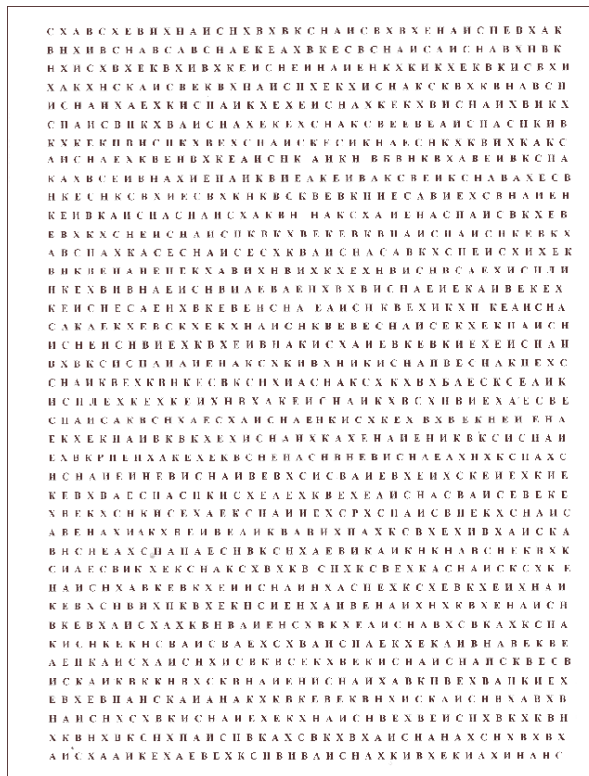


Рис. 6. Таблица Анфимова

Оценка переключения и распределения внимания осуществляется с помощью красно-черной таблицы Платонова-Шульте (рис. 7)

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

Рис. 7 Таблица Платонова-Шульте

Инструкция:

1. Найти и перечислить черные цифры от 1 до 25 (время фиксируется – В1).
2. Найти и перечислить красные цифры в обратном порядке от 24 до 1 (В2).

3. Найти и отсчитать попеременно черные цифры по возрастанию, а красные по убыванию: 1 – черная, 24 – красная, 2 – черная, 23 – красная и т.д. (B3).

Сумма времени поиска черных и красных цифр (B1+B2) отражает распределение внимания. Если от времени выполнения задания №3 отнять сумму времени выполнения заданий 1 и 2, то получится показатель переключения внимания. Нормы: распределение внимания: черные числа – 49 сек., красные – 51 сек, переключение внимания - 140 сек.

- снижение способности к запоминанию, определяемой при помощи простейших психофизиологических тестов выражается в процентах от общего количества слов (обычно 10), представляемых испытуемому в звуковом или графическом виде.

- увеличении количества неправильных ответов, при решении « в уме» простых арифметических задач.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) относится к объективным инструментальным методам исследования функционального состояния ЦНС. ЭЭГ представляет собой регистрацию биоэлектрической активности головного мозга.

Перечисленные феномены и методы их оценки позволяют выявить лишь выраженные (явные, порой грубые) изменения, развивающиеся в результате умственной работы, не требующей существенного интеллектуального напряжения. Более совершенная и компетентная характеристика умственной деятельности, и оценка интеллектуальных способностей (и в том числе работоспособности) человека может быть произведена только специалистами в области психологии. Наиболее сложной задачей является исследование творческой деятельности.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

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 и переутомления. Современные теории утомления. Кумуляция утомления. Меры предупреждения.
- 8) Организация и проведение изучения функционального состояния организма рабочих в условиях производства.

## 9. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

Выберите один или несколько правильных ответов

### 1. ДИНАМИЧЕСКАЯ ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ РАБОТА – ЭТО РАБОТА

- 1) по поддержанию тела
- 2) по перемещению груза в направлении силы тяжести
- 3) по перемещению груза против силы тяжести

### 2) ПРИ РАБОТЕ НА КЛАВИАТУРЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА ФИЗИЧЕСКАЯ РАБОТА

- 1) региональная
- 2) глобальная
- 3) локальная

### 3. К СТАТИЧЕСКОЙ МОЖЕТ БЫТЬ ОТНЕСЕНА РАБОТА

- 1) по поддержанию тела в определенном положении для выполнения производственных операций
- 2) по перемещению груза в направлении силы тяжести
- 3) по поддержанию груза в неподвижном состоянии
- 4) по перемещению груза против силы тяжести

### 4. КРИТЕРИИ ТЯЖЕСТИ ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА – ЭТО

- 1) величина физической динамической нагрузки
- 2) масса поднимаемого и перемещаемого вручную груза
- 3) стереотипные рабочие движения (количество за смену)
- 4) статическая нагрузка – величина статической нагрузки за смену при удержании груза или приложении усилий
- 5) время нахождения в вынужденной рабочей позе

### 5. ОПЕРАТОРСКИЙ ТРУД ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ

- 1) значительным физическим напряжением
- 2) значительным нервно-эмоциональным напряжением
- 3) частым переключением внимания
- 4) восприятием и переработкой разнообразного потока информации

### 6. ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР РАБОЧЕЙ ПОЗЫ – ЭТО

- 1) величина прикладываемого усилия
- 2) величина энергозатрат
- 3) глубина оптимальной зоны
- 4) точность выполняемых операций

### 7. ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМАЯ МАССА ГРУЗА ДЛЯ ЖЕНЩИН ПРИ ПОДЪЕМЕ И ПЕРЕМЕЩЕНИИ ТЯЖЕСТЕЙ ПОСТОЯННО В ТЕЧЕНИЕ РАБОЧЕЙ СМЕНЫ СОСТАВЛЯЕТ

- 1) 20 кг
- 2) 10 кг
- 3) 6 кг
- 4) 7 кг
- 5) 5 кг

8. УМСТВЕННЫЙ ТРУД ОБЪЕДИНЯЕТ ВИДЫ РАБОТ

- 1) связанные с приемом и анализом информации
- 2) связанные с необходимостью быстрой ориентации в окружающих условиях
- 3) тяжелая работа, выполняемая в условиях дефицита времени

9. УТОМЛЕНИЕ – ЭТО

- 1) нарушение производственного динамического стереотипа
- 2) временное снижение работоспособности, вызванное выполнением работы
- 3) функциональные изменения в органах и системах организма
- 4) возникновение застойного торможения в центрах головного мозга

10. ВРЕМЯ РЕГЛАМЕНТИРОВАННОГО ПЕРЕРЫВА

- 1) входит в длительность рабочей смены
- 2) не входит в длительность рабочей смены

11. РЕГЛАМЕНТИРОВАННЫЕ ПЕРЕРЫВЫ В ТЕЧЕНИЕ СМЕНЫ ВВОДЯТСЯ

- 1) в середине фазы высокой работоспособности
- 2) в начале снижения работоспособности
- 3) в конце фазы вработываемости
- 4) в фазу «конечного порыва»

12) ПОКАЗАТЕЛЬ ВЫНОСЛИВОСТИ – ЭТО

- 1) время, в течение которого может выполняться работа заданного усилия
- 2) вес, который может поднять рабочий за отрезок времени
- 3) способность организма противостоять стрессовым ситуациям

13. ПОНЯТИЕ «АКТИВНЫЙ ОТДЫХ» НАИБОЛЕЕ ПРАВИЛЬНО И ПОЛНО ОПРЕДЕЛИТЬ КАК

- 1) физиологически обоснованное мероприятие по ускоренному восстановлению работоспособности, которая снизилась за счет утомления
- 2) средство сохранения работоспособности на постоянном уровне
- 3) обеспечение согласованности процессов динамического стереотипа
- 4) обеспечение совершенствования трудовых навыков

14. ОБЪЕКТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ УТОМЛЕНИЯ – ЭТО

- 1) усталость
- 2) снижение количественных показателей трудовой деятельности
- 3) увеличение количества брака в выполняемой работе

- 4) увеличение количества дней временной нетрудоспособности
- 5) изменения показателей функционального состояния органов и систем работающего

15. ПРИЗНАКИ УТОМЛЕНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЫ – ЭТО

- 1) снижение мышечной силы
- 2) снижение показателя выносливости
- 3) увеличение показателя треморометрии

16. ДЛЯ БОРЬБЫ С МОНОТОННОСТЬЮ СЛЕДУЕТ РЕКОМЕНДОВАТЬ

- 1) чередование выполняемых операций
- 2) введение дополнительных перерывов для отдыха
- 3) освоение экономных приемов работы
- 4) применение функциональной музыки
- 5) использование производственной гимнастики

17. УНИВЕРСАЛЬНЫМ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРОМ ОПРЕДЕЛЯЮТ

- 1) скрытый период зрительно-моторной реакции
- 2) объем памяти
- 3) концентрацию внимания
- 4) скрытый период слухо-моторной реакции
- 5) скрытое время сухожильных рефлексов

18. С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ДИНАМОМЕТРИИ ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ

- 1) максимальная произвольная сила
- 2) число касаний в единицу времени
- 3) выносливость к статическим напряжениям
- 4) количество движений за смену

19. МЕТОДОМ ХРОНОМЕТРАЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОПРЕДЕЛЯЮТ

- 1) продолжительность отдельных операций
- 2) время сенсомоторных реакций
- 3) загруженность рабочего дня
- 4) почасовую производительность труда
- 5) время на личные отвлечения

20. ГРУППА ИСПЫТУЕМЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДОЛЖНА БЫТЬ ОДНОРОДНА

- 1) по полу
- 2) по возрасту
- 3) по образованию
- 4) по стажу
- 5) по состоянию здоровья



## 10. ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ

№ вопроса	Ответ	№ вопроса	Ответ	№ вопроса	Ответ	№ вопроса	Ответ
1	2	6	1, 2, 4	11	2	16	1, 2, 3, 4, 5
2	3	7	4	12	1	17	1, 4
3	1, 3	8	1, 2	13	1	18	1, 3
4	1, 2, 4, 5	9	2	14	2, 3, 5	19	1, 3, 4, 5
5	2, 3, 4	10	1	15	1, 2, 3	20	1, 2, 4, 5

## 11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

- 1) Гигиена труда: учебник / под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – С 35-74.
- 2) Кирюшин В.А., Большаков А.М., Моталова Т.В. Гигиена труда: Руководство к практическим занятиям. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – С. 73-92 с.

### Дополнительная:

- 1) Руководство к практическим занятиям по гигиене труда / Под ред. В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – С. 28-48
- 2) Профессиональная патология: Национальное руководство / Под ред. акад. РАМН Н.Ф. Измерова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. – 784 с.
- 3) Нормальная физиология человека [Текст]: учеб. для студентов мед. вузов / В.Б.Брин [и др.]; под ред. Б.И.Ткаченко. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Медицина, 2005. - 928 с.
- 4) Общая гигиена / Под ред. А.М. Большакова, В.Г. Маймулова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – С. 427-435
- 5) Судаков К.В. (ред.) Физиология: основы и функциональные системы. Курс лекций. М., Медицина, 2000, 672 с.
- 6) Российская энциклопедия по медицине труда / под ред. Н.Ф. Измерова. – М.: Медицина, 2005. – 653 с.