

- нормальном коленном рефлексе.— В кн.: Проблемы электрофизиологии. Л., 1959, с. 137—142. (Тр. Воен-мед. акад.; Т. 45).
8. Сметанин Б. Н. Количественное исследование сухожильных рефлексов.— Физиология человека, 1980, 6, № 4, с. 728—730.
 9. Спивак Л. Н. Коленный рефлекс в норме и патологии.— Л.: Медгиз, 1957.—101 с.
 10. Улицкий Л. Н. О новом методе исследования коленного рефлекса и о его значении в клинике функциональных и органических заболеваний нервной системы. Автореф. дис. ... канд. мед. наук.— Хабаровск, 1961.—19 с.
 11. Ходоровский Г. И. Количественная оценка, половые особенности и типы хронограмм ахиллова рефлекса.— Невропатология и психиатрия, 1976, 76, № 7, с. 972—975.
 12. А. с. № 858774 СССР. Устройство для рефлексометрии / Ходоровский Г. И., Розенберг А. М.— Оpubл. в Б. И., 1981, № 32.
 13. Черепашин М. В. Влияние электростимуляции и произвольных сокращений мышц бедра на коленный рефлекс человека.— В кн.: Физиологические проблемы детренированности. М., 1970, с. 205—213.
 14. Яроцкий А. И. О регуляции вестибулярных реакций: Автореф. дис. ... канд. мед. наук.— Л., 1951.—12 с.
 15. Engstrom J., Carlberger G., Molin I. et al. Ankle jerk estimation and the thyroid function in a healthy survey.— Acta med. scand., 1970, 187, p. 105—115.
 16. Vondra K., Rath R. Obesity and thyroid function. I. Values of the achilles tendon reflex.— Endocrinologie, 1973, 62, N 2, p. 310—315.
 17. Kawamura T. Studies of the achilles reflex for the application to the physical fitness.— Hiroshima J. Med. Sci., 1971, 20, N 1/2, p. 1—8.
 18. Kroll W. Patellar reflex time and reflex latency under Jendrassik and crossed extensor facilitation.— Amer. J. Physiol. Med., 1968, 47, N 6, p. 292.
 19. Macares J. A. Les variations diurnes du reflexogramme achillien chez l'homme.— Pathol. biol., 1974, 22, N 3, p. 207—210.
 20. Nuki G., Bayliss R. J. S. The achilles tendon reflex as an index of thyroid function.— Postgrad. Med. J., 1968, 44, p. 97—103.

Черновиц. мед. ин-т

Поступила 29.04.84

УДК 612.766.1+612.825.8

П. П. Слынько, Л. И. Букварева, С. В. Запорожец, П. М. Онищенко

ПОТООТДЕЛИТЕЛЬНЫЙ РЕФЛЕКС В КОМПЛЕКСЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПЕРАТОРА

Под работоспособностью принято понимать «способность человека сохранять заданный уровень деятельности для достижения цели или решения поставленной задачи» [8]. Одной из главных детерминант работоспособности является функциональное состояние коры головного мозга, которое, преломляясь через все многообразие влияний, определяет в каждый конкретный момент готовность человека к адекватным экстренным действиям. Именно уровень активации влияет на качество и своевременность выполнения действий. Эта точка зрения опирается на представление об общей реакции активации и подтверждается измерением многих физиологических показателей [1, 2, 5, 14].

Оценке функциональных сдвигов в организме при изменении работоспособности посвящено множество работ, основывающихся на всевозможных подходах и методах [2, 3, 5, 7, 9, 10, 15]. Однако нельзя однозначно ответить, какой из показателей наиболее информативен. Многие авторы отмечают тесную взаимосвязь электродермальных процессов с функциональным состоянием оператора. В основе электродермальных процессов лежит потоотделительный рефлекс [6, 11, 12, 13]. Как показали исследования [15], КГР и быстрые изменения в электропроводности кожного покрова (ЭКП) непосредственно связаны с работой потовых желез и обусловлены психогенным потоотделением.

Нами разработан специальный метод регистрации психогенного потоотделения, с помощью которого получены данные об изменении функционального состояния человека. В связи с этим возникла необходимость сопоставить чувствительность и информативность нашего

метода оценки методами регистрации, которые используются в выборе наиболее функционального уровня бодрствования.

Проведенный анализ зависимости этих показателей позволил создать для типа кондуктометрического потоотделения новой деятельности операции процесса потоотделения единицу времени на единицу.

Для регистрации жимали (без нарушения перфорированные металлы кондуктометрической электрохимической ячейки) ключали к электродермального физиологии института физиологии и водили на самописце графа. Измерения при частоте переменного тока рокардиограммы, которая функциональным состоянием часовых эксперимент миллисекундомера Ф 2 автоматически с помощью.

В исследовании 40 экспериментов. Испытуемые в удобном положении выполняли различные работы и взаимосвязи показателей от активного функционирования у некоторых из них.

Вся работа испытуемых в первом периоде характеризовалась умственной работой, период длился в среднем 10 минут.

Во втором периоде слежения в режиме слежения состояли в то время заданной точностью визуальными скоростью и направлением определяется амплитудой, крайние показатели фиксируются без физической координации. Ошибки сдвигающейся стрелки. Характеризует структуру сенсорного продолжительности эксперимента.

В третьем периоде в течение 20—30 минут испытуемые произвольно образуют, определяли скорость.

В четвертом и пятом

метода оценки интенсивности психогенного потоотделения (ИПП) с методами регистрации частоты сердечных сокращений (ЧСС) и ЭКП, которые используются в психофизиологических исследованиях при изучении работоспособности оператора. Задача настоящей работы состояла в выборе наиболее информативного и адекватного показателя функционального состояния с целью применения его для определения уровня бодрствования человека-оператора.

Методика

Проведенный нами анализ различных факторов, влияющих на ЭКП, изучение зависимости этих показателей от экскреторно-реабсорбционных функций потовых желез, позволил создать для регистрации параметров их функционального состояния новый тип кондуктометрического датчика, пригодного для надежной регистрации психогенного потоотделения как в лабораторных, так и в условиях реальной производственной деятельности оператора. Наиболее объективным и помехоустойчивым параметром процесса потоотделения является количество секрета потовых желез, выделенного за единицу времени на единице площади — ИПП.

Для регистрации ЭКП к ладонной стороне концевых фаланг пальцев руки прижимали (без нарушения кровообращения в коже) изогнутые по форме пальца мелкоперфорированные металлические пластинки-электроды. В этих же местах устанавливали кондуктометрические датчики потоотделения, которые работают на принципе электрохимической ячейки. Электроды и датчики через переключатель поочередно подключали к электродерматографу ЭД-1, изготовленному опытным производством Института физиологии им. А. А. Богомольца АН УССР. Графическую регистрацию проводили на самописце типа КСП-4, который был подключен к выходу электродерматографа. Измерения проводили в микросименсах при напряжении на электродах 1 В, частоте переменного тока 60 Гц. ЧСС оценивали по данным первого отведения электрокардиограммы, которую одновременно использовали для непрерывного наблюдения за функциональным состоянием сердечно-сосудистой системы у испытуемых при многочасовых экспериментах. Время реакции определяли по показаниям электронного миллисекундомера Ф 209. Количество ошибок преследующего слежения регистрировали автоматически с помощью счетчиков.

В исследовании участвовали 18 студентов-добровольцев с которыми проведено 40 экспериментов. Испытуемого усаживали в термокамере в условиях комфортной температуры в удобное кресло и регистрировали показатели ИПП, ЭКП и ЧСС при выполнении различных заданий и тестов. Особое внимание уделяли анализу динамики и взаимосвязи показателей ИПП, ЭКС и ЧСС при постепенном переходе испытуемого от активного функционального состояния к состоянию монотонии вплоть до засыпания у некоторых из них.

Вся работа испытуемого подразделялась на 7 периодов.

В первом периоде предъявляли таблицу Платонова — Шульте. Использовали показатели умственной работоспособности — *T* и распределения внимания — *A*. Первый период длился в среднем до 15 мин.

Во втором периоде испытуемые приступали к работе на имитаторе преследующего слежения в режиме монотонии. Сущность испытаний по методике преследующего слежения состояла в том, что путем управления педалью испытуемый отслеживает с заданной точностью визиром движение стрелки, которая перемещается с непредсказуемыми скоростью и направлением. Передвижение стрелки возле некоторого среднего положения определяется генератором случайных колебаний с различной частотой и амплитудой, крайние пределы которых заданы. Управление движением визира осуществляется без физического напряжения, но требует довольно тонкой сенсомоторной координации. Ошибки состоят в недостаточно точном отслеживании аperiодически движущейся стрелки. Характер работы испытуемого на имитаторе схематически моделирует структуру сенсомоторных действий оператора водительской профессии. Обычно продолжительность этого периода не превышала 30 мин.

В третьем периоде продолжающуюся работу испытуемого на имитаторе на протяжении 20—30 мин дополняли сочетаниями свето-звуковых раздражителей, при которых испытуемые производили определенные действия на скорость и точность. Таким образом, определяли скорость дифференцировочной зрительно-слухомоторной реакции.

В четвертом и пятом периодах испытуемые выполняли на протяжении длительно-

то времени (до 2 ч) только монотонную работу на имитаторе. Все раздражители в этот период были по возможности исключены.

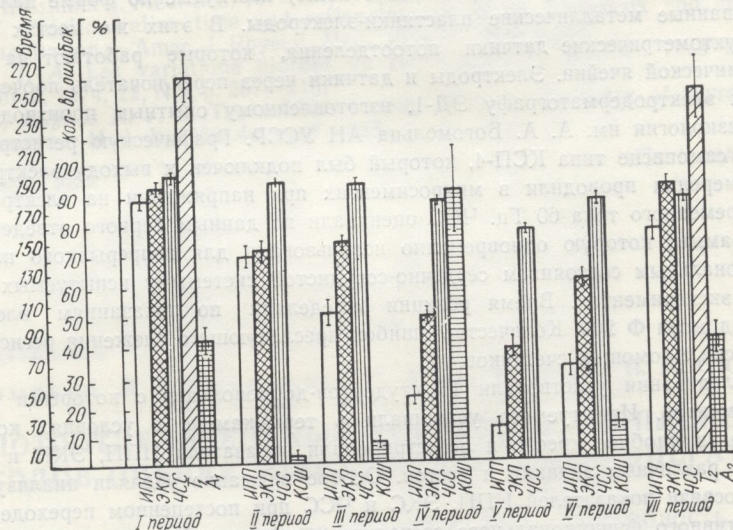
В шестом периоде резко изменяли режим работы испытуемого, путем подачи свето-звуковых сигналов, так же как в третьем периоде, измеряя время дифференцировочной реакции. При этом испытуемые продолжали работу на имитаторе преследующего слежения. Длительность этого периода составляла в среднем 20—30 мин.

В заключительном седьмом периоде испытуемые уже не работали в режиме преследующего слежения и так же как и в первом периоде, выполняли задание по таблице Платонова — Шульте.

Результаты и их обсуждение

На рисунке представлена динамика работоспособности и показателей функционального состояния оператора.

Анализ полученных данных по периодам работы показал, что у подавляющего большинства испытуемых максимальные значения ИПП, ЭКП и ЧСС наблюдаются в первом периоде, реже в седьмом. Это связано с тем, что выполнение задания по таблице Платонова — Шульте требует определенного умственного напряжения. Во втором



Динамика показателей функционального состояния оператора во время монотонной работы на имитаторе преследующего слежения.

По вертикали — исследуемые показатели в процентах (%), абсолютные значения количества ошибок и время в секундах. По горизонтали: I—VII — периоды работоспособности (объяснения в тексте). ИПП — интенсивность психогенного потоотделения; ЭКП — электропроводность кожного покрова; ЧСС — частота сердечных сокращений; КОШ — количество ошибок слежения. T — умственная работоспособность, A — способность к распределению внимания по таблице Платонова — Шульте.

периоде работы наблюдается существенное снижение электродермальных показателей, связанное с переходом к менее напряженной деятельности. В дальнейшем у всех без исключения испытуемых при переходе к монотонной работе наблюдается значительное снижение показателей ИПП, ЭКП и ЧСС относительно исходного уровня, характеризующего работоспособность в начальный период эксперимента. В пятом периоде состояния испытуемых достигало такого уровня, что они не могли продолжить работу на имитаторе преследующего слежения в данном режиме из-за сонливости. Некоторые испытуемые засыпали. Данный период характеризуется снижением работоспособности до критического уровня. В пятом периоде показатели ИПП снижались в среднем (в %) по группе испытуемых до $13,6 \pm 2,4$ относительно индивидуальных максимальных значений, наблюдаемых в первом и седьмом периодах. Другие показатели также достигают минимальных значений в пятом периоде. Достоверно ($p < 0,001$) уменьшается общий уровень (в %) ЭКП на $54,4 \pm 3,1$. Показатели ЧСС (в %) достоверно ($p < 0,001$) снижаются на $17,3 \pm 1,3$. Но наиболее четко характеризуют

общий уровень работоспособности в меньшем уровне ($p < 0,001$). В шестом периоде работы к работе с ва возрастают все достигая в седьмом

С целью определения в течение всего периода слежения. В начале, их количество деятельности на функциональных показателях — начинают появляться работы на имитаторе слежения. Четвертая устойчивой группы $\pm 15,2$. В пятом периоде испытуемые отказались, что в шестом периоде свето-звуковых сигналов слежения. Их 2,7. Таким образом, работоспособность испытуемых является в состоянии человека.

Определение реакции в третьем периоде. По группе (в мс) к концу измерения вариативности $\delta = 104,9$ — в мс (мента ($p > 0,05$)).

Для выявления физиологических показателей испытуемых, был проведен анализ зависимостей ИПП и ЭКП $= 0,78 \pm 0,04$. Высокая корреляция ЭКП и ЧСС свидетельствует о том, что уступают другим показателям.

Метод регистрации данных в реальном времени прерывный контроль числа параметров.

Предложенный метод водители по электродам датчиков на поверхности кожи, что дает свободу деятельности участия в выполнении задачи с выполнением

Датчик ИПП регистрирует в дискретности поверхности кожи в состоянии высокой чувствительности, что снижает степень снижения ИПП с успехом при высоком напряжении

общий уровень работоспособности показатели ИПП, которые при наименьшем уровне активации испытуемого снижаются на $77,3 \pm 2,6$ ($p < 0,001$). В шестом и седьмом периодах при переходе от монотонной работы к работе с сенсомоторной и интеллектуальной нагрузкой снова возрастают все изучаемые психофизиологические показатели, иногда достигая в седьмом периоде более высоких значений, чем в первом.

С целью определения у испытуемого сенсомоторной координации в течение всего времени работы применяли имитатор преследующего слежения. В начале работы на имитаторе ошибок практически не было, их количество при этом приравнялось 0. В процессе монотонной деятельности на фоне соответствующей динамики психофизиологических показателей — урежения ЧСС, уменьшения значений ЭКП и ИПП начинают появляться ошибки слежения. После продолжительной работы на имитаторе регистрируется значительное увеличение ошибок слежения. Четвертый период работы характеризовался появлением устойчивой группы ошибок слежения. Их количество достигает $93,1 \pm 15,2$. В пятом периоде ошибки вообще не регистрировали, так как испытуемые отказывались работать, многие засыпали. Показательно, что в шестом периоде, во время активации деятельности посредством свето-звуковых сигналов сразу же резко сокращается количество ошибок слежения. Их количество в среднем по группе становится $14,6 \pm 2,7$. Таким образом, можно сделать вывод, что чем выше работоспособность испытуемого, тем меньше допускает он ошибок. Этот показатель является весьма информативным критерием функционального состояния человека.

Определение времени дифференцировочной зрительно-слухомоторной реакции в третьем и шестом периодах не дало достоверных результатов. По группе наблюдается тенденция к укорочению времени реакции (в мс) к концу эксперимента с $626,7 \pm 16,8$ до $615,2 \pm 17,7$ при увеличении вариабельности показателя среднего квадратического отклонения $\delta = 104,9$ — в начале эксперимента, до $\delta = 110,7$ в конце эксперимента ($p > 0,05$).

Для выявления взаимосвязей наиболее информативных психофизиологических показателей, характеризующих работоспособность испытуемых, был проведен корреляционный анализ между полученными зависимостями ИПП, ЭКП и ЧСС. Коэффициенты корреляции: ИПП и ЭКП $= 0,78 \pm 0,02$; ИПП и ЧСС $= 0,61 \pm 0,04$; ЭКП и ЧСС $= 0,57 \pm 0,04$. Высокая корреляционная связь ИПП с тонической составляющей ЭКП и ЧСС свидетельствует о том, что ИПП по информативности не уступают другим используемым нами психофизиологическим показателям.

Метод регистрации ИПП может обеспечить получение надежных данных в реальных условиях деятельности водителя, где необходим непрерывный контроль функционального состояния по минимальному числу параметров.

Предложенный ранее [4] метод контроля уровня бодрствования водителей по электродермальным показателям связан с наложением датчиков на поверхность кожного покрова, что приводит к ограничению свободы действий водителя. Кроме того, метод основан на необходимости участия оператора в дополнительной деятельности, не связанной с выполнением основных рабочих функций.

Датчик ИПП имеет преимущество в том, что позволяет вести регистрацию в дискретном режиме и отказаться от крепления его на поверхности кожи водителя. Кроме того, показатель ИПП обладает высокой чувствительностью и обеспечивает надежный контроль различных степеней снижения уровня работоспособности. Метод регистрации ИПП с успехом применялся для получения данных о нервнo-эмоциональном напряжении учащихся, в клинической диагностике.

Выводы

1. Показатель ИПП обладает значительно большим динамическим диапазоном, чем другие использованные нами психофизиологические показатели, что свидетельствует о его высокой чувствительности.
2. Обнаружена высокая корреляционная зависимость между такими показателями психофизиологического состояния человека, как ИПП, ЭКП и ЧСС.
3. Высокая информативность ИПП позволяет рекомендовать его в качестве основного показателя работоспособности водителя транспортного средства, где необходим непрерывный контроль функционального состояния по минимальному числу параметров.

P. P. Slynko, L. I. Bukyareva, S. V. Zaporozhietz, P. M. Onishchenko

DIAPHORETIC REFLEX IN A COMPLEX OF METHODS FOR ESTIMATING OPERATOR EFFICIENCY

The method for measuring the electrodermal characteristics of the psychogenic areas in diaphoretic system is one of the most informative methods for evaluating the functional conditions of operator. The main idea of the work is to reveal potentialities for replacing electrodermal indices by power values of psychogenic diaphoretic system. The original sensors of electrical skin conductance and of power sensors of psychogenic diaphoretic system intensity are developed to carry out research. These investigations show that sensors of electric skin conductance are less effective in continuous registration of electrical conductance than power sensors of psychogenic diaphoretic system, the latter method of registration being easier and more reliable than the former. Registration by power sensors of psychogenic diaphoretic system permits objectively estimating and predicting the level of the operator efficiency.

Institute of Physiology, University, Kiev

Список литературы

1. Блок В. Уровни бодрствования и внимание.— В кн.: Экспериментальная психология. М.: Прогресс, 1970, т. 3, с. 97—146.
2. Зараковский Г. М., Карпущина А. М., Саламатов В. А. Психофизиологический анализ периодических колебаний качества деятельности в пределах трудового цикла.— Физиология человека, 1982, 8, № 3, с. 431—444.
3. Игнатов Н. А., Мишуринов В. Н., Мушегян Р. Т., Сергеев В. А. Приборы и методики психофизиологического обследования водителей автомобилей.— Транспорт, 1978.—88 с.
4. Кандрор И. С. Физиологический контроль уровня бодрствования оператора в автоматизированных системах управления.— Физиология человека, 1980, 6, № 2, с. 335—341.
5. Кекчеев К. Х. О путях исследования работоспособности человека.— Изв. АПН РСФСР, 1974, вып. 8, с. 96—99.
6. Куно Яс. Перспирация у человека.— М.: Изд-во иностр. лит., 1961.—356 с.
7. Леонова Н. А. Об отражении установочных состояний человека в динамике сверхмедленных потенциалов мозга и кожно-гальванической активности.— В кн.: Психофизиологические исследования интеллектуальной саморегуляции и активности. М.: Наука, 1980, с. 185—208.
8. Ломов Б. Ф. Человек и техника.— М.: Сов. радио, 1966.—464 с.
9. Навакатиан А. О., Крыжановская В. В. Возрастная работоспособность лиц умственного труда.— Киев: Здоров'я, 1979.—207 с.
10. Психодиагностические методы (в комплексном лонгитюдном исследовании студентов) / Под ред. А. А. Бодалева.— Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1976.—248 с.
11. Слынько П. П. Основы низкочастотной кондуктометрии в биологии.— М.: Наука, 1972.—130 с.
12. Слынько П. П. Потоотделение и проницаемость кожи человека.— Киев: Наук. думка, 1973.—255 с.
13. Слынько П. П., Живица В. Я., Онищенко П. М., Боднарковский И. И. Информативность потоотделительного рефлекса.— В кн.: XI съезд Укр. физиол. о-ва. Днепропетровск, 1982, сент. Киев: Наук. думка, 1982, с. 378—379.
14. Хомская Е. Д. Мозг и активация.— М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972.—378 с.
15. Хэссет Дж. Введение в психофизиологию.— М.: Мир, 1981.—248 с.

Ин-т физиологии Киев. ун-та

Поступила 12.11.84

БАЛАНС КАЛЬЦИЯ

Известно, что в процессе транспорта ионов кальция в клетках различных тканей происходят сдвиги сопряженные с цитоплазматическими мембранами хондрих с последующим высвобождением Ca^{2+} -АТФазы, липазы и интенсифицируются процессы формирования, особенно в период быстрого формирования стрессовых реакций. Однако, несмотря на то, что в условиях влияния на баланс кальция различных факторов, в том, что в процессе содержания кальция в клетках длительный период с характером его движения в желудочно-кишечного тракта работы позволяет кальцию при эмоциональных сдвигах только в ранние, организм.

Опыты проведенные в комбинированном рационе во время опыта [5].

Все животные державшиеся в период после начала опыта; фактора контроля гиперплазии надпочечников рез 1 ($n=10$), 2 ($n=10$). В качестве объекта исследования сердца, печень, полуживот.

Содержания кальция в тканях для определения основанного на его концентрации в среде.

В сыворотке крови ионизированного кальция сыворотки крови и мочи [9, 13].

Для изучения кальция подвергали минерализации 2 н. HCl [16].

Для оценки баланса кальция, выполняющий работу [16].