

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Е. Н. ДОМОНТОВИЧ, В. М. КОГАН, А. Н. КУРЕНКОВА, Н. Б. ШАБАЛИНА

(ЦНИИ экспертизы трудоспособности и организации труда инвалидов)

Из общего комплекса вопросов, относящихся к многогранной проблеме умственной работоспособности, выделяются, с одной стороны, разнообразные исследования, посвященные упражнению, вработыванию, научению, а с другой стороны, многочисленные методические и практические работы в области утомления. Вместе с тем, из поля зрения исследователей постепенно ушла основная проблема — выяснение структурных и динамических особенностей умственной работоспособности. Не было внесено ясности и в само это понятие.

Мы считаем, что под умственной работоспособностью следует понимать потенциальную возможность выполнять длительную общественно полезную работу, требующую значительного нервно-психического напряжения. По-видимому, нет такой деятельности, в которой не были бы представлены компоненты умственных и физических действий и, таким образом, резкое разграничение этих двух понятий в психофизиологическом аспекте неоправдано. Можно лишь говорить о превалировании умственного или физического напряжения как о характерном признаке. О преобладании элементов умственных усилий мы можем говорить в тех случаях, когда в труде возникают требования к самостоятельному нахождению способов действия, постоянному контролю и регулированию процесса деятельности в оценке результатов — продукта труда. Чем вариативнее условия задания, предмета труда и среды, тем выше требования собственно умственной деятельности.

Если при исследовании физической работоспособности различают признаки величины (мощности) единичного усилия в общей выносливости, то умственная деятельность обычно рассматривалась как недифференцированная «занятость», которая может реализоваться в элементарных счетных операциях, корректурной работе, скорости реакции с выбором, машинописи, сортировке и т. п. Формы и этапы умственной деятельности до настоящего времени мало изучены.

Вместе с тем, помимо различий, обусловленных внешними особенностями работы, следует обращать внимание и на изменчивость в содержании умственной деятельности на различных ее этапах. Именно в этих этапах отражается не только сенсорное напряжение, но и более сложная мыслительная переработка воспринимаемого. При такой постановке исследования можно анализировать качественные сдвиги умственной деятельности в разные ее периоды.

Существуют два основных параметра исследования умственной работоспособности — колебание продуктивности труда и колебание сопряженных с ним физиологических процессов.

Можно думать, что одной из причин неполноценности «классических» работ в этой области (Моссо, Крепелин) была разобщенность физиологического и психологического аспектов исследования. Мы считаем, что оптимальным путем для решения поставленной проблемы является синхронное исследование этих параметров. Следует отметить, что сходными в своем принципе, хотя и несколько иными по своему существу, приемами пользовалась В. И. Рождественская (1965) при изучении психического утомления.

Исходя из изложенных соображений, мы поставили свое экспериментальное исследование таким образом, чтобы на одном субъекте в процессе умственной деятельности проводить синхронный анализ продуктивности работы и кровотока мозга.

Мы отказались от общепринятых «навыковых» заданий типа корректурных проб (Бурдон), непрерывного счета однозначных чисел (Крепелин), элементарной шифровки (Пьерон-Рузер), так как в таких пробах никак не выявляются интересующие нас этапы освоения структуры умственного действия. Была избрана более сложная непрерывная работа — декодирование числовых обозначений в целые слова.

Выбор физиологического параметра определяется тем, что активность органа или системы обуславливается состоянием его трофики, иначе говоря, уровнем кровоснабжения и метаболизма. Поэтому определение этих параметров или, по крайней мере, одного из них, в наших исследованиях кровотока мозга, может быть адекватным физиологическим индикатором при изучении умственной работоспособности.

Нами была разработана система исследования, позволяющая учитывать продуктивность умственной работы и одновременно наблюдать за состоянием кровотока мозга. Это в известной мере позволяло установить связь между гемодинамическими сдвигами, возникавшими в процессе умственной деятельности, и объективными результатами последней.

Задание состояло в расшифровке определенного количества закодированных слов. Каждой цифре соответствовало две буквы. Решить задачу можно, если испытуемый найдет осмысленное сочетание букв, которые могут составить слова. Такое усложненное декодирование требовало не только напряжения внимания, но и элементов интеллектуальной догадки, составляющей важный признак умственной работы. Вместе с тем работа не зависела от специальных знаний и способностей (рис. 1).

Динамика умственного действия изучалась во времени — весь период работы делился на 25 неравных отрезков в зависимости от темпа выполнения задания. Время каждого из них отмечалось по секундомеру. Кроме того, принималось во внимание количество сделанных ошибок.

Пользуясь полученными данными, вычерчивали кривую работы, на которой различали периоды выработки приема работы, вработывания, стабилизации приемов работы и утомления (рис. 2).

Эти периоды имели характерные признаки: в первом темп работы мало варьирует; для второго характерно прогрессирующее уменьшение времени, затрачиваемого на работу; в течение третьего периода, благодаря найденному оптимальному темпу, это время колеблется незначительно и кривая приобретает вид плато, и, наконец, в четвертом периоде темп работы замедляется вследствие наступающего утомления. Кривая работы варьирует не

<u>Код</u>								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
кг	лр	мн	дт	бп	со	уя	аи	вс
<u>Задание</u>					<u>Решение</u>			
9836					вино			
9626					село			
7418					утка			

Рис. 1.

только в количественном, но и в качественном отношении, так как характер умственного напряжения в различные периоды непрерывной работы меняется.

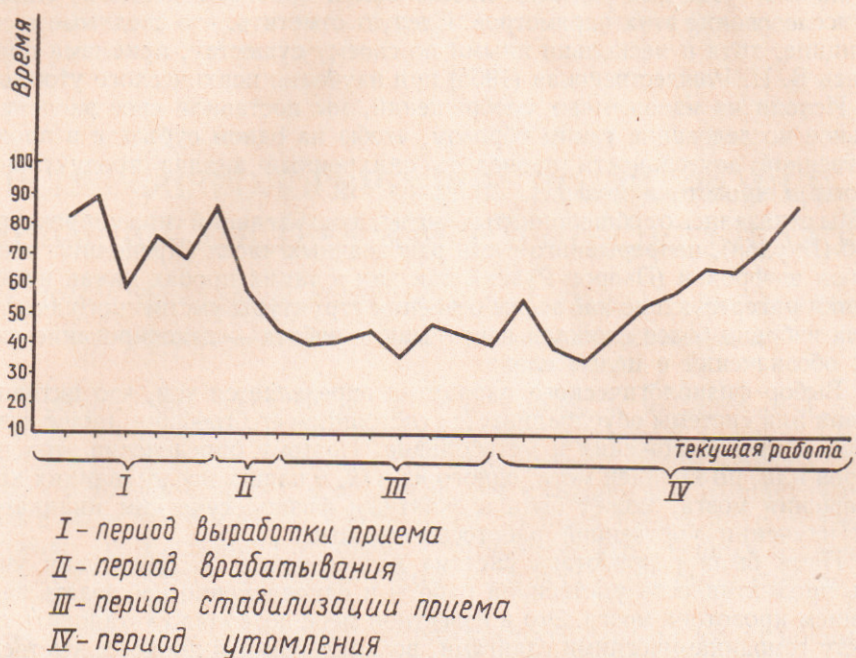


Рис. 2. Кривая «текущей работы» здорового человека

Можно предполагать, что в различные периоды производительность по-разному отражает качественные особенности умственного напряжения. Так, приступая к работе, испытуемый направляет все усилия для нахождения оптимального способа действия (и реализации установки на труд). В этом начальном периоде напряжение достигает высокого уровня, но оно не полностью отражается на производительности. Затем происходит освоение приемов работы и объединение отдельных элементов в непрерывную цепь действия. В этой зоне вработывания напряжение сохраняется на высоком уровне и его эффективность достаточно полно отражается в продуктивности. При этом наблюдается положительная связь между затратами усилий и объективными результатами.

В дальнейшей динамике непрерывного действия, благодаря упражнению, достигается некоторая экономия усилий. При этом уровень умственного усилия несколько снижается, но продуктивность остается высокой. В зависимости от устойчивости рабочей установки дальнейшая деятельность протекает более или менее равномерно при сохранении «контролирующей» направленности.

В конечном периоде продуктивность под влиянием утомления снижается. Утомление выражается в отчетливом замедлении темпа работы, вследствие чего кривая смещается вверх и становится неустойчивой.

Для исследования кровообращения мозга во время выполнения умственного задания отдельно регистрировали реоэнцефалограммы передних и задних его отделов. Это позволило судить о состоянии кровотока в системе внутренних сонных и позвоночных-основных артерий. Соответственно электроды располагали в височных ямках (p_1) или по обе стороны затылочного бугра (p_2).

При анализе реоэнцефалографических кривых основывались на параметрах, характеризующих сопротивление кровотоку и величину кровенаполнения. В частности, принимали во внимание скорость и равномерность анакротического подъема основной волны, ее форму, отношение высоты основной волны к диастолической волне и реографический коэффициент H (А. Н. Куренкова, 1968). Реоэнцефалограммы регистрировались многократно (8 раз) — до работы и в разные периоды ее выполнения. Статистическая обработка подтвердила достоверность отличия реографических данных в различные периоды работы по сравнению с исходными показателями.

Испытуемыми служили здоровые люди (45 человек) и больные гипертонической болезнью (90 человек). У большинства здоровых испытуемых после краткого периода относительно быстрых действий наблюдается зона замедления, которая отражает поиски адекватного способа деятельности (рис. 2). В этом «латентном» периоде и происходит процесс перевода приемов работы из внешнего во внутренний план — интериоризация. Вслед за нахождением способа действия отмечается значительный скачок — повышение продуктивности, который завершает период вработывания.

Индивидуальные различия в этом периоде достаточно высоки. В то время как у одних замедление сказывается нерезко и отрезок кривой, характеризующий поиски приема работы, походит на плато, у других отличия начального периода от последующей зоны вработывания выражены более резко.

В условиях эксперимента у здоровых испытуемых период вработывания отнимает от 20 до 30% времени. В дальнейшем не наблюдается заметного прироста продуктивности и отдельные моменты ускорения нивелируются последующими моментами замедления.

У здоровых людей такие периоды «приливов» и «отливов» проявляются порой не очень отчетливо. По-иному протекает работа лиц, страдающих гипертонической болезнью. В этих случаях подобные колебания становятся чрезвычайно резкими, приобретая тем самым патологический характер. В то же время продуктивность работы обычно резко снижена, эффект упражнения минимален. Период такой патологической лабильности занимает свыше 50% всей работы. Оставшееся время характеризуется либо равномерным снижением продуктивности, либо значительными колебаниями кривой работы.

У здоровых и в состоянии утомления не наблюдается распада сформированных приемов, срывов, отказов от продолжения работы или такое замедление темпа, которое снижает эффект вработывания. У больных же, в особенности при II стадии гипертонической болезни, утомление сказывается раньше, чем у здоровых, и приводит к резкому спаду темпа, нивелирующему эффект упражнения.

Наблюдение за кровообращением мозга показывает его неоднозначность в разные периоды работы. По данным реоэнцефалографии, у здоровых людей в процессе вработывания происходит значительное увеличение кровоснабжения мозга, причем оно практически одинаково в передних и задних отделах.

При автоматизации действия, когда выработанные приемы работы сохраняются и повторяются, кровоток в передних отделах мозга удерживается на достигнутом уровне и практически остается таким же до появления признаков утомления. Последнему сопутствует тенденция к снижению кровоснабжения. В задних отделах мозга кровоток начинает снижаться уже во втором периоде работы и ко времени ее окончания становится равным исходному. Иными словами, при стабилизации умственных усилий и при утомлении отмечается как бы известная реципрокность между кровотоком передних и задних отделов мозга (рис. 3).

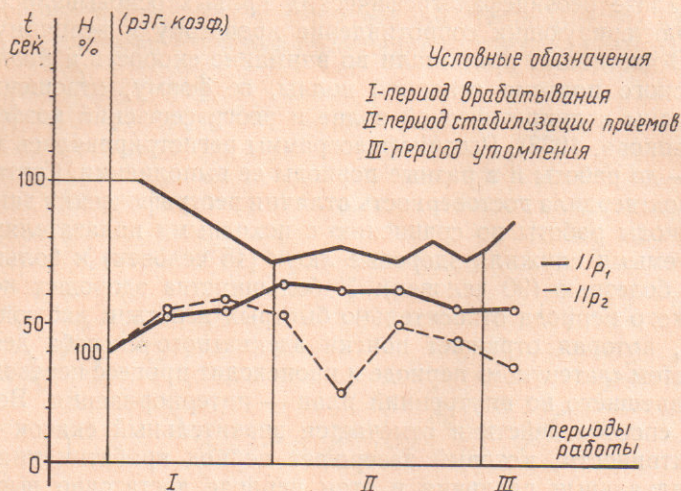


Рис. 3. Кривая работы (А) и изменение гемодинамики мозга во время выполнения умственного задания у здоровых испытуемых

Обозначения на рис. 3—5: А — кривая работы; H_{p1} —РЭГ — коэффициент передних отделов головного мозга; H_{p2} — он же для задних отделов головного мозга. По абсциссе отложены периоды работы: I — вращивание, II — стабилизация приемов, III — утомление

Эти закономерности, выявленные у здоровых людей, указывают на существование у них определенной согласованности между кровоснабжением мозга и продуктивностью умственной работы.

При гипертонической болезни отмечается ряд особенностей, которые касаются не только продуктивности работы, но и кровоснабжения мозга. Общая закономерность — наиболее значительное увеличение кровотока в периоде вращивания — сохраняется при всех стадиях гипертонической болезни, но прирост кровоснабжения происходит медленнее и обычно относительно кратковременен.

Поскольку кровоснабжение мозга у лиц, страдающих гипертонической болезнью, по нашим данным, всегда менее интенсивно, чем у здоровых лиц, то становится очевидным, что и работа больных начинается и выполняется при более низком уровне кровоснабжения ЦНС (рис. 4 и 5).

Например, работа здоровых испытуемых начинается при РЭГ коэффициенте (H) передних отделов $1,09 \pm 0,024$ и затылочных отделов мозга — $1,07 \pm 0,025$, который в период ее выполнения может увеличиваться в среднем на 10% (до $1,21 \pm 0,028$ и $1,17 \pm 0,029$).

У лиц, страдающих гипертонической болезнью I стадии, началу работы соответствует H_{p1} : $0,91 \pm 0,023$ и H_{p2} : $0,88 \pm 0,023$. H затем увеличивается до $0,98 \pm 0,028$ и $0,97 \pm 0,029$ (в среднем на 9%).

При второй стадии заболевания работа начинается при РЭГ-коэффициенте P_1 : $0,89 \pm 0,019$ и повышается до $1,02 \pm 0,030$ и при P_2 : $0,84 \pm 0,032$ — до $0,94 \pm 0,028$.

Надо отметить, что увеличение кровотока мозга у здоровых лиц (рис. 3) — продолжительно (в передних отделах мозга оно сохраняется почти на всем протяжении работы. В затылочных отделах прирост кровотока отмечается в течение всего периода вращивания).

При гипертонической болезни II стадии (рис. 5) увеличение кровотока мозга более кратковременно (на P_2 занимает, примерно, 30 и на P_1 — 50% периода вращивания), после чего начинается его снижение.

Таким образом, снижение продуктивности умственной работы при гипертонической болезни сочетается с нарушением закономерностей кровоснабжения мозга, свойственного в этих условиях здоровым людям.

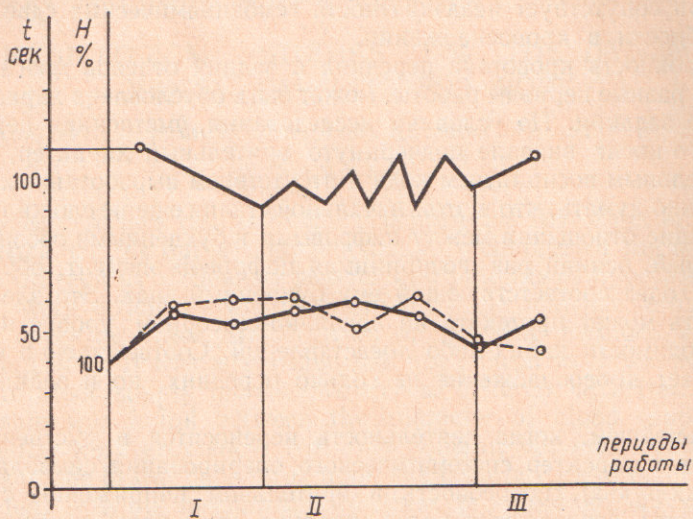


Рис. 4. Кривая работы (А) и изменение гемодинамики мозга во время выполнения умственного задания у больных гипертонической болезнью первой стадии

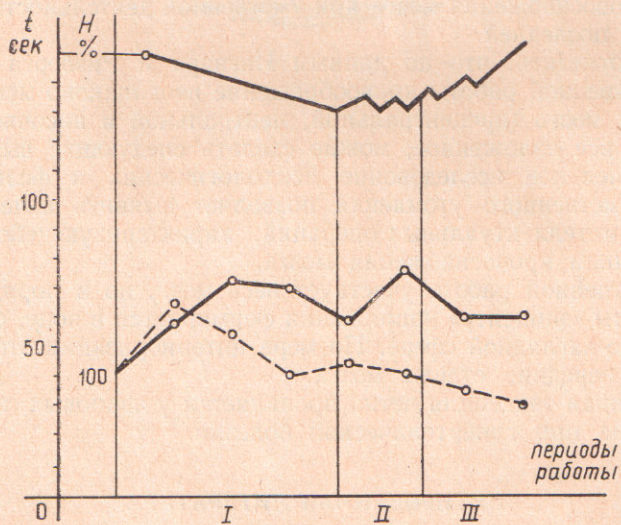


Рис. 5. Кривая работы (А) и изменение гемодинамики мозга во время выполнения умственного задания у больных гипертонической болезнью второй стадии

Увеличение кровоснабжения мозга при умственной работе естественно рассматривать как рабочую гиперемия, которая сопутствует усилению его функциональной активности. Понятно поэтому, что началу работы, связанному с наибольшим напряжением, сопутствует наиболее высокая интенсивность кровотока мозга, обусловленная усилением его метаболической активности.

В дальнейшем, когда снижаются усилия, направленные на поиски приемов работы, последняя может продолжаться при достигнутом уровне метаболизма и кровотока мозга. Согласованное снижение продуктивности работы и кровотока мозга происходит при развитии утомления. Гипертонической болезни сопутствует неадекватность гемодинамических сдвигов реальной потребности в кровоснабжении.

Реципрокность кровотока передних и задних отделов мозга, отмеченная нами в разные периоды работы, может быть обусловлена характером выполняемого задания. По условиям исследования, умственная деятельность испытуемого носит вначале подчеркнуто зрительный характер, что связано со зрительным восприятием кода и отсутствием выработанных представлений. Можно думать, что в этой начальной стадии еще не сложились связи, регулирующие отношения между цифровыми и буквенными обозначениями, и испытуемый, всякий раз воспринимая цифровой элемент, обращается к схеме и находит соответствующий ему буквенный знак. Эта элементарная деятельность может протекать на наглядно-сенсорном уровне и не вызывает необходимости каких-либо представлений. Соответственно значительно возрастает кровоснабжение не только передних, но и задних отделов мозга.

В дальнейшем, когда деятельность переносится в умственный план и приобретает характер систематического оперирования символами (знак-цифра, знак-буква), потребность в зрительном напряжении снижается. В деятельности вовлекаются более широкие зоны коры головного мозга, поэтому и кровоснабжение задних его отделов может уменьшаться, а кровоток передних оставаться относительно высоким.

Изложенное свидетельствует о наличии не только общих, но и местных изменений кровоснабжения мозга при умственной деятельности, зависящих от характера последней.

Следует отметить, что по данным Ингвара и Ризберга (1967, 1968) во время умственной работы кровообращение неодинаково меняется в различных зонах мозга (прецентральной, центральной и височной).

Обобщая все изложенное, можно сделать следующие выводы:

1. Параллельное исследование психологических и физиологических параметров умственного утомления позволяет выявить качественные отличия стадий интеллектуальных операций, характеризующейся существенным увеличением кровоснабжения мозга.

2. В умственной работе участвует весь мозг, но в порядке освоения приемов работы «эпицентр» напряжения формируется в зоне, соответствующей зрительно-наглядной сфере. По мере интериоризации этот «эпицентр» смещается в передние отделы мозга.

3. Указанная тенденция четко проявляется у здоровых людей и менее демонстративна при гипертонической болезни.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бинэ А. и Анри В. Умственное утомление, 1965.
2. Ингвар Д., Ризберг Я. Местный кровоток и психическая деятельность у человека. Симпозиум «Корреляция кровообращения с метаболизмом и функцией». Тбилиси, 1968.
3. Крепелин Е. Гигиена труда. Умственный труд. Переутомление СПб, 1898.
4. Куренкова А. Н. Значение некоторых показателей реоэнцефалограмм для определения состояния гемодинамики мозга. В сб.: «Функциональные методы исследования при ВТЭ», М., 1968.
5. Леман Г. Практическая физиология труда. М., 1967.
6. Рождественская В. И. О психическом (умственном) утомлении. В кн.: «Типологические особенности высшей нервной деятельности человека», 1965.
7. Рождественская В. И., Голубева Э. А., Ермолева-Томина Л. Б., Василенко Т. К., Александрова Н. И., Шибаров -

ская Г. А. Экспериментальное исследование психического утомления. В кн.: «Типологические особенности высшей нервной деятельности человека», М., 1965.

Ingvar D. J., Risberg Y. Increase of regional cerebral blood flow during mental effort in normals and patients with local brain disorders. «Exp. Brain Res.», 3, 3, 1967.

10. M o s s o. Uber Kreislauf des Blutes im menschlichen Gehirn. Leipzig, 1881.

PSYCHOPHYSIOLOGICAL STUDIES ON THE DYNAMICS OF MENTAL CAPACITY FOR WORK

E. N. DEMONTOVICH, V. M. KOGAN, A. N. KURENKOVA and N. B. SHABALINA

Summary

The paper describes results of the synchronuous investigation into mental work efficiency (decoding) and blood supply changes of the anterior and posterior brain regions of healthy persons and patients of hypertonic disease. The mental work efficiency was determined by the work curve on which the periods of «working into», stabilization of working methods and fatigue were differentiated. It was established that the mental work was accompanied by the brain blood supply increase which was different at different periods. A relationship was found between the character of blood supply changes and the mental work efficiency. Not only general, but also local blood supply changes of the brain, depending upon the peculiarities of mental activity, were revealed. Possible mechanisms of these processes are discussed.

