

3. Макий Е. А., Сябро П. И. Влияние антидромных и парных ортодромных раздражений на деафферентированные мотонейроны спинного мозга // Там же.— 1984.— 30, № 2.— С. 140—145.
4. Пилявский А. И., Яхница И. А., Потехин Л. Д., Шпунтов А. Е. Исследование нисходящей модуляции рефлекторных реакций спинальных мотонейронов при повреждении спинного мозга у людей // Нейрофизиология.— 1988.— 20, № 2.— С. 105—112.
5. Пушкарев Ю. П., Авелев В. Д. Гомосинаптическая депрессия — модель феномена привыкания // Физиол. журн. СССР.— 1987.— 73, № 8.— С. 1064—1070.
6. Ashby P., Verrier M., Lightfoot E. Segmental reflex pathways in spinal shock and spinal spasticity in man // J. Neurol., Neurosurg. and Psychiatry.— 1974.— 37, N 12.— P. 1352—1360.
7. Cope T. C., Bodine S. G., Fournier M., Eldgerton V. R. Soleus motor units in chronic spinal transected cat: physiological and morphological alterations // J. Neurophysiol.— 1986.— 55, N 6.— P. 1202—1210.
8. Culberson J. L., Brown P. B. Projections of hindlimb dorsal roots to lumbosacral spinal cord of cat // Ibid.— 1984.— 51, N 3.— P. 516—528.
9. Decandia M., Provisini J., Taborikova H. Presynaptic inhibition of the monosynaptic reflex following the stimulation of nerves to extensor muscle of the ankle // Exp. Brain Res.— 1967.— 4, N 1.— P. 34—42.
10. Hultborn H., Malmsten J. Changes in segmental reflex following chronical spinal cord hemisection in the cat. II. Conditioned monosynaptic test reflexes // Acta physiol. scand.— 1983.— 119, N 4.— P. 423—433.
11. Ito T., Furukawa K., Karasawa T. et al. Functional change in the rat spinal cord by chronic spinal transection and possible roles of monoamine neurons // Jap. J. Pharmacol.— 1985.— 38, N 3.— P. 243—251.
12. Munson J. B., Foering R. C., Lofton S. et al. Plasticity of medial gastrocnemius motor units following cordotomy in cat // J. Neurophysiol.— 1986.— 55, N 4.— P. 619—634.
13. Pantaleo T., Colmai F. Distribuzione nelle radici dorsali delle fibre afferenti proprioceptive di alcuni muscoli dell' arto posteriori di ratto // Boll. Soc. ital. biol. sper.— 1972.— 48, N 20 bis.— Riassunti, N 17.
14. Takahashi I., Kaizawa J. Motor cells columns in rat lumbar spinal cord // Tohoku J. Exp. Med.— 1970.— 101, N 1.— P. 25—32.

Днепр. мед. ин-т

М-ва здравоохранения УССР

Материал поступил в редакцию 03.05.89

УДК 612.821:612.766.1

А. О. Навакатикян, А. Г. Григорусь

## Влияние аминазина, кофеина и интенсивности умственной нагрузки на психофизиологические функции и эффективность работы человека

Активация центральной нервной системы, обеспечивающая улучшение функций во время работы в течение смены, является необходимым элементом поддержания текущей работоспособности операторов на требуемом уровне надежности [1, 3, 5]. При усложнении рабочих заданий наблюдается повышение уровня активации ЦНС [4]. Оптимальный уровень активации ЦНС, при котором наиболее эффективны действия человека, с повышением сложности задачи сдвигается в сторону меньшей активации [2]. Признаки активации ЦНС находятся в зависимости не только от сложности заданий, но и от количества перерабатываемой информации [6]. Условия операторской деятельности, которая осуществляется на фоне указанных факторов, делают необходимым изучение подобного сочетания факторов для использования результатов исследований при решении вопросов оптимизации труда представителей этой профессиональной группы.

Цель работы — изучить зависимость физиологических функций и эффективности выполнения тестовых заданий от совместного действия на организм изменений активации ЦНС и умственной нагрузки.

## Методика

В лабораторных условиях моделировали три уровня активации ЦНС: умеренно пониженный (прием драже аминазина 0,025 г перорально за 20 мин до начала опыта), обычный (без фармакологических воздействий), умеренно повышенный (прием порошка кофеина по 0,2 г). Испытуемые выполняли работу в свободном темпе предъявления информации, навязанном, чередуя низкий, средний или высокий темпы, и в одном из указанных темпов в течение всего опыта. Продолжительность экспериментов составляла 3 ч. Задачей испытуемых было быстрое и правильное опознание световых раздражителей: положительных, требующих ответных действий, и отрицательных, на которые не следовало отвечать. Показателем эффективности работы в свободном темпе служило число опознанных заданий по определению пропущенной цифры в ряду от 0 до 9, в навязанном — латентный период ответов, ошибки пропуска и ошибки неправильного опознания заданий (задание: разное число светящихся точек, в частности 5, 10 или 15, следовали через следующие интервалы времени: 2,0 с — низкий темп, 1,2 с — средний и 0,7 с — высокий темпы). В экспериментах регистрировали: частоту сердечных сокращений (ЧСС) и интервалы R—R, уровни артериального давления (АДС и АДД), время распространения пульсовой волны по артериям от сердца до пальца левой руки (R—PS), интеграл кожно-гальванической реакции (КГР), показатели кратковременной памяти (КП), внимания (ВН), мышечной силы (МС), мышечной выносливости (МВ), количество выполненных заданий (КЗ), латентный период (ЛП), ответов, ошибки пропуска (ОП) заданий и ошибки ложного нажатия (ОЛН).

Зарегистрированные показатели подвергали двух- и трехфакторному дисперсионному анализу.

## Результаты и их обсуждение

В экспериментах с навязанными темпами без применения фармакологических препаратов эффективность выполнения тестовых заданий ухудшается к концу эксперимента по показателям скорости и показателям правильности ответов (табл. 1) и составляет для ЛП ответов при низком темпе предъявления информации  $(1012 \pm 101)$  мс. Состояние пониженной активации характеризуется удлинением ЛП ответов к концу работы, увеличением числа ошибочных нажатий и незначительным увеличением числа ошибок пропуска сигналов. При моделировании состояния повышенной активации кофеином наблюдается снижение качества дея-

Таблица 1. Психофизиологические показатели одного из испытуемых при разной активации ЦНС и разной интенсивности нагрузки ( $M \pm m$ )

| Активация  | Интенсивность  |               |               |
|------------|----------------|---------------|---------------|
|            | низкая         | средняя       | высокая       |
| R—R, см    |                |               |               |
| Пониженная | $1150 \pm 42$  | $1151 \pm 51$ | $1111 \pm 69$ |
| Обычная    | $1089 \pm 54$  | $1121 \pm 52$ | $1098 \pm 46$ |
| Повышенная | $996 \pm 54$   | $1239 \pm 71$ | $1022 \pm 62$ |
| ЛП, мс     |                |               |               |
| Пониженная | $928 \pm 149$  | $834 \pm 138$ | $490 \pm 85$  |
| Обычная    | $1012 \pm 152$ | $754 \pm 156$ | $540 \pm 101$ |
| Повышенная | $950 \pm 120$  | $767 \pm 120$ | $520 \pm 76$  |
| ОП, %      |                |               |               |
| Пониженная | 1,3            | 0             | 0,1           |
| Обычная    | 8,3            | 3,5           | 1,7           |
| Повышенная | 0              | 0,6           | 1,5           |
| ОЛН, %     |                |               |               |
| Пониженная | 0,7            | 0,9           | 3,3           |
| Обычная    | 1,9            | 5,1           | 6,0           |
| Повышенная | 0              | 2,6           | 8,0           |

тельности в условиях среднего и высокого темпов, по-видимому, за счет ухудшения аналитической функции мозга, что приводит к увеличению в конце эксперимента ОЛН (в низком темпе относительное число ошибок — 0, в среднем — 2,6 %, высоком — 8 %), а также за счет снижения способности к обнаружению сигналов, выражающегося увеличением ОП. В свободном темпе работы число задач, выполняемых без ошибок за определенное время (30 с), достоверно увеличивалось с повышением активации (у разных испытуемых от  $7,1 \pm 0,1$  до  $9,5 \pm 0,2$ ) и обычно уменьшалось при снижении активации от  $5,9 \pm 0,2$  до  $6,8 \pm 0,4$  соответственно. Отмечены значительные индивидуальные особенности изменения показателей в обоих типах экспериментов. При пониженной активации ЦНС изменения R—R мало выражены в условиях различных темпов предъявления информации. При повышенной активации интервалы R—R удлиняются в среднем темпе, высоком — это удлинение менее выражено. Следовательно, эффект нагрузки на R—R существенно различается на фоне разных уровней активации ЦНС (см. табл. 1). Со стороны ЛП-ответов наблюдается значительное сокращение времени реакции по мере увеличения нагрузки. Этот сдвиг практически одинаков при различных уровнях активации.

Отмечается неоднозначность влияния активации, интенсивности и продолжительности выполнения работы на разные психофизиологические показатели. Интенсивность работы оказывает большее влияние на психофизиологические функции, чем фармакологическая активация (табл. 2). Так, доля влияния интенсивности достигает 87 %, тогда как активации — не более 61 %. Отмечаются значительные индивидуальные различия. У первого испытуемого доля влияния интенсивности имеет максимальное значение по изменениям межсистолических интервалов ЭКГ — 62 %, у второго — по сосудистому тону — 87 %, у третьего —

Таблица 2. Доля влияния (%) на психофизиологические показатели активации (А) и интенсивности работы (И) в навязанном режиме предъявления информации

| Показатель | Первый испытуемый |     |       |    | Второй испытуемый |     |       |    | Третий испытуемый |    |       |    |
|------------|-------------------|-----|-------|----|-------------------|-----|-------|----|-------------------|----|-------|----|
|            | А                 | И   | А и И | ОД | А                 | И   | А и И | ОД | А                 | И  | А и И | ОД |
| R—R        | 5                 | 62* | 6     | 16 | 11                | 18  | 1     | 11 | 8                 | 30 | 25    | 38 |
| R—PS       | 11                | 10  | 13    | 56 | 1                 | 87* | 1     | 11 | 4                 | 6  | 24    | 43 |
| KGP        | 18                | 30  | 6     | 29 | 5                 | 20  | 12    | 54 | 5                 | 22 | 32    | 31 |
| ЛП         | 28                | 11  | 44    | 15 | 61*               | 16  | 7     | 14 | 46*               | 26 | 14    | 11 |
| ОП         | 3                 | 52  | 10    | 31 | 3                 | 4   | 35    | 57 | 22                | 11 | 35    | 29 |
| ОЛН        | 8                 | 50  | 20    | 22 | 21                | 3   | 25    | 43 | 21                | 32 | 4     | 32 |

Примечание. Расшифровку аббревиатур в табл. 2—4 см. в тексте; «А и И» — сочетание факторов активации и интенсивности; здесь и далее в табл. 3 и 4 ОД — доля влияния при расчете остаточной дисперсии; звездочкой обозначено достоверное влияние ( $P < 0,05$ ).

Таблица 3. Доля влияния (%) на психофизиологические показатели интенсивности нагрузки (И) и продолжительности работы (П) в навязанном режиме предъявления информации

| Показатель | Первый испытуемый |    |       |    | Второй испытуемый |    |       |    | Третий испытуемый |   |       |    |
|------------|-------------------|----|-------|----|-------------------|----|-------|----|-------------------|---|-------|----|
|            | И                 | П  | И и П | ОД | И                 | П  | И и П | ОД | И                 | П | И и П | ОД |
| R—R        | 93*               | 1  | 1     | 1  | 82*               | 2  | 1     | 5  | 65                | 1 | 2     | 30 |
| R—PS       | 70*               | 6  | 2     | 21 | 92*               | 1  | 1     | 5  | 41                | 6 | 11    | 41 |
| KGP        | 74*               | 11 | 12    | 4  | 27                | 1  | 4     | 67 | 81*               | 9 | 2     | 6  |
| ЛП         | 80*               | 1  | 1     | 9  | 89*               | 2  | 1     | 6  | 73*               | 3 | 2     | 20 |
| ОП         | 65*               | 2  | 3     | 20 | 24                | 23 | 23    | 30 | 80*               | 8 | 9     | 3  |
| ОЛН        | 35                | 19 | 8     | 30 | 74*               | 11 | 13    | 3  | 79*               | 9 | 6     | 8  |

Примечание. «И и П» — сочетание факторов интенсивности и продолжительности.

реакция смешанного типа: по R—R — 30 % и по показателю R—PS — 24 %. Интенсивность работы оказывает преобладающее влияние на показатели кожно-гальванической реакции у всех испытуемых. Противоположным образом факторы оказывают влияние на скоростные реакции испытуемых. Влияние их на качество выполнения заданий в целом невысоко, кроме первого испытуемого, для которого оно составляет 50—52 %. Взаимодействие этих факторов выявлено по показателям ЛП-ответов, числу ошибок, времени распространения пульсовой волны и КГР.

Влияние на психофизиологические показатели интенсивности нагрузки и продолжительности выполнения работы представлено в табл. 3. Обнаружено отчетливое влияние фактора интенсивности (в большинстве случаев доля его влияния составляет от 20 до 93 %) и значительно меньшая доля влияния фактора продолжительности выполнения работы, составляющая 1—23 %. Совместного влияния этих факторов в навязанном режиме не отмечается.

Таблица 4. Доля влияния (%) на психофизиологические показатели активации (А) и продолжительности работы (П) в свободном темпе работы

| Показатель | Четвертый испытуемый |    |       |    | Пятый испытуемый |    |       |    | Шестой испытуемый |    |       |    |
|------------|----------------------|----|-------|----|------------------|----|-------|----|-------------------|----|-------|----|
|            | А                    | П  | А и П | Од | А                | П  | А и П | Од | А                 | П  | А и П | Од |
| ЧСС        | 26                   | 9  | 17    | 34 | 25               | 18 | 22    | 32 | 2                 | 34 | 2     | 62 |
| АДС        | 13                   | 7  | 19    | 51 | 64*              | 3  | 14    | 14 | 10                | 5  | 39    | 46 |
| АДД        | 26                   | 2  | 16    | 26 | 19               | 3  | 32    | 16 | 4                 | 18 | 21    | 56 |
| КП         | 1                    | 10 | 13    | 76 | 2                | 22 | 19    | 58 | 43*               | 8  | 15    | 34 |
| ВН         | 4                    | 1  | 5     | 44 | 2                | 12 | 8     | 18 | 33                | 6  | 26    | 33 |
| МС         | 8                    | 15 | 20    | 57 | 21               | 3  | 20    | 52 | 8                 | 18 | 16    | 52 |
| МВ         | 5                    | 32 | 18    | 26 | 14               | 6  | 11    | 32 | 6                 | 14 | 22    | 29 |
| R—R        | 11                   | 6  | 19    | 30 | 46*              | 5  | 23    | 18 | 6                 | 8  | 4     | 82 |
| КЗ         | 29                   | 1  | 4     | 56 | 53*              | 6  | 12    | 17 | 29*               | 5  | 27    | 29 |

Примечание. «А и П» — сочетание факторов активации и продолжительности работы.

В свободном темпе работы влияние активации сказывается преимущественно на деятельности сердечно-сосудистой системы и показателях КЗ (доля влияния — 13—64 %), в то время как показатели КП, ВН, МС и МВ менее подвержены влиянию активации — доля влияния на каждый из них не более 20 % (табл. 4). Только в одном случае (у пятого испытуемого) наблюдалась выраженная чувствительность к фактору активации уровня систолического артериального давления (на уровне 64 %).

Таким образом, исследования показали, что влияние активации ЦНС и умственной нагрузки на организм зависит от режима операторской деятельности, который имеет особое значение в навязанном режиме работы. Такой режим целесообразно использовать для оценки уровня активации по комплексу психофизиологических показателей и показателей эффективности выполнения тестовых заданий.

## Выводы

1. Повышение активации ЦНС приводит к благоприятному эффекту деятельности при низких умственных нагрузках и усугубляет появление ошибочных действий при средних и высоких. Понижение активации ЦНС не снижает способности к обнаружению значимых сигналов, но сказывается на правильном и быстром принятии решения.

2. Влияние активации ЦНС и умственной нагрузки на организм зависит от режима операторской деятельности и во многом связано с большими индивидуальными особенностями испытуемых.

3. Применение дисперсионного анализа при экспериментальном изучении комбинированного действия активации ЦНС и умственной на-