

А К А Д Е М И Я   Н А У К   С С С Р

---

# ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР

И М Е Н И   И . М . С Е Ч Е Н О В А



Том L, № 6

И Ю Н Ъ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

---

МОСКВА

1964

ЛЕНИНГРАД

**ВСЕСОЮЗНОЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ИМ. И. П. ПАВЛОВА**  
**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ СССР ИМ. И. М. СЕЧЕНОВА**

Основан И. П. ПАВЛОВЫМ в 1917 г.

*Главный редактор Д. А. Бирюков*

*Зам. главного редактора Н. В. Зимкин, Д. Г. Квасов*

*Члены Редакционной коллегии:*

*П. К. Анохин, И. А. Булыгин, И. И. Голодов, Е. К. Жуков,  
Е. М. Крепс, С. П. Нарикашвили, Ф. Н. Серков, А. В. Соловьев,  
М. Г. Удельнов, В. Н. Черниговский, Н. Н. Яковлев*

*Секретари: Ф. П. Ведяев, В. Д. Глебовский*

*Члены Редакционного совета:*

*Асратян Э. А. (Москва),  
Барышников И. А. (Ленинград),  
Бериташвили И. С. (Тбилиси),  
Васильев Л. Л. (Ленинград),  
Воронцов Д. С. (Киев),  
Гершуни Г. В. (Ленинград),  
Данилов Н. В. (Ростов н/Д),  
Караев А. И. (Баку),  
Коган А. Б. (Ростов н/Д),  
Костюк П. Г. (Киев),  
Каэр-Кингисепи Э. Г. (Тарту),*

*Лебединский А. В. (Москва),  
Ливанов М. Н. (Москва),  
Маршак М. Е. (Москва),  
Никитин В. Н. (Харьков),  
Парин В. В. (Москва),  
Петровский В. В. (Уфа),  
Полосухин А. П. (Алма-Ата),  
Сергиевский М. В. (Куйбышев),  
Смирнов Г. Д. (Москва),  
Сорохтин Г. Н. (Петрозаводск),  
Сперанская Е. Н. (Ленинград).*



УДК 612.882.3.087

ПРОТИВОПОЛОЖНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ  
ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ  
УСВОЕНИЯ ЧАСТОТЫ СВЕТОВЫХ МЕЛЬКАНИЙ  
МОЗГОМ ЧЕЛОВЕКА ПРИ  
ВЕСТИБУЛЯРНЫХ И ОПТОКИНЕТИЧЕСКИХ РАЗДРАЖЕНИЯХ

*В. Г. Самсонова*

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР, Москва

Реакция корковых структур, связанных с анализом световых сигналов, на раздражения других модальностей является существенным звеном в проблеме конвергенции, взаимодействия и перекрытия импульсации, определяющей состояние возбудимости и аналитическую деятельность центральных отделов анализаторных систем.

В качестве одного из индикаторов уровня возбудимости может быть использована суммарная электрическая активность мозга — энцефалограмма, которая все чаще применяется как показатель функционального состояния мозга.

В работе В. А. Ильенка (1962) было показано, что усвоение мозгом ритма световых мельканий, выражающееся в повышении амплитуды колебания ЭЭГ, синхронного частоте пульсирующего света, является еще более демонстративным показателем состояния возбудимости раздражаемых структур. В то же время В. А. Ильенком (1959, 1961а, 1961б) было обнаружено, что амплитуда воспроизводимых мозгом частот световых пульсаций обусловлена свойством светового сигнала — его интенсивностью, длительностью и частотой. Мною (Самсонова, 1961) было выявлено, что в этой реакции находят адекватное отражение также и особенности дневного и сумеречного зрения человека. Существенно, что ее изменение хорошо количественно коррелирует с данными психофизиологических экспериментов о различении тех же свойств световых сигналов.

Следовательно, реакция усвоения мозгом ритма световых мельканий отражает активность тех корковых структур мозга, которые непосредственно участвуют в анализе световых раздражителей; поэтому по ее изменению можно судить и о состоянии возбудимости, и об аналитической деятельности структур мозга, реагирующих на световую стимуляцию.

Исходя из этих предпосылок была поставлена задача изучить с помощью этой электрической реакции усвоения мозгом ритма световых мельканий возбудимость зрительных центров в условиях их взаимодействия с вестибуло-оптомоторной системой. Биологическая значимость этого взаимодействия исключительно велика, так как оно определяет положение и ориентировку человека и животного в пространстве. Предполагалось, что амплитуда воспроизводимых мозгом частот световых мельканий будет изменяться однонаправленно как при вестибулярных, так и при оптокинетических раздражениях, так как и анатомически, и функционально давно установлены прямые и многочисленные опосредованные связи между вестибулярной и глазодвигательной системами.

Согласно некоторым данным, энцефалограмма человека при вестибулярных раздражениях изменяется незначительно. Нам не удалось обнаружить работ, в которых изучались бы изменения амплитуд воспроизводимых мозгом частот световых мельканий при вестибулярных и оптокинетических раздражениях.

### МЕТОДИКА

Испытуемый во время опыта сидел в кресле Барани, находившемся в экранированной камере. Экспериментатор с помощью дистанционного управления, помещенного вне камеры, мог регулировать скорость оборотов вращающей кресло системы от 1 до 18 в 1 мин. и менять направление вращения. Вестибулярные раздражения создавались вращением кресла с небольшой скоростью, которая затем постепенно увеличивалась.

Вокруг кресла был укреплен круговой, равномерно освещенный белый экран, по которому в опытах с оптокинетическими раздражениями двигались черные полосы со скоростью 1, 2 в 1 сек.

В течение опыта с длительным вращением (в одном случае — полос, в другом случае — человека в кресле) на круглый экран периодически давался ахроматический мелькающий свет заданной частоты (в диапазоне от 7 до 33 гц) от импульсного фотостимулятора Сонэкла.

Для безартефактной записи ЭЭГ в процессе вращения человека А. А. Мариничевым в нашей лаборатории было создано специальное переходное устройство, позволяющее регистрировать без искажений при большом усилении биопотенциалы мозга в момент самого вращения.

В опытах применялись униполярные отведения затылок—ухо, темя — ухо; запись ЭЭГ велась на чернилопишущем осциллографе фирмы «Альвар»; регистрировались также частотные спектры ЭЭГ этих областей мозга, выделенные двухканальным анализатором Уолтера, динамика изменений частот ЭЭГ, соответствующих ритму световых мельканий, полученная путем выделения этих частот фильтрами анализатора, а также отметка частоты вращений полос, кресла Барани и световых мельканий.

Опыт начинался с записи фоновой ЭЭГ в условиях фиксации взора испытуемого на равномерно освещенном экране, затем при действии мелькающего света. После этого давалось вращение либо кресла, либо полос, до этого неподвижных. В процессе их вращения через каждые 5—10 мин. регистрировалась ЭЭГ без мелькающего света и при световых мельканиях, длившихся 40 сек.

Амплитуды частот ЭЭГ, соответствующих частоте мелькающего света, подсчитывались по данным анализатора, усредненным за 40 сек., непосредственно перед применением ритмического светового раздражения и в течение такого раздражения. Мы судили об их изменении по отношению величин этих амплитуд. Такой прием анализа результатов был применен потому, что при вестибуло-оптокинетических раздражениях частотные спектры ЭЭГ в условиях наших опытов в свою очередь претерпевали некоторые изменения.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В опытах было обнаружено изменение амплитуд воспроизводимых мозгом частот световых мельканий при вестибулярных и оптокинетических раздражениях. Вращение человека в кресле вызывало снижение амплитуд колебаний ЭЭГ, соответствующих ритмам световых мельканий, что иллюстрируется фрагментом записи опыта (рис. 1, Б).

Вращение полос приводило к противоположному эффекту — оно сопровождалось повышением амплитуд воспроизводимых мозгом частот ритмического светового раздражения по сравнению с контрольной ЭЭГ (рис. 1, В).

Снижение амплитуд ЭЭГ, синхронных частоте световых мельканий, начиналось обычно сразу же после начала вращения человека и несколько увеличивалось в процессе его дальнейшего вращения (рис. 2, А).

Повышение этих амплитуд, наступавшее при вращении полос, чаще усиливалось в процессе их вращения (рис. 2, Б), но у ряда испытуемых оно было очень значительным с первых минут вращения, а в дальнейшем либо сохранялось таким же, либо начинало относительно уменьшаться.

Противоположность изменения амплитуд колебаний ЭЭГ, совпадающих по частоте с ритмом световых мельканий, при вестибулярных и оптокинетических раздражениях была обнаружена в условиях отвед-

ЭЭГ от затылочной области мозга у всех 11 испытуемых. Индивидуальные различия выражались лишь в степени описанных изменений — у одних они были выражены более, а у других менее резко.

Частота световых мельканий также оказывала некоторое влияние на величину обнаруженного эффекта. Это иллюстрируется диаграммой

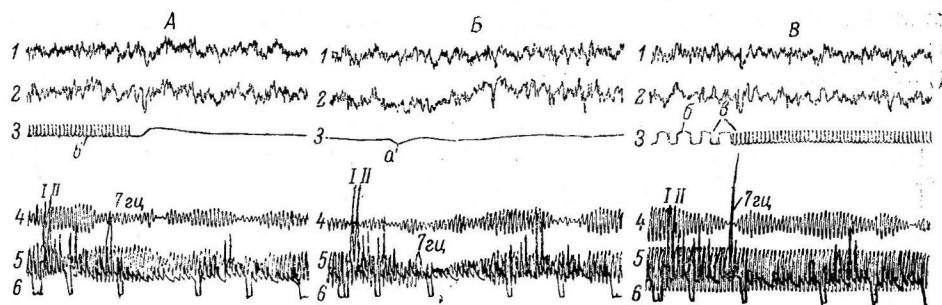


Рис. 1. Изменение реакций усвоения мозгом ритмов световых мельканий при вестибулярных (Б) и оптокинетических (В) раздражениях. А — контрольная запись. Испытуемый К. К. Опыт от 3 VIII 1962.

1 — ЭЭГ при затылочном отведении, 2 — при теменном; 3 — отметка раздражения; а — вращение кресла, б — вращение полос, в — мелькающий свет; 4 — частота колебаний 7 гц, выделенная фильтром анализатора при затылочном, 5 — при теменном отведении; 6 — запись частотного спектра ЭЭГ двухканальным анализатором Уолтера: I — затылочное, II — теменное отведение.

на рис. 3, построенной так же, как и следующие рисунки: за единицу принято отношение амплитуд усвоенного мозгом ритма световых мельканий к амплитуде той же частоты в фоновой ЭЭГ, измеренных до нанесения вестибулярных и оптокинетических раздражений. Изменение этой электрической реакции мозга при вращении человека или полос выражено сред-

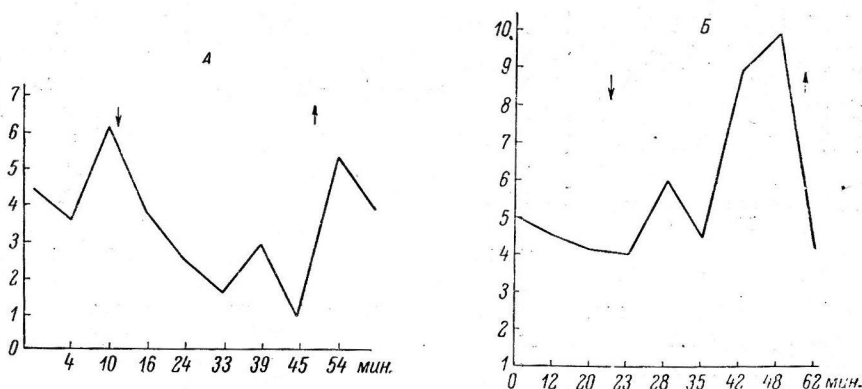


Рис. 2. Динамика изменения амплитуды воспроизводимой мозгом частоты 7 гц при вестибулярных (А) и при оптокинетических (Б) раздражениях. Испытуемый А. С., опыт от 18 VI 1962.

По оси абсцисс — время опыта (в мин.); по оси ординат — относительное изменение реакции усвоения мозгом ритма световых пульсаций 7 гц; за единицу принята амплитуда колебаний ЭЭГ 7 гц без световых мельканий. Стрелки вниз — начало, стрелки вверх — конец вращения кресла и полос.

ней величиной аналогичного отношения амплитуд для всех измерений в каждом опыте, затем во всех опытах на всех испытуемых по сравнению с контрольным отношением амплитуд.

При низком ритме светового раздражения (7—9 гц) амплитуда воспроизводимых мозгом частот снижалась под влиянием вестибулярных раздражений менее значительно, чем при высоком (24—33 гц) ритме

(рис. 3, а), а в опытах с вращением полос повышение амплитуд было большим при низком ритме световых мельканий, чем при высоком (рис. 3, б).

Аналогичный, но менее резко выраженный эффект противоположного изменения амплитуд усвоенного ритма при вестибулярных и оптокинетических раздражениях наблюдался и при отведении биотоков мозга от теменной области. При таком отведении раздражение вестибулярной системы вызывало снижение амплитуд колебаний ЭЭГ, синхронных частоте световых мельканий, почти у всех (у 10 из 11) исследованных лиц (рис. 3, в), однако повышение амплитуд при оптокинетических раздражениях имело место лишь у 70% испытуемых. В этом случае они повышались более значительно при более высокой частоте световых мельканий (рис. 3, г).

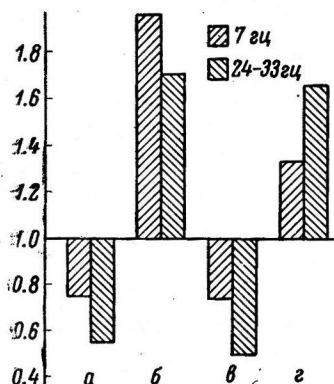


Рис. 3. Диаграмма изменения амплитуд воспроизводимых мозгом частот световых мельканий (средние данные опытов на всех испытуемых, опыты 1962 г.).

а — при вестибулярных, б — при оптокинетических раздражениях в условиях отведения от затылочной области; в и г — соответственно при таких же раздражениях в условиях отведения от теменной области мозга. По оси ординат: соотношение амплитуд воспроизводимых мозгом частот в фоновой ЭЭГ до нанесения вестибулярных и оптокинетических раздражений.

Необходимо отметить, что обнаруженные изменения амплитуд воспроизводимых мозгом частот световых мельканий наблюдались при отсутствии у всех исследованных лиц заметных признаков вегетативных и вестибулярных расстройств.

Как было сказано, по изменению реакции усвоения мозгом ритмов световых мельканий мы можем судить о состоянии возбудимости определенных корковых структур мозга, реагирующих на световое раздражение. Представленные материалы свидетельствуют о том, что она претерпевает изменения под влиянием вестибулярных и оптокинетических раздражений. В первом случае она снижается сразу же после начала нанесения раздражений, а во втором — повышается.

Это различие в изменении возбудимости может иметь в своей основе особенности анатомо-физиологических связей вестибулярной и глазодвигательной систем с высшими уровнями зрительного анализатора. В настоящее время установлено Юнг (Jung, 1962), что в оптокинетических реакциях избирательное и преобладающее значение имеет зрительная система, а вестибулярная система действует только модулирующе на зрительно измененную оптомоторику.

Всякий акт зрительного различения неразрывно связан у человека с движением глазных яблок, т. е. с возбуждением мышечного аппарата глаз, активность которого таким образом всегда сочетается с активностью высших уровней зрительного анализатора. Нанесение световых раздражений повышает возбудимость корковых структур зрительной системы, что выражается, в частности, в усилении амплитуд колебаний ЭЭГ, соответствующих частоте световых мельканий. Сочетание раздражения сетчатки глаза сменой света и темноты, создаваемой чередованием черных и белых полос по экрану, с движением глазных яблок, следящих за движением этих полос, еще значительно повышает возбудимость корковых структур затылочной области мозга и приводит к еще большему повышению амплитуд воспроизводимых мозгом частот световых мельканий. Снижение этих амплитуд, вызываемое раздражением вестибулярной системы, свидетельствует об угнетающем действии таких раздражений на активность корковых структур зрительной области мозга человека. Согласно новейшим данным (Szentagothai, 1962), помимо непосредственных связей между

вестибулярным и глазодвигательным ядрами, установлены многочисленные прямые связи вестибулярного ядра с ретикулярной формацией, в особенности с областями, относящимися к премоторной окулярной системе. Наличие обширных и прямых связей между вестибулярным аппаратом и ретикулярной формацией, к которой конвергирует и оптическая система, позволяет предполагать, что влияние вестибулярной системы на корковые структуры мозга, возможно, обусловлено опосредованным эффектом раздражения ретикулярной формации, хотя вестибулярная система имеет представительство и в корковых структурах мозга млекопитающих (Walzl, Mountcastle, 1949), и поэтому возможны прямые связи между представительствами зрительной и вестибулярной систем.

Относительно более значительное повышение амплитуд воспроизводимых мозгом частот световых мельканий, наблюдавшееся в условиях отведения от затылочной области мозга при оптомоторных раздражениях, и относительно большее снижение амплитуд, сопровождавшее раздражение вестибулярной системы при теменном отведении, дает основание предполагать, что процессы, вызванные раздражением окуломоторной системы, более связаны со специфической зрительной областью мозга, а процессы, развивающиеся в теменной области, более сопряжены с вестибулярной системой.

Таким образом, основным результатом, полученным в настоящем исследовании, является противоположность реакции перестройки корковой ритмики на раздражение разных звеньев вестибулярно-глазодвигательной системы: раздражение вестибулярного звена и раздражение одного глазодвигательного центра изменяет функциональное состояние корковых структур, связанных с анализом световых стимулов в противоположных направлениях.

Противоположность влияния вестибулярных и глазодвигательных звеньев этой системы на усвоение мозгом световых мельканий, отражающее уровень активности корковых структур зрительного анализатора, свидетельствует о значительной сложности взаимодействия между тремя системами — зрительной, вестибулярной и оптомоторной, которые определяют ориентацию человека и животных в пространстве.

Как известно, вегетативный и глазодвигательный аппараты представляют собой единую хорошо согласованную систему, однако результаты нашей работы показывают, что их взаимодействие со зрительной системой отнюдь не однозначно — падение возбудимости последней, вызываемое вестибулярными раздражениями, нивелируется в известной мере оптомоторными раздражениями.

Известным подтверждением такого предположения является последняя серия опытов, в которой одновременно наносились и вестибулярные, и оптокинетические раздражения — при вращении человека в одном направлении полосы вращались в противоположном. Результаты этих опытов представлены на рис. 4. В то время как амплитуда воспроизводимых мозгом частых световых мельканий при вестибулярных раздражениях значительно снижалась, а при оптокинетических резко повышалась, в условиях сочетания обоих раздражений она изменялась всего лишь на несколько процентов.

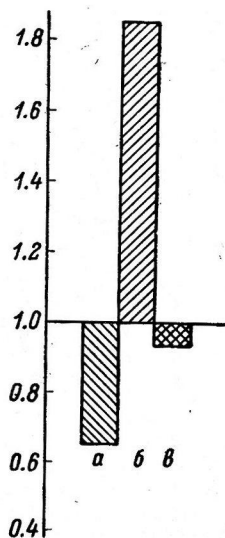


Рис. 4. Изменение амплитуд воспроизводимых мозгом частот световых мельканий (средние данные опытов испытуемых, опыты 1962 г.).

а — вестибулярные, б — оптокинетические раздражения; в — одновременное применение обоих раздражений. Остальные обозначения те же, что и на рис. 3.



## ВЫВОДЫ

Результаты этой работы дают основание предполагать, что вестибуло-окуломоторная система не является простой рефлекторной системой, однозначно реагирующей на раздражение ее различных звеньев. Характер взаимоотношений между этими звеньями таков, что раздражение вестибулярного и оптомоторного звеньев влияет противоположным образом на уровень возбудимости корковых структур, связанных с анализом световых сигналов. Влияние вестибулярной системы на зрительную выражается в ее угнетающем действии на корковые структуры зрительного анализатора, а глазодвигательная система оказывает противоположный активирующий эффект на эти же корковые структуры.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ильянок В. А., ДАН СССР, 129, № 1, 228, 1959; Биофизика, 6, № 1, 68, 1961а; № 6, 741, 1961б; Частотные спектры ЭЭГ и их изменение под влиянием световой стимуляции. Автореф. дисс. М., 1962.  
 Самсонова В. Г., Тез. Совещ. по физиолог. анализаторов, 60, Изд. АН СССР, Л., 1961.  
 Jung R., XXII Internat. Congr. physiol. sci., 1, 2, 518, Leiden, 1962.  
 Szentágothai J., XXII Internat. Congr. physiol. sci., 1, 485, Leiden, 1962.  
 Walzl G. M., V. Mountcastle, Am. Jour. physiol., 159, № 3, 595, 1949.

Поступило 7 IV 1963

OPPOSITE EFFECTS OF ELECTROPHYSIOLOGIC DRIVING REACTION TO  
 FREQUENCY LIGHT FLASHES IN THE HUMAN BRAIN EXPOSED TO  
 VESTIBULAR OR OPTOKINETIC STIMULI

By V. G. Samsonova

From the Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Acad.  
 Sci., USSR, Moscow

ОБ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОМ ОТРАЖЕНИИ  
ИРРАДИАЦИИ И КОНЦЕНТРАЦИИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ  
В КОРЕ БОЛЬШИХ ПОЛУШАРИЙ ЧЕЛОВЕКА

С. Н. Раева

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР  
и Институт нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко АМН СССР, Москва

Многочисленными работами И. П. Павлова и его сотрудников было показано большое значение движения нервных процессов — иррадиации и концентрации в коре больших полушарий при формировании новой временной связи. Однако до настоящего времени вопрос об электроэнцефалографическом отражении этих процессов в коре, о путях их движения является одним из спорных и наименее ясных.

Ввиду отсутствия электрофизиологических данных, отражающих движение нервных процессов в коре при выработке условной связи, возможность иррадиации нервных процессов в ней некоторыми учеными (Teuber, 1959; Sperry, 1959, и др.) отрицается вообще. В связи с этим ставятся также под сомнение и другие центральные вопросы нейрофизиологии: о значении кортико-кортикальных связей и ведущей роли коры больших полушарий при образовании условной связи.

Настоящая работа является продолжением исследований, проводимых в лаборатории В. С. Русинова по электрофизиологическому изучению закономерностей в. н. д. человека. Целью ее является выяснение вопроса об отражении в ЭЭГ человека движения нервных процессов — иррадиации и концентрации и закономерностей их динамики при становлении условной связи.

## МЕТОДИКА

Работа проведена на 18 здоровых испытуемых с выраженным роландическим и  $\alpha$ -ритмом. Регистрация ЭЭГ производилась биполярно на пятнадцатиканальном чернилопишущем электроэнцефалографе с области проекции задних центральных извилин обоих полушарий и с затылочной области противоположного раздражаемой руке полушария. Электроды располагались на черепе цепочкой в поперечном направлении с одинаковым межэлектродным расстоянием в 3—4 см.

В качестве условного раздражителя применялся комплексный звуковой раздражитель, состоящий из 3 сигналов 500 гц, 58 дб, в качестве безусловного — тактильное раздражение, подаваемое сериями по 3 прикосновения касалки на правую руку (область thenar). До начала выработки производилось угашение ориентировочной реакции на звук. Исследования с каждым испытуемым проводились многократно (8—12 опытных дней), ежедневно или с интервалом в 1—2 дня между исследованиями. При обработке полученных данных в каждый опытный день производился подсчет в процентах числа условных генерализованных и локальных электрографических реакций, числа реципрокных изменений электрической активности, а также аналогичных проявлений в последствии. На основании этого подсчета строилась кривая зависимости реципрокных проявлений от выраженности локальных реакций в ЭЭГ человека. Более подробно методика исследований описана в нашей предыдущей работе (Раева, 1962).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как показали исследования, в процессе выработки временной связи, помимо условных локальных реакций в форме локальной депрессии, ирритации или экзальтации (Раева, 1963) в ЭЭГ человека удается также регистрировать изменения типа «воронки», выражающиеся в распространении депрессии от сенсо-моторной области в направлении к затылочным отделам, впервые описанной Цюй Чжи-пином (1960) в лаборатории В. С. Русина в при выработке двигательных условных реакций у человека. В наших исследованиях наряду с такой формой условнорефлекторных изменений, регистрирующихся часто в контралатеральном полушарии

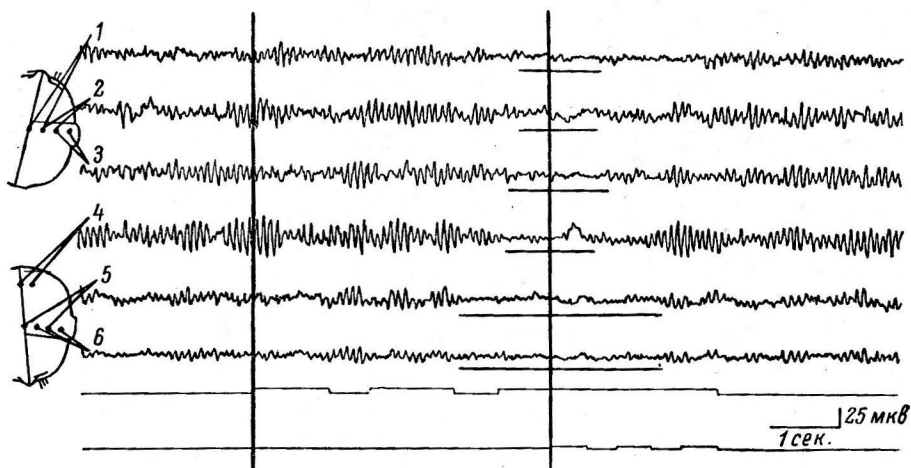


Рис. 1. Условнорефлекторное распространение депрессии с постцентральной области контралатерального полушария на симметричную область ипсилатерального полушария и задние отделы контралатерального полушария.

Отведения по схеме. 2-я линия снизу — отметка звукового и 1-я линия снизу — тактильного раздражителей. Цифры — номера сочетаний. Вертикальные сплошные линии — начало звукового и тактильного раздражений. Горизонтальные черточки — локальные изменения на высоте действия условного раздражителя.

удалось обнаружить несколько иные формы распространяющейся депрессии.

На рис. 1 условная депрессия доминирующего ритма, возникающая к концу действия звукового раздражителя, начинается сначала в постцентральной области противоположной раздражаемой руке полушария, затем с большим латентным периодом наблюдается одновременно и в аналогичных отведениях ипсилатерального полушария, и в задних отделах одноименного полушария. Восстановление ритма происходит в обратном порядке, но также постепенно: раньше в затылочной области контралатерального полушария и постцентральной области ипсилатерального полушария, затем в постцентральной области контралатерального полушария. Аналогичную картину мы наблюдали и в тех случаях, когда условнорефлекторные изменения в ЭЭГ проявлялись в других формах: локальной ирритации, локальной экзальтации.

В отличие от вышеуказанного случая на рис. 2, А распространение депрессии, а затем экзальтации исходного ритма наблюдается от постцентральной области «рабочего» полушария только в направлении к одной именной области ипсилатерального полушария без влияния на задние отделы. При 78-м сочетании звукового сигнала с тактильным раздражением в ЭЭГ испытуемого В. К. выявляется сложная картина условнорефлекторных электрографических реципрокных отношений в постцентральной области контралатерального полушария, выражающихся в последователь-



ной смене условной депрессии экзальтацией исходного ритма. Как видим, эти реакции (условная депрессия, условная экзальтация) возникают раньше в постцентральной области «рабочего» полушария и только затем наблюдаются в одноименной области ипсилатерального полушария.

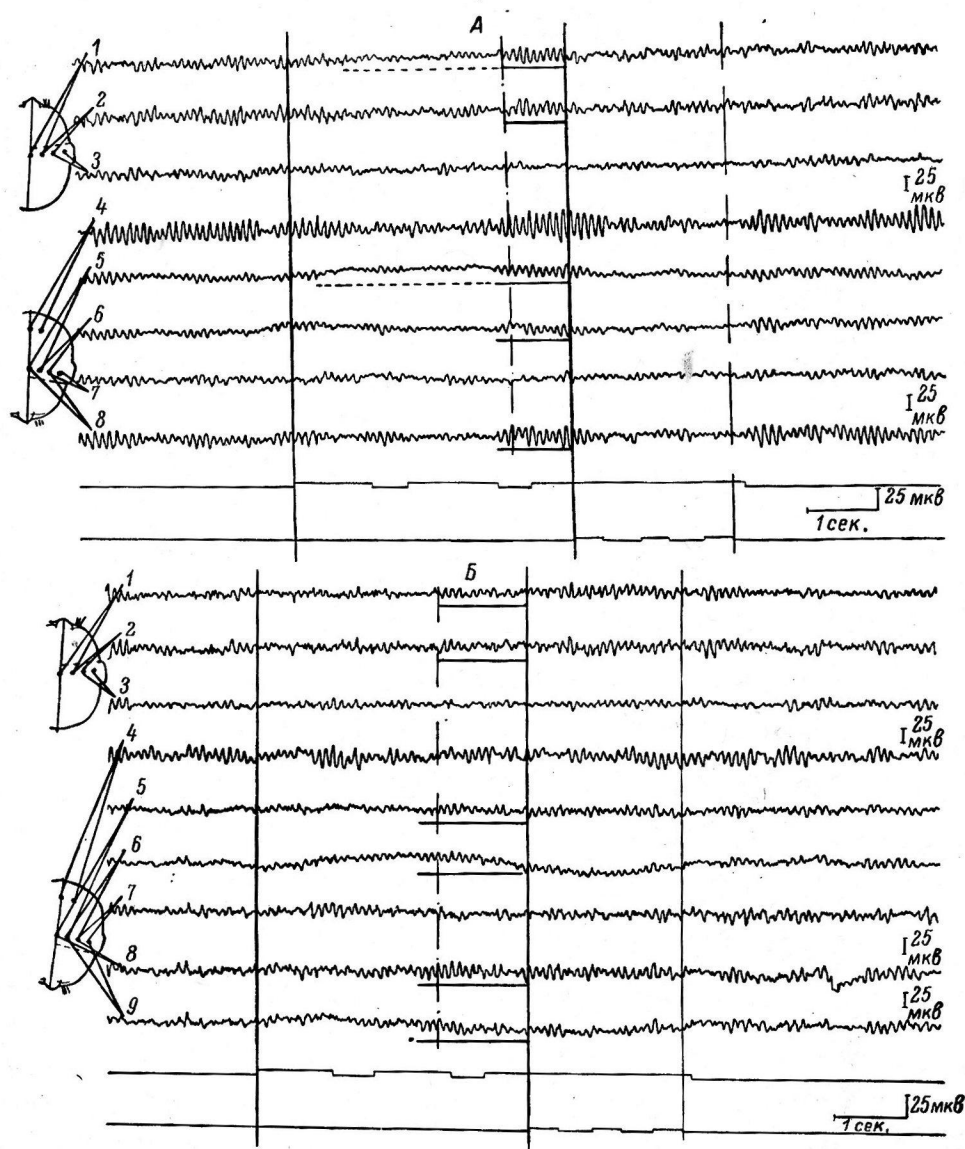


Рис. 2. Распространение депрессии (А) и экзальтации (В) исходного ритма от постцентральной области контралатерального полушария к симметричной области ипсилатерального полушария.

Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

На рис. 2, В видно, что условнорефлекторная экзальтация доминирующего ритма, возникающая при 72-м сочетании звукового сигнала с тактильным раздражением, сначала выявляется в постцентральной области контралатерального полушария и только затем, через 0.3 сек., наблюдается в одноименной области ипсилатерального полушария.

Условнорефлекторные изменения типа «воронки» наблюдались в ЭЭГ человека после исчезновения генерализованных изменений в период по-

явления локальных электрографических реакций. У большинства испытуемых они имели неустойчивый, преходящий характер. По мере дальнейших сочетаний реакции типа «воронки» становились менее выраженными и заменялись другими своеобразными формами условнорефлекторных изменений.

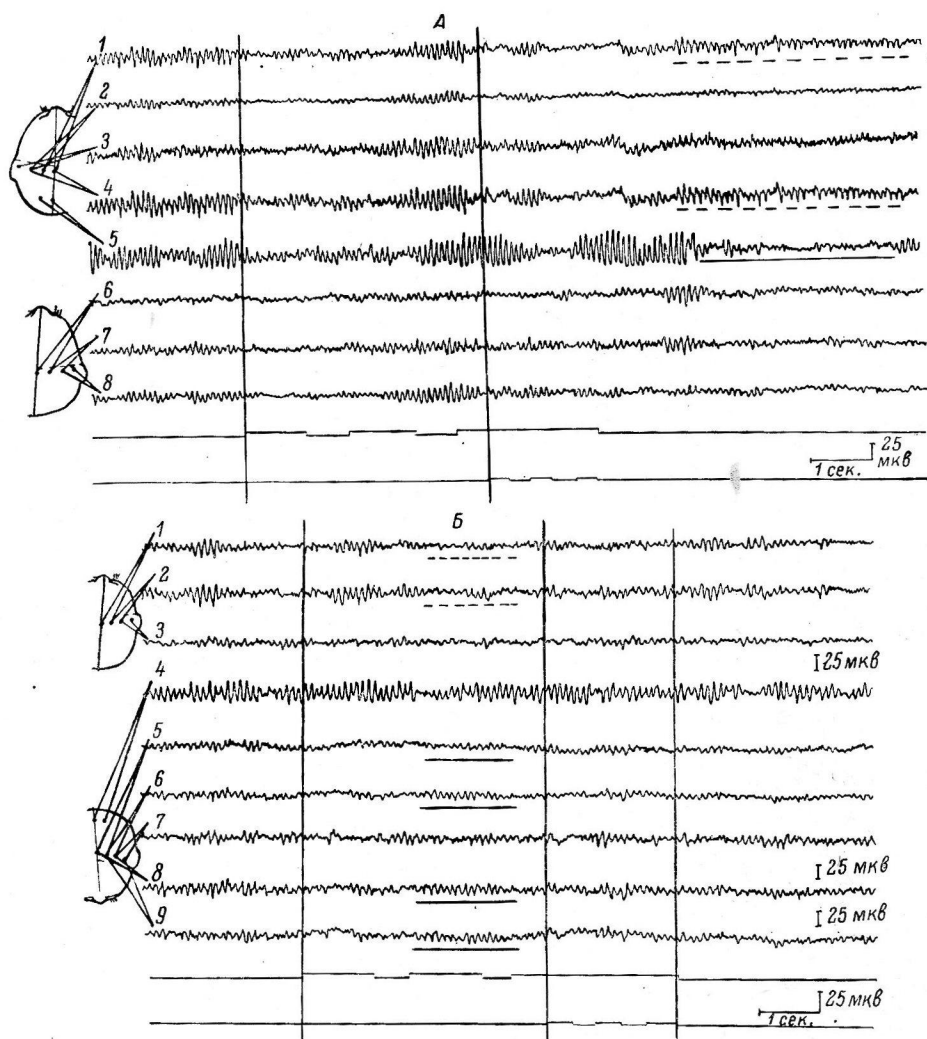


Рис. 3. Различные формы реципрокных отношений электрической активности между отдаленными участками одного и того же контралатерального полушария (А) и постцентрными областями двух полушарий (Б).

Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Эти изменения характеризовались появлением одновременно или последовательно возникающих реципрокных отношений электрической активности между отдаленными или близлежащими участками одного и того же полушария или одноименными областями обоих полушарий. Эти отношения можно было наблюдать как на высоте действия условного или безусловного раздражителей, так и в последствии от раздражения.

На относительно ранних этапах выработки условной связи вслед за фазой генерализованных изменений выявлялись реципрокные отношения электрической активности, чаще между передними и задними отделами полушарий.

На рис. 3, А в последствии от раздражения наблюдается появление реципрокных отношений электрической активности между постцентральной и затылочной областями «рабочего» полушария.

Следует сказать, что описанная форма реципрокных отношений электрической активности, особенно на первых этапах выработки, часто наблюдалась в обоих полушариях.

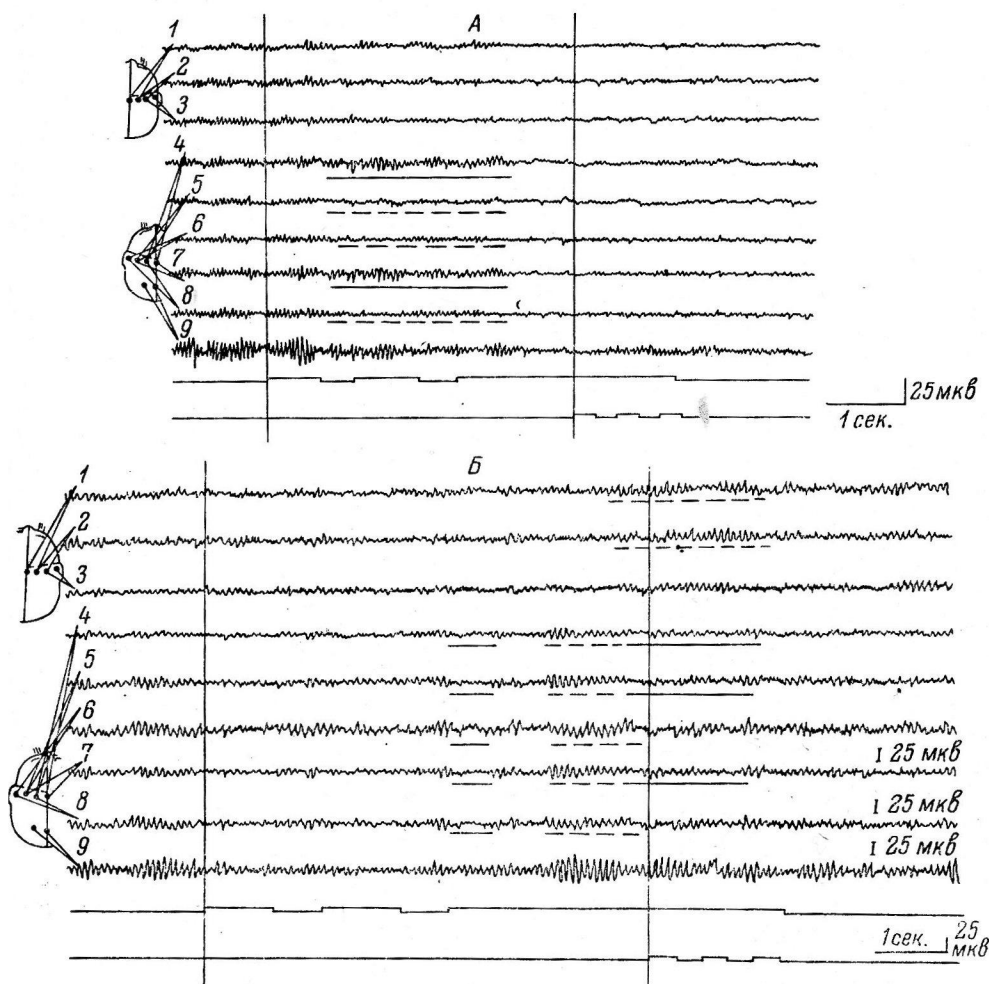


Рис. 4. Различные формы одновременных (А) и последовательных (Б) условнорефлекторных реципрокных изменений в «деятельном пункте» и во взаимодействии его с другими участками контралатерального и ипсилатерального полушарий.

Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

При дальнейших сочетаниях, когда условные локальные электрографические реакции становились более отчетливыми и устойчивыми, в ЭЭГ человека все чаще и чаще возникала иная форма реципрокных отношений, проявляющихся более локализованно — между постцентральной областью контралатерального и ипсилатерального полушарий, а иногда между двумя участками постцентральной области одного и того же «рабочего» полушария.

На рис. 3, Б приводится 69-е сочетание звукового раздражителя с тактильным подкреплением. В интервале между вторым звуковым сигналом из комплекса и началом тактильного раздражения наблюдается отчетливая условная локальная экзальтация в постцентральной области контра-

латерального полушария, которая сопровождается одновременным возникновением сопряженных отношений электрической активности в одноименной области ипсилатерального полушария в виде угнетения исходного ритма.

На рис. 4, А условная локальная экзальтация с замедлением ритма, выявляющаяся в контралатеральном полушарии (в 4-м и 7-м отведениях с сагиттальным электродом), сопровождается одновременно возникающими реципрокными отношениями в близлежащих, расположенных парасагиттально участках одного и того же полушария в виде угнетения исходного ритма (5-е, 6-е, 8-е отведения).

На рис. 4, Б представлена более сложная картина реципрокных электрографических отношений, возникающих сначала в самом «деятельном пункте» коры больших полушарий и отражающихся затем на одноименной и, видимо, взаимосвязанной области другого полушария. При действии

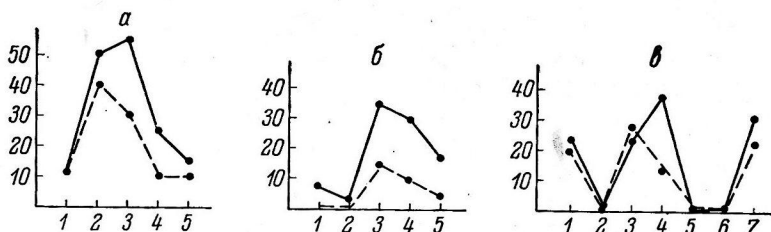


Рис. 5. Зависимость реципрокных отношений электрической активности от выраженности локальных реакций в ЭЭГ человека при становлении условной связи.

По оси ординат — процент изменений; по оси абсцисс — опытные дни. Сплошная линия — процент условных локальных реакций за опытный день; прерывистая линия — процент реципрокных изменений за опытный день. Испытуемые: а — В. К.; б — А. Ш.; в — Н. Ш.

3-го сигнала из комплекса и отставлении подкрепления в постцентральной области «рабочего» полушария выявляется условнорефлекторная реакция в виде последовательной смены сопряженных отношений (локальная депрессия, локальная экзальтация, локальное снижение амплитуды исходного ритма). Появление этих реципрокных изменений в постцентральной области контралатерального полушария сопровождается одновременно с ними возникающими реципрокными отношениями в одноименной области ипсилатерального полушария.

Как показали исследования, степень и выраженность реципрокных электрографических отношений находились в прямой зависимости от степени и выраженности локальных изменений ЭЭГ, а вышеописанные формы их проявлений — от стадии выработки условного рефлекса. По мере дальнейших сочетаний и исчезновения условных электрографических локальных реакций в ЭЭГ человека исчезали также и реципрокные отношения электрической активности.

На рис. 5 в графическом виде представлены результаты исследований 3 испытуемых (В. К., Н. Ш., А. Ш.), показывающие указанную зависимость реципрокных отношений от выраженности локальных реакций (локальная депрессия, локальная ирритация, локальная экзальтация) в постцентральной области противоположного раздражаемой руке полушария по мере становления условной связи. На графике приведены результаты подсчета в процентах числа локальных электрографических реакций и числа реципрокных изменений электрической активности за каждый опытный день исследования у вышеуказанных испытуемых.

Описанные формы реципрокных изменений нам удалось обнаружить не во всех случаях, поскольку не у всех испытуемых мы могли получить отчетливые условные локальные электрографические реакции. Следует,

однако, подчеркнуть, что несмотря на неустойчивость сопряженных изменений, как и всех условнорефлекторных реакций у человека, эти изменения проявлялись в той или иной степени во всех тех случаях, когда удавалось обнаружить локальные реакции или тенденцию к ним. И в этом отношении, особенно при многократных сочетаниях условного раздражителя с тактильным подкреплением, они представляли относительно более устойчивую форму условнорефлекторных изменений по сравнению с реакцией типа «воронки».

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В процессе многократных исследований на определенных этапах становления условной связи (в прямой зависимости от них) в ЭЭГ человека выявляются многообразные формы условнорефлекторных изменений.

На относительно ранних стадиях выработки, после исчезновения генерализованных изменений и появления локальных электрографических реакций, в ЭЭГ человека можно было наблюдать распространяющуюся форму депрессии типа «воронки», возникающую часто в контралатеральном полушарии.

В лаборатории В. С. Русинова впервые Цюй Чжи-пином (1960) была описана эта форма распространяющейся депрессии при выработке условных двигательных реакций у человека. Она выражалась в распространении депрессии основного ритма от сенсо-моторной области в направлении к задним отделам контралатерального полушария. На кривых при многоканальной записи такая депрессия походила на «воронку». По мнению авторов (Русинов, 1960; Цюй Чжи-пин, 1960), данное явление отражало иррадиацию нервных процессов в коре больших полушарий. Условнорефлекторную реакцию в виде «воронки» при сочетании звука с ритмическим светом у человека в дальнейшем наблюдала Г. Н. Болдырева (1961).

В наших исследованиях, помимо описанной депрессии от постцентральной области в направлении к затылочной, удалось выявить несколько иные формы распространяющейся депрессии. В одних случаях распространение депрессии от постцентральной области «рабочего» полушария происходило одновременно в направлении и к задним отделам того же полушария, и к одноименной области ипсилатерального полушария, в других случаях — только к этой последней без влияния на задние отделы. Аналогичные изменения наблюдались и при других формах проявления условнорефлекторных реакций в ЭЭГ человека — локальной ирритации, локальной экзальтации исходного ритма. Условнорефлекторные изменения типа «воронки», как правило, имели неустойчивый, переходящий характер и при дальнейших сочетаниях и упрочении условной связи постепенно исчезали.

Тот факт, что распространение депрессии удалось обнаружить не только в одном — контралатеральном полушарии, но и при переходе ее в другое — ипсилатеральное полушарие, не только в процессе выработки условного рефлекса, но и при многократном предъявлении афферентного (тактильного) раздражения (Раева, 1962) и притом в различных формах ЭЭГ-проявлений, обусловленных различием функционального состояния соответствующих корковых структур, говорит о том, что реакция типа «воронки» является одним из закономерных электрографических проявлений деятельности коры головного мозга человека и представляет, по-видимому, электрографическое выражение иррадиации нервных процессов в коре. Это подтверждается также и тем, что данное явление, как указывалось, наблюдалось чаще всего на первых этапах становления функционального «очага» в коре больших полушарий, когда уже имелась локальность, но не были, по-видимому, еще полностью сконцентрированы нервные процессы.



Такая точка зрения согласуется с работами других авторов, подтверждающих наличие процесса иррадиации нервных процессов в коре головного мозга в экспериментах на животных при прямом механическом, химическом или электрическом раздражении коры (Leão, 1944; Bureš, 1954; Ройтбак, 1955), при применении афферентных раздражений (Толмаская, 1949; Коган, 1958), при выработке условных рефлексов (Ливанов, 1962). На человеке распространение депрессии электрической активности в коре больших полушарий наблюдал Мак Куллох (McCulloch, 1949) во время операции.

Кроме условнорефлекторной реакции типа «воронки», в процессе образования условной связи в ЭЭГ человека удалось выявить и другую своеобразную форму изменений, выражающуюся в реципрокных отношениях электрической активности.

Феномен реципрокных отношений электрической активности в коре больших полушарий, открытый школой Н. Е. Введенского и А. А. Ухтомского, неоднократно наблюдался рядом авторов в экспериментах на животных при создании стационарного возбуждения или очагов повышенной возбудимости в высших отделах ц. н. с. (Новиков, Русинов, Семиохина, 1952; Ливанов, 1952; Николаева, 1953; Наумова, 1960; Трофимов, 1960; Мнухина, 1961, и др.). В отношении человека в литературе по этому вопросу имеются только единичные указания. Так, Е. Б. Штюмер (1958) при образовании двигательного стереотипа в ЭЭГ человека отмечала концентрацию медленных локальных потенциалов в моторной области контралатерального полушария, сопровождающуюся сопряженным торможением соседних зон. Н. А. Гаврилова (1959) при помощи электроэнцефалоскопической методики регистрировала своеобразную «переливчатость» электрической активности в фоновой мозаике человека, которая чаще всего выражалась в реципрокных отношениях негативности и позитивности в лобных и затылочных областях. В. С. Русинов (1960) и Цюй Чжи-пин (1960) при выработке условных двигательных реакций наблюдали появление реципрокных электрографических отношений между передними и задними областями полушарий в последствии раздражения. По мнению авторов, эти отношения были обусловлены влиянием следового колеблющегося возбуждения от очага в сенсо-моторной области по принципу периелектротона или индукции.

В наших исследованиях реципрокные изменения характеризовались появлением одновременно или последовательно возникающих сопряженных отношений не только между передними и задними отделами полушарий, но и между одноименными, сенсорными областями двух полушарий или близлежащими участками одного и того же «рабочего» полушария. Эти изменения удалось выявить не только в последствии, но и на высоте действия как условного, так и безусловного (Раева, 1962) раздражителей.

Анализ полученных данных показал, что эти отношения возникали в ЭЭГ человека параллельно с появлением локальных электрографических реакций и находились в прямой зависимости от них, а различные формы реципрокных проявлений — от стадии выработки условной связи.

На относительно ранних этапах выработки вслед за фазой генерализованных изменений и угашения ориентировочной реакции реципрокные отношения выявлялись чаще между передними и задними областями полушарий. В последующем, по мере упрочения условных локальных ЭЭГ-реакций, реципрокные отношения наблюдались более локализованно — между постцентральными областями контралатерального и ипсилатерального полушарий, а иногда между двумя участками постцентральной области одного и того же «рабочего» полушария.

Прямая зависимость появления и упрочения реципрокных отношений от выраженности локальных ЭЭГ-реакций, а также определенные закономерности динамики их проявлений по мере становления условной связи или при многократном предъявлении афферентного раздражителя



позволяют предположить, что реципрокность является одной из форм электрографического выражения концентрации нервных процессов, возникающей по принципу одновременной или последовательной индукции при формировании функционального «очага» в коре больших полушарий человека. С этой точки зрения описываемые различные формы реципрокности являются отражением динамики индукционных процессов как в самом деятельном «пункте», так и во взаимодействии этого «пункта» с отдаленными или близлежащими участками коры по мере становления условной связи. Формирующийся в коре больших полушарий функциональный «очаг» оказывается ведущим. С момента своего возникновения он начинает активно влиять на другие близлежащие или отдаленные, но, видимо, взаимосвязанные участки коры, перестраивая их в функциональном отношении.

Представленные факты — возможность регистрации в ЭЭГ человека распространения депрессии с постцентральной области контралатерального полушария с большим латентным периодом на одноименную область ипсилатерального полушария и сопряженных отношений между ними — свидетельствуют также о том, что оба полушария в процессе выработки новой временной связи находятся в тесном функциональном взаимодействии, осуществляемом не только при посредстве нижележащих структур мозга, но и по горизонтали через неокортикальную комиссуру.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Болдырева Г. Н., Тр. Инст. выпш. нерв. деят., серия физиол., 6, 222, 1961.  
Гаврилова Н. А., Журн. невропатол. и психиатр. им. С. С. Корсакова, 59, 8, 954, 1959.  
Коган А. Б., Тез. XVIII Совец. по пробл. выпш. нерв. деят., 58, Л., 1958.  
Ливанов М. Н., Тр. XV Совец. по пробл. выпш. нервн. деят., посвящ. 50-летию учения И. П. Павлова об условных рефlekсах, 248, М.—Л., 1952; в сб.: Электроэнцефалографическое исследование высшей нервной деятельности, 174. М., 1962.  
Мнухина Р. С., Журн. выпш. нервн. деят., 11, в. 2, 346, 1961.  
Наумова Т. С. В сб.: Вопросы электрофизиологии и энцефалографии, 314. М.—Л., 1960.  
Николаева Н. И. Об изменениях возбудимости нервных структур головного мозга при образовании условных рефlekсов. Автореф. дисс. Ростов-на-Дону, 1953.  
Новикова Л. А., В. С. Русинов, А. Ф. Семиохина, Журн. выпш. нервн. деят., 2, в. 6, 844, 1952.  
Раева С. Н., Физиол. журн. СССР, 48, № 3, 264, 1962; журн. выпш. нервн. деят., 13, в. 6, 1963.  
Ройтбак А. И. Биоэлектрические явления в коре больших полушарий, Тбилиси, 1955.  
Русинов В. С., Физиол. журн. СССР, 46, 11, 1356, 1960.  
Толмасская Э. С. В сб.: Проблемы высшей нервной деятельности, 306. М., 1949.  
Трофимов Л. Г. В сб.: Вопросы электрофизиологии и энцефалографии, 344. М.—Л., 1960.  
Цюй Чжи-пин. Изменения в ЭЭГ человека при выработке двигательных условных рефlekсов на комплексный раздражитель. Автореф. дисс. М., 1960.  
Штюрмер Е. Б., Тез. докл. Конфер. по вопр. электрофизиол. ц. н. с., 142, Л., 1958.  
Bures J., *Physiol. Bohemoslov.*, 3, 3, 272, 1954.  
Leão A. A., *Journ. Neurophysiol.*, 7, № 6, 359, 1944.  
McCulloch W., *EEG a. clin. Neurophysiol.*, 1, 1, 19, 1949.  
Sperry R. In: *The central nervous system a. behavior*, 217, USA, 1959.  
Teuber H. *The central nervous system a. behavior*, 180, USA, 1959.

Поступило 15 II 1963

#### ON THE ELECTROPHYSIOLOGICAL MANIFESTATION OF IRRADIATION AND CONCENTRATION OF NERVOUS PROCESSES IN THE HUMAN CEREBRAL CORTEX

By S. N. Raeva

Moscow

# АНАЛИЗ МЕДЛЕННЫХ И СВЕРХМЕДЛЕННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ЧЕЛОВЕКА

Е. Я. Войтинский

Научно-исследовательский институт детских инфекций, Ленинград

В настоящей работе исследуются периодические составляющие электроэнцефалограммы (ЭЭГ) человека, лежащие в диапазоне частот от 0.23 до 1 гц. ЭЭГ человека представляет собой сложный нестационарный колебательный процесс, в котором содержатся как закономерные — периодические, так и случайные — аperiodические составляющие. В последнее время наметилась тенденция рассматривать ЭЭГ как случайный процесс и применять для ее оценки соответствующие статистические методы — корреляционный, периодометрический и др. (см. обзор: Небылицын, 1962). Возможен, однако, другой путь анализа, а именно извлечение из суммарного сигнала ЭЭГ закономерных периодических составляющих и измерение их параметров. Для этого наиболее пригодны периодограммные методы анализа, один из которых использован нами.

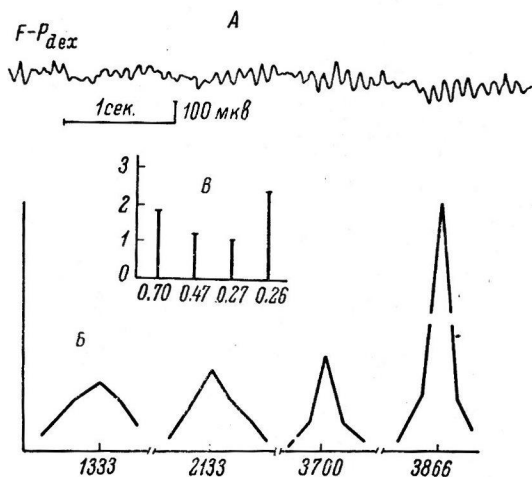


Рис. 1. ЭЭГ испытуемого Е. (правое лобно-теменное отведение).

А — участок ЭЭГ; Б — периодограмма этого участка; В — график распределения частот и амплитуд выделенных составляющих. На Б указана длительность периодов  $T$  (в мсек.). На В по оси абсцисс — частоты (в гц); по оси ординат — амплитуда (в мкв).

## МЕТОДИКА

Для целей анализа у 37 человек (здоровых и больных нервными и психическими заболеваниями) были зарегистрированы ЭЭГ от симметричных точек лобных, центральных, затылочных и височных областей мозга. Применялся чернилопишущий электроэнцефалограф с усилителем переменного тока, собранный по балансной схеме с симметричным входом. Частоты 0.2—70 гц регистрировались без искажений. Скорость движения бумаги при записи ЭЭГ составляла 30—60 мм/сек. Во время исследования испытуемый находился в звукозаглушенной светонепроницаемой камере с металлическим экраном. Для периодограммного анализа отбирались участки ЭЭГ без артефактов, записанные в состоянии «покоя» монополярным и биполярным способом.

Периодограммный анализ производился с помощью автоматического счетно-решающего устройства, позволяющего определять периоды закономерных периодических колебаний любой формы в диапазоне частот от  $2.4 \cdot 10^{-3}$  до 500 гц (с длительностью периодов от 2 мсек. до 416 сек.). Устройство, представляющее собой «идеальный фильтр», обладает высокой разрешающей способностью и практически обеспечивает

измерение периодов, различающихся на  $1/10\ 000$  сек. Принцип его работы заключается в следующем.

Кривая ЭЭГ обводится стрелкой визирного устройства, после чего колебания биопотенциалов мозга, трансформированные в электромеханические колебания, вводятся в синусно-косинусный построитель. В построителе происходит умножение вводимой функции на периодические синусоидальные и косинусоидальные функции. Результаты умножения интегрируются на соответствующих устройствах (интеграторах) и фиксируются цифровыми счетчиками. По этим данным строится периодограмма. Запись ЭЭГ обводится несколько раз при различных значениях периодов. В тех случаях, когда периоды действующих колебаний совпадают с периодами, содержащимися в ЭЭГ, на периодограмме получают резкие пики на фоне сравнительно сглаженной кривой (рис. 1). Эти пики и характеризуют величины закономерных составляющих ЭЭГ.

Таким образом, метод периодограммного анализа основан на принципе «математического резонанса»: на ЭЭГ воздействуют периодическими колебаниями и по степени «ответной реакции» судят о наличии периодических составляющих, скрытых в ЭЭГ [подробное описание см. в работе — Войтинский, Лебедев, Левин, Муниц (1963)]. На основании полученных данных определяются амплитуды, фазы и форма выделенных составляющих (Войтинский, Левин, Муниц, 1963).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В диапазоне частот от 0.23 до 1 гц на всех исследованных участках ЭЭГ обнаружены периодические составляющие с периодами, лежащими в пределах 1000—4233 мсек. Таким образом, в ЭЭГ человека были выделены периодические колебания, соответствующие медленному  $\Delta$ -ритму

(0.5—1 гц), а также сверхмедленные составляющие (0.5 гц и ниже), которые можно обозначить как «Z-волны». Типичный пример показан на рис. 1, где приведен отрезок ЭЭГ здорового испытуемого 23 лет с четким, хорошо модулированным  $\alpha$ -ритмом частотой 10 гц и амплитудой 80—100 мкв. При анализе вскрыты 4 периодические составляющие (рис. 1, B, B) с периодами от 1333 до 3866 мсек. и амплитудами до 2.4 мкв.

Медленные составляющие и Z-волны были обнаружены на ЭЭГ с различной фоновой активностью: регулярным  $\alpha$ -ритмом (рис. 1), преобладающей медленной активностью (рис. 2), дизритмией колебаний (рис. 3).

На рис. 2 показан участок ЭЭГ больного эпилепсией с преобладающей  $\Delta$ -активностью высокой амплитуды. На рис. 3 можно видеть участок дизритмичной ЭЭГ больного алкогольным психозом. В обоих случаях были выделены медленные и сверхмедленные периодические составляющие с максимальными амплитудами 10—14 мкв. Отметим, что и в других исследованных случаях характер распределения амплитуд сохранялся примерно одинаковым — порядка нескольких микровольт. Для сравнения можно сказать, что периодические составляющие в диапазоне  $\alpha$ -ритма (8—12 гц) имели амплитуды порядка нескольких десятков микровольт.

Медленные и сверхмедленные периодические колебания почти не исследовались в ЭЭГ человека. В значительной степени это было связано с отсутствием надежных методов измерения их параметров. Как известно,

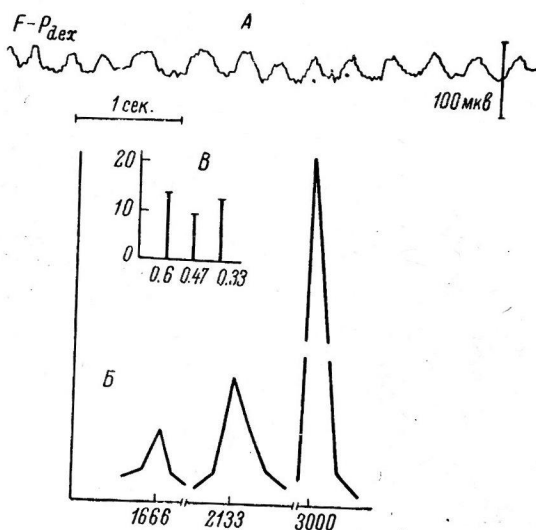


Рис. 2. ЭЭГ больной С. (правое лобно-теменное отведение).

Обозначения те же, что и на рис. 1.

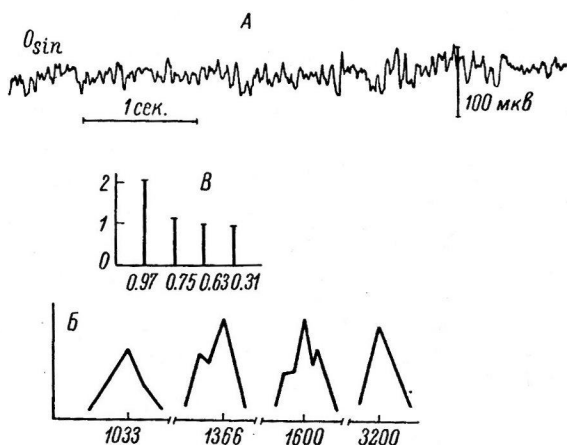


Рис. 3. ЭЭГ больного О. (левое затылочное отведение).  
Обозначения те же, что на рис. 1.

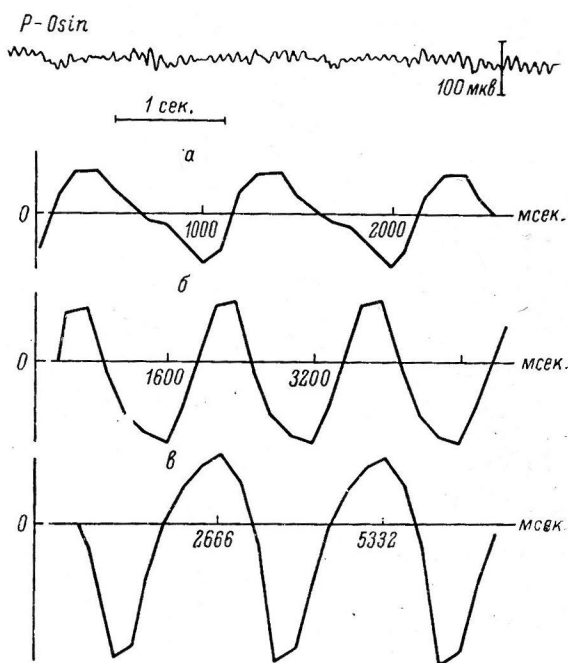


Рис. 4. Участок ЭЭГ испытуемого М. (левое теменно-затылочное отведение) и форма периодических составляющих, полученных с помощью «скользящего сглаживания» (без учета амплитуд).

а — с периодом 1000 мсек., б — 1600 мсек.,  
в — 2666 мсек.

автоматические частотные анализаторы (Кожевников, Мещерский, 1963) не в состоянии анализировать частоты ниже 1.5—2 гц, причем и на этих частотах велика вероятность появления артефактов. Кроме того, все гармонические частотные анализаторы характеризуют суммарный сигнал ЭЭГ, не отделяя периодических колебаний от аperiodических. Анализ выделенных периодических составляющих не может быть произведен и с помощью метода Фурье. При разложении в ряды Фурье кривая ЭЭГ аппроксимируется в виде суммы синусоид, периоды которых зависят от длины анализируемого участка. С изменением длины участка будут меняться и величины периодов. Адекватная характеристика периодических составляющих, в том числе Z-волн, может быть получена путем вычисления функции автокорреляции (Кожевников, Мещерский, 1963). Однако для таких случаев корреляционный метод невыгоден, так как обнаружение скрытого периодического процесса возможно лишь после отделения всех случайных компонентов. Периодограммные же методы анализа сразу дают информацию о периодических компонентах ЭЭГ.

На основании этих данных можно, как говорилось выше, определить форму выделенных составляющих. Для этой цели применяется операция «скользящего сглаживания» по величине найденного периода и графический метод «скользящего сглаживания» (Тимосфеев, 1960; Войтинский, Лебедев, Левин, Муниц, 1963). С их помощью было установлено, что медленные и сверхмедленные периодические составляющие имеют сложную несинусоидальную форму. Весьма часто это были одновершинные пилообразные колебания.

В качестве иллюстрации приведем результаты «скользящего сглаживания» трех составляющих ЭЭГ практически здорового испытуемого 28 лет (рис. 4). На рис. 4 показана форма колебаний с периодами 1000, 1600 и 2666 мсек. Нетрудно заметить существенные различия в форме колебаний с разными по длительности периодами. С другой стороны, сходная форма наблюдалась у составляющих с близкими по величине периодами.

Какова природа выделенных периодических составляющих? Можно представить, что эти колебания, в том числе Z-волны, воспроизводятся несколькими генераторами релаксационного типа. Не исключено также, что они отражают ритмические изменения квазипостоянного потенциала мозга, весьма детально исследованные в опытах на животных (Аладжалова, 1956, 1962; Bureš, 1957). Значительно меньше оснований считать их проявлением кожно-гальванического рефлексa, который выражается на ЭЭГ преимущественно в передних отделах мозга) в виде двухфазного потенциала высокой амплитуды (Holubáz, 1960; Ciganeck, 1962). Вопрос о природе выделенных периодических колебаний требует дальнейших исследований. Предстоит также выяснить характер их изменений при действии раздражителей и фармакологических агентов, выделить и измерить составляющие с еще большими периодами.

### ВЫВОДЫ

1. С помощью автоматического периодограммного счетно-решающего устройства в ЭЭГ человека обнаружены медленные и сверхмедленные периодические составляющие с периодами 1—4 сек. и амплитудами порядка нескольких микровольт. Составляющие с частотой ниже 0.5 гц названы Z-волнами.

2. Выделенные составляющие имеют сложную, несинусоидальную форму; они могут быть обнаружены на ЭЭГ с различной фоновой активностью как у здоровых, так и у больных людей.

### ЛИТЕРАТУРА

А л а д ж а л о в а Н. А., Биофизика, 1, 127, 1956; Медленные электролитические процессы в головном мозгу. М., 1962.

- Войтинский Е. Я., М. В. Левин, И. Н. Муниц, Биофизика, 8, 242, 1963.  
Войтинский Е. Я., О. М. Лебедев, М. В. Левин, И. Н. Муниц,  
Вопр. психол., № 2, 1952, 163.  
Кожевников В. А., Р. М. Мещерский. Современные методы анализа  
электроэнцефалограммы. М., 1963.  
Небылицын В. Д., Вопр. психол., № 4, 58, 1962.  
Тимофеев В. А. Теория и практика анализа результатов наблюдений над тех-  
ническими объектами, работающими в эксплуатационных условиях. Л., 1960.  
Bureš J., EEG a. clin. Neurophysiol., 9, 121, 1957.  
Ciganek L., Ceskosl. Neurol., 25, 221, 1962.  
Holubár J., Physiol. Bohemosl., 9, 472, 1960.

Поступило 27 IV 1963

---

## ANALYSIS OF SLOW AND ULTRA-SLOW PERIODIC COMPONENTS IN THE HUMAN ELECTROENCEPHALOGRAM

By *E. Ya. Voitinski*

From the Research Institute for Infectious Diseases of Childhood, Leningrad

---



О ДИНАМИКЕ ЭЛЕКТРОСУБКОРТИКОГРАММЫ ЧЕЛОВЕКА  
ПРИ СВЕТОВОМ И ЗВУКОВОМ РАЗДРАЖЕНИЯХ

Р. Гомби

Отдел прикладной нейрофизиологии человека Института экспериментальной  
медицины АМН СССР, Ленинград

Исследовались динамика вызванных потенциалов (вторичных ответов), реакции воспроизведения (усвоения) ритма и некоторые другие реакции различных неспецифических подкорковых структур головного мозга в обычных условиях и в некоторых специальных состояниях, в частности при активации внимания у больных, страдающих гиперкинезами и леченных методом вживленных электродов.

## МЕТОДИКА

В Ленинградском нейрохирургическом институте 3 больным с диагностической и лечебной целью были вживлены множественные золотые электроды в различные подкорковые образования мозга, которые оказывались вовлеченными в формирование патологического баланса, ответственного за возникновение гиперкинеза (Бехтерева, Грачев, Гомби, Степанова, 1963). Каждой больной вживлялось 24 или 30 электродов диаметром 0.1 мм, вмонтированных в виде пучков по 6 электродов в пучке. У больной Г. 24 электрода в четырех пучках располагались в области вентролатерального и латерального ядер зрительного бугра слева. У больной Р. 30 электродов в пяти пучках локализовались в вентролатеральных ядрах зрительного бугра (18) и в медиальном членике бледного шара (12) справа. У больной С. 30 электродов в пяти пучках были введены в медиальные (6), латеральные и вентролатеральные ядра таламуса (12), в мезэнцефальный отдел ствола мозга (6) и в область послеоперационного рубца и окружающей премоторной зоны коры правого полушария (6). В течение 3—8 месяцев всего проведено 96 обследований с применением светового и звукового раздражений (у больной Г. — 19, у больной Р. — 6, у больной С. — 71 обследование). Запись биопотенциалов коры и глубоких отделов мозга производилась с помощью двадцатиканального чернилопишущего прибора типа «Альвар». Использовались отведения биопотенциалов по отношению к усредненному потенциалу — 21 точка при записи электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и 24—30 точек при записи электросубкортикограммы (ЭСКГ). По ходу необходимых исследований больным предъявлялись одиночные, двоянные и ритмические световые и звуковые раздражения с помощью фотофоностимулятора. В процессе диагностики и лечения производились: биполярное импульсное электрическое раздражение различных отделов мозга, монополярная анодная поляризация, электролитическое или электрокоагулирующее разрушения через вживленные электроды. Больные исследовались в условиях темновой адаптации (Бехтерева, Грачев, Степанова, 1963), при предъявлении в ассоциативном эксперименте словесных раздражителей (Смирнов, Грачев, 1963), при активации внимания, при открывании и закрывании глаз и при различных фармакологических пробах. В различные фазы этих воздействий (состояний) также предъявлялись одиночные и ритмические стимулы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Больная Г. (36 лет) с диагнозом «гиперкинез после перенесенного энцефалита». Особенности ЭЭГ и фоновой активности ЭСКГ описаны Н. П. Бехтеревой, К. В. Грачевым, А. Н. Орловой и С. Л. Яцуком (1963). На ЭСКГ одиночные световые стимулы вызывали появление одно-, двух- или, реже, трехфазных ответов, параметры которых представлены в таблице. Форма, полярность, латентный период и длительность вызван-

# Параметры вторичных ответов в различных структурах головного мозга на световое раздражение

| Обследованные структуры                         | Большой | Отведения <sup>1</sup>             | Форма ответов <sup>2</sup> | Полярность фаз | Латентный период (в мсек.) <sup>3</sup> | Амплитуды (в мкВ) | Общая длительность (в мсек.) |
|-------------------------------------------------|---------|------------------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------------------------|-------------------|------------------------------|
| Премоторная зона коры и послеоперационный рубец | {       | {<br>II/4, 5                       | Двухфазные                 | — +            | 35—60                                   | 10—60             | 250—350                      |
|                                                 |         |                                    | Двухфазные                 | — +            | 50—75                                   | 40—100            |                              |
|                                                 |         | {<br>II/1, 2, 3, 6; иногда II/4, 5 | Трехфазные                 | — +            | 35—60                                   | 10—60             |                              |
|                                                 |         |                                    | Многофазные                | — +            | 50—75                                   | 40—200            |                              |
| Мезенцефальный отдел ствола мозга               | {<br>С. | {<br>III/3, 6; иногда III/4        | Двухфазные                 | — +            | 35—60                                   | 30—170            | 275—360                      |
|                                                 |         |                                    | Трехфазные                 | — +            | 40—70                                   | 15—60             |                              |
|                                                 |         | {<br>III/1, 2, 5; иногда III/4     | Многофазные                | — +            | 60—90                                   | 50—160            |                              |
|                                                 |         |                                    | Двухфазные                 | — +            | 40—70                                   | 45—170            |                              |
|                                                 |         | {<br>III/1, 2, 5; иногда III/4     | Трехфазные                 | — +            | 60—90                                   | 50—200            |                              |
|                                                 |         |                                    | Трехфазные                 | — +            | 75—120                                  | до 50             |                              |

1 Римскими цифрами обозначены номера пучков, арабскими номера электродов в данном пучке, считая от самого нижнего.

2 Латентный период был измерен от раздражителя до пика волн ответов.

3 У большой С. двухфазные, трехфазные и многофазные ответы сопровождались последующей медленной волной периодом 150—250 мсек. и амплитудой 100—200 мкВ.



| Обследованные структуры                              | Больной | Отведения <sup>1</sup>                           | Форма ответов <sup>3</sup> | Полярность фаз | Латентный период (в мсек.) <sup>2</sup>                                                 | Амплитуды (в мкВ)         | Общая длительность (в мсек.) |
|------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Вентролатеральная и латеральная группа ядер таламуса | Р.      | III/4                                            | Однофазные                 | +              | 160                                                                                     | 10—20                     | 50—60                        |
|                                                      |         | I/4, 6, II/4, 6                                  | Отчеты изредка наблюдались | +              | 50<br>50<br>60—65<br>40—100<br>40—100<br>60—110<br>40—100<br>60—110<br>80—120<br>40—100 | 5—15                      | 45—55                        |
|                                                      |         | III/2, 4, 6                                      |                            |                |                                                                                         | 5—15                      |                              |
|                                                      |         | V/1, 2, 3, 4, 5, 6<br>иногда IV/1, 2, 3, 4, 5, 6 |                            |                |                                                                                         | 5—15                      |                              |
| Медиальная группа ядер таламуса                      | С.      | I/4, 2, 3, 6                                     | Однофазные                 | +              |                                                                                         | 30—40                     | 200—230                      |
|                                                      |         | I/4, 5                                           | Двухфазные                 | +              |                                                                                         | 30—40                     |                              |
|                                                      |         |                                                  | Трехфазные                 | +              |                                                                                         | 30—40                     |                              |
|                                                      |         |                                                  | Многофазные                | +              |                                                                                         | 30—40<br>60—120<br>50—150 |                              |

Отчеты наблюдались очень редко

ных потенциалов были устойчивыми и характерными для одного и того же отведения. Амплитуды ответов значительно варьировали. При повторных световых раздражениях только первые 4—5 стимулов вызвали диффузно похожие друг на друга ответы и только тогда, когда интервал между стимулами достигал 2—3 сек. или более. При дальнейшем предъявлении раздражений ответы значительно уменьшались или исчезали во многих отведениях. Более длительно (10—12 стимулов или больше) наблюдались они лишь в области электродов первого пучка, но без первого отрицательного компонента. Одиночная звуковая стимуляция оказалась значительно менее «эффективной» для выявления вторичных ответов, и после 4—5 стимулов обнаруживалась тенденция к «привыканию». Одиночные одновременные световые и звуковые раздражения вызвали в ответ такие же потенциалы и с таким же постоянством, как и изолированные световые стимулы. При применении вдвоенных вспышек света с интервалом между ними 100 мсек. или менее второй компонент вдвоенного стимула не вызывал ответа, что свидетельствовало, по-видимому, о длительном рефрактерном периоде данных образований. Возможно, что это в известной мере определялось и патологическим процессом в головном мозгу.

При ритмических световых вспышках с частотой около 6 гц на ЭСКГ наблюдалось появление волн той же частоты практически во всех отведениях от электродов первого и второго пучков. Иногда такой же ритм регистрировался «спонтанно» без стимуляции, но при предъявлении раздражения соответствующей частоты он значительно усиливался по амплитуде и оказывался более продолжительным. «Он»-эффект

т. е. эффект включения ритмического сенсорного раздражения появлялся в ЭСКГ в виде вторичного ответа. «Off»-эффект, т. е. эффект выключения ритмического раздражителя, у данной больной не отмечался.

Больная Р. (29 лет) с диагнозом «двухсторонний хореоатетоз после перенесенного энцефалита». На повторных ЭЭГ патологических изменений не обнаруживалось. Регистрировался правильный  $\alpha$ -ритм, на который в различных отведениях часто наслаивались мышечные артефакты вследствие гиперкинеза больной. На ЭСКГ в области таламуса и непостоянно в области бледного шара регистрировалась высокочастотная (25—40 мкв) заостренная  $\alpha$ -подобная активность (10 колебаний в 1 сек.). На этот ритм наслаивались  $\Theta$ -волны с частотой 6 колебаний в сек. и с амплитудой около 35—40 мкв. В некоторых отведениях, располагавшихся также в таламусе и бледном шаре, наблюдались низкочастотные (не выше 10 мкв) частые колебания (20—22 в 1 сек.) и несколько  $\alpha$ -подобных волн.

Одиночные световые, так же как одновременные световые и звуковые раздражения, вызывали ответы с разными параметрами (см. таблицу). В некоторых соседних отведениях от таламуса, так же как от бледного шара, наблюдались обратные фазовые отношения между компонентами ответов. Одиночные звуковые стимулы значительно реже вызывали ответы. Их амплитуды были низкочастотными, и они скоро (после 3—5 стимулов) вызывали «привыкание». Первый звуковой стимул иногда вызывал точно такой же ответ, как и световой. При применении ритмической световой и звуковой стимуляции обнаруживалась умеренная кратковременная десинхронизация биопотенциалов. На включение и выключение ритмического раздражения появлялся устойчивый «оп»-эффект. «Оп»-эффект соответствовал вторичному ответу. «Off»-эффект был монофазным положительным, но в области первого электрода пятого пучка, наоборот, отрицательным колебанием с более длительным латентным периодом, нередко до 200—220 мсек. При повторных пробах «off»-эффект исчезал раньше, чем «оп»-эффект. Вспроизведения ритма светового раздражения у больной не было отмечено.

Больная С. (29 лет) с диагнозом фокальной эпилепсии и эпилептиформного гиперкинеза в левых конечностях после перенесенного энцефалита. Биоэлектрическая активность подкорковых структур у нее отличалась от активности глубоких образований мозга других больных. Были выявлены самые различные виды измененной активности, которые

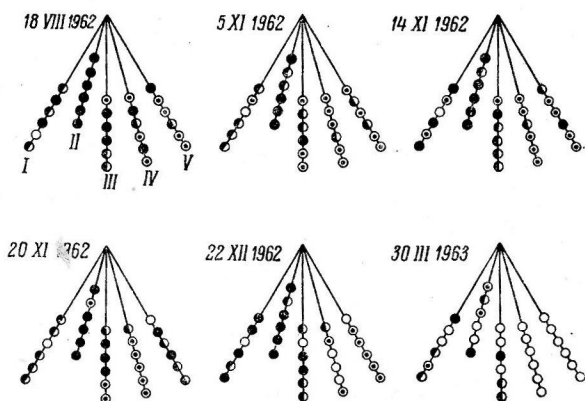


Рис. 1. Схемы биопотенциалов глубоких структур головного мозга в процессе диагностики и лечения у больной С.

Локализация пучков: I — медиальная группа ядер таламуса; II — премоторная зона коры мозга; III — мезэнцефальный отдел ствола мозга; IV—V — вентролатеральная и латеральная группы ядер таламуса. Черные кружочки — высокочастотная заостренная активность, в которой обнаруживались одиночные или сгруппированные острые волны в сочетании с высокочастотными медленными колебаниями и наблюдался кратковременный  $\alpha$ -подобный ритм; кружочки черно-белые — те же типы потенциалов, но с более низкой амплитудой всех видов колебаний, периодически отмечалось меньше острых волн и больше медленных колебаний; кружочки с точкой — высокочастотные медленные волны типа  $\delta$  и  $\theta$ , чередующиеся с низкочастотными медленными колебаниями и иногда единичными низкочастотными острыми колебаниями; белые кружочки — низкочастотная, главным образом медленная активность, иногда с кратковременными изопотенциальными периодами. На схеме 30 III 1963 выявлена значительная перестройка биопотенциалов под действием антиконвульсантов (Sacerno, Diphedan). Цифры у каждой фигуры сверху — дата исследований.

можно рассматривать в виде четырех основных групп (рис. 1). «Спонтанно» или главным образом на воздействие диагностических вмешательств (электростимуляция, поляризация, фармакологические пробы и т. д.) наряду с другими своеобразными изменениями наблюдался динамичный переход типа биоэлектрической активности из одной группы в другую, так, например, из 1-й группы во 2-ю, и наоборот, или из 3-й группы в 4-ю, и наоборот. Вторичные ответы также имели особую, своеобразную форму. В большинстве случаев они состояли из двух-трех острых, часто высоковольтных потенциалов, за которыми следовали высоковольтные медленные колебания (см. таблицу и рис. 2). Отмечались и многофазные ответы, состоявшие из несколько (4—6 или иногда больше) более или менее высоковольтных пиковых потенциалов. В области медиальных ядер таламуса вторичные ответы оказывались также высоковольтными, но значительно менее острыми. В отведениях от латеральных и вентролатеральных ядер таламуса ответы были похожими на ответы, отмечавшиеся у других больных в таламусе и бледном шаре. Вызванные потенциалы являлись самыми устойчивыми в тех отведениях, где обнаруживалась самая выраженная эпилептиформная активность и самые высоковольтные «спонтанные» биопотенциалы. Отмечались обратные фазовые отношения между компонентами ответов. При повторных раздражениях — обычно после 10—12 стимулов, иногда раньше, иногда несколько позже — амплитуды острых фаз ответов снижались до 70—80 мкв, но амплитуды последующих медленных волн не изменялись. При предъявлении вдвоенных световых вспышек с различными интервалами между стимулами (20—200 мсек.) ответ обычно отмечался после первого раздражителя (рис. 2) и изредка только после второго. Если интервал между стимулами был 190 мсек. или больше, регистрировались ответы на оба компонента вдвоенного раздражения, но довольно редко и ограниченно, лишь в некоторых отведениях от «коркового» и «мезэнцефального» пучков. Латентный период второго ответа был такой же, как у первого, но с меньшей амплитудой. Ритмическое световое и звуковое раздражение различной частоты в значительной части случаев вызывало четкую десинхронизацию биопотенциалов. Латентный период десинхронизации оказывался изменчивым, так же как и ее продолжительность (первый 0.2—1 сек., последняя 0.5—4.0 сек.). Нередко в различных условиях (в состоянии бодрствования, в дремоте, в неглубоком сне и т. д.) при включении ритмической стимуляции обнаруживалась не десинхронизация, а наоборот, синхронизация биопотенциалов, продолжающаяся от одной до нескольких секунд: «On»- и «off»-эффекты часто наблюдались в ответ на включения и выключения ритмического светового и звукового раздражения. «On»-эффект регистрировался во всех пучках, кроме четвертого, «off»-эффект — в отведениях от первого, второго и третьего пучков (рис. 2). Ответы данного типа появлялись в виде двух-, трех- или многофазных вторичных ответов. На быстрое переключение ритма раздражителя наблюдались (рис. 2) вызванные потенциалы (вторичные ответы) и вызванные реакции (синхронизация и десинхронизация биопотенциалов). Были предъявлены переключения ритма раздражения в двух направлениях: с низкой на высокую частоту, и наоборот, с высокой на низкую частоту. Вторичный ответ вызывался главным образом тогда, когда переключали ритм стимуляции с низкой на высокую частоту. Ответы регистрировались диффузно. В отведениях от латеральных и вентролатеральных ядер таламуса, где обычно отмечались очень низковольтные ответы или отсутствие ответов, в этих условиях обнаруживались относительно высоковольтные двух- или трехфазные ответы. Синхронизация биопотенциалов на быстрое переключение ритма стимуляции наблюдалась в большинстве случаев тогда, когда частота предъявляемого раздражения менялась с низкой на более высокую, а десинхронизация — тогда, когда частота менялась с более высокой на низкую. Нередко одновременно регистрировались вызванные потенциалы



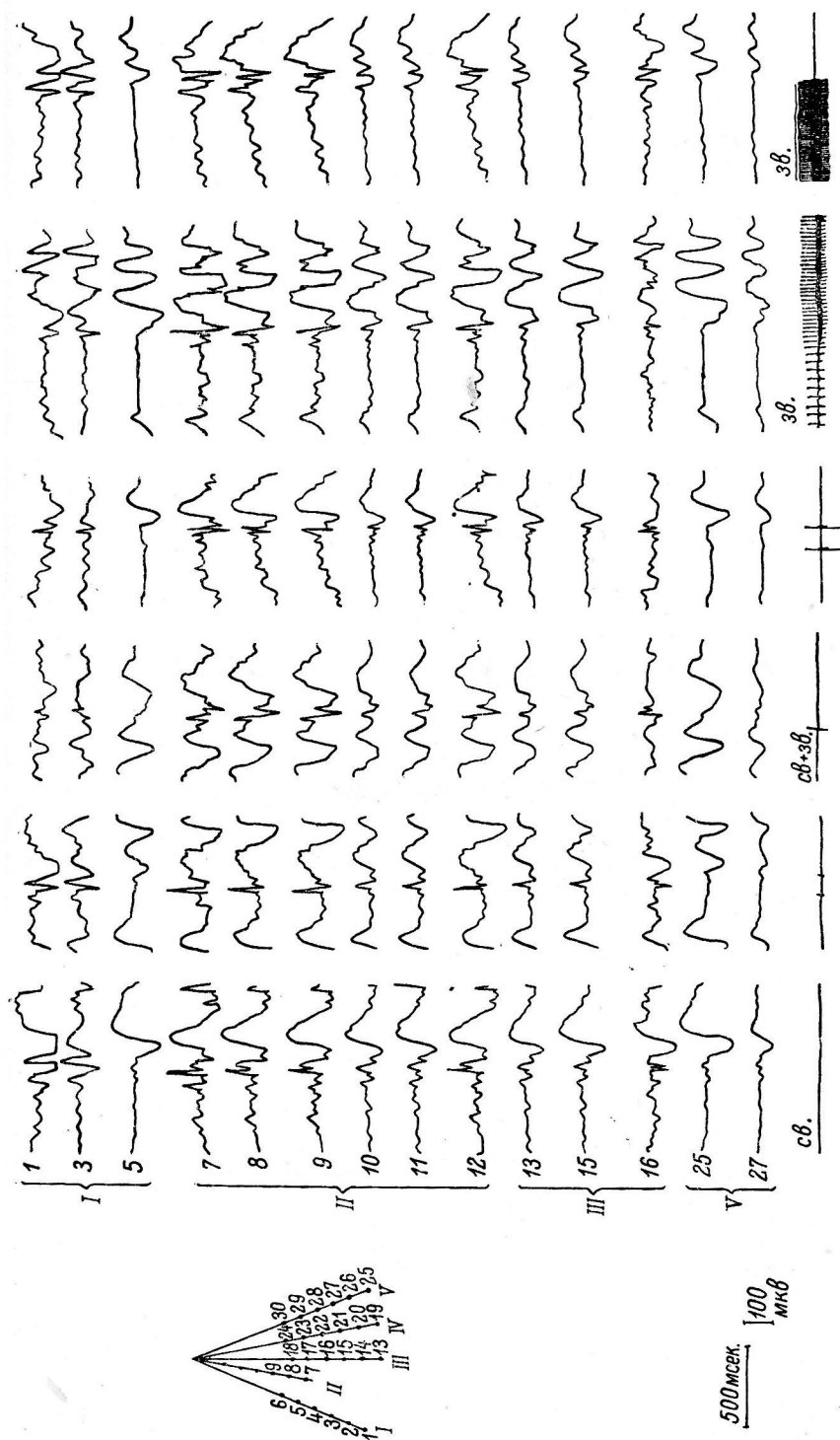


Рис. 2. ЭСКГ больной С. Вторичные ответы на световое (св) и на одновременные световые и звуковые (св+зв) раздражения; вызванные потенциалы и синхронизация высокочастотных медленных волн как ответ при быстром переключении ритма звукового раздражения; «off»-эффект при выключении звукового раздражения.

Локализация пучков та же, что и на рис. 1. Арабские цифры — номера электродов, римские — номера пучков.

и вызванные реакции на данные раздражения. Для выявления реакции достаточно была разница между применяемыми частотами в несколько (3—5) герц.

В состоянии бодрствования при применении ритмического светового раздражения с частотой 8, 9 и 10 в 1 сек. наблюдался феномен воспроизведения ритма с той же или приблизительно той же частотой почти во всех

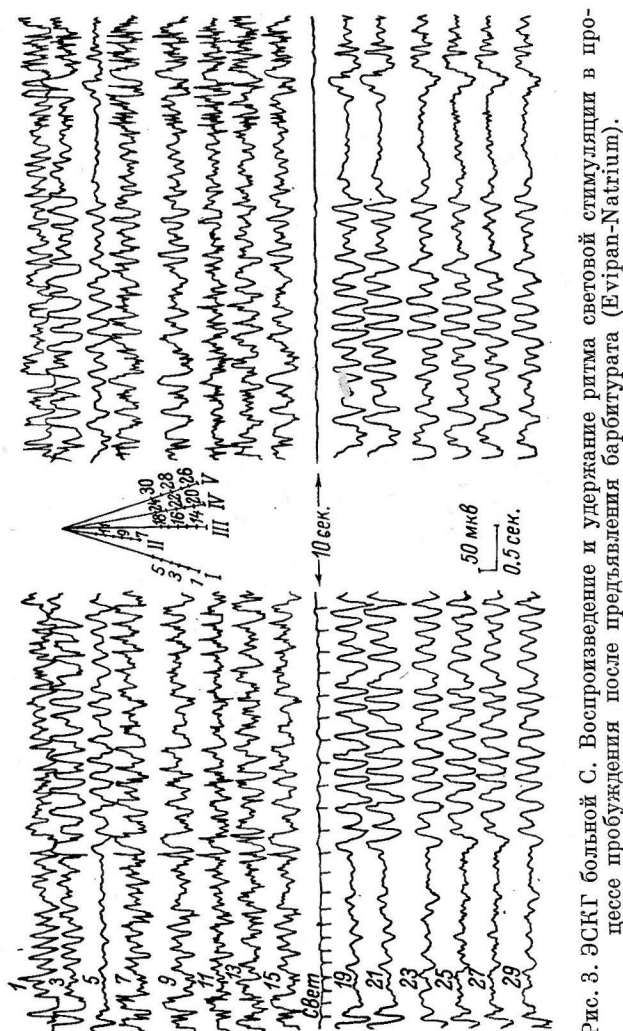


Рис. 3. ЭСРГ больной С. Воспроизведение и удержание ритма световой стимуляции в процессе пробуждения после предьявления барбитурата (Evipan-Natrium).

Расположения электродов то же, что и на рис. 2.

отведениях от медиальных ядер таламуса, от области послеоперационного рубца в премоторной зоне коры и от мезэнцефального отдела ствола мозга. Однако эта реакция не оказывалась одинаковой во всех этих отведениях. Она была устойчива в тех участках мозга, где напряжение исходной активности было большим. В то же время в отведениях от клятого электрода первого пучка воспроизведения ритма не обнаруживалось, так же как в отведениях от латеральных и вентролатеральных ядер таламуса. В процессе пробуждения после внутривенного применения барбитурата (Evipan-Natrium) пространственное распределение этого феномена значительно изменилось. В этом состоянии он регистрировался во всех отведениях, причем в самой отчетливой форме в таламических ядрах (рис. 3). При этом изменилась и оптимально воспроизводимая частота: в бодрствовании вос-

производился ритм 8—10 в 1 сек., в данных условиях около 4—5 колебаний в 1 сек. «Участвовали» в этой реакции преимущественно те зоны таламуса, которые в обычных условиях, в состоянии бодрствования не обнаружили тенденции к воспроизведению ритма, т. е. латеральная и вентролатеральная области и некоторые участки медиальных ядер таламуса. Феномен был менее выражен в «корковой» и «мезэнцефальной» областях головного мозга. Между отведениями от первого и четвертого пучков и от второго, третьего и пятого пучков и даже в одном и том же пучке, например между отведениями от третьего и пятого электродов четвертого пучка, обнаруживались четкие обратные фазовые отношения воспроизведенных потенциалов. В этом состоянии после выключения ритмического раздражения, вызывавшего феномен воспроизведения ритма, возникший ритм не прекращался сразу, а продолжался в течение около 3 сек. Феномен «удержания ритма» был отчетлив в тех же отведениях, где наблюдалось воспроизведение ритма. Он прекращался во всех обследованных структурах одновременно. Данный феномен не был отмечен у больной в бодрствующем состоянии без предварительного введения барбитурата.

На фоне предварительной активации ретикулярной формации удалось установить, что сочетание вызванных реакций и вызванных потенциалов могло приводить к усилению вторичных ответов. Несмотря на то, что вызванные реакции, т. е. синхронизация и десинхронизация, обычно не продолжались больше нескольких секунд с последующим возвращением к исходному или подобному ему ритму, некоторые параметры вызванных потенциалов в этих условиях значительно изменялись. Компоненты ответов становились более высоковольтными, они принимали эпилептиформный характер и при повторении стимуляции рефрактерный период оказывался значительно короче, чем в обычных условиях. Так, например, рефрактерный период в этих условиях уменьшался с 1.5—2 до 0.5 сек. Отличие проявлялось лишь в виде меньшей амплитуды второго ответа. Приведенные данные в первую очередь относятся к тем наблюдениям, когда на фоне светового раздражения были предъявлены звуковые стимулы. При противоположном типе стимуляции (световой стимул на фоне звука) вышеупомянутые усиление ответов и уменьшение рефрактерного периода не были характерными.

Активация внимания на задаваемые одиночные стимулы (подсчет цифр) у больной С. несколько повышала число «эффективных» стимулов (при световом раздражении) и сравнительно мало влияла на другие параметры ответов. Область выявления вызванных потенциалов не расширялась. До активации внимания среди 100 световых стимулов ответ вызывали 46, во время активации внимания — 57. При применении 100 звуковых раздражений до активации ответ вызывали 23 стимула во время активации — 30.

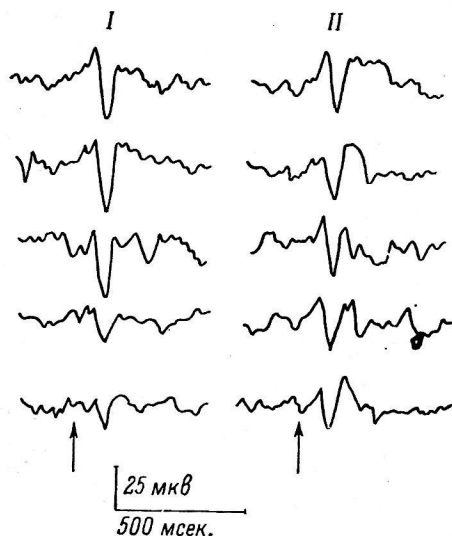


Рис. 4. ЭСКГ больной Р. 5 последовательных ответов в отведении от бледного шара на световое раздражение до (I) и при (II) активации внимания. Наблюдается стабилизация амплитуды положительной фазы и увеличение амплитуды отрицательного компонента ответов при активации внимания.

Стрелки — момент включения света.

У больной Р. значительных изменений в количестве регистрируемых ответов не было отмечено, так как и в обычных условиях почти каждое световое раздражение вызывало ответ, если интервал между стимулами был не менее 1.5 сек. На звуковое раздражение в этих условиях число эффективных стимулов не изменилось. При активации внимания форма ответов становилась более устойчивой, главным образом на световое раздражение. До пробы напряжение положительной фазы в некоторых отведениях колебалось в больших пределах, т. е. развивалось явление привыкания, при активации внимания амплитуды положительных фаз стабилизировались, не уменьшались при длительном повторении стимуляции. Отрицательная фаза стала более высоковольтной (рис. 4). Это было особенно заметно в отведениях от бледного шара (первый электрод четвертого и пятый электрод пятого пучков).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как наши данные, так и зарубежные публикации (Gastaut, 1949; Jouvét, Courjon, 1958; Chatrian, Bickford, Uihlein, 1958, 1960; Chatrian, Petersen, Lazarte, 1960; Walter, 1960; Jouvét, 1961; Walker, Marshall, 1961; Walter, Crow, 1961, и др.) показывают, что различные формы вызванных потенциалов и вызванных реакций, обнаруживающихся при обычных обследованиях (ЭЭГ) на поверхности головного мозга, можно зарегистрировать через вживленные электроды и в глубоких подкорковых структурах мозга человека. Локализация, диффузное распределение и длительный латентный период ответов указывают на то, что импульс распространяется и достигает обследованных структур через неспецифические, многосинаптические пути. Длительность латентного периода и амплитуда ответов оказались не одинаковыми в различных образованиях головного мозга. Кроме этого, обнаруживались и четкие индивидуальные различия, по всей вероятности зависящие и от характера заболевания. У больной С., у которой заболевание носило преимущественно эпилептический характер, были отмечены самые короткие латентные периоды ответов (35—40 мсек.) и самые высоковольтные компоненты всех видов вызванных потенциалов (более 100, нередко 200 мкв). У других двух больных, страдающих гиперкинезом неэпилептического характера, латентный период был значительно, нередко в два раза больше (100—130 мсек.) и амплитуды ответов были отчетливо ниже (10—75 или в отдельных отведениях 50—90 мкв). При одновременных обследованиях вызванных потенциалов в «корковой» мезэнцефальной и таламической областях у больной С. самые короткие латентные периоды и самые высокие амплитуды ответов наблюдались именно в тех зонах, где эпилептическая активность была самая выраженная и устойчивая. Среди этих зон первое место заняла премоторная область коры, за ней следовал мезэнцефальный отдел ствола мозга, и, наконец, медиальные ядра таламуса. По-видимому, гораздо менее были вовлечены в эпилептический процесс латеральная и вентролатеральная области таламуса. Подобные короткие латентные периоды наблюдали некоторые авторы (Chatrian, Petersen, Lazarte, 1960; Walter, 1960) у больных, страдающих психическими заболеваниями. Известно, что если сенсорная область становится местом эпилептического поражения, то вызванные потенциалы значительно увеличиваются (Jasper, 1954). Наши наблюдения показывают, что в эпилептогенной зоне, кроме увеличения вольтажа ответных реакций, могут появиться «эпилептиформные черты» вызванных потенциалов. Нередко в некоторых (но не во всех) отведениях от коркового, мезэнцефального и реже от медиально-таламического пучков вызванные потенциалы обнаруживались в виде многофазных ответов, состоящих из 4—6 или более пиковых волн, или в виде эпилептиформного разряда другого типа, подобного комплексу «множест-

венные пики — волны» (двух-, трехфазные острые и заключительное медленное колебание). В непосредственном соседстве с этими областями на расстоянии 3—6 мм обнаруживалось отсутствие этих патологических вызванных потенциалов или вообще отсутствие ответов, или обратные фазовые отношения элементов ответа. Все участки обследованных структур, где были зарегистрированы особенно высоковольтные устойчивые, эпилептиформные, многофазные ответы, учитывались нами как области поражения, области возможных патологических очагов. В качестве патологического признака расценивалось и наличие большой длительности рефрактерного периода вызванных потенциалов при повторных раздражениях. Согласно данным Уолтера (Walter; 1960) и др., неспецифические ответы на световое раздражение обнаруживают значительную тенденцию к «привыканию», т. е. уменьшаются по амплитуде или угасают после нескольких стимулов (у больной Г. и Р. в некоторых отведениях после 4—5, в других отведениях после 10—12 стимулов, у больной С. иногда раньше, иногда несколько позже). По наблюдению Уолтера, ответы на звук длительно сохранялись без явлений «привыкания» в глубине лобной доли. В наших наблюдениях, наоборот, звуковые ответы очень скоро исчезали, нередко после 3—5 щелчков. У двух больных (Г., Р.) при повторных стимуляциях ответы от одного и того же отведения были характерные по своим параметрам. У больной С. ответы оказывались очень изменчивыми по форме, по латентному периоду и по амплитуде. Подобную изменчивость со стороны вызванных потенциалов, регистрируемых в зрительном пути (*radiatio optica*) наблюдал Гасто (Gastaut, 1949). «On»- и «off»-эффекты и эффект при быстром переключении ритма раздражителя, в сущности, по своим параметрам соответствуют вторичному ответу, но следует отметить, что «off»-эффект реже обнаруживался (у больной Г. не регистрировался вообще), имел более длительный латентный период и нередко меньше компонентов, чем «on»-эффект.

В настоящем исследовании наблюдалось воспроизведение и удержание ритма стимуляции в подкорковых структурах. Появление реакции воспроизведения ритма в большой степени зависело от функционального состояния нервной системы в данный момент (Shagass, 1955). По нашим наблюдениям, в бодрствовании воспроизводился более частый ритм (8—10 в 1 сек.), чем после введения барбитурата в процессе пробуждения (4—6 в 1 сек.). В бодрствующем состоянии феномен был самым отчетливым в тех отведениях, где эпилептическая активность была самой выраженной, однако при пробуждении он доминировал в отведениях от различных областей таламуса. Это наблюдение позволяет предполагать, что источниками феномена являются, по всей вероятности, подкорковые образования, в первую очередь таламус (Walter, 1954), конкретная область выраженности феномена динамично меняется или расширяется при изменении функционального состояния ц. н. с. Реакция оказалась независимой от наличия  $\alpha$ -активности (Walter, 1954) и обнаруживалась и там, где у больной никогда не отмечалось  $\alpha$ -ритма. Наши данные показывают, что феномен «удержания ритма» можно зарегистрировать и в тех случаях, когда в головном мозгу имеется многоочаговое хроническое поражение.

Данные, полученные при активации внимания, подтверждают опыты авторов (Jouvet, Courjon, 1958; Jouvet, 1961; Ervin, Weltner, 1961, и др.), указавших на облегчающую роль активизированного внимания на вызванные потенциалы в подкорковых структурах. Увеличение отрицательной фазы и стабилизация положительной фазы ответов обнаруживались особенно в области бледного шара. Подобно экспериментальным данным Морuzzi (Moruzzi, 1961), наши наблюдения свидетельствуют также об облегчающем эффекте активации ретикулярной формации на ответы в области ствола, таламуса и коры, вызванные одиночными сенсорными раздражениями.

## ВЫВОДЫ

1. С помощью множественных вживленных электродов оказывается возможным исследовать электрические ответы медиальных, латеральных, вентролатеральных областей таламуса, медиального членика бледного шара, мезэнцефального отдела ствола мозга и глубоких слоев премоторной зоны коры на световое и на звуковое раздражения.

2. Параметры и динамика различных форм вызванных потенциалов зависят от характера заболевания, от актуального функционального состояния ц. н. с. и в меньшей степени от типа структур головного мозга. При эпилепсии ответы увеличиваются.

3. Область появления и выраженности феномена воспроизведения ритма расширяется при пробуждении после применения барбитурата; в этом же состоянии может появляться феномен «удержания ритма» стимуляции, главным образом в области таламуса.

4. При активации внимания обнаруживались увеличение отрицательной фазы и стабилизация положительной фазы ответов. Без активации внимания вызванные потенциалы обнаруживают тенденцию к привыканию в подкорковых структурах и в глубоких слоях премоторной зоны коры.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бехтерева Н. П., К. В. Грачев, Р. Гомби, Т. С. Степанова, Матер. IV Всесоюз. электрофизиол. конфер., 50, Ростов-на-Дону, 1963.  
 Бехтерева Н. П., К. В. Грачев, А. Н. Орлова, С. Л. Яцук, Журн. невропатол. и психиатр. им. С. С. Корсакова, 63, № 1, 3, 1963.  
 Бехтерева Н. П., К. В. Грачев, Т. С. Степанова, Матер. IV Всесоюз. электрофизиол. конфер., 49, Ростов-на-Дону, 1963.  
 Смирнов В. М., К. В. Грачев. Матер. IV Всесоюз. электрофизиол. конфер., 335, Ростов-на-Дону, 1963.  
 Chatrian G. E., R. C. Bickford, A. Uihlein, *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 10, 362, 1958; 12, 167, 1960.  
 Chatrian G. E., M. C. Petersen, J. A. Lasarte, *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 12, 479, 1960.  
 Ervin F. R., J. Weltner, *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 13, 308, 1961.  
 Gastaut H., *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1, 205, 1949.  
 Jasper H. H. In: W. Penfield, H. H. Jasper, 1954.  
 Jouvett M., *Excerpta Med.*, 37, 80 1961.  
 Jouvett M., J. Courjon, *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 10, 344, 1958.  
 Moruzzi G., *Excerpta Med.*, 37, 19, 1961.  
 Penfield W., H. H. Jasper. *Epilepsy a. the Functional Anatomy of the Human Brain*. Boston, 1954.  
 Shagass Ch., *Arch. Neurol. a. Psych.*, 74, 3, 1955.  
 Walker A. E., C. Marshall, *Excerpta Med.*, 37, 83, 1961.  
 Walter W. G. In: *Brain mechanisms and consciousness*. Oxford, 1954; *Anaesthesia*, 15, 105 1960.  
 Walter W. G., H. J. Crow, *Excerpta Med.*, 37, 64 1961.

Поступило 11 X 1963

# DYNAMICS OF THE HUMAN ELECTROSUBCORTICOGRAM ON EXPOSURE TO PHOTIC OR AUDITORY STIMULATION

By R. Gombi

From the Department of Applied Human Neurophysiology, Institute of Experimental Medicine, Leningrad



УДК 612.822.3.087

АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ И КРОССКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ  
«МЕЧЕНЫХ РИТМОВ» В ЭЭГ ЧЕЛОВЕКА  
ПРИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Е. Б. Сологуб

Кафедра физиологии Института физической культуры им. П. Ф. Лесгафта,  
Ленинград

Электроэнцефалографические исследования во время мышечной деятельности встречают большие затруднения. С одной стороны, это методические трудности, связанные с регистрацией ЭЭГ при движении, с другой стороны, — отсутствие достаточно удобных и разработанных методов анализа ЭЭГ.

В наших исследованиях (Сологуб, 1957, 1958, 1960, 1962 и др.) при выработке у человека простых двигательных навыков на средних этапах тренировки были обнаружены особые медленные потенциалы, идущие в ритме работы. Они отражают временную специфику работы и в отличие от других ритмов ЭЭГ были названы «мечеными ритмами» (МР). Факт появления МР имеет большое практическое и теоретическое значение; так как по времени появления и пространственному их распределению можно изучать формирование рабочих структур мозга. При хорошей выраженности МР их легко наблюдать визуально. Однако часто МР бывают замаскированы случайными колебаниями. В этих случаях для идентификации МР нами были применены методы автокорреляционного и кросс-корреляционного анализа. Эти методы анализа являются средством обнаружения слабых периодических сигналов (Левин, 1957; Бриллюэн, 1960; Merzer, 1960; Винер, 1961; Усов, 1961, и др.) и с успехом применялись для выделения слабого ритмического ответа из суммарной ЭЭГ (Brazier, Barlow, 1956; Barlow, 1959, 1960a, 1960b; Barlow, Brazier, Rosenblith, 1959; Бреже, 1962, и др.).

## МЕТОДИКА

Исследования проводились на 32 взрослых здоровых испытуемых. В зависимости от спортивной квалификации и специализации они были разбиты на 4 группы: низкоквалифицированных — нетренированные и бегуны III разряда, средней квалификации — бегуны II разряда, высококвалифицированных — бегуны I разряда и мастера спорта и высококвалифицированных спортсменов других специализаций (по 8 человек). Все испытуемые в течение 30 мин. выполняли в собственном темпе бег на месте. ЭЭГ регистрировалась на пятнадцатиканальном чернильном осциллографе, исследовались униполярные отведения от лобной, передней центральной, теменной и затылочной областей. Чашечкообразные серебряные электроды наклеивались коллодием на выбранный участок головы. Одновременно для суждения об устойчивом состоянии при работе регистрировались ЭМГ работающих мышц (передняя большеберцовая и камбаловидная мышцы) и контрольные ЭМГ (шейные, височные или жевательные мышцы), а также ЭКГ в переднем грудном отведении, пневмограмма и отметка движения.

Для выявления интересующих нас ритмов применялся метод автокорреляционного анализа, позволяющий обнаружить слабый периодический сигнал в суммарной ЭЭГ. В ходе этого анализа утрачивается информация о форме волн и их фазовых отношениях, но в усиленном виде проявляется имеющаяся периодика. Автокорреляционная функция случайных колебаний ЭЭГ представляет собой затухающую кривую (Усов, 1961,

и др.), а автокоррелограмма синусоиды — косинусоидальную кривую с тем же периодом волн. В нашем случае было важно обнаружить наличие МР в каждом из взятых отведений для выяснения пространственного его распределения по коре. Первый этап анализа состоял из ручной обработки отрезков униполярных кривых ЭЭГ длительностью 3.6 сек. В каждой кривой на интервалах  $\tau=50$  мсек. регистрировался знак первой производной потенциала по времени (при 20 отсчетах в 1 сек. анализировались частоты 0.5—10 колебаний в 1 сек.). Так как учитывались только знаки  $+$  и  $-$ , то полученная запись представлялась в виде 72-разрядного двоичного числа, которое в восьмиричной системе заносилось на программные бланки. Дальнейший анализ проводился электронными вычислительными машинами в вычислительном центре Ленинградского университета. Смещение кривых производилось с интервалами задержки  $\tau=50$  мсек. Коэффициенты корреляции  $R$  определялись по упрощенной формуле:  $R \sim \cos \frac{m\pi}{n}$  (Бернштейн, 1946), где  $n$  — общее число отсчетов, а  $m$  — число совпадений знаков. На основании полученных данных для каждого отрезка ЭЭГ строилось 8 кривых автокорреляционной функции (по числу анализируемых отведений) и 28 кривых кросскорреляционной функции (по числу попарных сочетаний кривых). Всего вычислено свыше 9000 коэффициентов автокорреляции и свыше 32 000 коэффициентов кросскорреляции, построено 256 автокоррелограмм и 896 кросскоррелограмм.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обследование спортсменов-бегунов показало, что МР у них выражены гораздо больше, чем у нетренированных лиц при выполнении той же работы. Особенно резко МР проявились у бегунов II и III разрядов. У нетренированных при выполнении бега может полностью отсутствовать МР, часто наблюдается в ЭЭГ удвоенный рабочий ритм (рис. 1, А, 7). У бегунов III и II разрядов МР иррадиированы по различным областям коры (см. *схемы* пространственного распределения МР, рис. 1, Б, В), удвоенные ритмы также часто наблюдаются (рис. 1, В, 6). Более быстрое падение амплитуды автокоррелограммы в передних отделах мозга (рис. 1, Б, 2, В, 1, Г, 1) говорит о меньшей устойчивости МР в этих отделах по сравнению с задними отделами. По мере дальнейшего роста квалификации спортсмена наблюдается снижение выраженности МР и концентрация его в меньшем числе отведений. Одновременно нарастает выраженность  $\alpha$ -ритма, который особенно наглядно проявляется в группе мастеров спорта (рис. 1, Д, Е.).

Для более полного представления об общем характере изменений ЭЭГ человека на разных стадиях формирования двигательного навыка на рис. 2 приводятся сводные данные оценки результатов автокорреляционного анализа. Зачерненная площадь показывает количество отведений мозга, имеющих МР. Внизу дан график вероятности появления МР в разных группах. Наиболее достоверны различия между группами бегунов II разряда и мастеров спорта ( $t=4.978$ ), при 1%-м уровне значимости различия достоверны между группами нетренированных лиц и бегунов II разряда ( $t=2.678$ ), бегунов III разряда и мастеров спорта ( $t=2.575$ ), бегунов I разряда и мастеров спорта ( $t=2.596$ ).

Помимо общей количественной характеристики, был проведен анализ выраженности МР отдельно по каждому полушарию. Учитывалось число отведений ЭЭГ с МР из общего числа отведений от данного полушария (в каждой группе анализировалось 48 автокоррелограмм). Оказалось, что во время работы у низкоквалифицированных спортсменов МР больше выражены в сенсо-моторных областях правого полушария (рис. 3, *черные столбики*), а у высококвалифицированных — в этих же областях левого полушария (рис. 3, *белые столбики*). Внутригрупповые межполушарные различия наиболее достоверны в группе бегунов I разряда и мастеров спорта ( $t=4.651$ ), с 1%-м уровнем значимости эти различия достоверны в группе низкоквалифицированных спортсменов ( $t=2.796$ ) и с 2%-м уровнем значимости достоверны в группе спортсменов других специализаций ( $t=2.512$ ). Межполушарные различия у бегунов II разряда отсутствуют ( $t=0.623$ ), что связано с широкой иррадиацией МР по обоим полушариям.

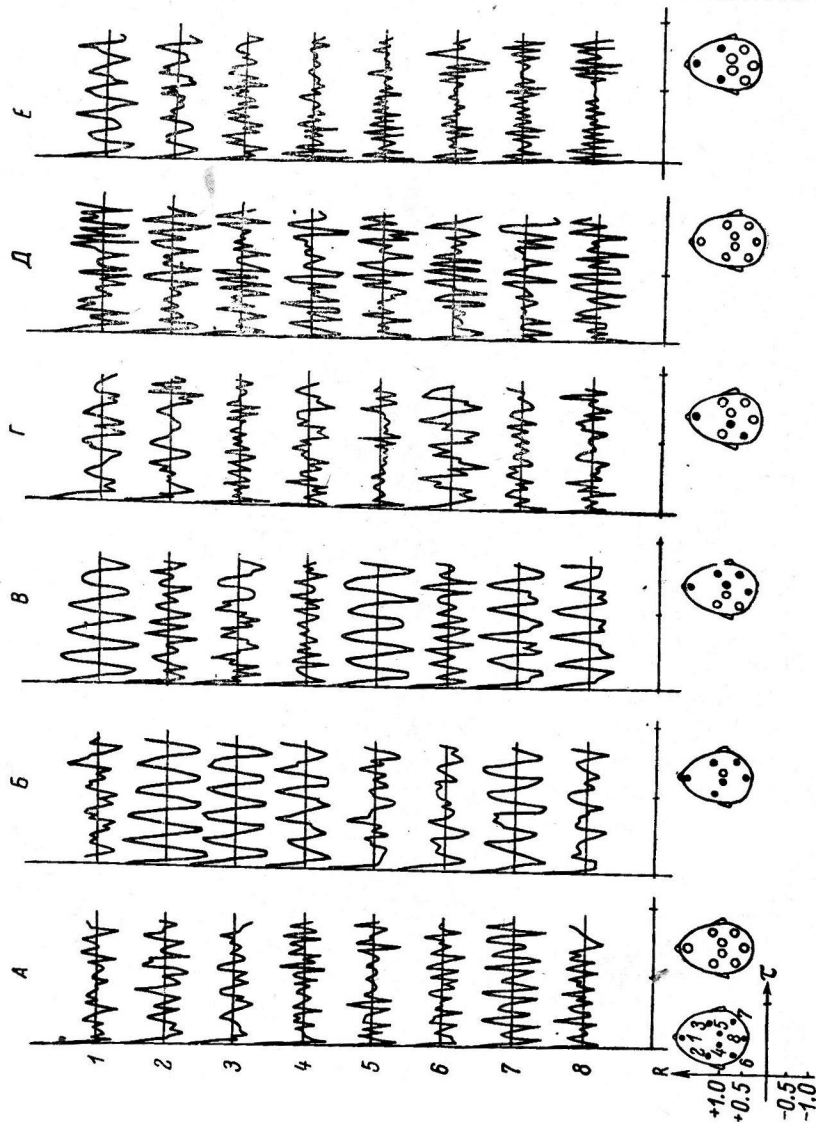


Рис. 1. Автокорреляционные кривые испытуемых различной спортивной квалификации и специализации при выполнении бега на месте.

А — нетренированный; Б — бегун III разряда; В — бегун II разряда; Г — бегун I разряда; Д — мастер спорта по бегу; Е — спортсмен I разряда. Сверху вниз: автокорреляционные униполярных отведений ЭЭГ (по номерам соответствуют схеме). Внизу слева — масштаб и схема расположения электродов. Под автокорреляционными — схемы расположения электродов, где черными точками обозначены отведения ЭЭГ с МР. По оси ординат — значения коэффициентов автокорреляции R; по оси абсцисс — интервалы задержки  $\tau$ . Отметка времени 1 сек.

При сравнении вероятности появления МР в каждом полушарии в группах разной беговой квалификации были получены значения  $t$ , представленные в таблице.

Степень различия в выраженности «меченых ритмов» по полушариям (по критерию Стьюдента) между группами испытуемых

| Группы    | Левое полушарие |       |       |       | Правое полушарие |       |       |       |
|-----------|-----------------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
|           | III             | II    | I     | М     | III              | II    | I     | М     |
| Н . . .   | 1.762           | 2.965 | 5.551 | 1.185 | 0.216            | 0.586 | 3.341 | 3.363 |
| III . . . | —               | 0.870 | 3.025 | 0.319 | —                | 0.421 | 4.724 | 4.761 |
| II . . .  | —               | —     | 2.425 | 1.115 | —                | —     | 6.948 | 6.947 |
| I . . .   | —               | —     | —     | 2.961 | —                | —     | —     | 0.000 |

Примечание. Н — нетренированные лица, III — бегуны III разряда, II — бегуны II разряда, I — бегуны I разряда и М — мастера спорта по бегу.

Из данных таблицы видно, что по выраженности МР в левом полушарии более всего выделяется группа бегунов I разряда (проанализировано 15 автокоррелограмм). Наиболее достоверны различия между этой группой и группами нетренированных (9 автокоррелограмм) и бегунов III раз.

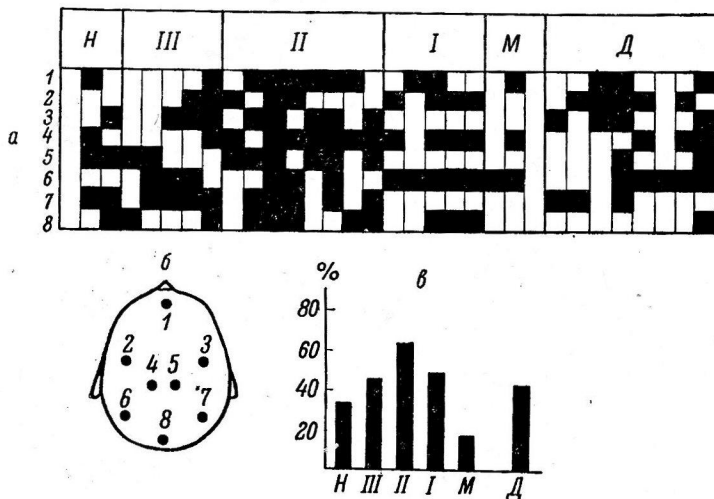


Рис. 2. Изменение выраженности МР в разных группах испытуемых.

Н — нетренированные; III — бегуны III разряда, II — II разряда, I — I разряда; М — мастера спорта по бегу; Д — другие спортсмены. а — вертикальные линии — разграничивают данные отдельных испытуемых. Зачерненные участки — наличие, белые — отсутствие МР. Цифры слева — номера отведений, соответствующие номерам на схеме расположения электродов (б). б: по оси ординат — процент ответов с МР на ЭЭГ от общего числа анализированных отведений ЭЭГ.

ряда (15 автокоррелограмм). Получено также достоверное отличие (при 1%-м уровне значимости) группы бегунов II разряда (24 автокоррелограмм) от группы нетренированных, группы бегунов I разряда от мастеров спорта (9 автокоррелограмм) и (при 2%-м уровне значимости) группы бегунов II разряда от группы бегунов I разряда. По выраженности МР в правом полушарии как группа мастеров спорта, так и бегунов I разряда

с высокой степенью достоверности отличаются от групп нетренированных и бегунов III и II разряда. Остальные различия недостоверны.

Таким образом, в ходе обработки данных автокорреляционного анализа ЭЭГ выяснилась определенная связь выраженности и характера пространственного распределения МР по коре головного мозга в зависимости от стадий формирования двигательного навыка у спортсменов.

Для дополнительного выяснения значения функционального состояния коры и подкорковых структур в генезе МР были проведены исследования с применением фармакологических проб. Изучалось влияние аминазина, кофеина и алкоголя на характер электрической активности мозга работающего человека. В этой серии проводились многократные исследования на группе лиц (23 человека) с применением одной и той же нагрузки на фоне действия различных веществ. На рис. 4 показаны характерные для этой серии автокоррелограммы одного и того же испытуемого, который трижды выполнял 30-минутный бег на месте: в нормальном состоянии (рис. 4, А, 23-я мин. бега), через 1.5 часа после приема 100 мг аминазина *per os* (рис. 4, Б, 24-я мин. бега) и через 40 мин. после приема 2 мл 10% кофеина *per os* (рис. 4, В, 21-я мин. бега). В исходном состоянии у данного испытуемого МР наблюдались во всех отделах мозга с различной, однако, степенью синхронизации, что видно по значениям коэффициентов корреляции электрической активности отдельных пар отведений ЭЭГ (рис. 4, А, правая схема). Средний коэффициент корреляции (из 28 частных коэффициентов) равен 0.767. Кроме того, в рабочей ЭЭГ имеется небольшой процент  $\alpha$ -ритма. После приема аминазина резко уменьшается амплитуда МР в автокоррелограммах и сужается область его проявления, значительно нарастает выраженность  $\alpha$ -ритма. Межцентральная корреляция снижается (рис. 4, Б, правая схема): сильные связи с высоким коэффициентом корреляции ( $R=0.85-1.00$ ) заменяются преобладающими слабыми связями ( $R=0.40-0.69$ ). Средний коэффициент корреляции снижается до 0.638. Темп бега замедлен по сравнению с исходным (2 шага в 1 сек., или 120 в 1 мин., вместо 2.5 шага в 1 сек., или 150 шагов в 1 мин.). После приема кофеина амплитуда МР в автокоррелограммах нарастает по сравнению с исходной, наблюдается большая его регулярность, компоненты  $\alpha$ -ритма почти совершенно исчезают, особенно в моторных областях (ср. 4 и 5 на рис. 4, А и В). Видно усиление синхронизации активности различных корковых зон по увеличению числа сильных связей ( $R=0.70-0.84$  и  $R=0.85-1.00$ ), что отражается также и в росте среднего коэффициента корреляции до 0.822. Темп бега увеличен по сравнению с исходным (3 шага в 1 сек.). Следовательно, в данных исследованиях проявилась явная зависимость выраженности и распространенности МР от изменения функционального состояния корковых нервных центров и от участия структур ретикулярной формации.

В дальнейшем для получения сведений о фазах «меченых» колебаний потенциалов в разных отведениях применялся кросскорреляционный анализ. По положению максимумов огибающей кросскорреляционной кривой определялось наличие сдвига по фазе между двумя обследованными кривыми ЭЭГ. На рис. 5 показано 28 кросскорреляционных кривых, полученных при анализе того же отрезка ЭЭГ, автокоррелограммы которого представлены на рис. 1, В. По данным автокорреляционного анализа, МР были обнаружены в 1-м, 3-м, 5-м, 7-м и 8-м отведе-

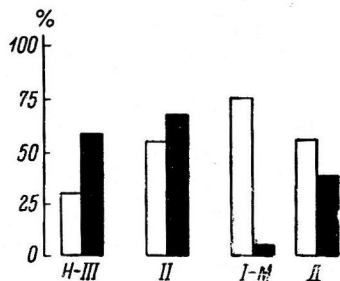


Рис. 3. Выраженность МР в правом (черные столбики) и в левом (белые столбики) полушариях в разных группах испытуемых.

Обозначения групп те же, что и на рис. 2, в.



ниях (рис. 1, В). Однако из этих зон работают синхронно лишь правая моторная область руки (3), правая нижнетеменная (7) и затылочная (8) — максимум кросскорреляционных кривых находится для данных отведений при  $\tau=0$  (рис. 5). С небольшим сдвигом по фазе возникают МР в лобном отведении (1), а правая моторная область ноги (5) работает контрфазно (при  $\tau=0$  находится минимум кросскорреляционной кривой). В остальных кривых МР либо слабо намечен, либо отсутствует вовсе.

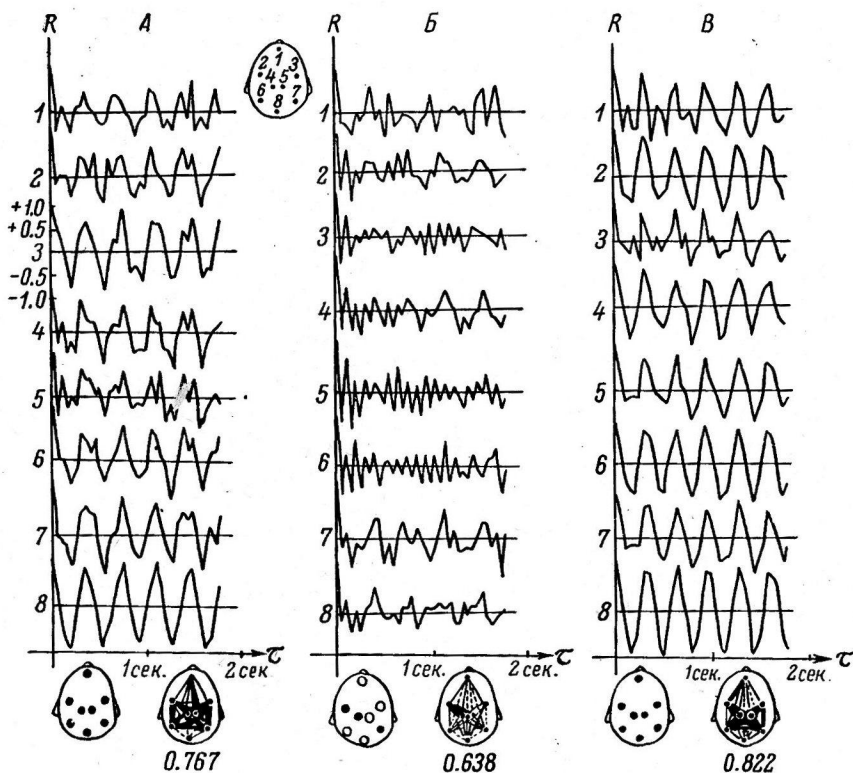


Рис. 4. Изменения МР в автокоррелограммах у испытуемого Ш. при действии различных веществ.

А — при беге в нормальном состоянии; Б — на фоне действия аминазина; В — на фоне действия кофеина. По оси абсцисс — интервалы задержки  $\tau$  (в сек.); по оси ординат цифры — номера отведений, цифры с плюсом и минусом — масштаб величин коэффициентов автокорреляции  $R$  для всех кривых. Наверху — схема расположения электродов. Внизу 3 пары схем, в которых на левых схемах черными точками обозначены отведения с МР на ЭЭГ, белыми — без МР, в правых схемах — величины коэффициентов корреляции между соответствующими отведениями (пунктир —  $R=0.40-0.69$ ; тонкая линия —  $R=0.70-0.84$ ; жирная линия —  $R=0.85-1.00$ ); цифры под схемами — средние коэффициенты корреляции.

Фазовые отношения колебаний потенциалов в различных точках мозга не постоянны, а испытывают определенные изменения по ходу работы. Они могут изменяться как при переходе от вращивания к устойчивому состоянию или от устойчивого состояния к утомлению, так и в течение периода устойчивого состояния.

Сочетание автокорреляционного и кросскорреляционного анализа ЭЭГ обнаруживает, таким образом, определенные пространственно-временные особенности формирования ритмики мозга во время работы.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Особым вопросом в данных исследованиях являются методические трудности регистрации ЭЭГ непосредственно во время интенсивной физической работы, так как при этом возможны различные артефакты, свя-



занные с движениями испытуемого. Многолетние исследования в этом направлении показали, однако, принципиальную возможность изучения ЭЭГ при мышечной деятельности. Основными методическими условиями подобных экспериментов являются, с одной стороны, надежное крепление электродов (чашекообразные серебряные электроды приклеиваются коллодием к выбритому участку головы) и, с другой стороны, проведение постоянного контроля в различных направлениях.

Для исключения помех физического характера (качания электродов, проводов, учета особенностей работы усилителей и др.) проводился кон-

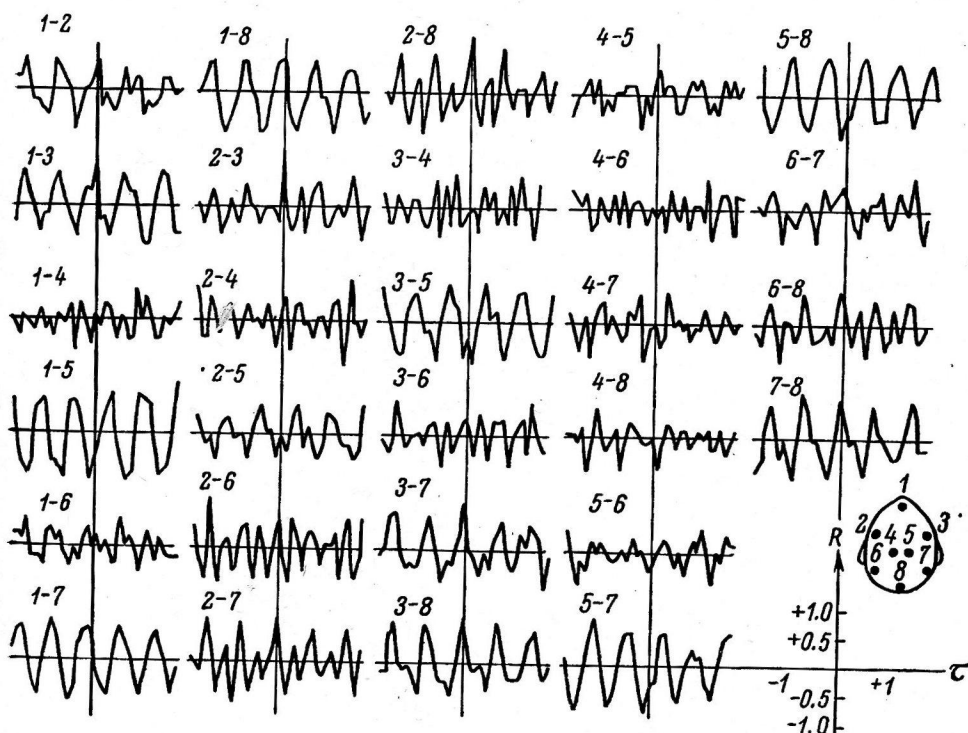


Рис. 5. Кросскоррелогаммы бегуна II разряда С.

Цифры над кривыми — номера отведений, соответственно схеме расположения электродов. По оси ординат — коэффициенты кросскорреляции  $R$ ; по оси абсцисс — величина задержки  $\tau$  (в сек.), масштабы которых даны внизу справа.

троль текущего сопротивления электродов (по показаниям стрелочного индикатора); использовались контрольные носовые или скуловые отведения; приклеивалось коллодием к виску испытуемого постоянное сопротивление 10 ком, провода от которого подключались на один из каналов энцефалографа; проводились контрольные записи от электродов, приклеенных на перемещающийся препарат черепа или резиновый шар; измерялись величины абсолютного и относительного фазового сдвига усилителей и т. п.

Для исключения помех физиологического характера одновременно с ЭЭГ регистрировались электрокардиограмма, пневмограмма, окулограмма, дермограмма и температура различных точек кожи (в том числе и в местах отведения ЭЭГ).

Все проведенные исследования показали, что наблюдаемые нами медленные потенциалы в темпе работы не являются механическим или физиологическим артефактом. Однако для решения вопроса о мозговом генезе МР особенно убедительным является их связь с определенными стадиями формирования двигательного навыка и с изменениями функционального состояния мозга.

С одной стороны, на определенных испытуемых регистрируется при движении чистый  $\alpha$ -ритм, не модулированный по амплитуде в темпе бега (см. автокорреллограммы на рис. 1, Д, Е.). С другой стороны, при полном двигательном покое испытуемого МР проявляются в предстартовом состоянии, при действии условных раздражителей или в порядке рефлекса на время (Сологуб, 1962). Наконец, в данной работе со статистической достоверностью обнаружилось наличие наиболее выраженных процессов иррадиации МР в группе спортсменов II разряда и концентрации МР в группе перворазрядников и мастеров спорта, преобладание МР в правом полушарии у низкоквалифицированных спортсменов и в левом полушарии у высококвалифицированных.

Явления иррадиации и концентрации медленных потенциалов в ритме работы наблюдались нами ранее при длительной тренировке испытуемых на эргографе как две последовательные фазы упражнения (Сологуб, 1957, 1958, 1960 и др.), что подобно усилению и уменьшению синхронизации электрической активности мозга по ходу выработки условного рефлекса у животных (Гливенко, Королькова, Кузнецова, 1960; Ливанов, 1962, и др.). Появляющиеся на средних этапах тренировки МР связывались нами с процессами усвоения ритма работы или внешней синхронизации (Голиков, 1950). Результаты анализа ЭЭГ позволили рассматривать длительную многолетнюю тренировку спортсменов как единый процесс формирования и совершенствования двигательного динамического стереотипа, этапы которого можно проследить по данным электрической активности мозга.

Применение автокорреляционного и кросскорреляционного анализа МР в ЭЭГ позволило окончательно установить мозговое происхождение МР. Исследование динамики МР открывает большие возможности для решения вопросов оценки работоспособности, уровня тренированности и для теоретических исследований в области физиологии трудовой и спортивной деятельности человека.

### ВЫВОДЫ

1. С помощью автокорреляционного и кросскорреляционного анализа при исследовании медленных потенциалов в ритме работы, или «меченых ритмов» (МР) в ЭЭГ спортсменов во время выполнения 30-минутного бега на месте обнаружено статистически достоверное различие в характере ЭЭГ испытуемых, находящихся на различных стадиях формирования двигательного навыка. Наибольшая выраженность МР обнаружена в автокорреллограммах спортсменов средней квалификации (бегунов II разряда), меньшая — у нетренированных лиц и у мастеров спорта; обнаружено также преобладание в автокорреллограммах высококвалифицированных спортсменов  $\alpha$ -ритма.

2. При исследовании распределения МР между полушариями, по данным автокорреляционного анализа, обнаружилось преобладание его в правом полушарии у спортсменов низкой квалификации и в левом полушарии — у высококвалифицированных спортсменов.

3. Выявилась закономерная связь МР с изменениями функционального состояния мозга: резкое уменьшение выраженности, регулярности и иррадиации МР на фоне действия аминазина и обратные изменения на фоне действия кофеина.

4. Применение кросскорреляционного анализа позволило изучать характер фазовых отношений МР в различных пунктах коры на разных этапах работы.

### ЛИТЕРАТУРА

Б е р н ш т е й н С. Н. Теория вероятностей. М.—Л., 1946.

Б р е ж е М. В сб.: Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962.

- Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М., 1960.
- Винер Н. Нелинейные задачи в теории случайных процессов. М., 1961.
- Гливенко Е. В., Т. А. Королькова, Г. Д. Кузнецова, III Конфер. по вопр. электрофизиол. нервн. сист., Тез. докл., Киев, 1960.
- Голиков Н. В. Физиологическая лабильность и ее изменения при основных нервных процессах. Изд. ЛГУ, Л., 1950.
- Левин Б. Р. Теория случайных процессов и ее применение в радиотехнике. М., 1957.
- Ливанов М. Н. В сб.: Электроэнцефалографические исследования высшей нервной деятельности. М., 1962.
- Сологуб (Штюрмер) Е. Б., Тез. докл. Научн. сесс. АН СССР и Ленингр. общ. физиол., посвящ. 40-й годовщ. Октябрьской революции, 98, 1957; Физиол. журн. СССР, 44, № 9, 859, 1958; Тез. докл. XIX Совец. по пробл. высш. нервн. деят., ч. 2, 110, Л., 1960; Физиол. журн. СССР, 48, № 1, 3, 1962.
- Усов В. В., Физиол. журн. СССР, 47, № 5, 665, 1961.
- Barlow Y. S., YRE Trans. on Med. Electronics, ME-6, 3, 179, 1959; EEG a. clin. Neurophysiol., 12, 317, 1960a; Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 25, 85, 1960b.
- Barlow Y. S., M. A. Brazier, W. A. Rosenblith, Proceedings on the Nat. Biophys. Confer., 622, New Haven, Yale Univ. Press, 1959.
- Brazier M. A. B., Y. S. Barlow, EEG a. clin. Neurophysiol., 8, 325, 1956.
- Merzer D. M. Z., Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, 25, 73, 1960.

Поступило 18 XII 1962

---

## AUTOCORRELATION AND CROSSCORRELATION ANALYSIS OF «LABELLED WORK RHYTHMS» IN THE HUMAN EEG DURING MUSCLE WORK

By *E. B. Sologub*

From the Department of Physiology, P. F. Lesgaft Institute of Physical Culture, Leningrad

---

## ЛАТЕНТНЫЙ ПЕРИОД ДВИГАТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ И ДЕПРЕССИЯ $\alpha$ -РИТМА ПРИ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЕ, ГИПЕРВЕНТИЛЯЦИИ И ЗАДЕРЖКЕ ДЫХАНИЯ

*М. П. Иванова*

Центральный институт физической культуры, Москва

Современные методы электроэнцефалографического исследования широко используются для обнаружения соотношения между электрическими потенциалами и различными показателями других функций, в частности двигательных реакций. При этом могут учитываться как величина латентного периода, так и наличие или отсутствие депрессии  $\alpha$ -ритма и ее продолжительность.

При сопоставлении этих двух показателей был обнаружен ряд фактов, указывающих на тесную зависимость одного явления от другого, проявляющуюся в том, что изменение латентного периода двигательной реакции влечет за собой однонаправленное колебание длительности депрессии  $\alpha$ -ритма.

Так, Е. Н. Соколов (1958), а также Моррел и Росс (Morrell, Ross, 1953) наблюдали наряду с увеличением латентного периода двигательной реакции также удлинение фазы депрессии  $\alpha$ -ритма в случаях введения дифференцировки. И. А. Пеймер (1960) отмечал удлинение латентного периода двигательной реакции и фазы депрессии  $\alpha$ -ритма под влиянием торможения разной природы. Нами (Иванова, 1962, 1963) были обнаружены однонаправленные колебания этих двух показателей в разных нейродинамических условиях: при исследовании простых и сложных условно-рефлекторных связей, в случаях статической иррадиации нервных процессов, при дифференцировке раздражителей, адресованных к различным участкам поля зрения, при переделке под влиянием внешнего тормоза, при замене отставленного рефлекса обычным, в случае суммации тормозных раздражителей, при разных паузах между сигналами и т. д.

Задача данной работы проследить, как меняются латентный период двигательной реакции и депрессия  $\alpha$ -ритма под влиянием различных физиологических факторов: мышечной работы разной интенсивности, а также непродолжительных гипервентиляции и задержки дыхания.

### МЕТОДИКА

У испытуемых регистрировали латентный период двигательной реакции (нажатие на ключ при зажигании световых раздражителей) с помощью электросекундомера и электромиографии (ЭМГ), электроэнцефалограмму (ЭЭГ) затылочно-теменных областей правого и левого полушарий мозга биполярно, пульс, дыхание, а также отметку предъявляемых сигналов. Кроме того, с правого полушария записывали суммарную электрическую активность мозга.

Регистрацию всех этих показателей производили на восьмиканальном электроэнцефалографе фирмы «Альвар» в экранированной камере. Латентный период двигательной реакции определяли в сотых, длительность депрессии  $\alpha$ -ритма в десятых долях секунды. Для получения более точной величины учитывали медиану из 8—10 измерений этих показателей.

Было проведено 126 опытов на 5 спортсменах, преимущественно первого разряда. Полученные данные были статистически обработаны по методу Стьюдента для малых выборок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из огромного числа исследований физиологов спорта и труда известно, что латентный период двигательной реакции под влиянием утомительной мышечной работы удлиняется, неутомительной — укорачивается. Мы задались целью проследить, как при этом изменяется фаза депрессии  $\alpha$ -ритма.

В условиях наших опытов после мышечной работы до отказа (поднимание штанги весом в 35 кг в среднем 40—45 раз в течение 50 сек.) наряду с гемодинамическими изменениями (пульс через 2—3 мин. после окончания работы был 108—114 ударов, дыхание 23—24 цикла в 1 мин.) в большинстве случаев увеличивался латентный период двигательной реакции, а вместе с ним удлинялась и фаза депрессии  $\alpha$ -ритма, (табл. 1, рис. 1). Что касается изменений других параметров ЭЭГ, то, кроме некоторого улучшения регулярности  $\alpha$ -ритма и увеличения его амплитуды, никаких существенных колебаний обнаружено не было. Все это свидетельствует об ухудшении функционального состояния нервных центров.

Таблица 1

Изменение латентного периода (в сек.) двигательной реакции (А) и времени депрессии  $\alpha$ -ритма (в сек.) затылочно-теменной области левого (Б) и правого (В) полушарий мозга до и после работы

| Работа         | Статистические показатели | До работы |          |          | После работы |        |        |
|----------------|---------------------------|-----------|----------|----------|--------------|--------|--------|
|                |                           | А         | Б        | В        | А            | Б      | В      |
| Утомительная   | $M$ . . . . .             | 0.39      | 0.9      | 0.8      | 0.51         | 1.3    | 1.3    |
|                | $\sigma$ . . . . .        | 0.152     | 0.432    | 0.466    | 0.149        | 1.338  | 1.31   |
|                | $m(M)$ . . . . .          | 0.03      | 0.08     | 0.09     | 0.028        | 0.25   | 0.25   |
|                | $t$ . . . . .             | 2.9, 99%  | 1.5, 86% | 1.9, 94% |              |        |        |
| Неутомительная | $M$ . . . . .             | 0.22      | 1.3      | 1.6      | 0.17         | 1.0    | 1.1    |
|                | $\sigma$ . . . . .        | 0.0777    | 0.2059   | 0.384    | 0.0823       | 0.4827 | 0.5541 |
|                | $m(M)$ . . . . .          | 0.018     | 0.04     | 0.09     | 0.019        | 0.11   | 0.13   |
|                | $t$ . . . . .             | 1.9, 94%  | 2.5, 98% | 3.1, 99% |              |        |        |

Примечания. На табл. 1 и 2:  $M$  — средняя величина;  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение;  $m(M)$  — среднее квадратическое отклонение средней величины;  $t$  — критерий достоверности различия средней величины приведенных параметров до и после работы.

Если работа, несмотря на инструкцию, выполнялась не до отказа (в этих случаях пульс и дыхание восстанавливались до исходного уровня за 1 мин.), латентный период двигательной реакции после работы уменьшался, а фаза депрессии  $\alpha$ -ритма укорачивалась.

Неутомительная работа приводит к повышению уровня функционального состояния нервных центров, что, видимо, и проявляется в укорочении латентного периода двигательной реакции и длительности депрессии  $\alpha$ -ритма. Каких-либо существенных изменений в частотноамплитудной характеристике электрических потенциалов мозга обнаружено не было.

Восстановление функционального состояния высших отделов ц. н. с. (по данным латентного периода двигательной реакции) происходит фазно: уровень возбудимости корковых клеток после работы то повышается, то понижается (Ратов, 1962, и др.). В наших опытах восстановление функционального состояния ц. н. с. изучалось на протяжении 30 мин. (двигательные реакции исследовались через 5, 10, 20 и 30 мин. после окончания работы). Было обнаружено, что пульс и дыхание восстанавливались

быстро, через 1—2 мин. достигая дорабочего уровня. Латентный период двигательной реакции и величина депрессии  $\alpha$ -ритма обнаруживали фазные колебания. Через 5—10 мин. эти показатели возрастали, через 20 мин. уменьшались и вновь начинали увеличиваться к концу 30-й мин. после окончания работы. Причем уменьшение латентного периода сочеталось с сокращением длительности депрессии, увеличение его — с возрастанием времени депрессии  $\alpha$ -ритма (рис. 2).

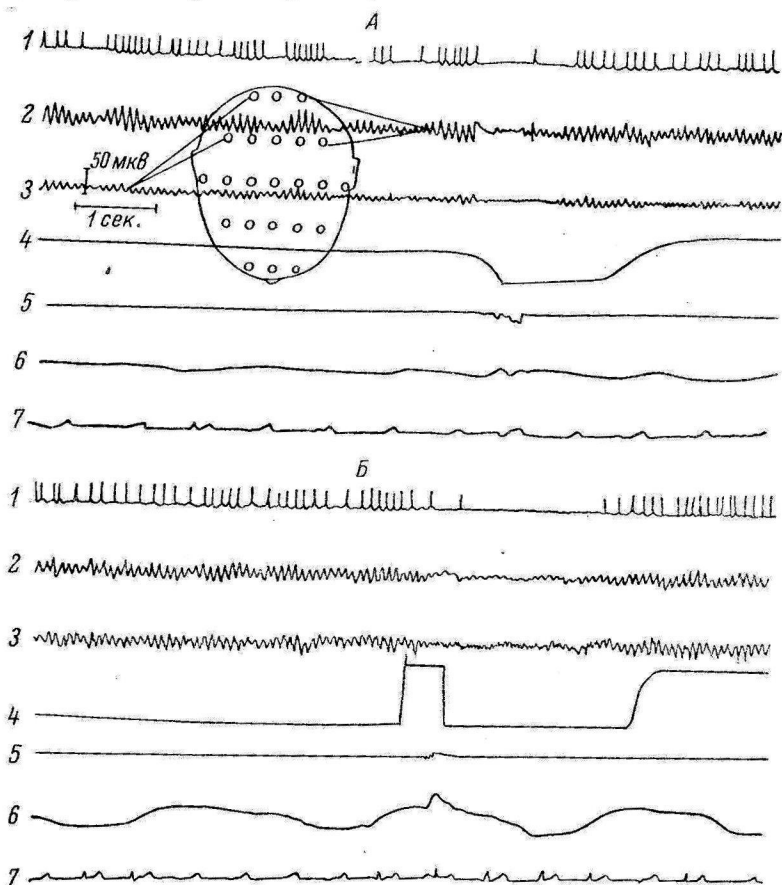


Рис. 1. ЭЭГ, ЭМГ, ЭКГ и дыхание до (А) и после (Б) утомительной мышечной работы.

1 — отметка работы интегратора; 2, 3 — ЭЭГ, 4 — отметка сигнала; 5 — ЭМГ; 6 — дыхание; 7 — ЭКГ.

Однонаправленность изменения латентного периода двигательной реакции и длительности депрессии  $\alpha$ -ритма после мышечной работы получены в 81% случаев. Таким образом, были подтверждены факты, полученные нами ранее при изучении восстановления функционального состояния высших отделов ц. н. с. по данным условнорефлекторной реакции, выработанной на звуковые раздражители (Иванова, 1962).

Исследования А. И. Ройтбака и Ц. М. Дедабришвили (1958) показали, что непродолжительная гипервентиляция снижает возбудимость корковых клеток. Это проявляется в удлинении латентного периода двигательной реакции. Регистрируя ЭЭГ одновременно с этим показателем, мы пытались выяснить соотношение между изменением электрических явлений и физиологических процессов, разыгрывающихся под влиянием произвольной гипервентиляции легких. При этом мы исследовали изменение не только соматических, но и вегетативных функций.



Гипервентиляция легких (25 дыхательных циклов за 29—35 сек.) вызывает следующие изменения. Пульс, постепенно нараставший во время гипервентиляции (в среднем до 108 ударов в 1 мин.), после гипервентиляции сразу начинает снижаться (в среднем до 78—84 ударов в 1 мин.) и восстанавливается в основном к концу первой минуты. Что касается дыхания, то после гипервентиляции в большинстве случаев наступает апноэ (в среднем в течение 49 сек.) Затем дыхание постепенно восстанавливается (через 2—3 мин., а в некоторых случаях через 6—8 мин.).

В ЭЭГ непродолжительная гипервентиляция вызывает следующие изменения. Сразу после окончания гипервентиляции примерно на протяже-

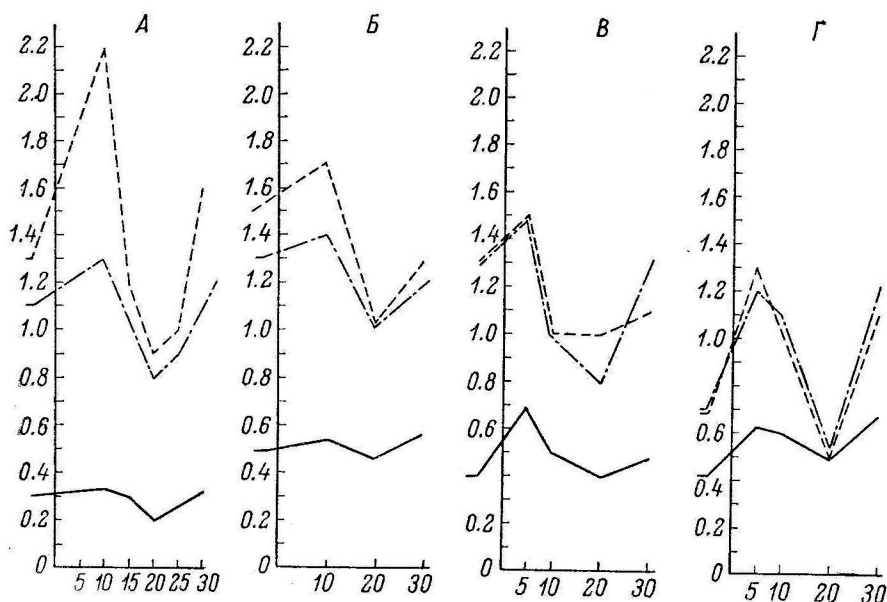


Рис. 2. Фазовый характер изменения латентного периода двигательной реакции длительности фазы депрессии в восстановительном периоде после работы.

По оси ординат — длительность изучаемых показателей (в сек.); по оси абсцисс — восстановительный период после работы (в мин.). Прерывистая линия с точками — длительность депрессии  $\alpha$ -ритма левого полушария; прерывистая линия — то же для правого полушария; сплошная линия — латентный период двигательной реакции. А — испытуемый Л., опыт от 28 II 1961; Б — испытуемый Б., опыт от 2 III 1961; В — испытуемый Л., опыт от 4 III 1961; Г — испытуемый А., опыт от 7 III 1961.

нии 15—20 сек.  $\alpha$ -ритм становится нерегулярным, могут появиться медленные волны с частотой 4—5 колебаний в 1 сек., затем  $\alpha$ -волны становятся регулярными, однако они несколько учащены. Амплитуда сначала на протяжении 2—3 мин. понижена, затем она возрастает, в ряде случаев выше исходного уровня. На этом фоне латентный период двигательной реакции увеличивается. После гипервентиляции наряду с латентным периодом двигательной реакции удлиняется и фаза депрессии  $\alpha$ -ритма (рис. 3).

Известно, что гипервентиляция легких приводит к недостаточной концентрации углекислоты в крови. При этом снижается артериальное давление, по Короткову, до 90—70 мм рт. ст., уменьшается кровенаполнение мозга, учащается пульс, а дыхательный центр перестает работать в нормальном ритме, в связи с чем и возникает апноэ. Все эти изменения вызывают, видимо, понижение возбудимости нервных центров. Это в свою очередь приводит в случаях более глубоких колебаний к резкому изменению амплитудно-частотной характеристики ЭЭГ — появлению медленных волн. При менее резких колебаниях, как в наших случаях, это приводит

к удлинению латентного периода двигательной реакции, что сопровождается, как правило, усилением депрессии  $\alpha$ -ритма.

Задержка дыхания (в течение 35—40 сек.) наряду с урежением пульса до 48 ударов в 1 мин., учащение дыхания до 32 циклов в 1 мин. (в среднем) вызывает некоторые изменения биопотенциалов мозга (рис. 4). В начале задержки дыхания наступает депрессия  $\alpha$ -ритма (на протяжении 10—15 сек.), которая сменяется экзальтацией его. После окончания задержки

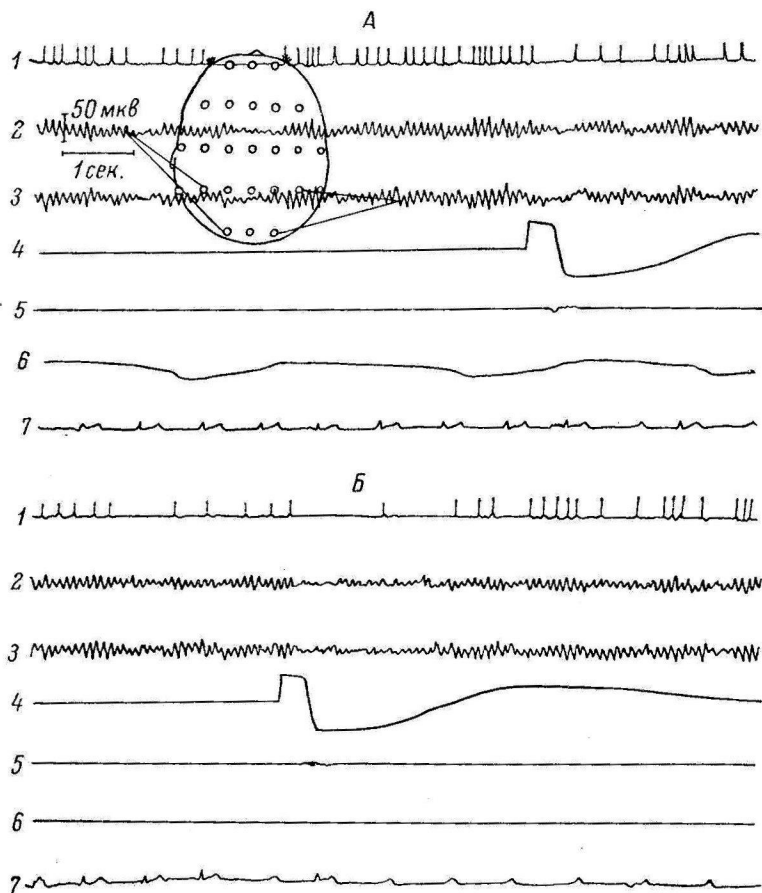


Рис. 3. Изменение ЭЭГ до (А) и после (Б) гипервентиляции легких.

Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

дыхания  $\alpha$ -ритм вновь уменьшается, становится нерегулярным, но быстро восстанавливается (через 15—20 сек.). В частотной характеристике ЭЭГ при этом существенных колебаний не наступает. Амплитуда  $\alpha$ -ритма сначала уменьшается по сравнению с исходным уровнем, затем возрастает. На фоне этих изменений, так же как и после гипервентиляции легких, возрастает латентный период двигательной реакции, а наряду с этим увеличивается и фаза депрессии  $\alpha$ -ритма (табл. 2).

Как известно, потребность нервных центров в кислороде очень велика и деятельность корковых клеток расстраивается при гипоксии. При этом пульс учащается, увеличивается амплитуда пульсовых колебаний, нарастает кровенаполнение мозга, общее кровяное давление повышается, давление в мозговых сосудах также увеличивается. Вместе с изменениями содержания кислорода в крови наблюдаются изменения нервной деятельности, выраженность которых зависит от продолжительности задержки

дыхания и функционального состояния организма. Резкие колебания функционального состояния корковых клеток при задержке дыхания иногда сопровождаются появлением высокоамплитудных медленных волн. Менее глубокие изменения, наблюдавшиеся в наших опытах, проявляются прежде всего в удлинении латентного периода двигательной реакции и фазы депрессии  $\alpha$ -ритма.

Таким образом, такие физиологические факторы, как мышечная работа до отказа, непродолжительные гипервентиляции легких и задержка

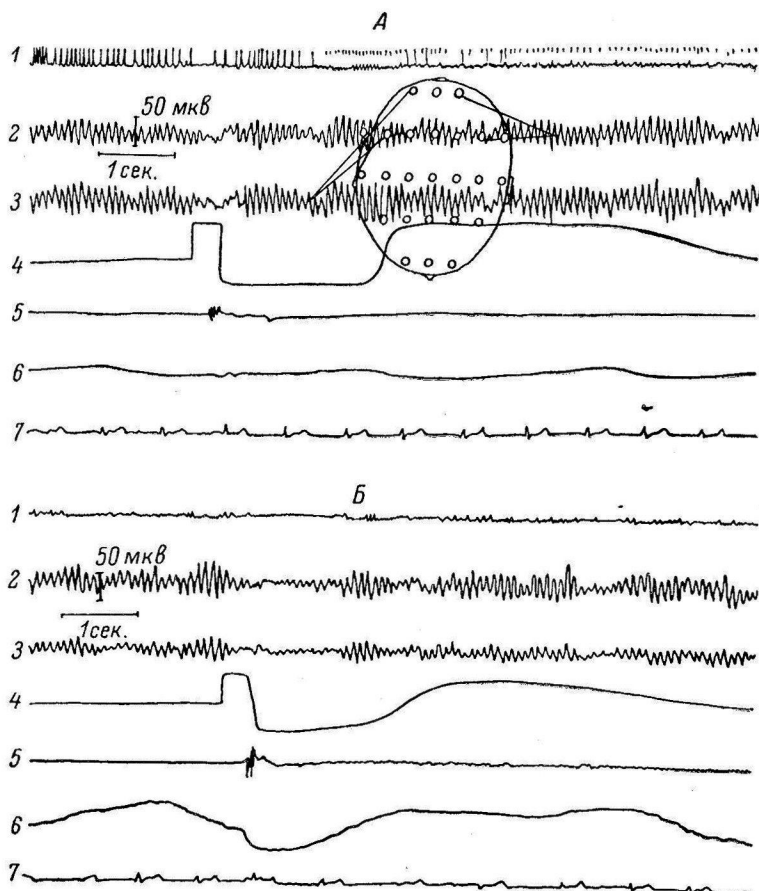


Рис. 4. Изменение ЭЭГ до (А) и после (Б) задержки дыхания.

Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

дыхания в большинстве случаев удлиняют латентный период двигательной реакции (Ройтбак, Дедабришвили, 1958; Morrell, Ross, 1953). Вместе с ним увеличивается и фаза депрессии  $\alpha$ -ритма. В тех случаях, когда после работы латентный период двигательной реакции уменьшается, сокращается и фаза депрессии  $\alpha$ -ритма.

Исследование восстановления функционального состояния высших отделов ц. н. с. после физической работы также позволило выявить однонаправленность фазовых колебаний как одного, так и другого показателей.

Как видно из статистической обработки данных, во всех случаях (кроме первой серии) изменения латентного периода двигательной реакции менее значительны (хотя и четко выражены), чем изменения депрессии основных корковых ритмов, которые статистически достоверны. Видимо, эти данные являются дополнительными фактами, указывающими на тесную зависимость биоэлектрических явлений от физиологических процессов,

Таблица 2

Изменение латентного периода двигательной реакции (А) и времени депрессии  $\alpha$ -ритма затылочно-теменной области левого (Б) и правого (В) полушарий мозга до и после гипервентиляции легких и задержки дыхания

| Воздействие      | Статистические показатели | До воздействия |          |          | После воздействия |        |        |
|------------------|---------------------------|----------------|----------|----------|-------------------|--------|--------|
|                  |                           | А              | Б        | В        | А                 | Б      | В      |
| Гипервентиляция  | $M$ . . . . .             | 0.39           | 0.7      | 0.8      | 0.45              | 1.1    | 1.1    |
|                  | $\sigma$ . . . . .        | 0.2186         | 0.3728   | 0.4626   | 0.1311            | 0.9132 | 0.8837 |
|                  | $m(M)$ . . . . .          | 0.05           | 0.099    | 0.12     | 0.03              | 0.24   | 0.23   |
|                  | $t$ . . . . .             | 1.4, 83%       | 2.7, 99% | 3.0, 99% | —                 | —      | —      |
| Задержка дыхания | $M$ . . . . .             | 0.39           | 0.7      | 0.8      | 0.45              | 1.1    | 1.1    |
|                  | $\sigma$ . . . . .        | 0.1338         | 0.386    | 0.1049   | 0.13              | 0.1034 | 0.4919 |
|                  | $m(M)$ . . . . .          | 0.036          | 0.1      | 0.03     | 0.03              | 0.027  | 0.14   |
|                  | $t$ . . . . .             | 1.3, 80%       | 3.3, 99% | 2.0, 95% | —                 | —      | —      |

протекающих в коре головного мозга, обнаруженную рядом авторов как на животных, так и на человеке (Berger, 1931; Коган, 1951, 1956, 1961; Лаптев, 1952; Ливанов, 1952, 1956; Русинов, 1957; Gastaut, Jus: a. o., 1957; Ройтбак, 1960, и др.).

### ВЫВОДЫ

1. Под влиянием утомительной мышечной работы, непродолжительных гипервентиляции и задержки дыхания может увеличиться латентный период двигательной реакции в ответ на световой раздражитель, наряду с этим возрастает и фаза депрессии  $\alpha$ -ритма.

2. Под влиянием неутомительной мышечной работы латентный период двигательной реакции может уменьшаться, в этих случаях сокращается и фаза депрессии  $\alpha$ -ритма.

3. В восстановительном периоде после физических упражнений латентный период двигательной реакции и длительность депрессии  $\alpha$ -ритма изменяются фазно, то сокращаясь, то возрастая. Колебания обоих показателей протекают однонаправленно.

### ЛИТЕРАТУРА

- Иванова М. П. В сб.: Проблемы физиологии спорта, в. 2, 231, 1960; Журн. высш. нервн. деят., 12, № 3, 437, 1962; 13, № 1, 42, 1963.
- Коган А. Б. В сб.: XIV Сессия по проблемам высшей нервной деятельности, 20. М.—Л., 1951; Докл. на XX Междунар. конгр. физиолог. в Брюсселе, 259, М., 1956; Журн. высш. нервн. деят., 11, № 4, 652, 1961.
- Лаптев И. Н. В кн.: Проблемы высшей нервной деятельности. М.—Л., 1952.
- Ливанов М. Н., Тр. XV Сесс. по пробл. в. н. д., посв. 50-летию учения И. П. Павлова об условных рефлексах, М.—Л., 248, 1952; Журн. высш. нервн. деят., 6, № 1, 128, 1956.
- Пеймер И. А. В сб.: Вопросы электрофизиологии и энцефалографии, 70. М.—Л., 1960.
- Ратов И. П. Экспериментальное обоснование условий применения упражнений с отягощениями при обучении и тренировке легкоатлетов-метателей. Дисс. М., 1962.
- Ройтбак А. И. В сб.: Гагские беседы, 3, 149. Тбилиси, 1960.
- Ройтбак А. И., Ц. М. Дедабришвили. В сб.: Проблемы физиологии спорта, 139. М., 1958.
- Русинов В. С., Журн. высш. нервн. деят., 7, № 6, 855, 1957.
- Соколов Е. Н. Восприятие и условный рефлекс. М., 1958.
- Berger H., Arch. Psychiat. Nervenkr., 94, 16, 1931.
- Gastaut H., A. C. Jus, F. Morrell, W. Arom van Leewen, S. Dougier, R. Naquet, H. Regis, V. Rogers, D. Benkerling, A. Kamp, J. Wirre, EEG a. clin. Neurophysiol., 9, 1, 1957.
- Morrell F., M. Ross, Arch. Neurol. a. Psychiatry, 70, 611, 1953.

Поступило 8 VI 1963

ГЕНЕРАЛИЗОВАННЫЕ РЕАКЦИИ  
И ВЫЗВАННЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ В ЭЭГ НОВОРОЖДЕННЫХ ДЕТЕЙ

Д. А. Фарбер

Физиологическая лаборатория Научно-исследовательского института акушерства  
и гинекологии Министерства здравоохранения СССР, Москва

Большое внимание исследователей привлечено к созреванию восходящей активирующей системы мозга в процессе раннего онтогенеза (Аршавский 1959; Волохов, Крылов, Никитина, Шелягина, 1960; Ата-Мурадова, 1960, 1961; Гохблит, 1960; Наседкин, 1960; Cadilhac, Passauant-Fanfaine, Passauant, 1961; Розанова, 1962; Голубева, 1962).

Задачей настоящей работы является изучение влияния ретикулярной формации на формирование электрической активности коры мозга новорожденных детей первых дней постнатальной жизни и выяснение степени участия специфической и неспецифической афферентных систем в реакциях новорожденного на внешние раздражения.

## МЕТОДИКА

При биополярных и монополярных отведениях регистрировалась электрическая активность затылочных, теменных, центральных, височных и лобных областей обоих полушарий, области затылочного сочленения и вертекса. Электроды, маленькие серебряные чашечки, наполненные пастой, фиксировались с помощью резинового шлема, прикрепляемого к одеялу спеленутого ребенка. Такая фиксация, не травмируя новорожденного, обеспечивает надежный контакт электродов.

Одновременно с ЭЭГ в части исследований как показатель ориентировочной реакции регистрировалось грудное и брюшное дыхание. Запись проводилась на двадцатиканальном чернилопишущем электроэнцефалографе. Отклонение пера вверх на всех электрограммах, за исключением рис. 4, соответствует отрицательному колебанию потенциала. На рис. 4 отклонение вверх соответствует положительному колебанию. Световые и звуковые раздражения подавались от фото-фоностимулятора. Лампа вспышки устанавливалась на расстоянии 30—35 см от глаз новорожденного. Приведены результаты исследования 115 клинически здоровых доношенных новорожденных в возрасте от 1—3 часов до 10 дней.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Электроэнцефалограмма сна и бодрствования новорожденного. Тоническое активирующее влияние ретикулярной формации ствола мозга проявляется прежде всего, как показали исследования Моруцци и Мегуна (Moruzzi, Magoun, 1949), Линдсли, Шрейнера, Ноулза и Мегуна (Lindsley, Schreiner, Knowles, Magoun, 1949) и др., в поддержании бодрствующего состояния коры больших полушарий.

Вопрос о различии в ЭЭГ сна и бодрствования новорожденных детей долгое время не являлся окончательно выясненным, в основном в связи с трудностью регистрации ЭЭГ бодрствующего новорожденного.

В последние годы в работах Дрейфус-Бризак и Бланк (Dreifus-Brisac, Blanc, 1956), Эллинсона (Ellingson, 1958), Д. А. Фарбер (1960а) были



показаны изменения электрической активности при переходе от сна к бодрствованию.

На рис. 1 приведена ЭЭГ, зарегистрированная в течение одного исследования у новорожденного в возрасте 29 часов в состоянии бодрствования неглубокого и глубокого сна. Во время бодрствования ЭЭГ характери-

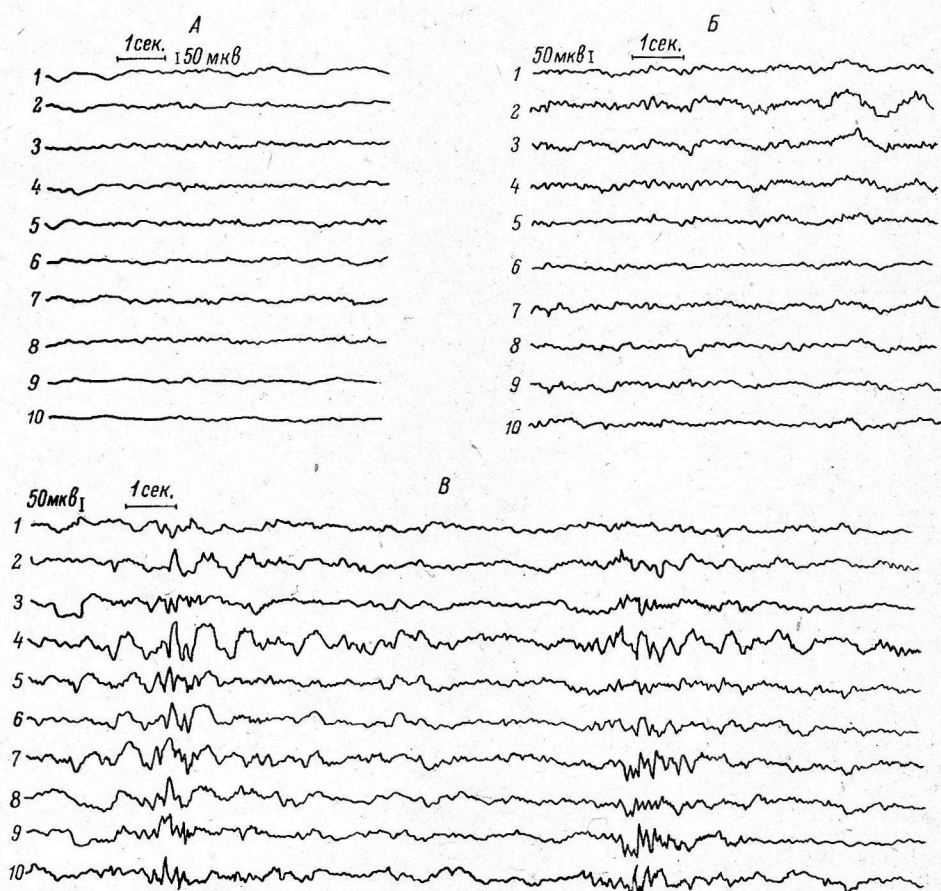


Рис. 1. Различия в ЭЭГ сна и бодрствования новорожденного в возрасте 29 часов.

А — ЭЭГ во время бодрствования, Б — в состоянии неглубокого сна, В — во время глубокого сна. Сверху вниз отведения: затылочно-теменное (справа и слева) (1, 2), затылочно-височное (3, 4), теменно-центральные (5, 6), центрально-лобные (7, 8), височно-лобные (9, 10).

зуется сглаженной низковольтной активностью. В состоянии неглубокого сна увеличивается амплитуда электрической активности, появляются колебания частотой 5—7 в 1 сек., наиболее отчетливо выраженные в затылочных областях (рис. 1, Б). При глубоком сне во всех областях с интервалами в 7 сек. регистрируются комплексы колебаний, включающие гиперсинхронизированные медленные волны частотой 3 в 1 сек. и ритмические колебания 7—8 в 1 сек. Преимущественная выраженность этого комплекса отмечается в передних отделах мозга (рис. 1, В).

Из представленных кривых видно, что ритмические синхронизированные колебания, являющиеся основным видом электрической активности у детей более старшего возраста и взрослых, в ЭЭГ новорожденных в состоянии бодрствования отсутствуют. Бодрствование новорожденных характеризуется уплощением электрической активности.



Ниже будет показано сходство ЭЭГ бодрствования с реакцией пробуждения новорожденного, регистрируемой при действии афферентных раздражителей.

Уплотнение электрической активности в ответ на афферентное раздражение или раздражение ретикулярной формации ствола показано многими авторами. Росси и Цанкетти (1960) отмечают, что уплотнение иногда является единственным эффектом раздражения ретикулярной формации и, следовательно, его можно рассматривать как разновидность реакции активации.

Приведенные данные дают основание полагать, что уплотнение электрической активности во время бодрствования новорожденного обусловлено тоническим влиянием восходящей активирующей системы. При прекращении этого влияния и переходе новорожденных от бодрствования ко сну увеличивается амплитуда колебаний. Обращает на себя внимание тот факт, что в переходном от бодрствования ко сну состоянии в ЭЭГ новорожденных детей впервые намечается ритмическая организация электрической активности коры. Эта ритмическая активность еще очень неустойчива, она характерна только для определенной фазы неглубокого сна. Преобладающей формой активности в состоянии глубокого сна являются комплексы гиперсинхронизированных колебаний, регистрируемых с определенными временными интервалами (7—10 сек.). У некоторых новорожденных эти комплексы чередуются с периодами полной депрессии электрической активности (Фарбер, 1960а).

В состав периодического возникающего комплекса колебаний, носящего веретенообразный характер, обычно включены гиперсинхронизированные медленные волны частотой 2—3 в 1 сек. и ритмические колебания 7—8, иногда 10—12, в 1 сек. По частоте и амплитуде эти комплексы отличаются от сонных веретен взрослого. Низкоамплитудные веретена частотой 14—15 в 1 сек. в ЭЭГ детей, как отмечает А. Н. Шеповальников (1962), появляются только в возрасте 2—3 месяцев. Однако периодический характер гиперсинхронизированных комплексов, наблюдаемых в состоянии глубокого сна у новорожденных, их преимущественная выраженность в центральных областях, их сходство с высокоамплитудными веретенами, регистрируемыми в состоянии естественного сна и в определенные фазы наркоза у животных, дают основание считать, что они обусловлены активностью диффузной неспецифической системы таламуса.

Таким образом, анализ ЭЭГ сна и бодрствования новорожденных свидетельствует о созревании неспецифической системы мозга к моменту рождения ребенка.

Влияние неспецифической системы и соотношение ее со специфической афферентацией проявляются также в реакциях новорожденного на внешние раздражения.

Изменения в ЭЭГ новорожденных детей в ответ на звуковое раздражение. Звуковые раздражения вызывают в большинстве случаев диффузные изменения корковой ритмики. Исследованиями Дрейфус-Бризак и Бланк (Dreifus-Brisac, Blanc, 1956), А. Г. Поляковой (1961) и нашими наблюдениями было показано, что характер этих изменений зависит от исходного фона электрической активности.

Применение звукового раздражения во время сна новорожденного на фоне высокоамплитудной медленной активности вызывает в большинстве случаев реакцию пробуждения, выражающуюся в уплотнении электрической активности. Латентный период этой реакции 2—3 сек.

Уплотнение электрической активности в ответ на звуковое раздражение демонстрируется на рис. 2, А. На представленных кривых звуковое раздражение вызывает уплотнение электрической активности через 2.5 сек. после начала действия раздражителя. Эта реакция пробуждения, сопровождающаяся изменением дыхания, кратковременна, она не переходит в общую двигательную реакцию, как это нередко имеет место. В данном случае еще во время действия раздражителя происходит восстановление исходного фона электрической активности.

При действии звука на фоне низковольтной асинхронной электрической активности во время бодрствования новорожденного в ЭЭГ иногда регистрируются синхронизированные колебания частотой 5—6 в 1 сек.

(рис. 2, Б). Возможно, их появление связано с засыпанием новорожденного. Не исключено также, что они являются разновидностью реакции активации. Как показали исследования Ганглофа и Монье (Gangloff, Monnier, 1956), Н. И. Шумиловой (1959), Л. А. Новиковой и Д. А. Фарбер (1959), В. И. Гусельникова (1960) др., синхронизированная ритмическая активность является одним из типов реакции активации и наблюдается в тех

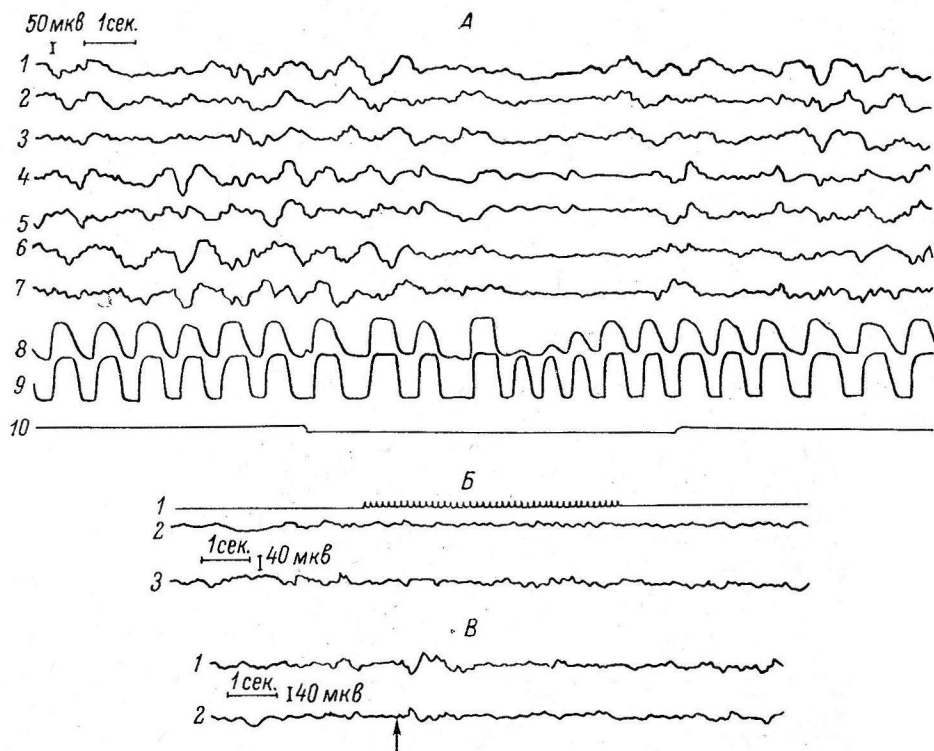


Рис. 2. Изменения электрической активности мозга новорожденного в ответ на звуковые раздражения.

А — реакция уплощения; *сверху вниз* отведения: затылочно-теменные (справа и слева) (1, 2), затылочно-височные (3, 4), теменно-лобные (5, 6), правое центрально-височное отведение (7), пневмограмма правой и левой стороны грудной клетки (8, 9), отметка звукового раздражения (10). Б — появление группы слабых синхронизированных колебаний в ответ на ритмическое звуковое раздражение; *сверху вниз*: отметка звукового раздражения (1), затылочно-теменное отведение справа (2), лобно-височное отведение справа (3). В — неспецифический ответ на звуковое раздражение; отведение с общей точкой в области темени; *сверху вниз*: затылочно-теменное отведение справа (1), теменно-лобное отведение справа (2); звуковое раздражение (хлопок в ладоши) помечено стрелкой.

случаях, когда в фоновой ЭЭГ ритмические синхронизированные колебания отсутствуют.

Помимо диффузных изменений корковой ритмики, в ответ на звуковое раздражение в ЭЭГ новорожденных в ряде случаев наблюдается неспецифический ответ типа vertex-потенциала или К-комплекса, регистрируемый во всех областях, но преимущественно выраженный в области темени (рис. 2, В). Неспецифический ответ на звуковое раздражение в ЭЭГ новорожденных наблюдал также Эллинсон (Ellingson, 1958).

По мнению К. Каца (1959), неспецифический Vertex-потенциал является отражением ориентировочной реакции и связан с возбуждением таламических и гипоталамических структур мозга. Однако в настоящее время физиологический характер Vertex-потенциала и К-комплекса оспаривается. Освальд (Oswald, 1959) полагает, что vertex-потенциал обусловлен общим вздрагиванием, Ларсон (Larsor, 1956) свя-

зывает его с миганием. Вместе с тем исследования Джилларда, Катела и Калве (Guillard, Cathala, Calvet, 1960) показали, что рефлекторные движения кожи черепа в ответ на афферентные раздражения регистрируются в области затылка и лба и не отмечаются в области темени. Неспецифический же ответ выражен преимущественно в теменной области, что подтверждается регистрацией этого потенциала методом обратных фаз (рис. 2, В).

Приведенные данные показывают, что при действии звуковых раздражителей в ЭЭГ новорожденных детей всегда наблюдаются диффузные неспецифические реакции и никогда не регистрируются локальные вызванные потенциалы в височной области мозга. В связи с этим можно полагать, что реакции новорожденного ребенка на звуковые раздражения носят подкорковый характер и обусловлены в основном неспецифическим активирующим влиянием ретикулярной формации ствола и таламуса.

Вызванные потенциалы и генерализованные реакции в ответ на световые раздражения. В работах Эллингсона (Ellingson, 1958, 1960) и наших предыдущих исследованиях (Фарбер, 1960б, 1961) было показано, что, в отличие от звукового раздражения, раздражения одиночными и ритмическими вспышками света приводят к появлению в ЭЭГ новорожденных вызванного потенциала, регистрируемого в затылочной области коры головного мозга. При действии ритмического светового раздражителя вызванные потенциалы в ритм света регистрируются до частоты мелькания 1—2 в 1 сек., при большей частоте мельканий обычно наблюдается ответ на включение и реже ответ на выключение раздражителя.

В настоящей работе для доказательства специфической природы вызванного потенциала и степени кортикализации зрительного анализатора исследовалась зона максимальной активности вызванных ответов. С этой целью электроды накладывались на несколько точек затылочной области. Результаты такого исследования приведены на рис. 3. Демонстрируются изменения в ЭЭГ трехдневного новорожденного при раздражении одиночными и ритмическими вспышками света. В ответ на одиночные вспышки света (рис. 3, А) регистрируется вызванный потенциал наиболее характерной для новорожденных формы. Он состоит из основного позитивно-негативного колебания, вслед за которым отмечается вторичная позитивность и следовая реакция в виде группы ритмических колебаний. При сопоставлении ответов, регистрируемых из разных точек затылочной области, видно, что зона максимальной активности вызванного ответа расположена в области затылочного сочленения (17-е поле). Он четко регистрируется также с электрода, расположенного на затылочном бугре, на расстоянии 1 см от сагитальной линии (18-е поле) и совсем не выражен, либо представлен небольшим негативным колебанием в области затылочного электрода, находящегося на расстоянии 2.5 см от средней линии. В передних отделах мозга вызванные потенциалы на световое раздражение не регистрируются.

Четкая локализация вызванного потенциала дает основание расценивать его как первичный ответ, обусловленный возбуждением специфических зрительных путей. Начальная позитивная фаза ответа регистрируется у большинства детей уже в течение первого часа жизни, а по данным Эллингсона (Ellingson, 1960), наблюдается и у некоторых недоношенных, родившихся после 28 недель беременности. У новорожденных животных в раннем постнатальном периоде начальная позитивность зрительного вызванного ответа отсутствует (Hunt, Goldring, 1951; Marty, Contamin, Scherrer, 1959; Ellingson, 1960). Появление первичной позитивности расценивается как показатель функциональной зрелости специфической афферентной системы.

Вместе с тем вызванные потенциалы новорожденного ребенка, так же как первичные ответы новорожденных животных, характеризуются длительным латентным периодом — 150—250 мсек. Большая длительность

латентного периода вызванного ответа новорожденных обусловлена возрастными структурными особенностями. Как показали исследования Эллингсона, значительное укорочение латентного периода вызванного потенциала у детей наблюдается только в возрасте 2—3 месяцев и связано

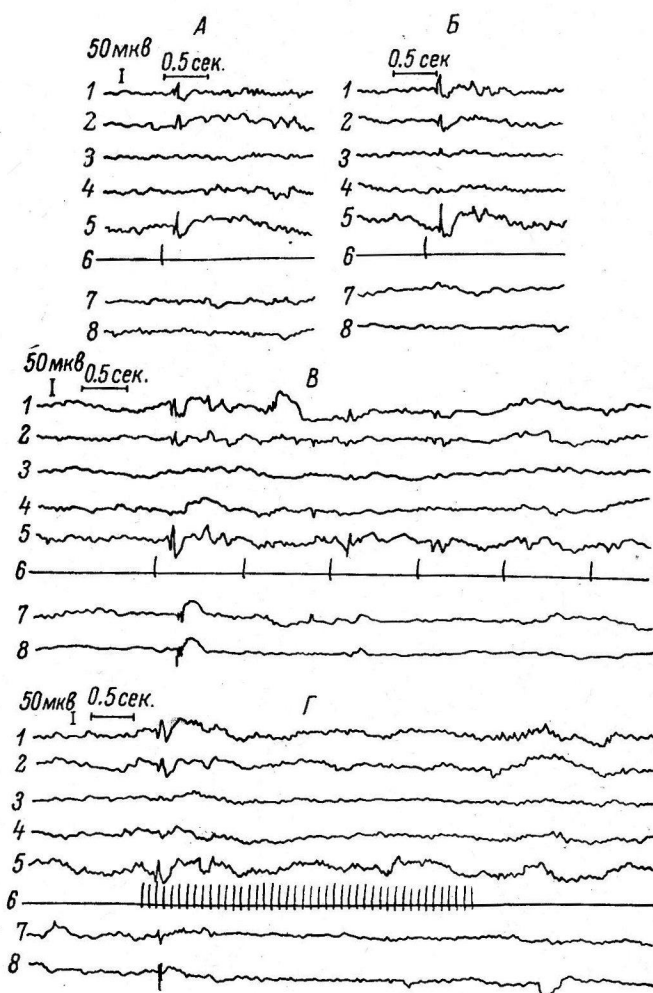


Рис. 3. Вызванные потенциалы в ЭЭГ трехдневного новорожденного в ответ на световое раздражение.

А и Б — раздражение одиночными вспышками света с интервалом 12 сек.; В — раздражение ритмическим светом при частоте мельканий 1 в 1 сек.; Г — раздражение светом с частотой мельканий 12 в 1 сек. *Сверху вниз* отведения: 1—4 — затылочно-теменные (на 1 и 2 затылочный электрод расположен на расстоянии 1 см от сагитальной линии — справа и слева от нее, 3 и 4 на расстоянии 2.5 см от сагитальной линии), 5 — затылочное сочленение — вертеко, 6 — отметка светового раздражения, 7 — теменно-лобное отведение справа, 8 — левое теменно-лобное отведение.

с миелинизацией зрительной проводящей системы и созреванием сетчатки. Другой особенностью локальных вызванных потенциалов новорожденного является их вариабельность, наиболее выраженная в состоянии бодрствования и неглубокого сна. При повторении раздражителя изменяются форма потенциала, его амплитуда, период, соотношение фаз. Раздражение вспышками света, следующими с временными интервалами

10—20 сек., иногда вызывает эффект облегчения: увеличивается амплитуда вызванного потенциала, в особенности его негативной фазы (рис. 3, В). При раздражении вспышками света, следующими с интервалами 0.5—1 сек., четкие вызванные ответы, устойчивые по амплитуде и форме, регистрируются лишь в фокусе максимальной активности у некоторых новорожденных в состоянии глубокого сна (рис. 4). У бодрствующих новорожденных и во время неглубокого сна при раздражении вспышками света, указанной частоты, наблюдается уменьшение амплитуды, увеличение латентного периода и длительности позитивной и негативной фаз вызванного ответа (рис. 3, В). Вариабильность вызванного ответа в значительной степени определяется функциональной незрелостью мозга новорожденных. Однако это не может явиться единственной причиной наблю-

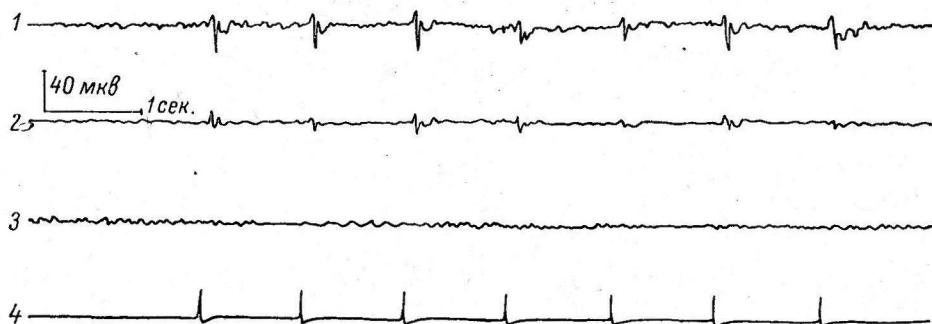


Рис. 4. Вызванные потенциалы новорожденных в состоянии глубокого сна. Световое раздражение предъявляется на депрессивном фоне электрической активности в интервале между разрядами гиперсинхронизированных колебаний. Возраст новорожденного 60 часов.

Сверху вниз отведения: 1 — затылочное сочленение — вертекс; 2 — затылочно-теменное отведение (затылочный электрод на расстоянии 2 см от средней линии); 3 — центрально-лобное отведение; 4 — отметка светового раздражения.

даемого явления. Подобные изменения вызванных потенциалов, включая первичные ответы, наблюдались рядом авторов на взрослых животных. Известно также, что непосредственное раздражение ретикулярной формации ствола может оказывать на вызванные ответы коры как облегчающее влияние, так и подавляющее действие.

Как это уже указывалось, мы наблюдали, что угнетение вызванных потенциалов при повторной стимуляции происходит обычно в состоянии бодрствования или неглубокого сна. В последнем случае при действии ритмического света отмечалось пробуждение новорожденного — регистрировалось общее движение или открывание глаз (рис. 3, В). При этом следует отметить, что в момент двигательной реакции последующее раздражение из серии не вызывает ответа на свет.

Эти наблюдения и приведенные литературные данные дают основания полагать, что степень возбуждения ретикулярной формации в значительной мере определяет характер и амплитуду вызванных потенциалов новорожденных детей.

Восходящее влияние ретикулярной формации ствола мозга при действии светового раздражения проявляется также в наличии генерализованного уплощения электрической активности и реакции усвоения ритма световых мельканий. Диффузное уплощение электрической активности при действии света обычно наблюдается в состоянии глубокого сна и сходно с реакцией пробуждения в ответ на звук (рис. 5, А).

Реакция усвоения ритма световых мельканий имеет место в большинстве случаев при действии ритмического светового раздражителя (3—6 ко-



лебаний в 1 сек.) в состоянии неглубокого сна или бодрствования новорожденных. До недавнего времени считалось, что реакция усвоения ритма появляется в ЭЭГ детей только в возрасте 3 месяцев (Dreifus-Brisac, Blanc, 1956; Мирзоянц, 1961). Впервые наличие реакции усвоения ритма в ЭЭГ новорожденных детей первых дней жизни было показано Эллинг-

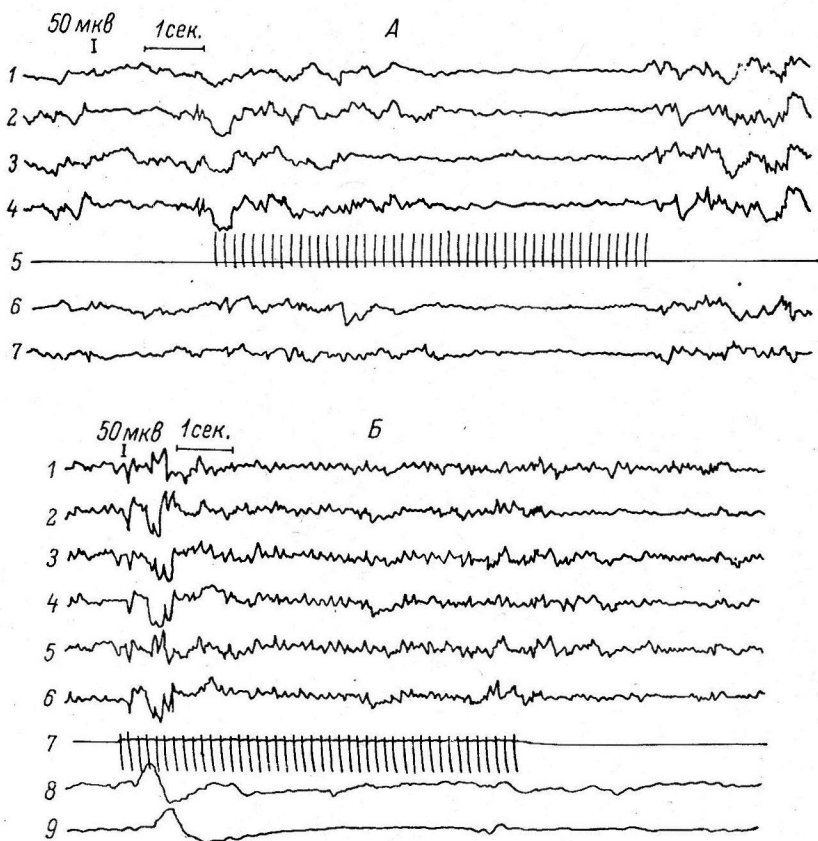


Рис. 5. Генерализованные реакции на световое раздражение.

А — диффузное уплощение электрической активности при действии ритмического света в состоянии глубокого сна новорожденного 17 часов после рождения. *Сверху вниз* отведения: затылочно-теменные (справа и слева) (1, 2); затылочно-височные (3, 4); отметка светового раздражения (5); теменно-лобные отведения (6, 7). Б — реакция усвоения ритма новорожденного через 5 часов после рождения. *Сверху вниз*: отведения затылочно-теменные (1, 2); затылочно-центральные (3, 4); затылочно-височные (5, 6); отметка светового раздражения (7); теменно-лобные отведения (8, 9).

соном и Глезером (Glasser, 1959). На рис. 5, Б демонстрируется усвоение ритма световых мельканий в ЭЭГ новорожденного ребенка через 5 часов после рождения. Четкая реакция усвоения ритма регистрируется в затылочных областях, в передних отделах мозга отмечается лишь незначительное уплощение электрической активности.

Следовательно, изменения электрической активности мозга новорожденных в ответ на световые раздражения обусловлены как приходом импульсов в кору по специфической афферентной системе, так и восходящим активирующим влиянием ретикулярной формации ствола.

#### ВЫВОДЫ

1. Отмечены существенные различия в ЭЭГ сна и бодрствования новорожденных детей первых дней постнатальной жизни.

2. При действии звуковых раздражителей в ЭЭГ новорожденных детей наблюдаются диффузные неспецифические реакции, выражающиеся в ге-



нерализованных изменениях электрической активности (реакция пробуждения) и наличии неспецифического ответа типа vertex-потенциала или К-комплекса.

3. Световые раздражения, помимо генерализованных изменений электрической активности, вызывают появление локального вызванного потенциала, регистрируемого в области затылочного сочленения и медиальной части затылочного бугра.

4. Четкая локализация вызванного на свет потенциала, его преимущественная выраженность и устойчивость в состоянии глубокого сна дают основание расценивать его как первичный ответ, обусловленный возбуждением специфической афферентной системы. Первичные ответы в ритм света регистрируются до частоты мельканий 2 в 1 сек.

5. Реакция усвоения ритма световых мельканий наблюдается в ЭЭГ новорожденных уже с первых часов жизни в состоянии бодрствования и поверхностного сна. Диапазон усвоения ритма у новорожденных детей 3—6 колебаний в 1 сек.

6. Обсуждается вопрос о роли специфической и неспецифической афферентных систем в формировании электрической активности коры головного мозга новорожденных детей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Аршавский И. И. Структура и функция ретикулярной формации и ее место в системе анализаторов, 233. М., 1959.
- Ата-Мурадова Ф. Эволюция физиологических функций, 122. М., 1960; Сб. научн. тр. Инст. акуш. и гинеколог., 44, М., 1961.
- Волохов А. А., С. А. Крылов, Г. М. Никитина, Н. Н. Шелягина, Матер. I Научн. конфер., посв. пробл. физиолог., морфолог., фармаколог. и клин. ретикулярн. формации головного мозга, 30, М., 1960.
- Голубева Е. Л., Физиолог. журн. СССР, 48, № 10, 1154, 1962.
- Гохблит И. И., Тез. III Конфер. по вопр. электрофизиолог. нервн. сист., 134, Киев, 1960.
- Гусельников В. И., Матер. I Научн. конфер., посвящ. пробл. физиолог., морфолог., фармаколог. и клин. ретикуляр. формации головн. мозга, 40, М., 1960.
- Кац К. Структура и функция ретикулярной формации и ее место в системе анализаторов, 199. М., 1959.
- Мирзоянц Н. С., Журн. высш. нервн. деят., 11, в. 6, 1005, 1961.
- Наседкин А. В. Эволюция физиологических функций, 129. М.—Л., 1960.
- Новикова Л. А., Д. А. Фарбер, Физиолог. журн. СССР, 45, № 11, 1293, 1959.
- Полякова А. Г., Тез. и рефер. III Совещ. по эволюц. физиолог., посв. пам. Л. А. Орбели, 157, Л., 1961.
- Розанова В. И. Проблемы лабильности, парабиоза и торможения, 192. М., 1962.
- Росси Дж. Ф., А. Цанкетти. Ретикулярная формация ствола мозга. М., 1960.
- Фарбер Д. А., Тр. IV Научн. конфер. по возрастн. морфолог., физиолог. и биохим., 86, М., 1960а; Тез. III конфер. по вопр. электрофизиолог. нервн. сист., 387, Киев, 1960б; Сб. Научн. тр. Инст. акуш. и гинеколог., 103, М., 1961.
- Шеповальников А. Н., Журн. высш. нервн. деят., 12, 5, 797, 1962.
- Шумилина Н. И., Физиолог. журн. СССР, 45, 10, 1176, 1959.
- Cadilhac J., Th. Passavant-Fontaine, P. Passavant, C. r. soc. biol., 155, N 12, 524, 1961.
- Dreifus-Brisac C., C. Blanc, Encephal, 45, N 3, 205, 1956.
- Ellingson R. J., EEG, a. clin. Neurophysiol., 10, N 1, 31, 1958; 12, N 3, 663, 1960.
- Gangloff H., M. Monnier, EEG a. clin. Neurophysiol., 8, N 4, 623, 1956.
- Glasser G. H., Vall. Journ. biol. a. Med., 32, 173, 1959.
- Guillard A., H. P. Cathala, J. Calvet, EEG a. clin. Neurophysiol. 12, N 4, 537, 1960.
- Hunt W. E., S. Goldering, EEG a. clin. Neurophysiol., 3, N 4, 465, 1951.
- Larson L. E., EEG a. clin. Neurophysiol., 8, N 4, 631, 1956.
- Lindsley D. B., L. H. Schreiner, W. B. Knowles, H. W. Magoun, EEG a. clin. Neurophysiol., 1, N 4, 455, 1949.

Marty R., F. Contamin, J. Scherrer, C. r. soc. biol., 153, 198, 1959.  
Moruzzi L., H. W. Magoun, EEG a. clin. Neurophysiol., 1, N 4, 455, 1949.  
Oswald G., EEG a. clin. Neurophysiol., 11, N 3, 341, 1959.

Поступило 26 III 1963

---

GENERALIZED RESPONSES AND EVOKED POTENTIALS IN THE EEG  
OF NEWBORN INFANTS

By *D. A. Farber*

From the Physiological Laboratory, Research Institute of Obstetrics and Gynaecology,  
USSR Ministry of Health, Moscow

---

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ В СВЯЗИ  
С ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ  
У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА

Э. И. Аршавская

Лаборатория возрастной физиологии и патологии Института нормальной  
и патологической физиологии АМН СССР, Москва

Изучая электрокардиограммы (ЭКГ) у детей различного возраста, начиная с периода новорожденности, все исследователи (Seham, 1921; Nadrai, 1939; Katz, 1946; Раскина-Брауде, 1949; Еникеева, 1951; Шамсиев, 1952; Lepeschkin, 1957; Петренко, Письменный, 1959; Мазо, 1961), характеризуя амплитуду зубцов,  $P-Q$  и  $Q-T$ -интервалы и направление электрической оси сердца, пытаются установить возрастные стандарты. Однако данные различных авторов трудно сопоставимы, так как в них нет прежде всего единого подхода к определению границ возрастных периодов. Так, например, Р. Э. Мазо (1961) объединяет детей в возрасте от 3 недель до 2 лет в одну группу «ранний возраст», М. И. Петренко и Р. Я. Письменный (1959) группируют детей до года и от 1 до 7 лет и т. д. Естественно, что у всех авторов данные различны. Кроме того, изучение ЭКГ проводилось чаще всего не у одних и тех же детей, а в каждой возрастной группе брались другие дети.

Нами поставлена задача провести изучение ЭКГ у одних и тех же детей в различные возрастные периоды, начиная с месячного возраста до 3 лет. Работами нашей лаборатории установлено значение нормального развития скелетной мускулатуры как фактора, определяющего становление и преобразование деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем в онтогенезе. Повышение лабильности скелетной мускулатуры с возрастом вызывает рефлекторное возникновение тонуса блуждающих нервов, опосредованно через изменение естественного ритма дыхания (Аршавский, 1954, 1960). Исходя из этого, изменение деятельности сердца у детей сопоставлялось с развитием у них статических и моторных функций.

## МЕТОДИКА

Под наблюдением было 185 детей, воспитывающихся в доме ребенка. Регистрация проводилась (500 ЭКГ) со дня поступления ребенка до 3-летнего возраста; у детей до года ежемесячно, после года — 1 раз в 3—6 месяцев. ЭКГ снималась одним и тем же прибором — ЭКП-4 в 3 стандартных отведениях при 1 мВ=10 мм. Электроды брались уменьшенных размеров соответственно возрасту — у детей до 6 месяцев —  $2 \times 2.5$  см, после 6 месяцев —  $6 \times 3$  см. Дети до 3 месяцев находились на грудном вскармливании, с 3 до 6 месяцев — на смешанном и после 6 месяцев — на искусственном. Все материалы обработаны вариационно-статистическим методом.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полученные данные позволили распределить исследованных детей на 4 возрастные группы: I — от 1 до 3—4 месяцев, II — от 3—4 до 7—8 месяцев, III — от 7—8 до 12—13 месяцев, IV — от 12—13 месяцев до 2.5—3 лет.

По частоте сердечных сокращений и особенностям зубцов ЭКГ у детей одного и того же возраста обнаружены столь значительные пределы колебаний, что средние величины даже при статистической обработке материала не могут дать действительного представления об истинных данных, характеризующих частоту сердечных сокращений и особенности зубцов ЭКГ.

И. А. Аршавский (1952, 1959) установил, что среди детей раннего возраста нужно различать две группы: физиологически зрелых, функциональное состояние которых соответствует календарному возрасту, и физиологически незрелых, функциональное состояние которых не соответствует календарному возрасту, т. е. отстающих в развитии.

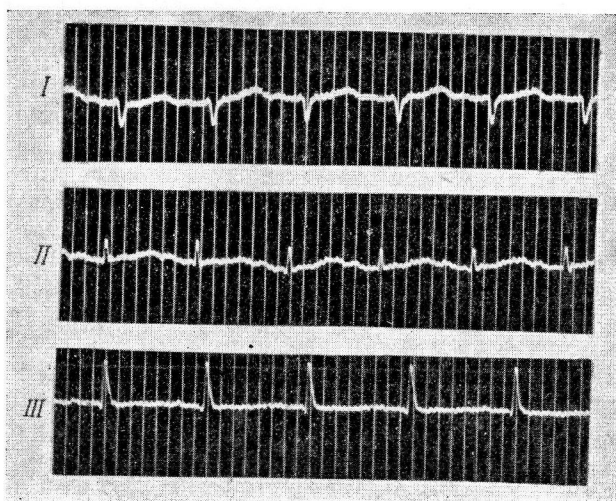


Рис. 1. ЭКГ ребенка в возрасте 1 месяца.

Отведение стандартное. Ритм сердца 162 в 1 мин. Правый тип. I — 1-е отведение; II — 2-е отведение; III — 3-е отведение.

Анализ полученных данных позволил убедиться, что пределы колебаний различны у физиологически зрелых и незрелых детей. Степень физиологической зрелости устанавливалась нами по характеру сосудистых рефлексов, терморегуляции, выраженности ряда безусловных кожно-мышечных рефлексов, развитию статических и моторных функций.

У детей I возрастной группы частота сердца в среднем равна 140 в 1 мин.,  $R-R$  в большинстве случаев равен 0.40—0.45 сек. Электрическая ось сердца определялась по формуле Уайта и Бока ( $R_1+S_3$ ) — ( $R_3+S_1$ ) с коррекцией Фогельсона, а также по отклонению угла  $\alpha$  комплекса  $QRS$  (схема Дьеда). У детей первых месяцев жизни, так же как и у новорожденных, преобладающим является правый тип ЭКГ, причем в 75% случаев отклонение угла  $\alpha$  находится в пределах от 100 до 170°, что указывает на резко выраженный правый тип (рис. 1).

Зубцы  $P$ ,  $R$  и  $T$  (табл. 1) имеют положительное направление, однако в третьем отведении зубцы  $P$  и  $T$  часто сглажены, а зубец  $T$  может быть даже инвертирован. Зубцы  $Q_1$  и  $S_3$  у подавляющего большинства детей не выражены, в ряде случаев они отсутствуют и в других отведениях. Для оценки ЭКГ большое значение имеет сопоставление амплитуд положительно направленных зубцов, т. е. отношение  $P$  и  $T$  к  $R$ . Известно, что у здорового взрослого человека отношение  $\frac{P}{R}=1:6-1:8$ , а  $\frac{T}{R}=1:2-1:3$ . У детей первой возрастной группы зубцы  $P$  и  $T$  относи-

тельно высоки. Так, отношение  $\frac{P}{R}$  у 65 % детей равно 1 : 3—1 : 4,  $\frac{T}{R}=1:1-1:2$ .

Имеются указания на относительно высокий зубец  $P$  в раннем возрасте (Katz, 1946; Раскина-Брауде, 1949; Еникеева, 1951; Шамсиев, 1952). Время охвата возбуждением разных отделов сердца короче, чем у взрослых, что соответствует более частому ритму сердца. Об этом свидетельствует длительность зубца  $P=0.06$  сек. (у взрослого 0.1 сек.), желудочкового комплекса  $QRST$  (0.27 сек., у взрослого 0.36 сек.) и интервала  $P-Q$  (0.11 сек., у взрослого 0.12—0.18 сек.). Систолический показатель колеблется в пределах 50—70 %, что несколько превышает данные М. В. Раскиной-Брауде (1949) для детей раннего возраста.

У детей II возрастной группы средняя частота сердечного ритма к 3 месяцам урежается до 130 в 1 мин., а к 4 — до 127 в 1 мин. В табл. 2 представлены данные сердечного ритма у физиологически зрелых и незрелых детей в различные возрастные периоды. Сердечный цикл колеблется в пределах 0.45—0.50 сек., отмечается типичная для детей раннего возраста синусовая аритмия. По электрической оси сердца у 65 % детей 3-месячного возраста имеет место нормальный тип; правый тип в резко выраженной форме отмечается только у 15 % детей, у остальных он был выражен не столь значительно. К концу II возрастного периода, т. е. к 7—8 месяцам, нормальный тип ЭКГ отмечался у 75 % детей. Как видно из данных табл. 1, амплитуда зубцов, особенно  $R$ , постепенно увеличивается. Первое значительное увеличение наблюдается у детей II возрастной группы, т. е. с 3—4 месяцев. Зубец  $P_2$  становится относительно ниже. Высокий  $P_2$  к 3 месяцам сохраняется у 30 % детей (табл. 1). Как известно, относительно высокий  $P$  является показателем преимущественно симпатических влияний на деятельность сердца (Самойлов, 1914; Фогельсон, 1959). В соответствии с урежением ритма сердца и удлинением сердечного цикла в этой возрастной группе несколько увеличивается длительность предсердного зубца, желудочкового комплекса и интервала  $PQ$ , т. е. замедляется время

Таблица 1  
Характеристика элементов ЭКГ у физиологически зрелых детей различного возраста

| Возраст (в месяцах)                                                                                                       | P (в мм)                 |                           |                          | R (в мм)                 |                          |                          | Q (в мм)                 |                          |                          | S (в мм)                 |                          |                          | T (в мм)                 |                              |                              | в секундах                   |                              |                              |                                                |                     |  | Высокий R/P (в %) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|---------------------|--|-------------------|
|                                                                                                                           | 1                        | 2                         | 3                        | 1                        | 2                        | 3                        | 1                        | 2                        | 3                        | 1                        | 2                        | 3                        | PQ                       | QRS                          | Q — T                        | P                            | T                            | R — R (в сек.)               |                                                |                     |  |                   |
|                                                                                                                           |                          |                           |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                              |                              |                              |                              |                              |                                                |                     |  |                   |
| От 1 до 3—4 месяцев . . .<br>От 3—4 до 7—8 месяцев . . .<br>От 7—8 до 12—13 месяцев . . .<br>От 1 года до 2.5—3 лет . . . | 0.7<br>0.7<br>0.8<br>0.8 | 0.96<br>0.9<br>1.1<br>1.0 | 0.3<br>0.4<br>0.4<br>0.5 | 3.5<br>5.1<br>6.4<br>5.5 | 5.0<br>6.8<br>7.2<br>8.2 | 4.3<br>5.5<br>5.1<br>5.5 | 0.4<br>0.7<br>0.7<br>1.0 | 1.4<br>1.9<br>2.4<br>2.3 | 2.5<br>2.4<br>2.5<br>2.0 | 0.7<br>0.9<br>1.0<br>1.0 | 1.6<br>1.7<br>1.9<br>2.0 | 1.7<br>2.1<br>2.3<br>2.4 | 0.2<br>0.6<br>0.6<br>0.6 | 0.11<br>0.12<br>0.13<br>0.13 | 0.06<br>0.07<br>0.07<br>0.07 | 0.27<br>0.28<br>0.29<br>0.32 | 0.06<br>0.07<br>0.08<br>0.08 | 0.14<br>0.15<br>0.15<br>0.16 | 0.40—0.45<br>0.45—0.50<br>0.45—0.55<br>0.5—0.6 | 65<br>30<br>30<br>9 |  |                   |

Примечание. 1, 2, 3 — отведения P, R, Q, S, T.

охвата возбуждением всех отделов сердца (табл. 1). Систолический показатель колеблется в пределах 48—70%, т. е. продолжает сохранять величину, близкую к таковой в предыдущей возрастной группе. Таким образом, в 3—4 месяца происходят существенные изменения в деятельности сердца. В этом возрастном периоде проис-

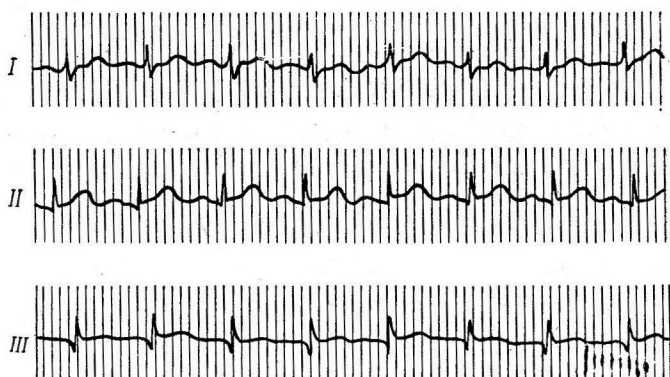


Рис. 2. ЭКГ физиологически зрелого ребенка в возрасте 11 месяцев.

Ритм сердца — 126 в 1 мин. Нормальный тип.  
Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

ходят также существенные изменения в позе ребенка, связанные с новыми формами мышечного тонуса и моторики, а именно: закрепляется поза удерживания головы в вертикальном положении и лежа на животе, ребенок приподнимает верхнюю часть туловища, опираясь на предплечья, исчезает так называемая сгибательная гипертония конечностей.

Таблица 2

Частота сердечного ритма у физиологически зрелых и незрелых детей различного возраста

| Возраст         | Физиологически зрелые    |            | Физиологически незрелые  |            |
|-----------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
|                 | пульс в 4 мин. (среднее) | $\sigma$   | пульс в 4 мин. (среднее) | $\sigma$   |
| До 3 месяцев .. | 140                      | $\pm 12.6$ | 141                      | $\pm 13.8$ |
| 3—4 месяца ..   | 127                      | $\pm 10.0$ | 135                      | $\pm 11.5$ |
| 7—8 месяцев ..  | 123                      | $\pm 9.0$  | 130                      | $\pm 11.6$ |
| 12—13 месяцев   | 120                      | $\pm 8.5$  | 125                      | $\pm 10.8$ |
| 2.5—3 года ..   | 100                      | $\pm 7.2$  | 112                      | $\pm 12.4$ |

Эти изменения в ЭКГ совпадают с закреплением позы сидения.

В IV возрастной группе к годовалому возрасту, когда полностью закрепляется поза стояния и впервые возникает ходьба, сердечный ритм урежается, в среднем до 120 в 1 мин. (табл. 2). Сердечный цикл колеблется в большинстве случаев от 0.5 до 0.6 сек., иногда удлиняясь до 0.7 сек. Так же как и у детей предыдущих возрастных групп, отмечается синусовая аритмия, однако менее резко выраженная. Дыхательная

III возрастная группа (7—8 месяцев) характеризует второй переломный период, который, однако, не столь резко выражен. В этом возрасте отмечается дальнейшее урежение сердечных сокращений до 123 в 1 мин. (табл. 2). Сердечный цикл в большинстве случаев колеблется от 0.45 до 0.55 сек. По электрической оси нормальный тип уже отмечается почти у 80% детей. Имеет место дальнейшее увеличение амплитуды зубцов желудочкового комплекса (табл. 1). Как и в предыдущих возрастных группах, систолический показатель колеблется от 48 до 70%. Интервал PQ и систола желудочков (QT) удлиняются.



аритмия сердца наблюдалась только у одного ребенка полуторалетнего возраста. С. И. Еникеева (1951) наблюдала появление дыхательной аритмии сердца у детей в 2.5—3 года. Электрическая ось сердца у детей этой возрастной группы в 85% случаев имеет нормальный тип (рис. 2). При наличии правого типа отклонение угла  $\alpha$  комплекса *QRS* близко к величинам, характеризующим нормальный тип (72—80°); лишь в двух слу-

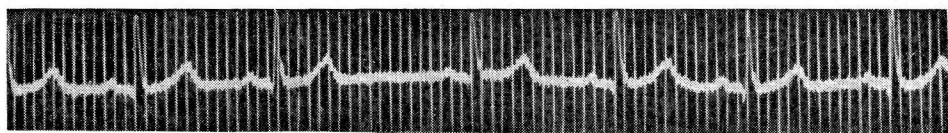


Рис. 3. ЭКГ физиологически зрелого ребенка в возрасте 2 года 8 месяцев. Хорошо выражена дыхательная аритмия.

чаях угол  $\alpha$  равнялся 100 и 105°, т. е. имел место значительно выраженный правый тип. Относительная высота зубца  $P_2$  достигает величин, характерных для взрослых. Амплитуда  $R$  (во 2-м отведении) значительно возрастает (табл. 1). Систолический показатель колеблется в пределах 47—62%, что соответствует данным М. В. Раскиной-Брауде и Л. И. Фогельсона (1959) для детей этого возраста.

В 2.5—3 года ребенок полностью осваивает локомоцию — бег, многие сложные формы мышечной деятельности. В функции сердца отмечаются новые, значительно выраженные изменения: ритм сердца урежается до 100 в 1 мин. (табл. 2), резко (до 9%) уменьшается количество детей, у которых сохраняется относительно высокий зубец  $P_2$ , впервые появляется дыхательная аритмия сердца (рис. 3). С. И. Еникеевой (1954, 1955) было показано, что дыхательная аритмия, возникающая у детей 2.5—3 лет, имеет вагусное происхождение. При появлении дыхательной аритмии, помимо значительного урежения сердца, наблюдается повышение амплитуды зубцов, особенно  $R_2$ . Электрическая ось сердца, как и в предыдущей возрастной группе, в 85% случаев имеет нормальное направление. Примерно у 15% детей наблюдался правый тип, в единичных случаях встречается и левый тип. Резко выраженной правограммы мы не наблюдали ни разу — максимальное отклонение угла  $\alpha$  комплекса *QRS* равнялось 86°.

Исследование ЭКГ у одних и тех же детей в динамике позволяет проследить постепенность изменения электрической оси сердца в процессе онтогенеза ребенка. В качестве примера приведем данные нескольких детей (табл. 3).

При анализе полученного в онтогенезе у одних и тех же детей материала обращает на себя внимание, что, невзирая на изменение зубцов ЭКГ развивающегося ребенка, особенности ЭКГ, сложившиеся у данного ребенка с самого раннего возраста, сохраняют свои типичные черты и в дальнейшем. Об этом же говорят многие исследователи (Smith, 1922; Горницкая, Уманский, 1935; Раскина-Брауде, 1949).

Таблица 3

Отклонение электрической оси сердца в различные возрастные периоды

| Испытуемый | Угол $\alpha$ (в градусах) комплекса <i>QRS</i> |          |           |       |          |
|------------|-------------------------------------------------|----------|-----------|-------|----------|
|            | 1 месяц                                         | 3 месяца | 6 месяцев | 1 год | 1.5 года |
| Т. . . . . | 120                                             | 90       | 70        | 70    | 70       |
| Л. . . . . | 125                                             | 90       | 80        | 65    | —        |
| Д. . . . . | 110                                             | 70       | 60        | —     | —        |

Примечание. Угол  $\alpha$  70—180° соответствует правому типу, от 20 до 70° — нормальному, от 0 до +20° и от 0 до -90° — левому.

Среди обследованных нами детей было 6 пар близнецов — 2 пары однояйцевых и 4 — двуяйцевых. В то время как у двуяйцевых близнецов ЭКГ отличались по характеру зубцов и направлению оси, у однояйцевых ЭКГ были очень схожи. Эти данные совпадают с имеющимися в литературе (Кабаков, 1930; Кабаков, Рывкин, 1934; Engel, 1937; Parade, Lehmann, 1939).

Обратимся к анализу данных, полученных у физиологически незрелых детей, т. е. отстающих в развитии. Необходимо отметить, что наибольшее количество физиологически незрелых детей наблюдалось в возрасте до 6—7 месяцев. Уже к концу первого года жизни физиологическая незрелость у наблюдаемых нами детей была частично компенсирована. Однако, хотя все дети находились в одних и тех же гигиенических условиях среды и получали питание, соответствующее возрастным потребностям, у некоторых детей симптомы физиологической незрелости отмечались до 3-летнего возраста.

Частота сердечного ритма у детей первых двух месяцев жизни в среднем была равна 141 в 1 мин., т. е. почти не отличалась от таковой у детей

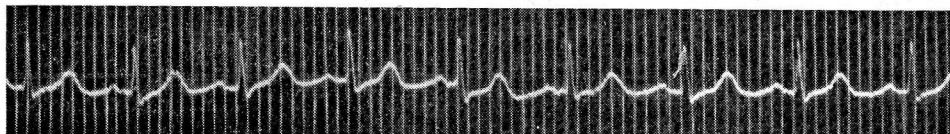


Рис. 4. ЭКГ физиологически незрелого ребенка 3 лет.

Отсутствие дыхательной аритмии сердца.

физиологически зрелых (табл. 2). Однако у физиологически незрелых детей выше, что свидетельствует о больших пределах колебаний. К 3—4-месячному возрасту происходит урежение сердечного ритма, выраженное в меньшей степени, чем у детей физиологически зрелых. Частота сердечного ритма у физиологически незрелых детей во все возрастные периоды выше, чем у физиологически зрелых. Так, например, ритм 127, который отмечается у зрелых детей в 3—4 месяца, у детей отстающих в развитии наблюдается в 8—9 месяцев и т. д. (табл. 2). У этой группы детей дольше задерживается относительно высокий зубец *P*. У физиологически незрелых детей 2.5—3 лет дыхательная аритмия сердца не возникает (рис. 4). Тип ЭКГ также отличается от такового у физиологически зрелых. Начиная с 3—4-месячного возраста у физиологически зрелых детей отмечается нормальный тип ЭКГ в большем проценте случаев. При физиологической незрелости у детей в возрасте до года чаще сохраняется правый тип. Систолический показатель у физиологически незрелых детей 1—3 лет остается повышенным. Так, вместо предлагаемой М. В. Раскиной-Брауде нормы в 47—62%, он колеблется в пределах 53—68%. Таким образом, у физиологически незрелых детей дольше задерживается более частый ритм сердца, дольше задерживаются правый тип ЭКГ и повышенный систолический показатель, позже наступает дыхательная аритмия сердца. У этой группы детей позднее наступает смена поз в соответствующие возрастные периоды, позже исчезает сгибательная гипертония конечностей, позднее развиваются новые формы мышечного тонуса и локомоторные акты.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Уже в пределах первого года жизни ребенка происходит заметное изменение характера ЭКГ. Отмечается параллелизм в изменении форм мышечного (позного) тонуса, с одной стороны, и преобразовании деятельности сердца — с другой.

Работами нашей лаборатории показано, что фактором преобразования интенсивности основного обмена и деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем является не энергетическое правило поверхности, по Рубнеру, а энергетическое правило скелетных мышц (Аршавский, 1962). Оно определяется величиной нагрузки, создаваемой для скелетной мускулатуры организмов соответствующих линейных размеров. При этом предлагается различать статическую нагрузку (позный тонус), связанную с действием сил гравитационного поля, и динамическую, связанную с передвижением тела соответствующих размеров в пространстве. Как видно из приведенных данных, первое урежение ритма сердца наряду с уменьшением относительной высоты зубца  $P$  отмечается у детей начиная с 3—4-месячного возраста, т. е. с периода возникновения активного удержания головы и приподнимания верхней части туловища при лежащем положении ребенка. Последнее обусловлено преобразованием тонуса затылочных мышц, плечевого пояса и мышц спины.

В 7—8 месяцев регистрируются дальнейшие изменения в ЭКГ, которые, однако, менее резко выражены. Это обусловлено, по-видимому, тем, что дополнительная статическая нагрузка, возникающая при самостоятельном сидении, не является столь значительным дополнением к имеющей место в предыдущие возрастные периоды. Вместе с тем нельзя не отметить хотя и не резко выраженный, но имеющийся перелом.

В годовалом возрасте происходит дальнейшее урежение ритма сердца, относительная высота зубца  $P$  в большинстве случаев уже соответствует стандартам, принятым для взрослых. Этот период соответствует преобразованию тонуса мышц нижних конечностей и тазового пояса, связанного, кроме того, с перемещением центра тяжести тела.

Экспериментальные исследования лаборатории позволили установить, что урежение естественного ритма сердца в постнатальном онтогенезе, возможно, связано с возникновением и постепенным увеличением степени тонуса вагуса. Обращаясь к данным, полученным у детей, можно высказать предположение, что первые еще нерезко выраженные влияния из центров блуждающих нервов на деятельность сердца обнаруживаются у детей начиная с 3—4 месяцев. Более заметными они становятся в возрасте 7—8 месяцев и особенно около года. Однако и в этом возрасте они еще не имеют характера значительно выраженных тонических влияний. В 2.5—3 года, когда увеличивается динамический компонент нагрузки на скелетную мускулатуру, тонические влияния от центров вагусов становятся более выраженными, о чем наряду с другими признаками свидетельствует появление у большинства детей дыхательной аритмии. У детей физиологически незрелых, т. е. с задержанным развитием скелетной мускулатуры, частота сердца выше, большей частью отмечается относительно высокий зубец  $P$  и отставание в переходе электрической оси правого типа к нормальному. Это побуждает думать, что у физиологически незрелых детей сердце дольше находится под преобладающим влиянием симпатической нервной системы, т. е. возникновение и становление вагусной регуляции деятельности сердца у них задержано. До сего времени остается неясным, почему у новорожденных и детей первых двух месяцев отмечается преимущественно правый тип, хотя сердце имеет поперечное положение. Мазо, Раскина-Брауде, Шамсиев, Катц объясняют этот факт изменением соотношения толщины стенок правого и левого сердца в раннем возрасте, вследствие чего поверхность правого сердца позднее охватывается возбуждением. Полученные данные позволяют считать, что изменение электрической оси сердца происходит, по-видимому, под влиянием центров блуждающих нервов. Урежение сердечного ритма и удлинение систолы, происходящие при усилении тонуса вагуса, вызывают увеличение массы сердца и в связи с этим поворот его оси.

Наблюдения С. И. Еникеевой (1951, 1954, 1955), проведенные на детях, обездвиженных перенесенным в раннем детстве полиомиелитом, показали, что в случаях значительно выраженной задержки возникновения тонуса центра вагуса сохраняется правый тип ЭКГ даже у 7-летних детей, который сочетается с высоким ритмом сердца и дыхания. Вопрос этот, однако, подлежит дальнейшему экспериментальному изучению.

Сопоставление данных, полученных различными авторами в пределах одного и того же возрастного периода, показывает значительное расхождение. Можно полагать, что это расхождение не является выражением неточности данных, полученных тем или иным автором, а является вариантами, зависящими главным образом от степени физиологической зрелости ребенка.

### ВЫВОДЫ

1. Анализ полученного материала позволил распределить исследуемых детей на 4 возрастные группы: I — до 3—4 месяцев, II — от 3—4 до 7—8 месяцев, III — от 7—8 до 12—13 месяцев и IV — от 1 до 2,5—3 лет. В пределах каждой возрастной группы выделены дети физиологически зрелые и физиологически незрелые.

2. У физиологически зрелых детей I возрастной группы частота сердечного ритма в среднем равна 140 в 1 мин. Абсолютная амплитуда положительно направленных зубцов ( $P$ ,  $R$  и  $T$ ) снижена, однако зубцы  $P_2$  и  $T_2$  относительно (по отношению к  $R_2$ ) высоки. В подавляющем числе случаев отмечается правый тип ЭКГ.

3. У детей 3—4 месяцев отмечаются значительные изменения в деятельности сердца, позволяющие предположить возникновение первых тонических влияний из центров вагусов: ритм сердца урежается, уменьшается относительно высокий зубец  $P_2$ , правый тип ЭКГ у большинства детей сменяется на нормальный. Это совпадает с преобразованием мышечного тонуса и возникновением новой позы.

4. К годовалому возрасту, когда полностью закрепляется поза стояния и возникает ходьба, в деятельности сердца происходят дальнейшие изменения: более значительное урежение ритма, повышение амплитуды зубцов, особенно  $R_2$ ; относительно высокий зубец  $P_2$  укладывается в норму, свойственную взрослым; систолический показатель укорачивается. Эти изменения позволяют считать, что, по-видимому, происходит усиление тонических влияний из центров блуждающих нервов.

5. Новые заметно выраженные изменения в деятельности сердца отмечаются в 2,5—3 года, когда увеличивается динамический компонент нагрузки на скелетную мускулатуру. Тонические влияния из центров вагуса начинают закрепляться, о чем, в частности, свидетельствует появление дыхательной аритмии сердца.

6. У физиологически незрелых детей с задержанным развитием скелетной мускулатуры отмечается более частый ритм сердца, относительно высокий зубец  $P_2$  (у детей старше года), правый тип ЭКГ у большего числа детей, более длительный систолический показатель, более позднее возникновение дыхательной аритмии сердца. У детей этой группы задержана смена поз.

### ЛИТЕРАТУРА

- Аршавский И. А. В сб.: Нервная регуляция кровообращения и дыхания, 62. М., 1952; Тр. I Научн. конф. по возр. морфолог. и физиолог., 86, Изд. АПН РСФСР, М., 1954; Вопр. охр. материнства и детства, 1, 7, 1959; Тр. Инст. морфолог. животн. им. А. Н. Северцева, Изд. АН СССР, 1, 35, 1960; Вопр. антрополог., в. 12, 72, 1962.
- Горницкая Э. Л., С. И. Уманский, «Юбил. [сб. научн. работ, посв. 50-летию Инст. усоверш. врачей, 125, Л., 1935.

- Еникеева С. И., Бюлл. exper. биол. и мед., 31, № 4, 239, 1951; Тр. I Научн. конф. по возр. морфол. и физиол., 95, Изд. АПН РСФСР, М., 1954; Физиол. журн. СССР, 16, № 2, 227, 1955.
- Кабаков И. Б., Медико-биол. журн., в. 4-5, 307, 1930.
- Кабаков И. Б., И. А. Рывкин, Тр. Медико-биол. инст., № 3, 73, 1934.
- Мазо Р. Э. Электрокардиограммы здоровых детей. Изд. АН БССР, Минск, 1961.
- Петренко М. И., Р. Я. Письменный. Электрокардиограммы у детей в норме и при некоторых патологических состояниях. Медгиз, 1959.
- Раскина-Брауде М. В., Педиатрия, 6, 43, 1949.
- (Самойлов А. Ф.) Samoiloff A., Pflug. Arch., 155, 1914.
- Фогельсон Л. И. Основы клинической электрокардиографии. Медгиз, 1959.
- Шамсиев С. Ш., Педиатрия, 2, 37, 1952.
- Engel E., Zs. Kinderheilk., 59, 3, 1937.
- Katz Louis N. Exercises in electrocardiographic interpretation. Philadelphia, 1946.
- Lepeschkin E. Das Elektrokardiogramm. Leipzig, 1957.
- Nadrai A., Zs. Kinderheilk., 61, 631, 1939.
- Parade G., W. Lehmann, Zs. menschl. Vererb., 22, 96, 1939.
- Seham M., Am. Journ. dis. childr., 21, 247, 1921.
- Smith T. C., Am. med. assoc., 79, 3, 1922.

Поступило 17 V 1963

# PECULIARITIES IN THE ELECTROCARDIOGRAM ASSOCIATED TO TRANSFORMATIONS IN SKELETAL MUSCLE INFANTS

By E. I. Arshavskaia

From the laboratory for age physiology and pathology, institute of normal and pathologic physiology ussr acad. med. sci., moscow



## ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ МЫШЦ ПРИ РАЗНЫХ НАГРУЗКАХ И СКОРОСТЯХ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Ю. З. Захарьянц

Кафедра физиологии Института физической культуры им. П. Ф. Лесгафта,  
Ленинград

В настоящее время установлено, что увеличение скорости сокращения мышц, а также степени их напряжения сопровождается увеличением амплитуды потенциалов действия и суммарной биоэлектрической активности (Wachholder, Altenburger, 1925; Киселев, Маршак, 1935; Шпильберг, 1936; Книпст, 1952; Моногаров, 1956; Захарьянц, 1956; Павлова, 1957; Bergstrom, 1958; Федоров, 1958; Степанов, 1959; Жуков, Захарьянц, 1959, 1961; Персон, 1960, и др.). Что касается данных о взаимном влиянии скорости сокращения и степени напряжения мышц на характер электрической активности мышц, то они единичны (Smoll, Gross, 1958; Степанов, 1959; Ратов, 1960; Захарьянц, Жуков и Иванова, 1961). Авторы отмечают, что по мере увеличения нагрузки величина потенциалов действия возрастает и достигает максимальной, полученной при работе в максимальном темпе без отягощения. При работе в предельном темпе изменение нагрузки не сопровождается изменением потенциалов действия. Задачей данного исследования явилось выяснение этого последнего обстоятельства.

### МЕТОДИКА

Работа заключалась в ритмических сгибаниях и разгибаниях руки в локтевом или лучезапястном суставах с разной скоростью и с разным отягощением. При движениях в локтевом суставе испытуемый сидел на стуле и опирался локтем на край стола. В этих условиях основная работа выполнялась сгибателями плеча. При исходном положении — правая рука вверх сгибание и разгибание руки в локтевом суставе в основном выполнялись разгибателями плеча. При движениях в лучезапястном суставе предплечье располагалось на столе так, что кисть с грузом свободно выступала за его край. Сгибание и разгибание в лучезапястном суставе выполнялось в трех положениях предплечья и кисти: супинации, пронации и обычном положении (большой палец вверх). При пронированном положении предплечья основная работа выполнялась разгибателями, при супинированном — сгибателями, а в обычном — как сгибателями, так и разгибателями.

В первой серии опытов изучалось влияние на характер движения и на ЭМГ постепенного увеличения груза при медленном темпе (М. Т.), среднем темпе (С. Т.), быстрым темпе (Б. Т.) и предельном темпе (П. Т.) его поднятия и опускания; во второй — влияние постепенного увеличения темпа при работе без отягощения и при работе с 1, 2, 3, 6 и 10 кг. Темп работы задавался электрометроном. Для исключения влияния утомления работа проводилась непродолжительное время.

С помощью четырехканального усилителя с симметричным входом и осциллографа МПО-2 регистрировались потенциалы действия мышц верхних и нижних конечностей, механограмма движения в суставе, пневмограмма, частота сокращения сердца. Для выяснения степени иррадиации возбуждения регистрировалась электрическая активность с мышц неработающей конечности. Протоколировался словесный отчет испытуемого. Испытуемыми были студенты института им. П. Ф. Лесгафта разной спортивной подготовленности. Всего снято и проанализировано 300 ЭМГ.



## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование показало, что увеличение отягощения при неизменных темпах движения ведет к существенному увеличению электрической активности двуглавой мышцы плеча и к уменьшению амплитуды сгибания и разгибания руки в локтевом суставе. Электрическая активность разгибателя возрастает незначительно и не превышает 40% максимальной величины активности сгибателя.

Постепенное увеличение скорости сгибания и разгибания руки в локтевом суставе без отягощения сопровождается увеличением частоты и амплитуды потенциалов действия и укорочением периодов электрической активности, особенно двуглавой мышцы плеча, несущей основную тяжесть работы (рис. 1 и 2). Электрическая активность разгибателя возрастает незначительно и не превышает 20% максимальной активности сгибателя. Структура движения остается без изменения, за исключением некоторого падения амплитуды движения при П. Т. Продолжительность разрядов электрической активности и рабочего цикла укорачивается в соответствии с заданным темпом движения.

При малых грузах (1 и 2 кг) наибольшее повышение частоты и амплитуды потенциалов действия отмечается при Б. Т. и П. Т. При больших грузах (3, 6 и 10 кг) электрическая активность возрастает уже при малых скоростях движений. Повышение электрической активности обнаруживается преимущественно в виде увеличения амплитуды потенциалов действия, а не их частоты. Увеличение темпа движений в сериях со все более повышающимся отягощением (1, 2, 3, 6 и 10 кг) приводит не только к увеличению потенциалов действия, но и к сближению их величин: так, из осциллограмм, представленных на рис. 1, видно, что отягощение в 2 кг при Б. Т. и П. Т. сопровождается потенциалами действия такой же амплитуды, как и отягощение в 3 кг. Особенно отчетливо это сближение наблюдается при С. Т., Б. Т. и П. Т. с отягощением в 3, 6 и 10 кг. Таким образом, электрическая активность, достигнув своего максимума при П. Т. с отягощением 2 кг, при дальнейшем увеличении груза не изменяется.

Аналогичные данные были получены при сгибании и разгибании руки в локтевом суставе из положения правая рука вверх. В данных условиях наибольшее увеличение электрической активности обнаруживается не в сгибателях, а разгибателях плеча (рис. 3). Это свидетельствует о том, что в этом исходном положении основную работу выполняют разгибатели. Увеличение скорости сгибания и разгибания руки в локтевом суставе без отягощения и с грузами 1, 2, 3 и 6 кг приводит не только к увеличению частоты и амплитуды потенциалов действия разгибателя, но и к сближению их величин, особенно при больших грузах и скоростях движений. Электрическая активность, достигнув своего максимума при Б. Т. с грузом 1 кг, в дальнейшем, с увеличением темпа и отягощения, не возрастает. При этом электрическая активность двуглавой мышцы плеча возрастает незначительно и не превышает 20—30% максимальной величины активности разгибателя.

Сближение величин электрической активности разгибателя, а также изменение исходного положения тела и уменьшение амплитуды движения в локтевом суставе наблюдаются при меньшей скорости движения и величине отягощения, чем при выполнении работы в основном сгибателем. При работе с грузом 3 кг в П. Т. одновременно с резким падением амплитуды сгибания и разгибания в локтевом суставе отмечается снижение и амплитуды потенциалов действия, а с грузом 6 кг при Б. Т. и П. Т. испытуемые вообще прекращали работу.

Такая же картина сближения величин электрической активности при разной скорости движения и разной величине отягощения обнаруживается при сгибании и разгибании в лучезапястном суставе с отягощением пре-

имущественно сгибателей (кость супинирована) или разгибателей (кость пронирована). При равномерном распределении нагрузки между мышцами-антагонистами отмеченное выше явление не обнаруживается. Об этом свидетельствуют данные, полученные при сгибаниях и разгибаниях в лучезапястном суставе из обычного положения предплечья — большой палец вверх (рис. 4). Исследование показало, что электрическая активность сгибателей (то же и разгибателей) кисти с увеличением темпа движений и отягощения не становится неизменной, а постепенно возрастает. При этом обнаруживаются однотипные изменения частоты и амплитуды потенциалов действия, а также продолжительности разрядов электрической активности мышц-антагонистов независимо от темпа движений и отягощений. Несмотря на увеличение электрической активности мышц, амплитуда движения в лучезапястном суставе с увеличением темпа и отягощения уменьшается, как и в условиях неравномерного распределения нагрузки.

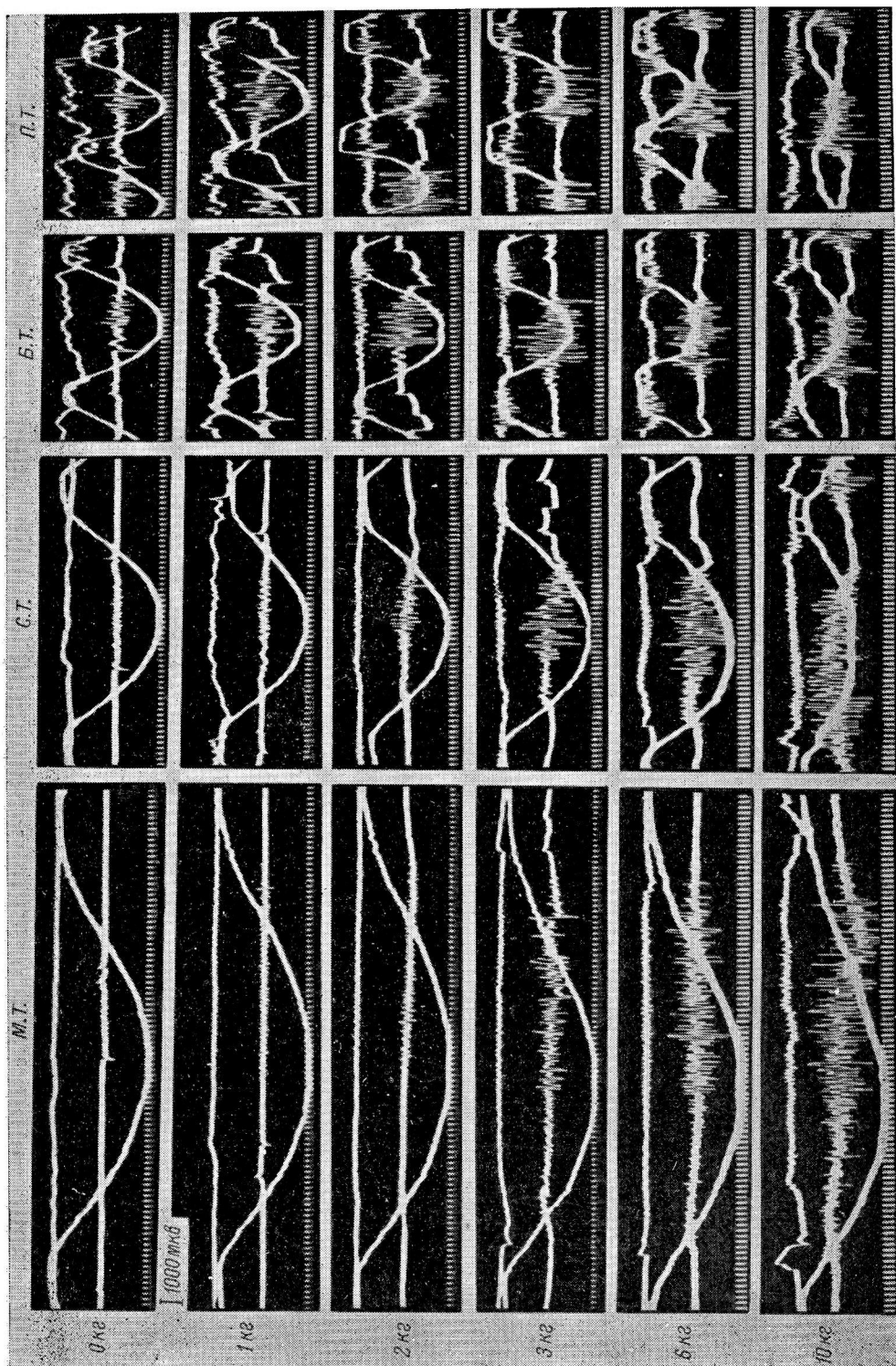
Встает вопрос, за счет чего же может повышаться двигательная деятельность при увеличении темпа и нагрузки без увеличения активности работающих мышц? Дальнейшее наблюдение показало, что повышение уровня двигательной активности достигается благодаря действию следующих факторов.

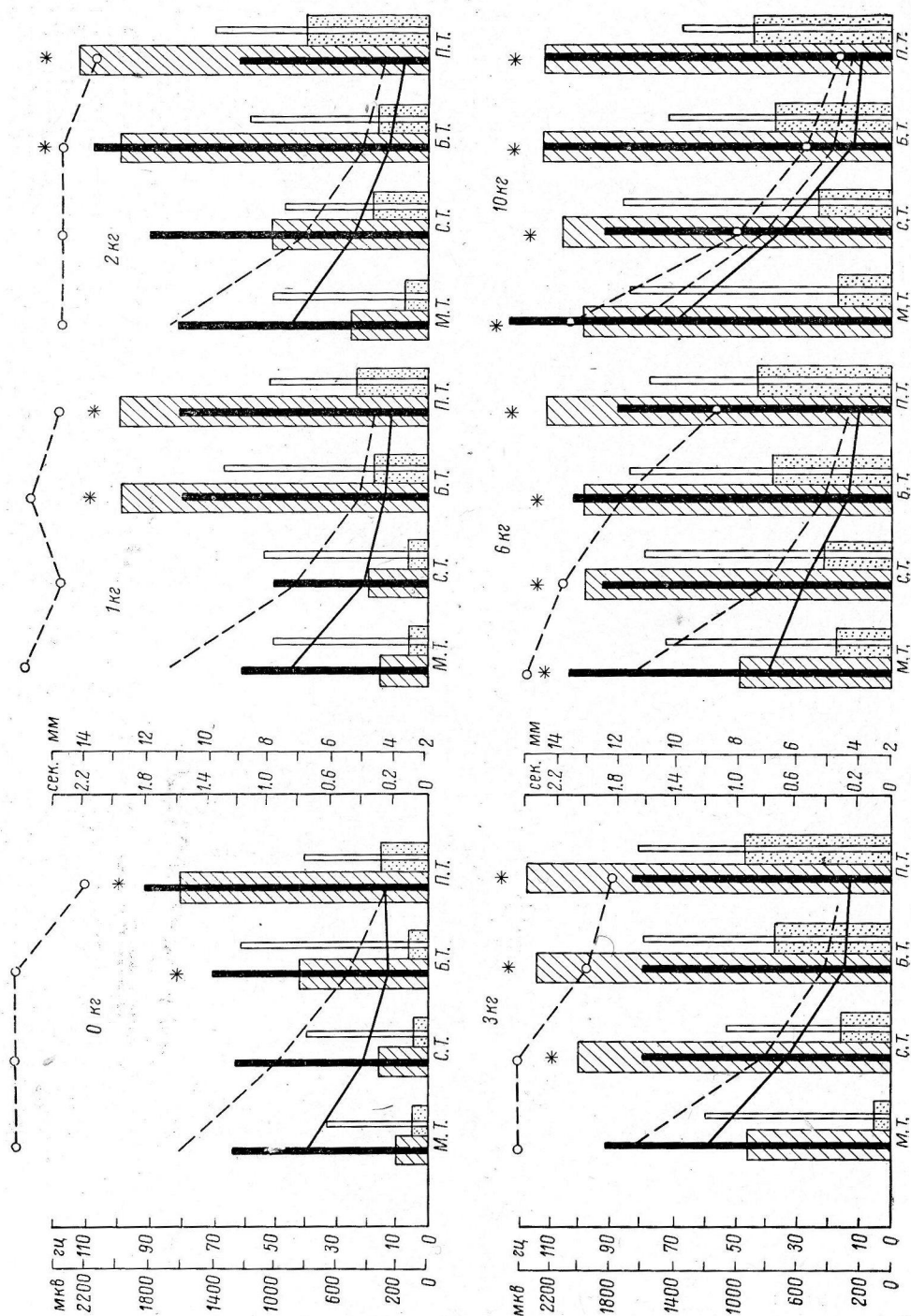
При малой скорости сокращения и величине отягощения электрическая активность не является синхронной. Напротив, при больших грузах и скоростях движений происходит увеличение как количества возбужденных нейромоторных единиц, так и синхронизации их деятельности. В ряде случаев достижение одной и той же скорости и степени сокращения мышц может осуществляться либо за счет увеличения количества возбужденных нейромоторных единиц и повышения частоты импульсов, посылаемых нейронами, либо за счет увеличения степени синхронизации их возбуждения. На ЭМГ в этот период можно наблюдать возникновение синхронизированных потенциалов действия, что свидетельствует о значительном увеличении мышечных усилий (рис. 1, 2).

Поддержание высокого уровня работоспособности обеспечивается также за счет перестройки координации деятельности мышц-антагонистов. Исследование деятельности мышц-антагонистов при циклических движениях показало, что, несмотря на относительное постоянство их взаимодействий, распределение электрической активности в рабочем цикле по мере увеличения и скорости движения и отягощения изменяется. При М. Т. движения постепенное увеличение отягощения приводит к увеличению степени и продолжительности мышечных усилий сгибателя как в фазе подъема (преодолевающая работа), так и опускания груза (уступающая работа). На ЭМГ (рис. 1) видно, что с увеличением груза величина уступающей работы двуглавой мышцы возрастает. Постепенно сглаживается переход величины электрической активности, возникающей перед сгибанием (переходная фаза) и в момент сгибания. Электрическая активность разгибателя незначительна и обнаруживается только в период наибольшей активности его антагонистов и сохраняется независимо от увеличения груза и темпа движений. Одновременное возникновение электрической активности в сгибателе и разгибателе обусловлено, очевидно, не только иррадиацией процесса возбуждения, но и необходимостью создания прочной основы в локте для деятельности двуглавой мышцы плеча.

Рис. 1. Потенциалы действия мышц плеча при разной скорости сгибания и разгибания руки в локтевом суставе без отягощения и с ним (при выполнении основной работы двуглавой мышцей плеча).

Верхняя кривая с осцилляциями — ЭМГ трехглавой мышцы плеча; нижняя кривая с осцилляциями — ЭМГ двуглавой мышцы плеча; сплошная линия — механограмма локтевого сустава; нижняя линия — отметка времени (0.02 сек.) М. Т. — медленный темп; С. Т. — средний темп; Б. Т. — быстрый темп; П. Т. — предельный темп движений.







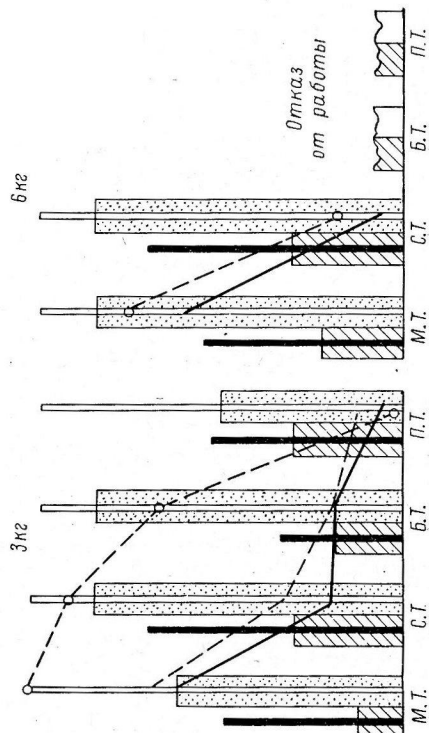
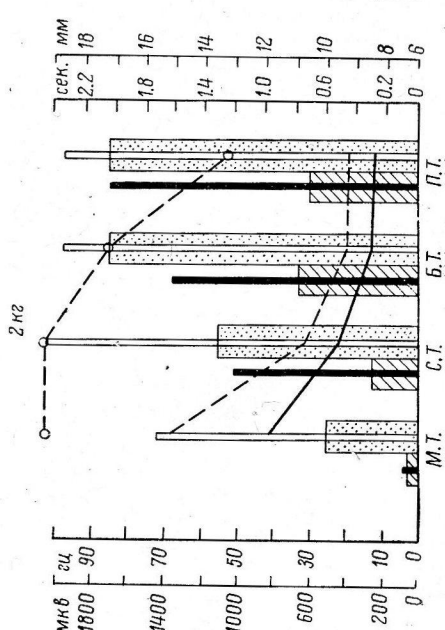
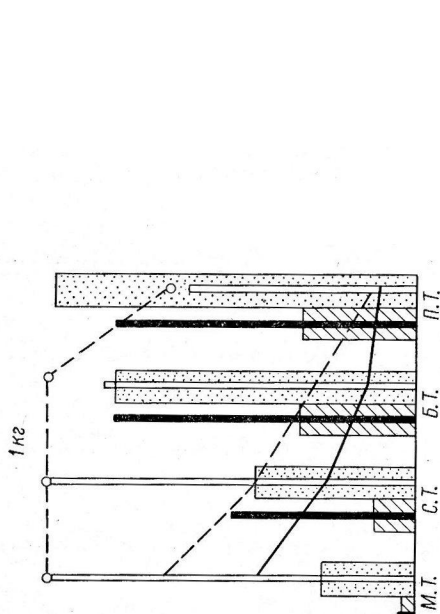
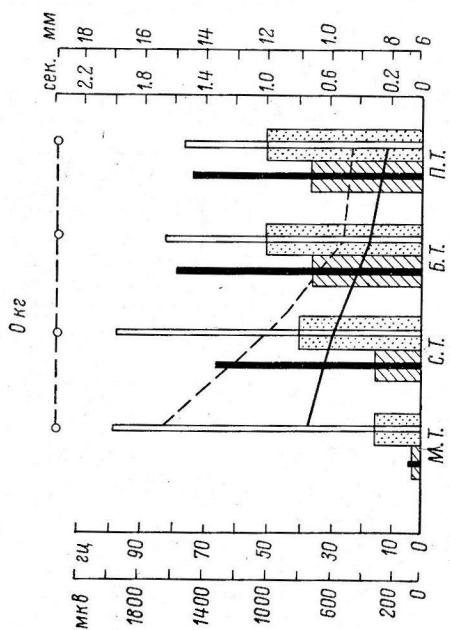


Рис. 3. Влияние постепенного увеличения темпа движений при разных нагрузках на электрическую активность мышц-антагонистов плеча при выполнении основной работы разгибателем — трехглавой мышцей плеча. Обозначения те же, что и на рис. 2.

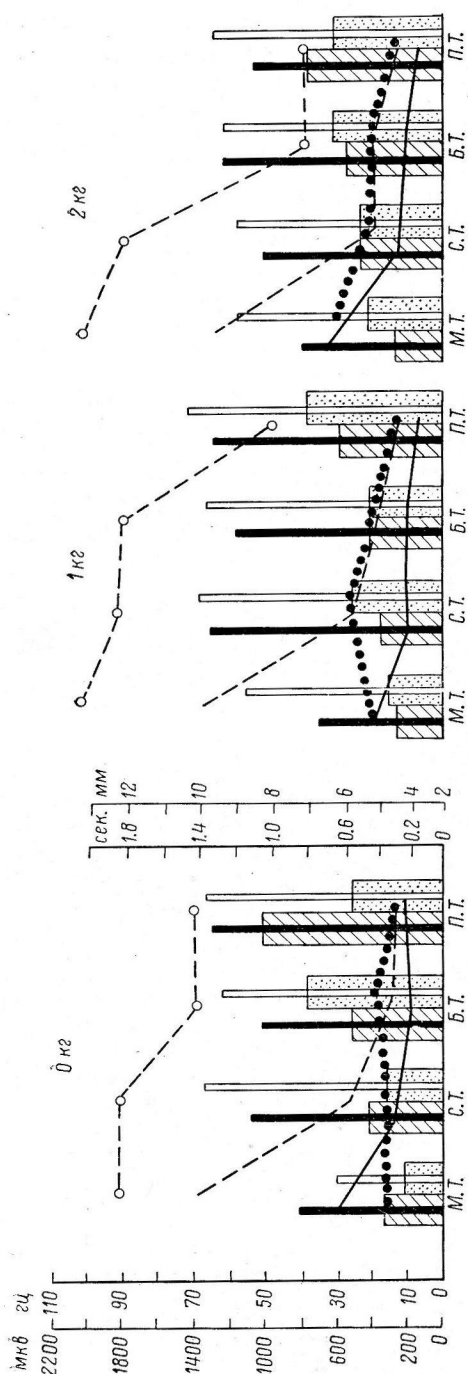
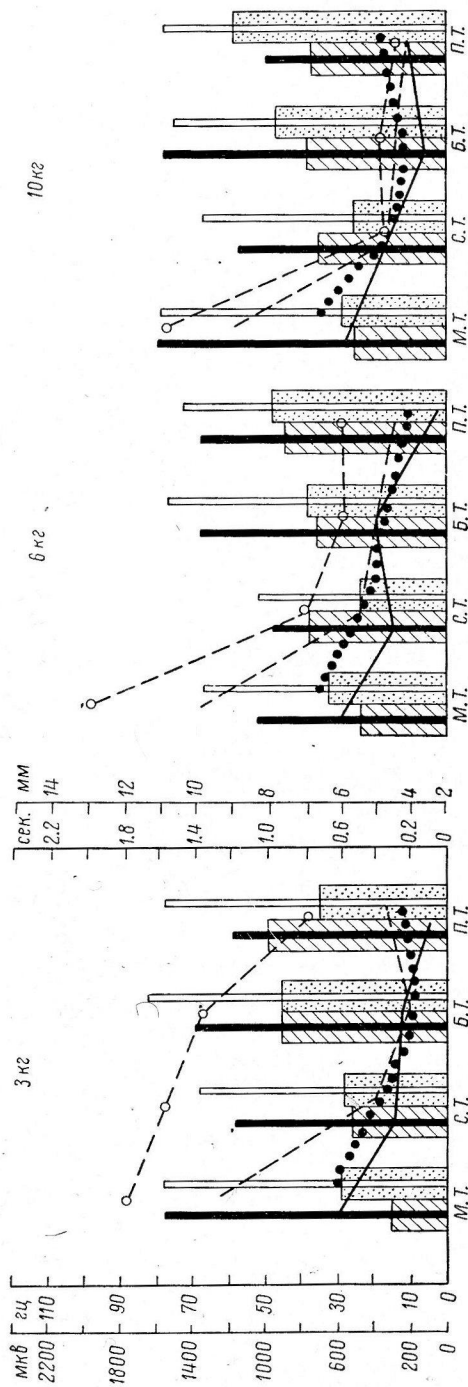


Рис. 4. Влияние постоянного увеличения темпа движений при разных нагрузках на электрическую активность мышц-антагонистов предплечья в условиях равномерного распределения нагрузки между ними.

Широкие столбики — амплитуда потенциалов действия: с кривой штриховой — сгибателя кисти, с точками — разгибателя кисти. Узкие столбики внутри широких — частота потенциалов действия в тех же мышцах. Точечная кривая — продолжительность электрической активности разгибателя кисти (в сек.). Остальные обозначения те же, что и на рис. 2.





При больших скоростях движения величина усилий, развиваемых двуглавой мышцей плеча, возрастает раньше, чем при меньших скоростях движения с теми же отягощениями. Ее возбуждение протекает за более короткий отрезок времени и прекращается задолго до окончания фазы подъема груза, дальнейшее перемещение которого осуществляется за счет инерции. При М. Т. и С. Т. наибольшее увеличение возбуждения сгибателя обнаруживается перед сгибанием и в начале его (рис. 3). С увеличением скорости движения до Б. Т. и П. Т. наибольшая активность двуглавой мышцы при малых грузах наблюдается между фазами разгибания и сгибания или в конце фазы разгибания, а при больших грузах преимущественно в середине разгибания и частично в переходной фазе. При сгибании электрическая активность снижается и прекращается за некоторое время до его окончания. Это особенно четко выступает при сопоставлении данных, полученных при работе в М. Т. и Б. Т. с грузами 3, 6 и 10 кг (ср. ЭМГ рис. 1).

Резкое увеличение степени напряжения двуглавой мышцы в конце фазы разгибания и переходной фазы создает, очевидно, необходимые условия для перехода в фазу сгибания, выполнение которой благодаря потенциальной энергии эластического напряжения, запасенной в предыдущей фазе, осуществляется при меньшей степени произвольного усиления сокращения мышц.

Период покоя трехглавой мышцы плеча во время разгибания при М. Т. и малых нагрузках объясняется наличием отягощения, способствующего выполнению разгибания. С увеличением отягощения и скорости движения, когда возникает необходимость быстрого перехода от одной фазы движения к другой, электрическая активность разгибателя возрастает. При малой величине отягощения и больших скоростях движения активность разгибателя возникает в фазе перехода от сгибания к разгибанию. Однако с увеличением отягощения активность разгибателя обнаруживается в конце сгибания и заканчивается с началом фазы разгибания. Такое перемещение активности разгибателя связано с необходимостью торможения силы инерции, возникающей в фазу сгибания. Снижение активности трехглавой мышцы плеча перед разгибанием и отсутствие ее во время разгибания свидетельствуют о том, что выполнение этой фазы осуществляется за счет потенциальной энергии эластического напряжения растянутого в предыдущую фазу разгибателя, а также действия силы тяжести груза.

С увеличением скорости движения и величины отягощения происходит также постепенное изменение структуры движения: уменьшается амплитуда движения, изменяются исходное положение конечности и поза тела. Эти изменения наступают постепенно, тогда, когда сила и скорость мышечных сокращений становятся недостаточными для поддержания заданного темпа и амплитуды движения. В этом случае испытуемые произвольно находят такое расположение звеньев верхних конечностей, при котором за счет одной и той же силы сокращения возможно поддержание

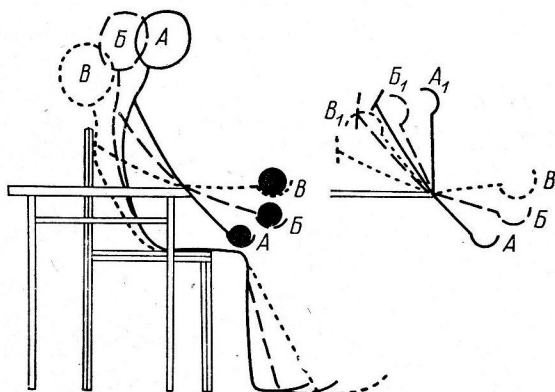


Рис. 5. Схема изменения положения тела (А, В, В₁, А₁, В₁) (слева) и перемещений предплечья по отношению к плечу (справа) при увеличении нагрузки на кисть.

заданного темпа движения при увеличении отягощения. Вначале изменяется исходное положение конечностей — уменьшается угол между плечом и опорой (рис. 5). Это обнаруживается при движениях в Б. Т. и П. Т. с грузами 2 кг, о чем свидетельствует подъем механограммы вверх от отметки времени (рис. 1, ср. М. Т., Б. Т., и П. Т. при 2 и 6 кг). Перемещение груза к точке опоры, очевидно, дает возможность за счет той же величины мышечных усилий поддерживать заданный темп движений, несмотря на большую величину отягощения. С увеличением отягощения наблюдается дальнейшее и более существенное изменение исходного положения, о чем свидетельствует большая величина подъема механограммы вверх и уменьшение амплитуды ее колебания. Резко уменьшается угол между плечом и предплечьем, а также между плечом и опорой. Плечо занимает почти горизонтальное положение. Уменьшение угла между плечом и предплечьем ведет к тому, что груз оказывается почти на уровне опоры и большая часть движения производится в условиях, когда весу груза противодействует не только напряжение мышцы, но и реакция опоры (через кости предплечья). Эти изменения на периферии приводят к значительному уменьшению фактической величины отягощения и к существенным изменениям условий функционирования мышц, за счет которых и компенсируется недостаток силы мышечных сокращений.

Амплитуда движения, несмотря на наличие синхронизированных потенциалов действия значительной амплитуды, снижается. При большей степени отягощения уменьшение амплитуды движения по мере увеличения темпа происходит в соответствии с укорочением разрядов электрической активности и рабочих циклов движения (рис. 1, 2, 3). Что касается временных отрезков рабочих циклов движения и разрядов электрической активности мышц, то их продолжительность по мере увеличения скорости движения уменьшается.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ полученного материала показал, что сила и скорость сокращения скелетных мышц в условиях целостного организма человека зависят от многих факторов, в том числе от количества возбужденных двигательных единиц и синхронизации их деятельности, длины мышцы, угла действия мышечной тяги, отягощения и т. д. Величины и значения этих факторов не являются постоянными даже при выполнении фаз одного цикла в серии повторных циклических движений. Об этом свидетельствуют изменения частоты и амплитуды потенциалов действия мышц-антагонистов плеча и предплечья при повторных сгибаниях и разгибаниях в локтевом и лучезапястном суставах, амплитуда и скорость которых также изменяются. Чем меньше тяжесть работы и проще структура двигательного акта, тем больше выражено постоянство электрической активности мышц и параметров рабочих движений. Изменение скорости движения или отягощения приводит к определенной перестройке и согласованию иннервационных воздействий в соответствии с условиями работы. Так, увеличение скорости сгибания и разгибания в локтевом и лучезапястном суставах сопровождается увеличением количества возбужденных нейромоторных единиц и повышением частоты их возбуждения, а также укорочением продолжительности разрядов активности в соответствии с темпом движения. При Б. Т. и П. Т. отмечается синхронизация деятельности нейромоторных единиц. С увеличением отягощения на фоне повышения количества и частоты возбуждений продолжительность активности нейромоторных единиц резко возрастает, особенно при больших грузах. Наличие в ЭМГ синхронизированных потенциалов действия при больших грузах свидетельствует о мобилизации и синхронизации деятельности большого числа нейромоторных единиц. Частоты синхронизированных потенциалов действия работающих мышц сначала снижаются, затем возрастают.

Исследование деятельности мышц-антагонистов при циклических движениях показало, что, несмотря на относительное постоянство взаимодействий, распределение их активности в рабочем цикле с увеличением скорости движения и отягощения изменяется.

ЭМГ мышц-антагонистов плеча и предплечья при повторяющихся циклических движениях свидетельствуют о том, что при определенных условиях работы мышцы не только обеспечивают выполнение соответствующих фаз движения, но и тормозят окончание предшествующих фаз. Кроме того, при изменении режима деятельности они могут способствовать выполнению противоположных фаз движения. Такое приспособление деятельности мышц-антагонистов к новым условиям работы осуществляется за счет непрерывной согласованности действий нервных центров с текущими условиями на периферии.

Большое значение в этом процессе принадлежит, очевидно, обратным связям, на основе которых и осуществляется подбор необходимых сочетаний в деятельности мышц-антагонистов. При небольших отягощениях поддержание заданного темпа движения осуществляется преимущественно за счет силы и быстроты сокращений и возможного улучшения координации деятельности нейромоторных единиц, несущих основную тяжесть работы. В этом случае структура движения в общем остается постоянной. При очень тяжелых физических нагрузках (Б. Т., П. Т., 6 кг, 10 кг) или при состоянии утомления, когда истощаются функциональные возможности двигательного аппарата, дальнейшее поддержание темпа движения осуществляется за счет компенсаторного уменьшения действия периферических факторов (величина отягощения мышц, их растягивание, инерция и т. д.). При этом амплитуда движения уменьшается, изменяется распределение мышечных усилий в рабочем цикле, изменяется поза тела. Продолжительность такой работы невелика. В этот период резко возрастает иррадиация возбуждения, о чем свидетельствует значительное увеличение потенциалов действия в неработающих мышцах (двуглавая мышца другой руки, переднебольшеберцовая мышца ноги и др.). Частота дыхания возрастает до 20—30 в 1 мин. Дыхание становится аритмичным, на фоне вдоха или выдоха накладываются дополнительные дыхательные движения с паузами различной длительности. Суммарная частота дыхания (с учетом дополнительных всплесков) нередко достигает значительных величин (140—180 в 1 мин.). Частота сокращений сердца возрастает до 110—130 в 1 мин.

## ВЫВОДЫ

1. В условиях взаимного влияния увеличения темпа движения и отягощения амплитуда потенциалов действия мышцы, выполняющей основную работу, возрастает и становится практически одинаковой — при малых грузах (2 и 3 кг) при Б. Т. и П. Т., а при больших грузах (6 и 10 кг) при всех темпах.

2. Взаимодействие мышц-антагонистов в различные фазы циклических движений характеризуется как последовательным, так и одновременным возбуждением. Несмотря на относительное постоянство взаимодействия антагонистов, распределение их активности в рабочем цикле по мере увеличения скорости движения и отягощения изменяется, что имеет координационное значение.

3. При большом грузе и высоком темпе, несмотря на мобилизацию и синхронизацию деятельности нейромоторных единиц, амплитуда движения уменьшается. Изменяется поза тела и перераспределяется активность мышц в цикле движения, что играет существенную роль в поддержании высокого темпа при больших отягощениях.

## ЛИТЕРАТУРА

- Жуков Е. К., Ю. З. Захарьянц, Физиолог. журн. СССР, 45, № 9, 1053, 1959; 46, № 7, 819, 1960.
- Захарьянц Ю. З., Е. К. Жуков, Л. В. Иванова, Тез. докл. Итогов. н.-иссл.конфер. Инст. им. Лесгафта за 1960 г., в. 6, 18, 1961.
- Киселев М. А., М. Е. Маршак, Физиолог. журн. СССР, 18, № 2, 180, 1935.
- Книпст И. Н. Сила мышц человека и факторы, ее определяющие. Автореф. дисс. М., 1952.
- Моногаров В. Д., Тез. Плен. комисс. по вопр. физиолог. спорта, 18, 1956; Пробл. физиолог. спорта, в. 1, 78, 1958.
- Павлова Л. П., Уч. зап. ЛГУ, № 222, 237, Л., 1957.
- Персон Р. С., Физиолог. журн. СССР, 46, № 7, 810, 1960.
- Ратов И. П., Пробл. физиолог. спорта, в. 2, 44, 1960.
- Степанов А. С., Уч. зап. Инст. им. П. Ф. Лесгафта, в. 6, 329, 1958; Физиолог. журн. СССР, 45, № 2, 129, 1959.
- Федоров В. Л., Матер. к Итогов. сесс. ЦНИИФК, 20, М., 1958.
- Шпильберг П. И., Арх. биол. наук, 42, № 1—2, 223, 1936.
- Bergstrom R. M., Act. physiol. scand., 44, № 2, 184, 1958.
- Smoll A. M., N. B. Gross, Journ. Compar. a. Physiol. Psychol., 55, № 2, 227, 1958.
- Wachholder K., H. Altenburger, Pflug. Arch., 210, 1925.

Поступило 27 IV 1963

# ELECTROMYOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF MUSCLE WORK WITH DIFFERENT LOADS AND RATES OF MOVEMENT IN HUMANS

By Yu. Z. Zakhariantz

From the Department of Physiology, P. F. Lesgaft Institute of Physical Culture, Leningrad

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЫШЦ-АНТАГОНИСТОВ ПЛЕЧА  
У ДЕТЕЙ 3—17 ЛЕТ

Б. М. Нидерштраг

Кафедра физиологии Института физической культуры им. П. Ф. Лесгафта,  
Ленинград

Электромиографические исследования, проведенные как на человеке, так и на животных, в соответствии с данными Н. Е. Введенского и А. А. Ухтомского (1909), показали, что реципрокные соотношения между мышцами-антагонистами изменяются в зависимости от функционального состояния организма, темпа движений, интенсивности усилий, биомеханических факторов и т. д. (Канторович-Донская, 1951; Уфлянд, 1952; Захарьянц, 1954; Персон, 1958, 1960; Жуков, Захарьянц, 1961). Имеются отдельные указания, что реципрокные отношения (по электромиографическим показателям) в известной мере связаны и с возрастом (Рего, 1954; Коробков, 1958; Вахромеева, 1963; Оганесян, 1963). Такие же данные получены Ю. М. Уфляндром (1952, 1960) при наблюдении за перестройкой иннервации мышц после сухожильно-мышечных пересадок. По данным автора, у детей 10—15 лет новые координационные отношения вырабатываются быстрее, чем у 8—9-летних, однако Уфлянд объясняет это явление только более сознательным отношением старших школьников к тренировке.

Изучение взаимоотношений мышц-антагонистов у детей разного возраста представляет особый интерес, так как полученные данные помогают раскрыть природу формирования этих отношений и значение при этом безусловных и условнорефлекторных факторов. Нами исследовался вопрос о формировании иннервационных отношений между двуглавой и трехглавой мышцами плеча в процессе возрастного развития. Одновременно мы изучали влияние на эти отношения изменений темпа движений и величины отягощений.

## МЕТОДИКА

Всего обследовано 120 мальчиков в возрасте 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 лет, по 16 человек в каждой возрастной группе. Группа детей 3 лет состояла из 8 человек. В одну группу входили лица, которым ко времени исследования исполнилось полное количество лет, соответствующее возрастной группировке.

Во время опытов испытуемые находились в кресле, входящем в комплект электроэнцефалографической установки типа «Альвар», в положении сидя с опорой. Ноги испытуемых лежали на горизонтальной опоре, левая рука была свободно опущена на бедро, дистальная часть правого плеча помещалась на специальном подлокотнике, который можно было перемещать в трех взаимно-перпендикулярных плоскостях. Это позволяло создавать всем испытуемым одинаковые условия для работы. В исходном положении правая рука была согнута в локтевом суставе под углом в 90°, пальцы кисти сжаты в кулак. К среднему пальцу правой руки прикреплялась капроновая нить, связанная с рычагом потенциометрического датчика, с помощью которого на плейфном осциллографе МПО-2 записывались механограммы сгибательных и разгибательных движений в локтевом суставе. Темп движений задавался электрометром, амплитуда движений контролировалась специальными ограничителями.



Токи действия с двуглавой и трехглавой мышц плеча отводились на двухканальный усилитель и регистрировались вместе с механограммой. Испытуемые начинали работать по команде, которая подавалась через 5—7 сек. после появления сигналов. В начале опыта нужно было работать без отягощения в темпе 30 раз в 1 мин. Через 8—10 сек. экспериментатор без предупреждения увеличивал частоту сигналов метронома до 60 в 1 мин., затем, через 6—8 сек., по команде работа прекращалась, после чего испытуемым предлагалось повторить движения в максимальном доступном им темпе. Через 3 мин. опыт по той же программе повторялся с отягощением, равным 25% от максимальной силы мышц-сгибателей предплечья. С отягощением, равным 50% от этой же величины, испытуемые должны были работать только в максимальном темпе.

В дальнейшем отягощение, равное 50% от максимального, условно будет именоваться средним, а равное 25% — малым, темп 30 сигналов в 1 мин. — медленным, а 60 в 1 мин. — быстрым.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При анализе полученных данных оказалось, что у детей разного возраста при совершении ими одного и того же вида работы имеют место различные отношения между двигательными центрами мышц-антагонистов. Реципрокная регуляция мышц-сгибателей и разгибателей предплечья у юношей 17 лет наблюдалась значительно чаще, чем у детей дошкольного и младшего школьного возраста.

Количество случаев (в %), при которых у детей различного возраста наблюдались реципрокные отношения в мышцах-антагонистах плеча

| Возраст испытуемых<br>(в годах) | Режим работы                              |                            |                                    |                            |                            |                                    |                       |
|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
|                                 | без отягощений                            |                            | отягощение 25%<br>от максимального |                            |                            | отягощение 50%<br>от максимального |                       |
|                                 | темп 30 циклов<br>в 1 мин.                | темп 60 циклов<br>в 1 мин. | темп макс-<br>мальный              | темп 30 циклов<br>в 1 мин. | темп 60 циклов<br>в 1 мин. | темп макс-<br>мальный              | темп макс-<br>мальный |
|                                 |                                           |                            |                                    |                            |                            |                                    |                       |
| 3                               | Выполнить задание самостоятельно не могли |                            |                                    |                            |                            |                                    |                       |
| 5                               | 0                                         | 0                          | 0                                  | 31.5                       | 31.5                       | 31.5                               | 31.5                  |
| 7                               | 0                                         | 25.2                       | 44.1                               | 18.9                       | 37.8                       | 56.7                               | 37.8                  |
| 9                               | 0                                         | 12.6                       | 31.5                               | 6.3                        | 31.5                       | 37.8                               | 25.2                  |
| 11                              | 0                                         | 0                          | 18.9                               | 6.3                        | 18.9                       | 44.1                               | 25.2                  |
| 13                              | 0                                         | 0                          | 37.8                               | 0                          | 25.2                       | 31.5                               | 18.9                  |
| 15                              | 0                                         | 12.6                       | 50.4                               | 6.3                        | 69.3                       | 81.9                               | 44.1                  |
| 17                              | 0                                         | 37.8                       | 63.0                               | 25.2                       | 56.7                       | 75.6                               | 75.6                  |

Увеличение темпа движений у детей всех возрастов сопровождалось ростом количества случаев, при которых наблюдались реципрокные отношения. Работа с отягощениями, равными 25% от максимальных показателей силы мышц-сгибателей предплечья, характеризовалась более частым появлением реципрокности, чем аналогичная работа без отягощений. Дальнейшее увеличение отягощений от 25 до 50% приводило к снижению количества таких случаев.

При выполнении движений без нагрузки в медленном темпе биотоки в мышцах были, как правило, очень малы и хорошо регистрировались только при усилении, равном 250 мкв на 7 мм. Однако в околопредельных видах работы такое усиление было излишним и приводило к тому, что амплитуда осцилляций превышала размеры плески. В этих

случаях регистрация биотоков осуществлялась при усилении, уменьшенном в два раза.

На таблице представлены данные, демонстрирующие изменение реципрокности в зависимости от возраста испытуемых и особенностей режима работы. Дети 3 лет не могли выполнить задание самостоятельно после предварительной инструкции, однако если работа начиналась с пассивных перемещений предплечья испытуемых экспериментатором, а затем продолжалась самим испытуемым, то в таких случаях иногда отмечались реципрокные отношения между центрами мышц-антагонистов. Дети 5 лет выполняли программу опыта только после практического опробования. При некоторых видах работы у них уже отмечаются случаи реципрокности. К 7 годам у детей происходит заметное улучшение координацион-

ных отношений в ц.н.с., что находит выражение в проявлении реципрокной иннервации даже во время работы без отягощений.

У школьников в возрасте 9—13 лет, как правило, отмечалось некоторое снижение количества случаев реципрокности. У большинства испытуе-

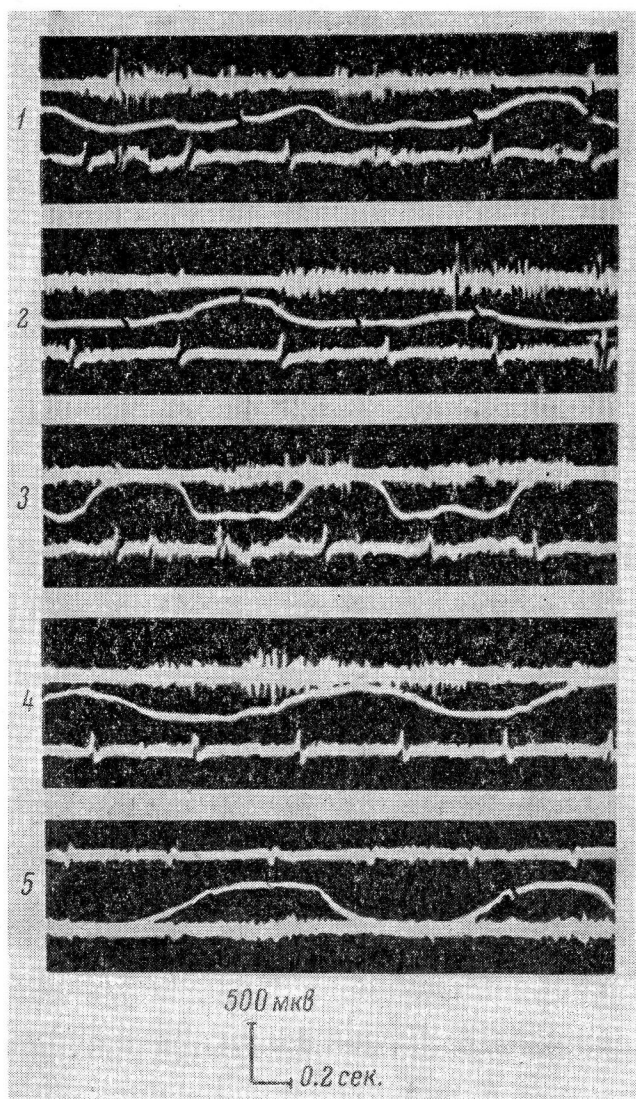


Рис. 1. Электромиограммы ребенка 3 лет.

Здесь и на следующих рисунках *сверху вниз*: двуглавая мышца плеча; механограмма; трехглавая мышца плеча. *Разрывы на механограмме* — сигналы звукового лидера. На электромиограммы накладываются биопотенциалы сердца. 1 — без отягощения, темп 30 в 1 мин.; 2 — то же, темп 60 в 1 мин.; 3 — то же, максимальный темп; 4 — отягощение 25% от максимального, темп максимальный; 5 — без отягощения, темп 60 в 1 мин. (движения осуществлялись активно после многократного перемещения предплечья испытуемого экспериментатором).

мых 15—17 лет наблюдалась реципрокная иннервация исследуемых мышц. Однако даже у юношей 17 лет при работе без отягощения в медленном темпе таких случаев не зафиксировано.

Следует отметить, что у детей с 3 до 15 лет редко встречались такие реципрокные отношения, при которых состояние возбуждения в одной

мышце соответствовало бы состоянию полного торможения в другой. В этом возрасте чаще всего повышение биоэлектрической активности в одной мышце сопровождалось всплеской биопотенциалов в ее антагонисте. В результате всплески активности в трехглавой мышце плеча появлялись в два раза чаще, чем в двуглавой.

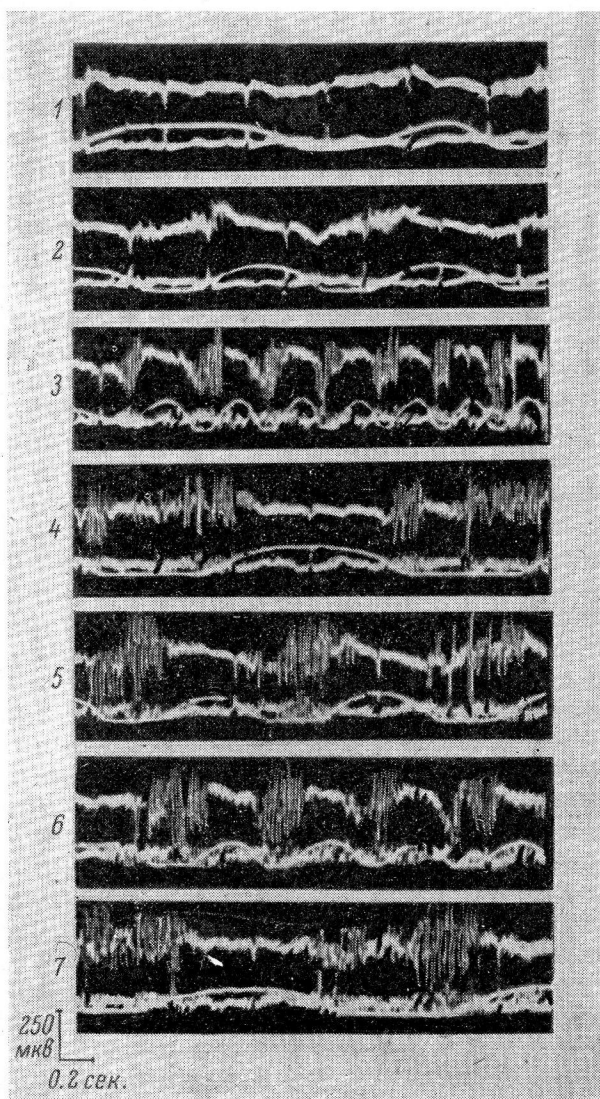


Рис. 2. Электромиограммы ребенка 5 лет.

1 — без отягощения, темп 30 в 1 мин.; 2 — то же, темп 60 в 1 мин.; 3 — то же, максимальный темп; 4 — отягощение 25% от максимального, темп 30 в 1 мин.; 5 — то же, темп 60 в 1 мин.; 6 — то же, темп максимальный; 7 — отягощение 50% от максимального, темп максимальный.

У испытуемых дошкольного и младшего школьного возраста при сложных условиях работы часто имела место непрекращающаяся активность в трехглавой мышце плеча. У самых младших детей сплошная биоэлектрическая активность иногда наблюдалась и в двуглавой мышце.

На рисунках наглядно демонстрируются особенности нервной регуляции обследуемых мышц у детей 3, 5, 7 и 15 лет в процессе совершения

ими работы одного и того же характера. На рис. 1 приводятся отдельные данные обследования ребенка 3 лет. Можно видеть отсутствие стабильности при повторении циклических движений, беспорядочную импульсацию биотоков, отсутствие реципрокных отношений между мышцами-антагони-

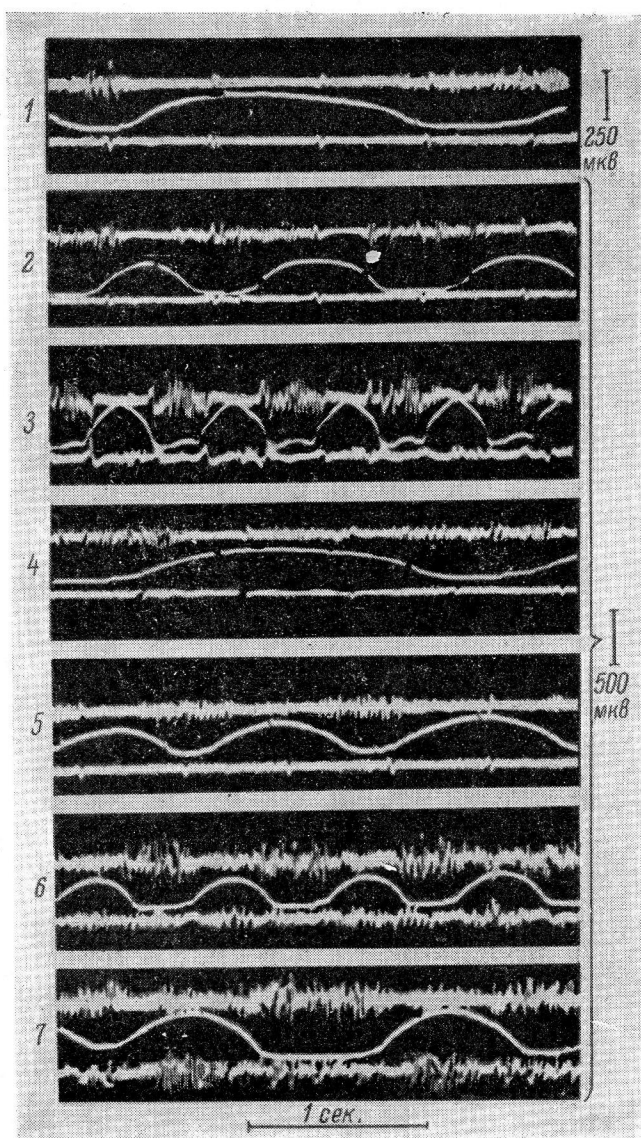


Рис. 3. Электромиограммы ребенка 7 лет.

1 — без отягощения, темп 30 в 1 мин.; 2 — то же, темп 60 в 1 мин.; 3 — то же, темп максимальный; 4 — отягощение 25% от максимального, темп 30 в 1 мин.; 5 — то же, темп 60 в 1 мин.; 6 — то же, темп максимальный; 7 — отягощение 50% от максимального, темп максимальный.

стами при всех видах работы. На электромиограмме 5 рис. 1 зарегистрированы биотоки, которые имели место при активной работе испытуемого после предварительного многократного перемещения его предплечья экспериментатором. В этом случае уже можно отметить появление реципрокных отношений.



Представляет интерес, что испытуемый, независимо от частоты сигналов, совершал движения примерно в одном и том же темпе. Амплитуда биотоков в двуглавой мышце плеча в тех случаях, когда работа должна была производиться в медленном и быстром темпах, была даже несколько

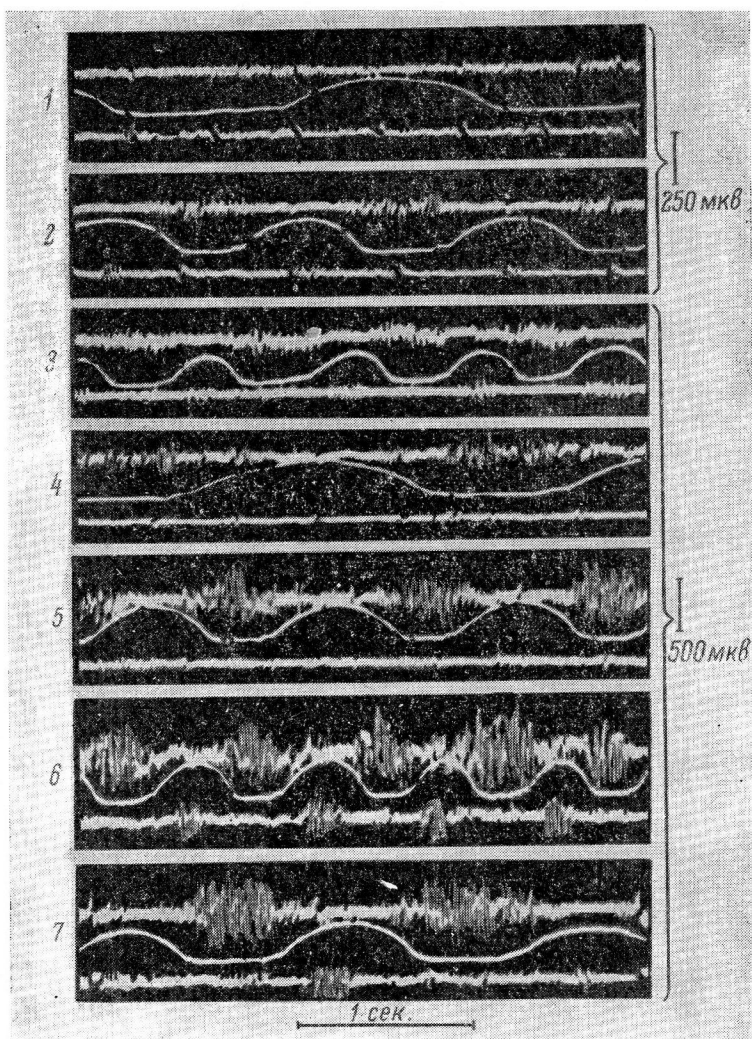


Рис. 4. Электромиограммы подростка 15 лет.

1 — без отягощения, темп 30 в 1 мин.; 2 — то же, темп 60 в 1 мин.; 3 — то же, темп максимальный; 4 — отягощение 25% от максимального, темп 30 в 1 мин.; 5 — то же, темп 60 в 1 мин.; 6 — то же, темп максимальный; 7 — отягощение 50% от максимального, темп максимальный.

больше, чем при осуществлении движений в максимальном темпе. По-видимому, необходимость воспроизводить в движениях задаваемый лидером темп настолько усложняла задачу, что вызывала излишнее напряжение мышц испытуемого.

У детей 5 лет (рис. 2) токи действия появляются в соответствии с особенностями работы мышцы в каждой фазе цикла. На электромиограммах видно, что усиление активности в двуглавой мышце плеча происходит именно в тот момент, когда рука выпрямлена или находится в положении, близком к этому. При некоторых видах работы отмечается сочетанная



регуляция сгибателя и разгибателя предплечья. Дети этого возраста, как и трехлетние, могут в процессе работы произвольно в широких пределах изменять амплитуду движений, что влияет на интенсивность напряжения мышц, а следовательно, и на биоэлектрические показатели.

На осциллограммах школьника 7 лет (рис. 3) можно наблюдать более совершенную регуляцию обследуемых мышц, которая выражается в большей компактности всплесков биоэлектрической активности и в дальнейшем росте количества случаев, при которых отмечаются отчетливые реципрокные отношения мышц-антагонистов. При работе в медленном темпе без отягощений биотоки в мышцах незначительны. Фазы повышенной биоэлектрической активности в трехглавой мышце плеча появляются не только в момент уменьшения биотоков в двуглавой мышце, но и в момент их увеличения.

Данные подростков 15 лет (рис. 4) свидетельствуют о высокой координированности у них процессов взаимодействия мышц-антагонистов. У школьников этого возраста трехглавая мышца плеча заметно включается в работу только в наиболее трудных условиях, т. е. при работе в быстром и максимальном темпах. При совершении движений в медленном и быстром темпах без отягощений, а также с малым отягощением в медленном темпе биотоки в разгибателе предплечья были очень малы. Попеременная иннервация двуглавой и трехглавой мышц плеча имеет место уже в тех видах работы, где интенсивность усилий относительно невысока.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведенного исследования дают основание для конкретизации некоторых положений существующего представления о динамичности мышечного антагонизма. В соответствии с результатами исследований других авторов, полученными при регистрации внешнего двигательного эффекта (Назаров, 1960; Фарфель, 1962; Козлов, 1963, и др.), наши данные, полученные в условиях электромиографической регистрации, показали формирование в процессе возрастного развития более совершенных и экономических реципрокных отношений между мышцами-антагонистами.

Наиболее существенное улучшение координации деятельности нервных центров, обеспечивающих реципрокные взаимоотношения мышц, в наших опытах происходило с 5 до 7 и с 13 до 15 лет. При изучении координации элементарных движений верхних конечностей у детей В. П. Назаров (1962) нашел, что способность усваивать движения с перекрестной координацией резко улучшается при переходе к школьному возрасту. А. Н. Козлов (1963) особенно быстрый рост координации движений наблюдал у школьников 12—13 лет, т. е. в тот возрастной период, когда мы отмечали снижение количества случаев, при которых имели место реципрокные отношения мышц-антагонистов плеча. После сухожильно-мышечных пересадок перестройка координации деятельности центров различных мышц происходит значительно быстрее у детей 10—15 лет, чем у 8—9-летних (Уфлянд, 1960).

В. П. Назаров (1962) и другие авторы отмечают, что увеличение темпа движений, как правило, приводит к нарушению ранее выработанных неустойчивых координаций. В наших опытах увеличение частоты движений способствовало формированию реципрокных отношений.

Сопоставляя литературные и полученные нами данные, можно предположить, что реципрокный характер регуляции мышц-антагонистов следует рассматривать не только как высокую степень выработанной условно-рефлекторным путем координации нервных центров, но и как ответную реакцию двигательного прибора на раздражитель, имеющий определенные временные и силовые характеристики. Формирование новых координационных отношений между центрами мышц-антагонистов зависит как

от условнорефлекторных факторов, так и от безусловнорефлекторных, частным проявлением которых являются взаимоотношения мышц-антагонистов, наблюдавшиеся в известных опытах Шеррингтона (Scherrington, 1906).

Полученные нами результаты согласуются с данными С. И. Оганесяна (1963), который исследовал взаимоотношения мышц-антагонистов в лучезапястном суставе при некоторых рабочих движениях у детей 8—16 лет. Автор нашел, что антагонист произвольно сокращающейся мышцы не принимает участия в движении при слабом сокращении агониста. При сильных сокращениях биоэлектрическая активность в антагонисте сильно возрастает, однако в этих случаях реципрокные отношения, как правило, нарушаются.

Р. С. Персон (1960) считает, что реципрокное торможение представляет собой не универсальное явление, а лишь один из возможных механизмов координации естественных двигательных актов. Наши данные подтверждают это положение.

Представляет интерес явление искусственной настройки нервных центров на реципрокный характер регуляции мышц-антагонистов у дошкольников. Возможно, что эта настройка происходит благодаря тому, что афферентные импульсы, которые образуются при поочередном пассивном растяжении сгибателей и разгибателей предплечья, вызывают регуляцию посылки импульсов к мышцам в соответствии с задаваемым темпом работы. Основанием для такого предположения могут служить данные И. А. Вахромеевой (1963), полученные при изучении взаимоотношений мышц-антагонистов плеча у новорожденных детей. Установившийся характер импульсации эфферентных сигналов сохраняется и при переходе к активной двигательной деятельности. Такое положение хорошо согласуется с теми данными, которые имеются в практике обучения специфическим формам двигательной активности. При обучении спортивным и трудовым навыкам, а также при восстановлении двигательных функций, утраченных вследствие различных нарушений и изменений опорно-двигательного аппарата, широко используются пассивные движения — они дают возможность подсознательно строить схему нервных связей, которая должна стать основой двигательного навыка (Грицкевич, 1960).

Некоторое уменьшение количества случаев реципрокности у детей в возрасте 9—13 лет, по-видимому, можно объяснить убыстрением роста организма в этот период, началом полового созревания, во время протекания которого отмечаются некоторые нарушения координационных механизмов, имеющие временный характер (Гандельсман, Смирнов, 1960).

Результаты проведенного нами эксперимента дают основания для того, чтобы присоединиться к положению, по которому динамику мышечного антагонизма следует рассматривать как результат взаимодействия большого количества различных факторов. В наших опытах эта динамика зависела от возраста испытуемых, темпа выполняемых ими движений и величины отягощений.

## ВЫВОДЫ

1. Стимуляция нервной системой деятельности мышц-антагонистов плеча в процессе осуществления сгибательно-разгибательных движений в локтевом суставе может иметь как попеременный (реципрокный), так и одновременный характер. Особенности такой регуляции наряду с другими факторами зависят от возраста испытуемых и режима работы.

2. У детей 3 лет биотоки в мышцах-антагонистах плеча изменялись, как правило, одновременно и однонаправленно в сторону уменьшения или увеличения. У детей 5 лет и старше количество случаев, при которых обследуемые мышцы работают реципрокно, увеличивается. Некоторая стабилизация и даже ухудшение координированности работы центров двуглавой и трехглавой мышц плеча имела место у испытуемых 9—13 лет.

3. При работе в медленном темпе (30 циклов в 1 мин.) без отягощений реципрокные отношения мышц-антагонистов плеча отсутствовали у всех испытуемых. Увеличение темпа движений до 60 циклов в 1 мин. и работа в максимальном темпе сопровождались значительным ростом количества случаев реципрокности.

4. Во время работы с отягощениями, равными 25% от максимальной силы мышц-сгибателей предплечья по сравнению с аналогичной работой без отягощений, реципрокные отношения между центрами обследуемых мышц наблюдались чаще. Дальнейшее увеличение отягощений до 50% от максимальных показателей силы приводило к снижению количества таких случаев.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Вахромеева И. А., Физиолог. журн. СССР, 49, № 4, 449, 1963.  
 Введенский Н. Е., А. А. Ухтомский, Раб. Физиолог. лабор. СПб. унив., 3, 143, 1909.  
 Гандельсман А. Б., К. М. Смирнов. Физическое воспитание детей школьного возраста. М., 1960.  
 Грицкевич Д. И. В сб.: Проблема компенсаторных приспособлений, 43. М., 1960.  
 Жуков Е. К., Ю. З. Захарьянц, Физиолог. журн. СССР, 46, № 7, 819, 1960а; Пробл. физиолог. спорта, в. 2, 5, 1960б.  
 Захарьянц Ю. З. Функциональные особенности мышц плеча и плечевого пояса у гимнастов различных разрядов. Автореф. дисс. Л., 1954.  
 Канторович-Донская Л. В. Электромиографическая характеристика перестройки иннервационных отношений мышц-антагонистов при пересадке их сухожилий. Автореф. дисс. Л., 1951.  
 Козлов А. Н., Матер. VI Научн. конфер. по вопр. возрастной морфолог., физиолог. и биохим., 369, М., 1963.  
 Коробков А. В., Тр. ИФКиС им. В. И. Ленина, в. 18, 80, Л., 1958.  
 Назаров В. П., Тез. докл. на Конфер. по вопр. физиолог. спорта, 144, Тбилиси, 1960; Тр. V Научн. конфер. по возр. морфолог., физиолог. и биохим., 216, М., 1962.  
 Оганесян С. И., Матер. IV Научн. конфер. по физиолог. труда, посвящ. пам. А. А. Ухтомского, 259, Л., 1963.  
 Персон Р. С., Журн. высш. нерв. деят., 8, № 1, 17, 1958; в сб.: Проблема компенсаторных приспособлений, 67. М., 1960.  
 Рего С. И. Нарушение координации движений при повреждении головного конца двигательного анализатора. Автореф. дисс. Л., 1954.  
 Уфлянд Ю. М., Физиолог. журн. СССР, 38, № 2, 247, 1952; в сб.: Проблема компенсаторных приспособлений, 80. М., 1960.  
 Фарфель В. С., Тр. V Научн. конфер. по вопр. морфолог., физиолог. и биохим., 27, М., 1962.  
 Sherrington Ch. The integrative action of nervous system. 1906.

Поступило 12 XI 1963

#### INTERACTION BETWEEN ANTAGONISTIC MUSCLES OF THE ARM IN CHILDREN AGED 3 TO 17

By B. M. Niedershrat

From the Department of Physiology, P. F. Lesgaft Institute of Physical Culture, Leningrad

## АСИММЕТРИЯ В ПРОЯВЛЕНИИ МЫШЕЧНОГО ЧУВСТВА

Е. П. Ильин

Лаборатория физиологии труда Физиологического института им. А. А. Ухтомского, Ленинград

Среди вопросов, относящихся к проблеме функциональной асимметрии (праворукости) у человека, до сих пор остается слабо изученным вопрос об асимметрии проприоцептивной чувствительности (мышечного чувства). В отношении одного из проявлений этого чувства — оценки веса предметов существуют самые противоречивые мнения. Бирфлит (Bierfliet, 1897) нашел, что лучше оценивает вес правая рука, а Бауэр (Bauer, 1911), наоборот, считает, что левая. Чен (Chen, 1935) в результате своих экспериментов вообще не смог выявить предпочтения одной из рук, так как у 5 лиц переоценивала вес правая рука, а у других 5 левая.

В связи с противоречивыми литературными данными по вопросу об асимметрии мышечного чувства и в связи с интересом, который представляет этот вопрос при изучении разделения функций между руками в процессе труда, мы изучили его на ряде показателей, характеризующих мышечное чувство, в том числе и в отношении оценки веса предметов.

## МЕТОДИКА

Испытуемому навешивались на указательный или средний пальцы обеих рук две металлические чашечки одинакового веса, на которые накладывались гирьки. Поскольку нами было выявлено, что испытуемые различали разницу в весе не меньше 10 г, разница в весе выбранных нами гирек не была меньше этой величины (вес гирек был равен 10, 20, 50 и 100 г). Опыты ставились в трех сериях: в первой серии стандартный вес, по которому происходило сравнение навешиваемого в другую руку изменяющегося веса, был равен 30 г, во второй серии — 100, в третьей серии — 300 г. Стандартный вес в одних опытах навешивался на правую руку, в других опытах — на левую. Вес, который другая рука оценивала в сравнении со стандартным, был в каждом опыте различным: в одних случаях — меньше стандартного, и в ходе опыта шло прибавление гирек, в других случаях вес сразу давался для сравнения больший, чем стандартный, в третьих случаях сразу давался для сравнения вес, равный стандартному. Все эти варианты были проделаны для того, чтобы испытуемому труднее было угадывать вес. Анализ полученных результатов показал, что все эти вариации не повлияли на результаты.

Опыты (300) были поставлены на 12 взрослых лицах, по десяти опытов в каждой серии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Если сравнивать обе руки по количеству правильных ответов (т. е. по тем случаям, когда изменяющийся вес точно определялся испытуемым по сравнению со стандартным), то преимуществу одной из рук не выявляются, в 21.3% опытов точно уравнивала вес правая рука, в 22.6% опытов — левая рука. В остальных опытах за равные признавались различные веса на обеих руках.

Анализ случаев с ошибочными оценками веса вскрыл ряд интересных и важных для понимания разбираемого вопроса моментов. Оказалось, что

Таблица 1

Количество переоценок и недооценок веса на обеих руках у отдельных испытуемых

| Испытуемый      | Вес 30 г    |    |    |            |    |    | Вес 100 г   |    |    |            |    |    | Вес 300 г   |    |    |            |    |    |
|-----------------|-------------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|------------|----|----|-------------|----|----|------------|----|----|
|                 | правая рука |    |    | левая рука |    |    | правая рука |    |    | левая рука |    |    | правая рука |    |    | левая рука |    |    |
|                 | +           | =  | -  | +          | =  | -  | +           | =  | -  | +          | =  | -  | +           | =  | -  | +          | =  | -  |
| П—ва Г. . . . . | 6           | 3  | 1  | 3          | 4  | 3  | 5           | 3  | 2  | 0          | 4  | 6  | 4           | 1  | 5  | 0          | 1  | 9  |
| И—н Е. . . . .  | 6           | 1  | 3  | 2          | 5  | 3  | 6           | 2  | 2  | 0          | 0  | 10 | 5           | 0  | 5  | 1          | 1  | 8  |
| С—ва Л. . . . . | 4           | 4  | 2  | 4          | 5  | 1  | 5           | 3  | 2  | 3          | 0  | 7  | 2           | 2  | 6  | 4          | 3  | 3  |
| М—р А. . . . .  | 7           | 2  | 1  | 4          | 6  | 0  | 5           | 3  | 2  | 1          | 3  | 6  | 3           | 2  | 5  | 0          | 3  | 7  |
| М—ва Л. . . . . | 10          | 0  | 0  | 6          | 4  | 0  | 6           | 0  | 4  | 1          | 5  | 4  | 4           | 2  | 4  | 0          | 1  | 9  |
| К—ва Т. . . . . | 8           | 0  | 2  | 1          | 2  | 7  | 3           | 3  | 4  | 1          | 2  | 7  | 3           | 0  | 7  | 0          | 1  | 9  |
| А—в В. . . . .  | 9           | 1  | 0  | 2          | 1  | 7  | 6           | 4  | 0  | 0          | 0  | 10 | 4           | 5  | 1  | 3          | 3  | 4  |
| М—в В. . . . .  | 2           | 4  | 4  | 4          | 2  | 4  | 1           | 1  | 8  | 0          | 0  | 10 | 1           | 0  | 9  | 0          | 1  | 9  |
| Д—в В. . . . .  | 3           | 6  | 1  | 5          | 2  | 3  | 4           | 2  | 4  | 1          | 2  | 7  | 2           | 3  | 5  | 1          | 4  | 5  |
| Итого (в %) . . | 57          | 25 | 18 | 41         | 31 | 28 | 42          | 22 | 36 | 11         | 18 | 71 | 31          | 17 | 52 | 12         | 20 | 68 |

Примечание. Знак плюс означает переоценку, знак минус — недооценку веса, знак равенства — точные ответы.

результаты оценки зависят от величины исходного стандартного груза. При малом грузе (30 г) преобладали случаи с переоценкой веса по сравнению со стандартным, причем чаще это относилось к правой руке. При среднем грузе (100 г) количество перевешиваний и недоувешиваний изменяющегося веса на правой руке было одинаковым, а на левой руке резко перевешивали случаи, когда этот груз недооценивался (т. е. он был меньше стандартного, но, несмотря на это, был признан испытуемым равным стандартному). При весе 300 г на обеих руках преобладали случаи недооценки задаваемого веса, причем этих случаев было больше на левой руке (табл. 1).

Эти данные не говорят еще о том, с какой рукой больше связано чувство оценки веса. Для этого нужно сравнить величину ошибки на правой и левой руке, когда каждая из них оценивает вес по отношению к весу в другой руке. Здесь опять-таки проявилось весьма интересное обстоятельство. При малом весе (30 г) большая величина ошибки чаще встречалась на правой руке, при большом весе (300 г) — на левой руке.

При среднем весе (100 г) ошибки на той или другой руке были по величине почти что одинаковыми (табл. 2). Эти данные говорят о том, что в зависимости от задаваемого веса может проявляться то правосторонняя, то левосторонняя асимметрия, а то асимметрия и вообще отсутствует. При малом весе более точно оценивает левая рука, при большом весе правая.

Этот факт смены асимметрии рук в зависимости от заданного веса подтверждается и при сравнении средних величин нагрузок, которые признавались равными на обеих руках (табл. 3). Из данных табл. 3 видно, что при

Таблица 2

Количество случаев, когда ошибка в оценке веса была больше на одной из рук

| Испытуемый      | Вес 30 г       |               | Вес 100 г      |               | Вес 300 г      |               |
|-----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
|                 | на правой руке | на левой руке | на правой руке | на левой руке | на правой руке | на левой руке |
| П—ва Г. . . . . | 4              | 4             | 7              | 2             | 4              | 4             |
| И—н Е. . . . .  | 4              | 2             | 2              | 7             | 3              | 5             |
| С—ва Л. . . . . | 4              | 5             | 4              | 5             | 7              | 2             |
| М—р А. . . . .  | 8              | 1             | 4              | 4             | 5              | 3             |
| М—ва Л. . . . . | 9              | 0             | 6              | 2             | 4              | 5             |
| М—в В. . . . .  | 3              | 5             | 1              | 7             | 1              | 8             |
| К—ва Т. . . . . | 4              | 5             | 4              | 3             | 2              | 7             |
| А—в В. . . . .  | 3              | 2             | 2              | 6             | 3              | 5             |
| Д—в В. . . . .  | 1              | 5             | 3              | 5             | 2              | 4             |
| Итого (в %)     | 58             | 42            | 45             | 55            | 42             | 58            |



Т а б л и ц а 3

Средний для каждого испытуемого вес (в г), который признавался равным стандартному весу

| Испытуемый      | Вес 30 г    |            | Вес 100 г   |            | Вес 300 г   |            |
|-----------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|                 | правая рука | левая рука | правая рука | левая рука | правая рука | левая рука |
| П—ва Г. . . . . | 33.5        | 30.0       | 113.5       | 86.5       | 305.0       | 269.0      |
| И—н Е. . . . .  | 31.5        | 30.0       | 112.0       | 70.0       | 294.5       | 262.0      |
| С—ва Л. . . . . | 31.0        | 33.0       | 116.5       | 94.5       | 280.0       | 291.5      |
| М—р А. . . . .  | 35.5        | 32.5       | 95.0        | 92.0       | 292.0       | 286.5      |
| М—ва Л. . . . . | 40.5        | 34.5       | 112.5       | 89.5       | 308.5       | 267.5      |
| К—ва Т. . . . . | 38.7        | 24.0       | 99.5        | 87.0       | 290.5       | 259.0      |
| А—в В. . . . .  | 36.5        | 26.0       | 117.0       | 79.0       | 310.5       | 298.0      |
| М—в В. . . . .  | 29.0        | 29.0       | 85.0        | 71.0       | 280.5       | 247.0      |
| Д—в В. . . . .  | 31.0        | 31.0       | 105.0       | 87.0       | 294.0       | 288.0      |
| В среднем . . . | 33.6        | 30.0       | 106.0       | 86.1       | 295.1       | 274.2      |

малой стандартной нагрузке большая величина ошибки на правой руке характерна для большинства испытуемых. Средняя величина ошибки для всех испытуемых на этой руке также была больше. При средней стандартной нагрузке ошибок было немного больше на левой руке (в среднем для всех испытуемых). Однако в тех случаях, когда правая рука переоценивала изменяющийся вес по сравнению со стандартным весом в левой руке, а левая рука, наоборот, недооценивала изменяющийся вес по сравнению со стандартным весом в правой руке (это было в 6 случаях из 9), в 3 случаях ошибки были одинаковые на обеих руках, в 2 случаях больше на левой руке и в 1 случае — на правой руке. Это говорит об отсутствии преобладания ошибок одной из рук при среднем весе у большинства испытуемых.

В 3 случаях из серии опытов со средним весом наблюдались результаты, сходные с теми, которые мы получили в третьей серии при стандартном весе 300 г. В этой серии и правая, и левая рука недооценивают вес, но левая недооценивает его больше, чем правая (у 6 из 9 испытуемых). У остальных 3 испытуемых реакция при оценке веса по своему характеру шла по типу среднего веса (т. е. правая переоценивала вес, а левая недооценивала его), а по количеству наметился сдвиг в сторону третьей серии — ошибка была больше на левой руке, чем на правой. Следовательно, эти три случая являются как бы промежуточным звеном при переходе от результатов, полученных при среднем весе, к результатам, полученным при большом весе.

Таким образом, все многообразие полученных результатов можно свести к одной общей схеме (см. рисунок), из которой видно, что при малом весе (30 г) обе руки переоценивают вес, но правая рука больше. При среднем весе (100 г) правая рука переоценивает, а левая — недооценивает вес, причем разносторонне направленная величина ошибки на обеих руках примерно одинакова. При еще большем увеличении веса (300 г) может быть такая фаза, когда правая рука продолжает еще переоценивать вес, а левая недооценивать, но ошибка для правой руки уже меньше, чем для левой. Кроме того, у некоторых лиц наблюдаются такие результаты, когда обе руки недооценивают вес, но левая в большей степени.

Как понять полученные факты, что принять за истинную асимметрию? Чтобы разобраться в этих вопросах, остановимся коротко на том, за счет чего мы определяем вес. Очевидно, за счет растяжения мышц грузом. Но это не пассивный процесс — человек активно напрягает свои мышцы,

чтобы воспрепятствовать растягивающим силам. И вот тут-то сказывается асимметрия в развитии парных двигательных центров. Дело в том, что какое бы мы усилие не производили, оно будет большим на правой руке и меньшим на левой руке, причем на одну и ту же величину, названную нами коэффициентом праворукости (Ильин, 1958, 1963). Эти данные позволяют понять изложенные результаты. Если вес оценивается посредством мышечных напряжений, которые в силу большей возбудимости одного из симметричных центров (в левом полушарии) больше на правой руке, то естественно, что равный вес будет оцениваться обеими руками не одинаково: для правой руки он будет легким по сравнению с весом в левой руке, а для левой руки он будет тяжелым по сравнению с весом в правой руке. Получается заколдованный круг: чтобы оценить вес, человек напрягает мышцы, но в силу асимметрии центров — не одинаково на обеих руках; один и тот же груз растягивает мышцы с одинаковой силой, но вследствие неодинакового напряжения симметричных мышц это растяжение также воспринимается как неодинаковое. Однако остается открытым вопрос о причинах этого явления — происходит ли оно за счет неодинакового потока в центры проприоцептивной импульсации или за счет неадекватного отражения одинакового потока импульсации в центрах в силу их неодинаковой возбудимости.

Если выдвинутая нами причина — асимметрия в возбудимости центров — верна, то мы должны во всех сериях опытов получить однозначный результат, выражающийся в том, что фактический вес на правой руке должен быть больше, чем на левой, несмотря на то, что эти веса оценивались как равные. Действительно это так и оказалось (табл. 3, см. рисунок).

Больше того, в каждой серии опытов вес на правой руке был больше веса на левой руке почти что на одно и то же число процентов (при малом весе — на 12%, при среднем весе — на 10%). При этом правая переоценивала вес на 6%, а левая недооценивала на 14%, в среднем же отношение правой руки к левой равно 10%. При большом весе на правой руке вес был больше, чем на левой, на 8%. Все эти величины соответствуют границам колебания величины коэффициента праворукости, и поэтому мы вправе рассматривать полученные результаты как влияние асимметрии в степени возбуждения двигательных центров.

Таким образом, можно прийти к выводу, что различный стандартный вес не изменяет асимметрии в центрах, поскольку показатели, характеризующие центральную асимметрию, не изменяются (неизменность отношения между весом на правой и левой руке). Почему же меняется, а в ряде случаев даже отсутствует асимметрия в отношении оценки веса при изменении стандартного веса? Схема на рисунке, построенная на фактическом материале, показывает, что малый вес повышает возбудимость обоих центров (в результате чего вес переоценивается и правой, и левой рукой), а большой вес снижает возбудимость (в результате чего вес недооценивается на обеих руках). Эти реакции переоценки и недооценки при различных весах отражают, по-видимому, стремление нервных центров все время находиться в оптимуме возбудимости, который находится где-то между большим и малым весом. Переоценка, с одной стороны, и недооценка, с другой стороны, — это две реакции, которые уменьшают степень отклонения от оптимума. Но поскольку возбудимость обоих симметричных центров сдвигается в ту или иную сторону (при сохранении разницы в степени возбудимости между ними), постольку отклонения от стандартного веса на одной из рук

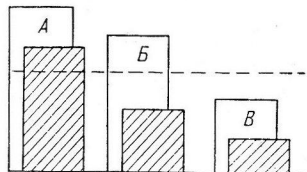


Схема различий в характере оценки веса правой и левой руки в зависимости от величины стандартного груза.

A — оценка малого веса (30 г);  
B — среднего веса (100 г);  
B — большого веса (300 г).

Прерывистая линия — уровень стандартного груза, по сравнению с которым происходит оценка веса на другой руке. Светлые столбики — правая рука, заштрихованные — левая рука.

будут больше, т. е. будет больше и ошибка в оценке веса. Таким образом, смена асимметрии в оценке веса определяется не изменением асимметрии в центрах, а изменением раздражающего стимула на периферии. Можно полагать, что при оптимальных для каждой руки условиях (а что оптимум для каждой руки свой, сейчас уже не вызывает у нас никаких сомнений) асимметрии в проявлении оценки веса не будет. Это приводит к выводу, что мышечное чувство, по крайней мере в отношении оценки веса, развито на обеих руках одинаково. Асимметрия же в проявлении этого чувства проявляется только в тех случаях, когда условия выявления этого чувства были неадекватными для каждой руки.

В свете полученных данных становятся понятными те противоречия во взглядах на асимметрию в отношении оценки веса, которые имеются в литературе.

Данные Бирфлита, Бауэра и Чена не сопоставимы друг с другом, так как опыты ставились ими в разных условиях. Во-первых, каждым использовались различные грузы, во-вторых, одни сразу предъявляли одинаковый груз на обе руки, а другие выравнивали вес со стандартным. Но гораздо важнее то обстоятельство, что по условиям своих опытов авторы не могли получить ответа о том, на какой руке лучше развито чувство оценки веса. Для этого им надо было узнать величину ошибки, допускаемую каждой рукой в отдельности. Авторы же делали выводы об асимметрии только на основании того, что левая рука, как правило, переоценивала вес, а правая недооценивала его. Если же таких результатов не получалось, то говорили, что их метод не позволил выявить асимметрию (Chen, 1935). Характерно, что полученные в общем сходные результаты оценивались авторами субъективно: Бирфлит считал их проявлением право-рукости, а Бауер результатом того, что эти данные показывают левостороннее предпочтение в развитии мышечного чувства.

### ВЫВОДЫ

1. Мышечное чувство, проявляющееся в способности оценивать вес, развито на обеих руках одинаково.

2. Имеющиеся случаи неодинакового проявления этого чувства связаны с тем, что обе руки ставятся условиями опыта в неодинаковые условия. Это различие обусловлено тем, что для каждой руки есть свой оптимум нагрузки, когда оценка веса делается наиболее точной. При отклонении стандартного веса в сторону превышения оптимума наблюдаются недооценки веса и правая рука оценивает вес лучше. При отклонении стандартного веса в сторону снижения по сравнению с оптимумом наблюдается переоценка веса, который в этом случае будет точнее оцениваться левой рукой.

3. Асимметрия центров при различных условиях опытов остается одной и той же (доминируют центры левого полушария). Это доказывается тем, что во всех сериях опытов вес, признававшийся равным стандартному, был фактически больше на правой и меньше на левой руке.

### ЛИТЕРАТУРА

- Ильин Е. П., Тр. Ленингр. сан.-гигиен. мед. инст., 45, 135, 1958; Физическая культура в школе, № 2, 15, 1963.  
 Bauer J., Zs. ges. Neurol. u. Psychiat., 4, 290, 1911.  
 Bierfiet J., Bull. l'Acad. Belg., 67 Ann., Ser. 3, 34, 326, 1897.  
 Chen N. C., Journ. Exper. Psychol., 18, Ocht., 44, 1935.

Поступило 3 X 1963

### ASYMMENTRY IN MANIFESTATIONS OF MUSCLE SENSE

By E. P. Ilin

From the Laboratory for Work Physiology A. A. Ukhtomski Physiological Institute, Leningrad

О СУТОЧНОМ РИТМЕ ФУНКЦИЙ ЧЕЛОВЕКА  
В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОЙ ПОДВИЖНОСТИ

Н. Е. Панферова

Москва

Суточный ритм физиологических функций человека является сложной реакцией, сформировавшейся в процессе фило- и онтогенетического приспособления живых организмов к условиям жизнедеятельности в земных условиях. В основе формирования суточного ритма физиологических функций человека лежит сложный динамический стереотип, образовавшийся на элементы социальных и природных условий жизнедеятельности. Важной предпосылкой формирования суточного ритма являются элементы, наследственно закрепленные в процессе эволюции, типологические особенности нервной системы (Слоним, 1962).

Согласно данным Клейтмана, Тительбаума и Гофмана (Kleitman, Titelbaum, Hoffman, 1937), колебания температуры тела наблюдаются уже у новорожденных. Однако четкий суточный ритм появляется лишь на втором году жизни. С увеличением возраста суточный ритм становится более четким. Авторы связывают появление суточных колебаний функций с развитием активности ребенка.

У взрослого человека суточный ритм физиологических функций относительно устойчив. При резком изменении режима суток: при переезде из одного временного пояса в другой (Кандрор, 1954), при создании 22—27-часовых суток в Арктике (Loblan, 1957) или 18—28-часовых суток (N. Kleitman, E. Kleitman, 1953) суточный ритм некоторых функций, например температуры тела, у ряда лиц, но не у всех испытуемых, изменяется и соответствует новому режиму. Однако Лоблан показал, что деятельность почек при 22—27-часовом режиме сохраняла 24-часовой ритм.

Из работ А. Д. Слонима (1962), В. П. Соловьевой, Г. М. Гамбашидзе (1962), И. Г. Васильева с соавт. (1957) известно, что при полном изменении привычного режима человека характер суточного ритма у большинства исследуемых изменяется мало. Например, некоторые профессиональные группы работников метро каждые сутки на протяжении нескольких лет систематически работают ночью, днем же отдыхают. Исследование этих групп работников показало, что у большинства из них сохраняется обычный суточный ритм, т. е. величины ряда физиологических показателей, например температуры тела, повышаются днем и снижаются ночью.

Некоторые авторы, в том числе Нильсен (Nielsen, 1937), Клейтман (Kleitman, 1949), Метц (Metz, 1956) и другие полагают, что повышение температуры тела способствует повышению работоспособности. Клейтман, Метц считают, что работоспособность, особенно при выполнении работы, не требующей больших энергетических затрат, в частности умственной, тесно связана с суточным ритмом физиологических функций. Понижение работоспособности человека в ночное время Метц связывает со снижением температуры тела. Повышение температуры тела днем создает условия для более быстрого протекания биохимических процессов в организме, тем самым создаются лучшие предпосылки для активной деятельности человека.

Величины температуры тела, частоты пульса, кровяного давления тесно связаны с активной мышечной деятельностью. В работах К. М. Смирнова (1954), А. Д. Слонима (1954) было показано, что кривые суточных колебаний температуры тела и частоты пульса сдвигаются в зависимости от того, занимался ли исследуемый физической или умственной работой.

Целью данной работы являлось выяснить, как изменится суточная периодичность некоторых функций при максимально возможном ограничении мышечной деятельности человека, в частности при уменьшении мышечных усилий, связанных с поддержанием и изменением позы.

## МЕТОДИКА

Известно, что состояние наибольшего мышечного расслабления можно наблюдать при нахождении человека в воде. В этих условиях выталкивающая сила воды уравновешивает вес туловища и конечностей почти полностью (человек весом 70 кг в воде весит около 0.5—5 кг). Поэтому в водной среде мышечный аппарат затрачивает минимальные усилия для поддержания той или иной позы, и костно-мышечная система находится в состоянии, близком к невесомости.

Настоящая работа проводилась в двух сериях: первая серия — при пребывании исследуемых в течение 2—10 суток в специальном кресле, лежа на спине в позе, обеспечивающей максимальное расслабление мышц; вторая серия — при пребывании в течение 1.5—11.5 суток в воде в позе лежа. Измерение функций (температуры тела, частоты пульса, кровяного давления) проводились через каждые 2 часа членами дежурных бригад.

Во время опытов режим суток создавался с наибольшим приближением его к обычному, при исключении двигательной активности. Температура воды и воздуха была комфортной. В дневное время исследуемый, как правило, бодрствовал, в это время производились некоторые измерения, не требующие двигательной активности. Исследуемый слушал радио, музыку, чтение художественной литературы, активно участвовал в разговорах. По желанию иногда спал. Кормили исследуемого 3 раза в день (в 9 часов завтрак, в 15 часов обед, в 20 часов ужин). Ночью создавался полумрак, т. е. условия для сна.

В опытах участвовали практически здоровые мужчины в возрасте 20—25 лет. Обязательным условием всех опытов являлось соблюдение максимальной бездвиженности. Круглосуточно, исключая время сна, через каждые 2 часа измерялась температура тела под языком, подсчитывались частота пульса, дыхания, измерялось артериальное давление.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования показали, что во время пребывания в условиях ограниченной подвижности в большинстве случаев изменялся суточный ритм изучаемых функций, особенно температуры тела. Изменения суточного ритма во время пребывания исследуемых в воде были выражены в большей степени, чем при лежании в кресле.

Суточные колебания частоты пульса у подошпытных лиц в первые дни гиподинамии находились в пределах 10—15 ударов в 1 мин. (уд./мин.), частоты дыхания 5—8 в 1 мин. (дых./мин.), максимального и минимального артериального давления в пределах 10—15 мм рт. ст.

Таблица 1

Средняя величина частоты пульса, дыхания и максимального кровяного давления у лиц, находившихся в условиях ограниченной подвижности

| Изучаемые функции                                        | Условия опыта      | Средние величины (за сутки) |     |     |     | Среднеквадратические отклонения от средней (за сутки) |     |     |     |
|----------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
|                                                          |                    | 1-е                         | 3-и | 5-е | 7-е | 1-е                                                   | 3-и | 5-е | 7-е |
| Частота пульса в 1 мин.                                  | В воде . . . . .   | 62                          | 62  | 65  | 64  | 11.6                                                  | 8.4 | 10  | 8.8 |
|                                                          | В кресле . . . . . | 60                          | 60  | 60  | 62  | 6.2                                                   | 6.0 | 6.2 | 5.6 |
| Величина максимального кровяного давления (в мм рт. ст.) | В воде . . . . .   | 101                         | 97  | 93  | 98  | 8.5                                                   | 5.0 | 8.5 | 3.0 |
|                                                          | В кресле . . . . . | 117                         | 112 | 112 | 112 | 7.5                                                   | 6.0 | 7.0 | 7.0 |
| Частота дыхания в 1 мин.                                 | В воде . . . . .   | 17                          | 17  | 18  | 18  | 3.2                                                   | 3.7 | 4.0 | 3.5 |
|                                                          | В кресле . . . . . | 18                          | 19  | 19  | 19  | 4.8                                                   | 5.0 | 6.3 | 6.0 |

В табл. 1 приведены средние величины у одних и тех же исследуемых частоты пульса, дыхания и максимального кровяного давления, вычисленные из всех измерений этих функций, выполненных на 1-е, 3-и, 5-е и 7-е сутки пребывания исследуемых в водной среде (3 человека) и в кресле (3 человека).



Таблица 2

Распределение кривых суточных колебаний температуры тела по их конфигурации у людей, находящихся в условиях ограниченной подвижности (в количестве случаев)

| Конфигурация кривых температуры тела              | В водной среде.<br>Время исследования (в сутках) |     |     |     | В кресле. Время исследования (в сутках) |     |     |     |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------------------------|-----|-----|-----|
|                                                   | 1-е                                              | 3-и | 5-е | 7-е | 1-е                                     | 3-и | 5-е | 7-е |
| Максимальный подъем в дневные часы . . .          | 2                                                | —   | —   | 1   | 1                                       | 1   | —   | —   |
| Два максимальных подъема в дневные часы . . . . . | 1                                                | 2   | —   | —   | 2                                       | —   | —   | 1   |
| Уплощенная кривая . .                             | —                                                | 1   | 3   | 2   | —                                       | 1   | 1   | 1   |
| Задержка снижения в вечерние часы . . .           | —                                                | —   | —   | —   | —                                       | 1   | 2   | 1   |

Во время пребывания в условиях ограниченной подвижности у испытуемых, находившихся в покое, незначительно увеличились частота пульса и частота дыханий, снизилось максимальное кровяное давление. Наблюдалось снижение минимального кровяного давления вплоть до появления бесконечного тона. Среднее квадратическое отклонение частоты пульса и величины максимального кровяного давления несколько уменьшились на 7-е сутки пребывания в условиях ограничения подвижности. Следовательно, изменения суточных колебаний этих функций в условиях длительного ограничения подвижности проявлялись в уменьшении амплитуды этих колебаний, т. е. в виде тенденции к их сглаживанию. Сглаживание кривых суточных колебаний частоты пульса, кровяного давления в условиях длительного пребывания в изолированном помещении наблюдали Т. Т. Дзамгаров и Н. А. Матюшкина (1961), а в воде Гравелайн с соавт. (Graveline a. o., 1961), Рейнолд (Reynolds, 1961).

Суточные кривые температуры тела в первые два дня, как правило, по их конфигурации были близки к описанным Моссо, а именно достигали максимальной величины в дневные часы и снижались в вечерние. У некоторых испытуемых наблюдался максимальный подъем температуры тела в дневные часы дважды (двухгорбая кривая).

В последующие дни исследований ход кривых изменялся. Их конфигурация во время гиподинамии у одних и тех же исследуемых не была устойчивой, в разные сутки кривые температуры тела у одного и того же исследуемого резко отличались (рис. 1, 2, 3).

В табл. 2 приведены данные о конфигурации суточных кривых температуры тела на 1-е, 3-и, 5-е, 7-е сутки пребывания в условиях ограниченной подвижности; эти кривые наблюдались у трех испытуемых, находившихся в водной среде, и у трех — в кресле.

Наблюдаемые в эти дни кривые по их конфигурации условно можно разделить на 4 группы: 1) кривые с максимальным подъемом температуры тела в дневные часы, примером может служить кривая 1 на рис. 3; 2) кривые с двумя максимальными подъемами температуры тела в дневные часы; 3) уплощенные кривые, например кривая 2 на рис. 1; 4) кривые с задержкой снижения температуры тела в вечерние часы, например кривая 3 на рис. 2.

Типичные суточные изменения частоты пульса и дыхания, максимального и минимального кровяного давления, температуры тела можно проследить на примере испытуемых Г. и А. (рис. 1 и 2), находившихся в течение 8.5—10.5 суток в условиях ограниченной подвижности в наземных усло-

виях, и испытуемого С. (рис. 3), находившегося в условиях водной гиподинамии в течение 11,5 суток.

У испытуемого Г. (рис. 2) на 6-е сутки гиподинамии, у исследуемого А. (рис. 1) на 7-й и 9-й день суточные кривые температуры тела характери-

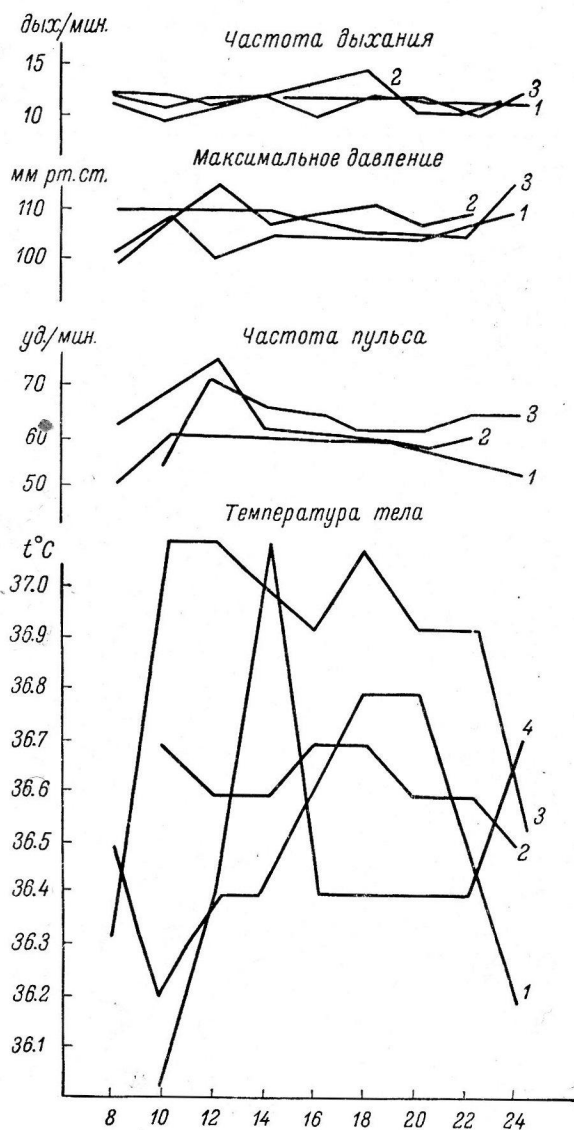


Рис. 1. Суточные колебания температуры тела, частоты пульса, частоты дыхания, величины максимального и минимального артериального давления у испытуемого Г. во время пребывания в условиях ограниченной подвижности в кресле в течение 8,5 суток.

1 — 1-е сутки; 2 — 5-е сутки; 3 — 6-е и 4—7-е сутки. По оси абсцисс — часы суток; по оси ординат — показатели колебаний частоты дыхания и пульса в 1 мин., кровяного давления (в мм рт. ст.) и температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ).

зовались быстрым подъемом к 10—12 часам до  $36.9$ — $37.1^{\circ}$  и удерживанием на этом уровне с колебаниями в пределах  $0.1$ — $0.2^{\circ}$  до 20—22 часов, затем постепенным снижением, затем иногда новым подъемом. Например,

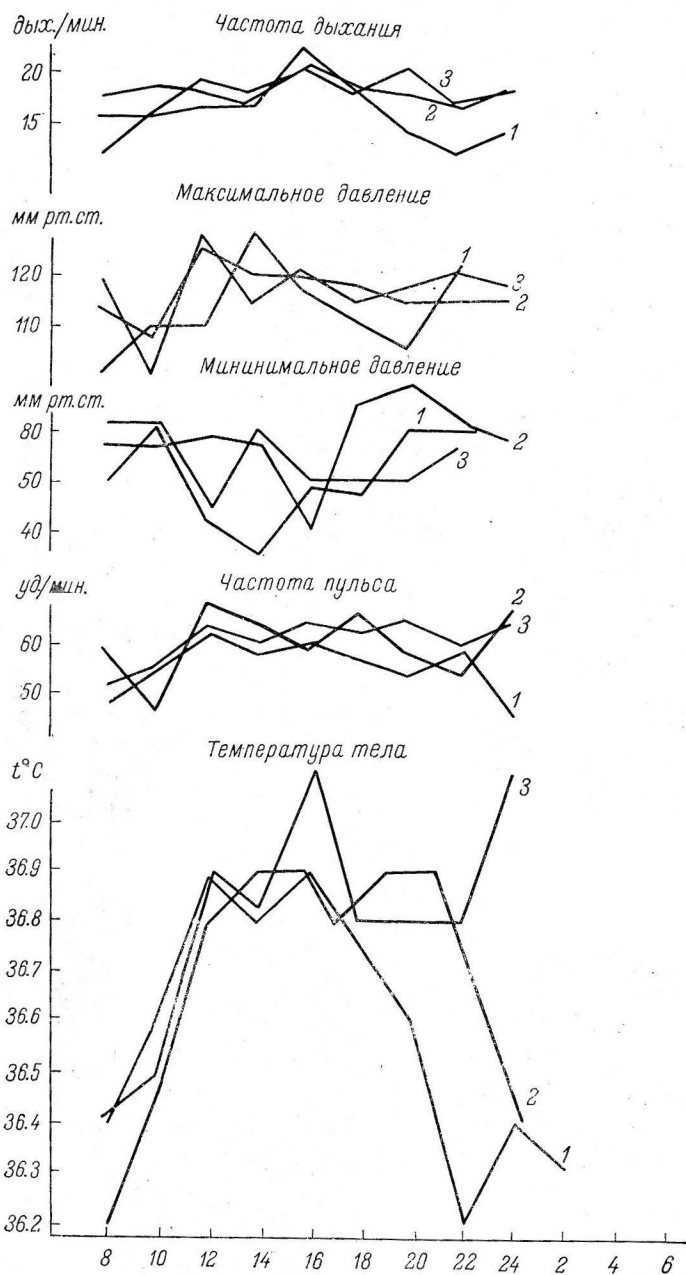


Рис. 2. Суточные колебания температуры тела, частоты пульса, частоты дыхания и величины максимального артериального давления у испытуемого А, во время пребывания в условиях ограниченной подвижности в кресле в течение 10.5 суток.

1 — 1-е сутки; 2 — 7-е сутки; 3 — 9-е сутки; 4 — 10-е сутки.  
Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

у испытуемого А. (рис. 2, 3) температура тела к 24 часам вновь повышалась до  $37.1^{\circ}$ .

У исследуемого Г. на 6-е сутки гиподинамии температура тела колебалась на уровне  $37.1-36.9^{\circ}$  с 10 до 22 часов. На 7-е сутки температура

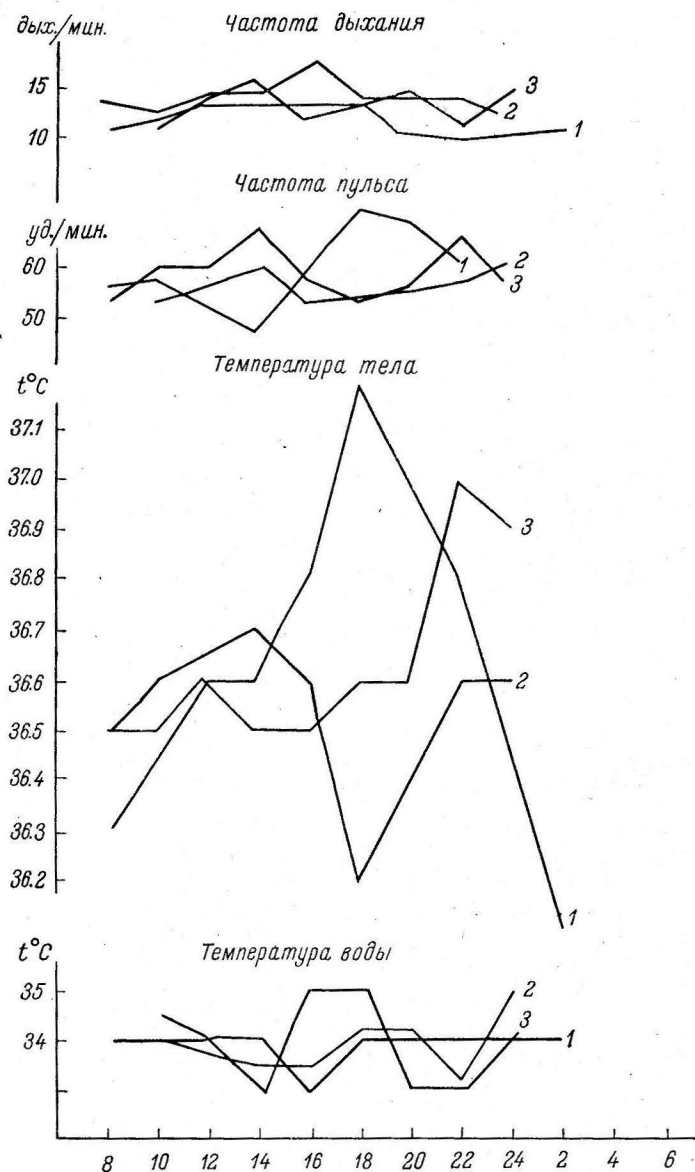


Рис. 3. Суточные колебания температуры тела, частоты пульса и частоты дыханий у испытуемого С. во время пребывания в условиях ограниченной подвижности в водной среде в течение 11.5 суток.

1 — 1-е сутки; 2 — 9-е сутки; 3 — 10-е сутки.  
Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

тела быстро возрастала к 14 часам до  $37.1^{\circ}$ , затем резко падала до  $36.4^{\circ}$  к 16 часам, удерживалась на этом уровне в течение 6 часов и вновь увеличивалась к 24 часам.

У испытуемого С. (рис. 3) на 9-е сутки пребывания в воде кривая суточных колебаний температуры тела была извращена. Если в первый

день гиподинамии максимальная величина температуры тела  $37.2^{\circ}$  была отмечена в 18 часов, то на 9-е сутки в 18 часов отмечалась минимальная величина температуры тела  $36.2^{\circ}$ . На 10-е сутки у исследуемого суточные колебания с 8 до 20 часов почти отсутствовали, температура тела была в пределах  $36.5-36.6^{\circ}$  и только к 22 часам наблюдался резкий подъем температуры тела до  $37^{\circ}$ .

Интересно отметить, что суточные колебания частоты пульса и дыхания не повторяют колебаний температуры тела. Например, на рис. 2 (на 6-е сутки гиподинамии), на рис. 1 (на 7-е сутки), на рис. 3 (на 10-е сутки) и т. д. можно видеть, что снижение температуры тела в отдельные часы суток сопровождается учащением пульса и дыханий. На приведенных рисунках можно видеть, что суточные колебания частоты пульса и дыханий не имеют столь выраженного закономерного характера, как температура тела. Вероятно, это можно объяснить тем, что частота пульса и дыханий в большей степени, чем температура тела, подвержены влиянию внешних факторов, которые, по-видимому, затушевывают проявления характера суточных колебаний этих функций.

Из данных табл. 2 и рис. 1—3 видно, что суточные колебания температуры тела при пребывании в условиях ограниченной подвижности изменяются. Они становятся менее выраженными, в ряде случаев сглаживаются, извращаются, в поздние вечерние часы (22—24 часа) вместо снижения наблюдается подъем температуры тела. Температура тела длительное время удерживается на одном уровне, переход на другой уровень осуществляется скачкообразно.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что мышечная деятельность наряду с другими факторами внешней и внутренней среды организма является раздражителем, изменяющим динамический стереотип суточных колебаний функций организма. Резкое ограничение двигательной и познотонической активности мышц особенно отражается на суточном ритме колебаний температуры тела.

Вопрос о роли мышечной деятельности в формировании суточного ритма функций не ясен. Мнение исследователей в этой области противоречиво. Ряд авторов, в том числе Бенедикти и Снел (Benedict, Snell, см. Слоним, 1954), отрицает влияние мышечной работы на суточный ритм температуры тела.

Нильсен (Nielsen, 1937) отмечает, что при выполнении физической работы, связанной с повышением температуры тела, суточный ритм температуры тела сохраняется. Клейтман (Kleitman, 1949), наоборот, полагает, что в основе формирования суточного ритма температуры тела начиная с первых дней рождения наряду с другими факторами лежит изменение в течение суток двигательной и познотонической мышечной активности. Нарушение стереотипа суточного ритма температуры тела после значительной физической работы (перетренировка, состязания) наблюдал К. М. Смирнов (1954).

Длительное отсутствие мышечной деятельности является состоянием необычным для человека в земных условиях. А. Д. Слоним (1962) и его сотрудники О. П. Щербакова и А. И. Щеглова показали, что ряду животных (обезьяны, крысы) ежедневно требуется определенное количество двигательной работы. В случае невозможности выполнения привычного вида работы (например, бег) животное компенсирует ее другим, даже мало обычным для данного животного видом деятельности (например, грызение бруска дерева).

По-видимому, мышечная деятельность для человека и животных является не только средством выполнения работы (добывание пищи, перемещение, удержание позы и т. д.), но и имеет общебиологическое значение. Неутомительная мышечная деятельность оказывает тонизирующее действие на ряд функциональных систем организма (Могендович, 1957, и др.).



Изменение суточного ритма функций во время пребывания в условиях ограниченной подвижности также следует рассматривать как факт, подтверждающий общепатологическую значимость мышечной деятельности в поддержании определенного тонуса организма. Ограничение двигательной активности ведет к нарушению установившегося суточного ритма ряда функций.

А. Д. Слоним (1962) придерживается мнения, что изменения кривых суточных колебаний физиологических функций отражают изменение функционального состояния ц. н. с. Кривые с крутым или пологим подъемом могут характеризовать возбудимость ц. н. с. Кривые с затяжным переходом от сна к бодрствованию и от бодрствования ко сну свидетельствуют, что в их основе лежит значительная инертность нервных процессов.

Данные настоящей работы показали, что при длительном пребывании в условиях ограниченной подвижности у ряда исследуемых изменение суточных колебаний температуры тела характеризуется длительным удерживанием ее на одном уровне, которое сменяется резким скачкообразным переходом на другой уровень. Эти изменения можно рассматривать, с точки зрения А. Д. Слонима, как признак нарушения уравновешенности процессов торможения и возбуждения в ц. н. с., как проявление изменения регуляции функций со стороны вегетативной нервной системы.

Нарушение уравновешенности нервных процессов проявлялось и в настроении испытуемых, которые становились очень лабильными, раздражительными, причем у них отмечались явления нарушения сна.

#### ВЫВОДЫ

1. При пребывании человека в условиях длительного ограничения подвижности изменяется обычный суточный ритм температуры тела. Суточные колебания становятся менее выраженными, в ряде случаев в вечерние часы вместо снижения наблюдается подъем температуры тела, а в дневные часы, наоборот, вместо повышения, температура тела снижается. Температура тела длительно удерживается на одном уровне, изменения ее имеют скачкообразный характер. Кривые суточных колебаний температуры тела в разные дни пребывания в условиях ограниченной подвижности у одного и того же исследуемого разнообразны по их конфигурации.

2. При пребывании человека в условиях ограниченной подвижности суточные колебания частоты пульса, максимального кровяного давления становятся менее выраженными.

3. Изменение суточных колебаний частоты пульса, дыхания, кровяного давления в условиях ограниченной подвижности менее выражено, чем изменение суточных колебаний температуры тела.

4. Суточные изменения частоты пульса и дыхания не всегда повторяют суточные изменения температуры тела.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Васильев И. Г., Л. П. Зимницкая, Е. Л. Склярчик, К. М. Смирнов, Б. Г. Филиппов, С. А. Хитун, А. М. Шаталов, Физиол. журн. СССР, 43, № 9, 817, 1957.
- Джамгаров Т. Т., Н. А. Матюшкина, Тр. Инст. физ. культ. им. Лесгафта, в. 28, 123, 1961.
- Кандор И. С. В кн.: Опыт изучения регуляции физиологических функций, 3, 1954.
- Могендович М. Р. Рефлекторные взаимодействия локомоторной и висцеральной системы. Пермь, 1957.
- Слоним А. Д., Теор. и практ. физ. культ., 17, в. 4, 248, 1954; в кн.: Исследования по физиологии трудовых процессов, 38. М., 1962.
- Смирнов К. М., Теор. и практ. физ. культ., 17, в. 6, 420, 1954.
- Соловьева В. П., Г. М. Гамбашидзе. В кн.: Исследования по физиологии трудовых процессов, 147. М., 1962.

- Benedict F., I. Snell. Цит. по: А. Д. Слоним, 1954.  
Graveline D. E., B. Balke, R. E. McKenzie, B. Hartman,  
Aerospace Med., 32, 5, 387, 1961.  
Kleitman N., Physiol. Rev., 29, 1, 1, 1949.  
Kleitman N. K., E. I. Kleitman, Journ. Appl. Physiol., 5, 283, 1953.  
Kleitman N., S. Titelbaum, H. Hoffman, Am. Journ. Physiol.,  
119, 48, 1937.  
Loblan M. C., Advancement Sci., 53, 13, 413, 1957.  
Metz B. Problèmes thermiques du travail musculaire. Précis de Médecine du Travail.  
2-me édit. Paris, 1956.  
Nielsen, M., Scand. Arch. Physiol., 75, 5—6, 193, 1937.  
Reynolds S. R., Aerospace Med., 32, 11, 1061, 1961.

Поступило 8 VIII 1963

---

## DIURNAL RHYTHM OF FUNCTIONS IN HUMANS DURING RESTRICTED MOBILITY

By *N. E. Panferova*

Moscow

---

## О РЕГУЛЯЦИИ ИНСУЛЯРНОЙ ФУНКЦИИ У ЧЕЛОВЕКА

Л. Л. Либерман

Отдел эндокринологии Института акушерства и гинекологии АМН СССР,  
Ленинград

За последние годы разработан ряд методов определения инсулиновой активности крови, с помощью которых удалось прямым путем показать, что введение глюкозы усиливает секрецию инсулина островковым аппаратом. Однако многочисленные исследования, проведенные на людях, дали неоднозначные результаты как в отношении времени наступления эффекта, так и в отношении длительности и выраженности его. Более того, ряд исследователей отмечает, что в первый час после введения глюкозы бывают моменты даже некоторого понижения инсулиновой активности крови (Pfeiffer a. o., 1959; Beigelman, 1961; Beigelman, Tranquada, 1962; Уокава, 1962; Lyngs, 1962; Rizzo a. o. 1962). Следовательно, определение инсулиновой активности плазмы крови однократно после введения глюкозы не всегда показывает повышение этой активности. В связи с этим важно иметь критерий для суждения о функции инсулярного аппарата за какой-либо отрезок времени в целом и в то же время обойтись без многократных и весьма трудоемких определений. Нам представляется, что разработанный нами недавно метод определения инсулиновой активности мочи может явиться в этом отношении перспективным (Либерман, 1962). Если в течение отрезка времени инсулиновая активность крови в целом была выше, чем в течение предыдущего такого же отрезка времени, то и инсулиновая активность мочи покажет такую же динамику. Однако все это правильно лишь в том случае, если инсулиновая активность мочи отражает инсулиновую активность крови. Проверка этого положения была целью первой части данной работы.

За последние два года установлено, что в плазме крови инсулин находится в двух формах — свободной и связанной с другим белком. Несмотря на то что разделение этих форм основывалось в значительной мере на их биологических, а не химических свойствах, первые данные показали, что равновесие между этими формами является физиологическим, а не физико-химическим: в первые же минуты после введения глюкозы содержание свободного инсулина в крови повышалось, а связанного — падало (Antoniades, 1961; Antoniades, Bougas, Pyle, 1962). Указывалось, что натошак кровь содержит почти исключительно связанный инсулин, но последнее утверждение нам представляется сомнительным, поскольку вполне определяемая инсулиновая активность крови натошак устанавливается и методом диафрагмы крысы, который не определяет связанного инсулина. Ввиду явного несовершенства биологического метода разделения двух форм инсулина нами был разработан физико-химический метод, основанный на идеях и данных, полученных в последние годы относительно сорбции различных форм инсулина (Antoniades, Gundersen, 1961; Либерман с соавт., 1962). В результате разделения форм инсулина на ионообменных смолах последующее тестирование инсулина ста-

новится более точным. Второй задачей настоящей работы являлось изучение физиологического равновесия связанного и свободного инсулина крови и его сдвига после введения глюкозы.

### МЕТОДИКА

Инсулиновая активность определялась по поглощению глюкозы изолированным эпидидимальным жиром крысы (Либерман, 1961). При изучении инсулиновой активности мочи многократно ставились опыты с чистым инсулином, давшие возможность выразить выделение инсулина мочой в микроединицах в час. Однако следует иметь в виду, что при параллельном тестировании экстрактов мочи, полученной до и после введения глюкозы, ввиду некоторой неточности биологического метода тестирования относительному изменению выделения инсулина следует придавать большее значение, чем абсолютным величинам. В этой связи важно подчеркнуть, что тестирование экстрактов мочи одного лица должно проводиться обязательно на одних и тех же животных, поскольку чувствительность животных к инсулину и инсулининактивирующая способность их тканей весьма различаются (Piazza a. o., 1959). В случае определения инсулиновой активности крови мы выражали результаты непосредственно в миллиграммах глюкозы, поглощенной дополнительно на 1 г веса жировой ткани за 3 часа инкубации из экстракта сыворотки крови по сравнению с поглощением глюкозы из буферного раствора (эта мера инсулиновой активности обычно обозначается как  $\Delta$  глюкозы в мг/г за 3 часа). Полученные таким образом величины могут непосредственно сравниваться при условии, что тестирование проводилось на одних и тех же животных.

Что касается выражения результатов в единицах активности инсулина, то в отношении крови это часто невозможно, так как многие экстракты сыворотки обладают большей активностью, чем любая концентрация инсулина. Это явление описано (Staub, 1958; Colwell, Metz, 1962), его пытались объяснить тем, что белки плазмы препятствуют разрушению инсулина тканями (Piazza a. o., 1959). Поскольку наши экстракты сыворотки почти не содержат белка, это объяснение в отношении их является несостоятельным, а причина указанного явления остается неясной.

Экстракция инсулина из мочи проводилась ранее разработанным методом (Либерман, 1962) с использованием смол СДВ-2 и СДВ-3 в водородной форме. Моча собиралась у 10 здоровых лиц в течение часа натошак, а затем в течение часа после приема 50 г глюкозы. Как указано, экстракты обеих проб мочи тестировались на жировой ткани одних и тех же крыс.

Разделение инсулина сыворотки. Смола Дауэкс-50 $\times$ 8 в натриевой форме не сорбирует чистого инсулина, но сорбирует из плазмы крови белок-носитель вместе со связанным с ним инсулином (Antoniades, Gundersen, 1961). Эти данные были проверены нами в отношении смолы IR-120, имевшейся в нашем распоряжении; эта смола содержит 6—8% дивинилбензола и имеет зернение 16—50 меш; она использовалась в натриевой форме. Спектрофотометрические исследования с большими концентрациями инсулина (0.1—1 мг/мл) и биологические определения с малыми концентрациями (0.00004—0.000004 мг/мл) показали, что чистый инсулин не сорбируется на этой смоле (исследование проведено совместно с Л. В. Дмитриенко и Т. И. Винокуровой). В предыдущей работе было показано, что смолы СДВ-2 и СДВ-3 в водородной форме сорбируют весь инсулин из плазмы крови, равно как и чистый инсулин. На основании этих данных, разработан метод разделения инсулина сыворотки крови. Сначала сыворотка (5 мл) пропускается через смолу IR-120 в натриевой форме, на которой сорбируется только связанный инсулин. Затем эффуент пропускается через смолу СДВ-3 в водородной форме, на которой сорбируется весь оставшийся, т. е. свободный инсулин. Элюция со смол, проводившаяся 0.4%-м раствором карбоната натрия, позволяет получить элюаты одинакового ионного состава с ничтожным количеством азотистых веществ (2—3 мг% азота). Обычно получали 10 мл элюата, что означало разделение сыворотки в 2 раза. Тестирование элюатов проводилось по поглощению глюкозы эпидидимальным жиром крысы, и элюаты всех проб крови одного лица тестировались на одних и тех же крысах.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выделение инсулина мочой. Для решения вопроса о том, соответствует ли инсулин мочи, выделяемый в течение часа, инсулиновой активности крови, полученной в середине этого промежутка времени, мы в 36 случаях сопоставили инсулиновую активность крови и мочи натошак и после нагрузки углеводами у здоровых и больных лиц, т. е. в различных условиях и при различной инсулиновой активности крови. Оказалось, что между инсулиновой активностью крови и выделением

инсулина мочой (рис. 1) существует сильная положительная корреляция, выражаемая коэффициентом корреляции  $+0.664$ . Найденная корреляция

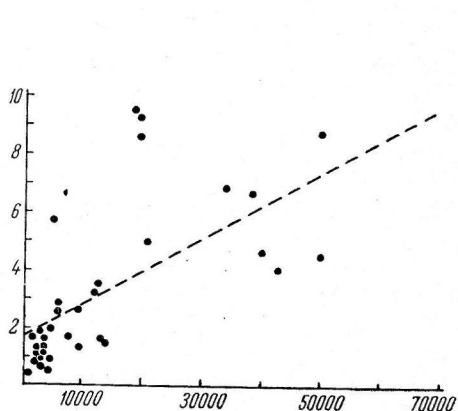


Рис. 1. Корреляция между инсулиновой активностью крови и выделением инсулина мочой.

По оси абсцисс — выделение инсулина мочой (в микроединицах в час); по оси ординат — инсулиновая активность крови тех же лиц (в  $\Delta$  глюкозы в мг/г за 3 часа). Прямая линия — линия регрессии.

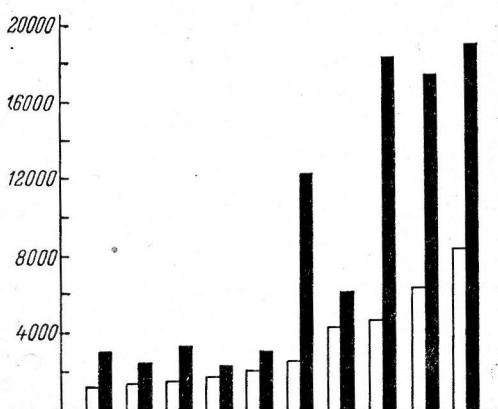


Рис. 2. Выделение инсулина мочой у здоровых лиц.

По оси ординат — выделение инсулина мочой (в микроединицах за час). Каждая пара столбиков соответствует данным одного лица. Белый столбик — выделение инсулина мочой натощак, черный — выделение инсулина мочой после приема глюкозы.

в высокой степени статистически достоверна (Снедекор, 1961):  $t=5.14$ ;  $P < 0.001$ .

У 10 лиц изучено выделение инсулина мочой в течение часа до и после приема 50 г глюкозы натощак (рис. 2). Как видно, у всех лиц в большей или меньшей степени выделение инсулина мочой увеличилось. В среднем, выделение инсулина мочой натощак составляло  $(M \pm m)$   $3234 \pm 658$  микроединиц за час, а после введения глюкозы  $8509 \pm 2249$  микроединиц за час. Статистическая обработка методом парных сравнений (Снедекор, 1961) показала достоверность различия ( $P < 0.02$ ).

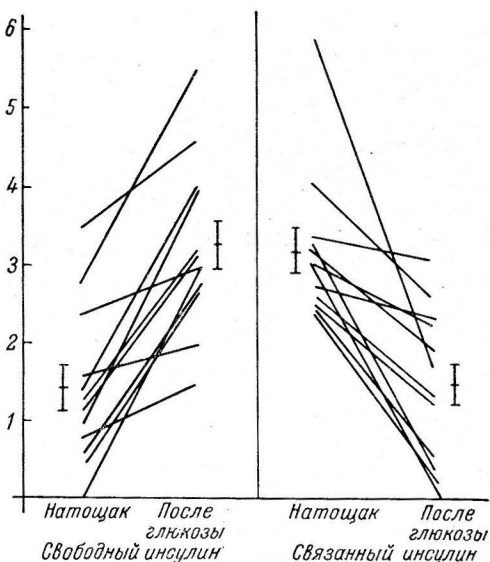


Рис. 3. Динамика свободного и связанного инсулина крови у здоровых лиц при введении глюкозы.

По оси ординат — инсулиновая активность крови (в  $\Delta$  глюкозы в мг/г за 3 часа). Данные, относящиеся к одному лицу, соединены линией. Вертикальные черточки — средние и их средние ошибки ( $M \pm m$ ).

Равновесие свободного и связанного инсулина сыворотки крови. У 12 здоровых лиц натощак бралась кровь из локтевой вены, затем в вену вводилась глюкоза (80 мл 40%-го раствора, т. е. 32 г), и сразу же после этого повторно бралась кровь. Таким образом, вторая проба крови бралась через 5—7 мин. после начала введения глюкозы. Экстракция свободного и связанного инсулина производилась в тот же день. Результаты представлены на рис. 3.



Инсулиновая активность сыворотки крови (в  $\Delta$  глюкозы в мг/г за 3 часа) составляла: натощак свободный инсулин  $1.391 \pm 0.282$ , связанный инсулин  $3.162 \pm 0.267$ ; после введения глюкозы свободный инсулин  $3.229 \pm 0.308$ , связанный инсулин  $1.448 \pm 0.275$ . Следует отметить, что повышение свободного и падение связанного инсулина после введения глюкозы отмечены у всех 12 обследованных и в высокой степени достоверны ( $P < 0.001$ ). Столь же достоверным является факт преобладания связанного инсулина натощак и свободного инсулина после введения глюкозы ( $P < 0.001$ ).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нами не найдено в литературе сообщений о динамическом исследовании экскреции инсулина, что, видимо, объяснялось отсутствием простых и доступных методов выделения инсулина из мочи. В настоящей работе показано, что выделение инсулина мочой повышается после приема глюкозы и что существует сильная положительная корреляция между выделением инсулина и инсулиновой активностью крови. Поскольку инсулин, фильтруясь в клубочках, реабсорбируется в извитых канальцах, следует предположить, что эта реабсорбция является неполной, как и в отношении других пептидных гормонов. Поскольку определяющим моментом в выделении инсулина является фильтрация, выделение инсулина следует соотносить со временем, а не с количеством мочи. В этом отношении аналогично ведут себя другие белковые гормоны, например гонадотропины, выделение которых также соотносят со временем (обычно с сутками). В отношении инсулина благодаря высокой чувствительности метода тестирования оказалось возможным избрать для сравнения небольшой отрезок времени — один час. Это время не является предельно малым, так как в опыт нами бралась обычно  $1/4$  выделенной за час мочи. Определение инсулина в моче пригодно для бескровного непрямого изучения секреции инсулина за короткие промежутки времени. Представляется, что этот метод оценки инсулярной функции найдет применение в клинических и экспериментальных исследованиях.

Очень важен вопрос о физиологическом смысле равновесия свободного и связанного инсулина крови, но он почти не изучен. Показано, что повышение свободного инсулина крови после введения глюкозы является следствием повышенного выхода инсулина из островков, а такое повышение происходит параллельно в крови селезеночной, воротной, печеночной и периферической вены (Antoniades, Bougas, Pyle, 1962; Antoniades, Gundersen а. о., 1962). Очень быстрая реакция инсулярного аппарата на введение глюкозы показана и на изолированной поджелудочной железе собак (Mehnert, 1962). Значительно труднее объяснить причины падения связанного инсулина. Можно представить себе по крайней мере два места, где связанный инсулин может изменяться. Прежде всего речь идет о печени, но нет данных о том, что она способна разлагать связанный инсулин на свободный и белок-носитель (Antoniades, Gundersen, Pyle, 1961). Более того, нет данных о том, что в первые минуты после введения глюкозы инсулин накапливается в печени; напротив, печень при этом вначале даже отдает ранее накопленный в ней инсулин (Egdahl, Goldberg, 1962). Поэтому в настоящее время нет оснований приписывать печени важную роль в падении связанного инсулина. Остается другая возможность — периферические ткани. Мышечная ткань как место таких изменений отпадает, так как на нее связанный инсулин не действует. Остается жировая ткань, на которую связанный инсулин действует и в которой он разлагается на свободный инсулин и белок-носитель. Логично предположить возможность быстрого ухода связанного инсулина в жировую ткань, но для принятия этого предположения требуется прежде всего признать, что жировая ткань быстрее других реагирует на инсулин. Такая возможность существует, поскольку лишение организма инсулина сказыв-

вается на обмене жировой ткани раньше, чем на обмене печени и мышц (Migliorini, Chaikoff, 1962). Сама по себе глюкоза как моносахарид не влияет на захват инсулина тканью, поэтому нужно предположить существование какого-то неизвестного фактора, от которого зависит способность ткани (по крайней мере, жировой) захватить инсулин из крови. Такой фактор, видимо, появляется или проявляет свое действие в условиях гипергликемии, когда нужна в быстром использовании тканями инсулина особенно велика. Данными в пользу такого предположения обладает клиника — описаны редкие формы сахарного диабета с периферической нечувствительностью к инсулину. Введение таким больным многих тысяч единиц инсулина в сутки приводило лишь к огромному повышению инсулиновой активности крови, до такой степени, что плазма больных вызывала при ее введении гипогликемию у мышей и крыс (Leonards, Martin, 1959; Tyler, Beigelman, 1960; Field a. o., 1961; Shipp a. o., 1961), на ткани же самих больных этот инсулин почти не действовал. То, что речь идет не о наличии антагониста к инсулину, а именно о нечувствительности тканей к нему, показано не только путем введения плазмы животным, но и прямым определением чувствительности жировой ткани одной такой больной к инсулину — эта чувствительность оказалась резко сниженной (Field a. o., 1961). Преходящий же характер такой инсулинорезистентности говорит в пользу наличия какого-то фактора, необходимого для нормальной реакции на инсулин (свободный или связанный) жировой ткани; диабет у некоторых таких больных является преходящим, что еще раз подчеркивает периферический характер нарушений. Вполне возможно, что в более легкой форме снижение периферической чувствительности к инсулину может являться в ряде случаев причиной гиперфункции инсулярного аппарата и причиной диабетических нарушений обмена тканей.

Гипотеза о судьбе связанного инсулина и о существовании фактора, необходимого для взаимодействия инсулина с жировой тканью, требует проверки, но факт отмеченной динамики свободного и связанного инсулина при введении глюкозы представляется достоверным.

### ВЫВОДЫ

1. Между инсулиновой активностью крови и выделением инсулина мочой существует сильная положительная корреляция. У здоровых лиц после приема глюкозы значительно увеличивается выделение инсулина мочой, что отражает повысившуюся инсулиновую активность крови.

2. Внутривенное введение глюкозы здоровым лицам приводит в первые же 5—7 мин. к резкому падению связанного инсулина и повышению свободного. Повышение свободного инсулина зависит от усиления выхода инсулина из островков. Высказывается предположение, что падение связанного инсулина зависит от перехода его в жировую ткань и что существует какой-то фактор, необходимый для нормального действия инсулина на жировую ткань.

### ЛИТЕРАТУРА

- Либерман Л. Л., Бюлл. exper. биол. и мед., 52, № 7, 121, 1961; (Lieberman L. L.) Clin. chim. acta, 7, № 2, 159, 1962.  
 Либерман Л. Л., Л. В. Дмитриенко, Ю. А. Ярошевский, Вопр. мед. хим., 8, № 4, 420, 1962.  
 Снедекор Д. У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии, 63, 172. М., 1961.  
 Уокава Х. Цит. по: РЖ Биология, 10, П, 337, 1962.  
 Antoniadès H. N., Endocrinology, 68, N 1, 7, 1961.  
 Antoniadès H. N., J. A. Bougas, H. M. Pyle, New Engl. Journ. med., 267, 5, 218, 1962.  
 Antoniadès H. N., K. Gundersen, Endocrinology, 68, № 1, 36, 1961.  
 Antoniadès H. N., K. Gundersen, P. M. Beigelman, H. M. Pyle, J. A. Bougas, Diabetes, 11, № 4, 261, 1962.

- Antoniades H. N., K. Gundersen, H. M. Pyle, *Endocrinology*, *69*, № 1, 163, 1961.
- Beigelman P. M., *Diabetes*, *10*, № 2, 130, 1961.
- Beigelman P. M., R. E. Tranquada, *Diabetes*, *11*, № 3, 179, 1962.
- Colwell A. R., R. Metz, *Diabetes*, *11*, № 6, 504, 1962.
- Egdahl R. H., H. Goldberg, *Surgery, Gynec. & Obst.*, *114*, № 2, 202, 1962.
- Field J. B., P. Johnson, E. Herring, *Journ. clin. invest.*, *40*, № 9, 1672, 1961.
- Leonards J. R., F. I. R. Mertin, *New Engl. Journ. med.*, *261*, № 2, 68, 1959.
- Lyngse J., *Acta med. scand.* *171*, № 3, 365, 1962.
- Mehnert H., *Diabetes*, *11*, Suppl., 80, 1962.
- Migliorini R. H., I. L. Chaikoff, *Am. Journ. Physiol.*, *203*, 6, 1019, 1962.
- Pfeiffer E. F., M. Pfeiffer, H. Ditschuneit, C.-S. Ahn, *Klin. Wschr.*, *37*, № 23, 1239, 1959.
- Piazza E. U., C. J. Goodner, N. Freinkel, *Diabetes*, *8*, № 6, 459, 1959.
- Rizzo S. C., L. Fratti, G. Turba, *Folia endocrin.*, *15*, № 1, 83, 1962.
- Shipp J. C., R. O. Russell, J. Steinke, M. L. Mitchell, W. B. Hadley, *Diabetes*, *10*, № 1, 1, 1961.
- Staub M., *Schweiz. med. Wschr.*, *88*, № 34, 831, 1958.
- Tyler R. D., P. M. Beigelman, *Diabetes*, *9*, № 2, 97, 1960.

Поступило 21 V 1963

---

## REGULATION CONTROL OF HUMAN INSULAR FUNCTION

By *L. L. Liberman*

From the Department of Endocrinology, Institute of Obstetrics and Gynaecology, Leningrad

---

## ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ НА БЕЛКОВЫЕ ФРАКЦИИ СЫВОРОТКИ КРОВИ У ЛИЦ СТАРШЕГО ВОЗРАСТА

А. Ф. Краснова

Сектор биохимии Научно-исследовательского института физической культуры,  
Ленинград

В настоящее время особое внимание при изучении проблемы долголетия уделяется исследованию физиолого-биохимических механизмов процесса старения.

Наряду с этим в последние годы большое значение в борьбе за увеличение продолжительности жизни и повышение работоспособности лиц среднего и старшего возраста отводится средствам физической культуры.

В связи с этим изучение возрастных изменений физиологических функций и процессов обмена веществ при занятиях физической культурой может содействовать нахождению новых путей задержания возрастной инволюции, борьбе с преждевременным старением и сохранению высокой работоспособности лиц среднего и старшего возраста.

В литературе имеется много данных, свидетельствующих о наличии возрастных изменений, касающихся содержания и физико-химических свойств тканевых белков (Никитин, 1948, 1954, 1957, 1958; Буланкин, Парина, 1954, 1959; Keesch, 1954; Sinex, 1957, и др.), а также белков плазмы крови (Veibel, 1956; Корниенко, 1960; Попова, 1960, и др.).

Работами ряда авторов (Nöcker, Bemm, 1955a, 1955b, 1956; Greppi, 1960; Сельков, 1960; Costanzo, Coguasso, 1961, и др.) у лиц старшего возраста в сыворотке крови отмечено снижение содержания альбуминов и увеличение высокомолекулярных фракций, особенно  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов, что говорит, видимо, о нарушении нормального синтеза плазматических белков.

Существенное влияние на белковый состав сыворотки крови оказывает и мышечная деятельность. Так, в наблюдениях на спортсменах (Клаус, 1955; Nocker, Bemm, 1955a, 1955b; Asada, 1958; Бабарин, Чибичьян, 1961, и др.) было показано, что выполнение физических упражнений сопровождается уменьшением содержания в крови глобулинов и увеличением альбуминов, причем содержание последних у высокотренированных спортсменов значительно выше по сравнению с малотренированными (Суровкина, Макаревич, 1959). Наряду с этим имеются данные (Andreotti a. o., 1959; Rotaru, Stefan, 1959) о том, что при утомлении, а также у недостаточно тренированных спортсменов может наблюдаться обратная картина — уменьшение содержания альбуминов и увеличение глобулинов. Наконец, при дозированной стандартной работе возможно отсутствие изменений со стороны содержания сывороточных белков (Суровкина, Макаревич, 1959). Следовательно, характер изменений белкового состава сыворотки крови, видимо, зависит от величины и интенсивности физической нагрузки.

Вместе с тем данных о влиянии физических упражнений на белковую картину крови у лиц старшего возраста далеко недостаточно.

В работе Л. С. Романовой и П. М. Бабарина (1961) показано, что у лиц пожилого возраста с явлениями атеросклероза после 5—6 месяцев занятий общей физической подготовкой (ОФП) происходит некоторое увеличение в сыворотке крови содержания альбуминов и уменьшение содержания глобулинов. Кроме того, имеются данные (Акрабов и сотр., 1962), указывающие, что у лиц пожилого возраста при занятиях лечебной физической культурой наблюдается также некоторое повышение содержания сывороточного альбумина.

В связи с этим представляло интерес изучить влияние нагрузок различной длительности и интенсивности на динамику белковых фракций сыворотки крови у лиц старшего возраста в процессе систематических занятий физическими упражнениями.

### МЕТОДИКА

Нами были обследованы лица в возрасте от 50 до 63 лет, занимающиеся в группе ОФП в течение различного времени. В занятиях использовались преимущественно упражнения циклического характера (лыжи, гребля). Кроме того, в занятия включались элементы легкой атлетики, гимнастики и другие упражнения. 22 человека наблюдались на первом году занятий, а 14 человек — на четвертом году. Исследования проводились в состоянии покоя и при выполнении физических нагрузок: 20 переходов по лесенке из 3 ступеней за 2 мин. (стандартная нагрузка), прохождение определенной дистанции на лыжах (1 км и 3 км) с учетом времени. Кровь бралась из мякоти пальца перед выполнением физической нагрузки и сразу по окончании ее. Общее количество белка сыворотки крови определяли по методу Лоури. Разделение белковых фракций производилось с помощью электрофореза на бумаге, в аппарате LKB при pH=8.9 и градиенте напряжения 6 в/см. Окрашивание электрофореграмм производили амидошварцем 10 В. Оптическая плотность различных участков электрофореграмм определялась при помощи денситометра. Для вычисления процентного соотношения фракций строили графики по данным экстинкции и измеряли площади отдельных пиков при помощи планиметра.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исходные данные об относительном содержании белковых фракций сыворотки крови у лиц старшего возраста (табл. 1) в соответствии с данными литературы показали, что с возрастом происходит понижение содержания альбуминов и повышение глобулинов, в основном за счет  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов.

Выполнение стандартной нагрузки (табл. 1) не сопровождается изменениями общей концентрации белка и процентного содержания белковых фракций сыворотки крови; видимо, величина и интенсивность данной нагрузки были недостаточно велики, чтобы вызвать заметные изменения.

Прохождение 1 км на лыжах (табл. 2) лицами, занимающимися ОФП, в течение одного года вызывает повышение концентрации общего белка, увеличение содержания альбуминов и снижение  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов.

Эти изменения выражены в большей степени у лиц более старшего возраста. Повторное прохождение 1 км на лыжах в конце сезона после предварительных занятий сопровождается такими же изменениями в содержании белковых фракций, как и при первом обследовании. Это говорит об отсутствии на данном этапе занятий адаптации к предлагаемой нагрузке.

Напротив, данные, полученные на лицах старшего возраста, занимающихся ОФП в течение четырех лет (табл. 3), показали, что прохождение 1 км на лыжах этими лицами сопровождается значительно меньшим повышением концентрации общего белка и содержания альбуминов в сыворотке крови. Однако и в этом случае сдвиги в динамике белковых фракций у лиц более старшего возраста были несколько большими.

Иная картина наблюдается у лиц, занимающихся физическими упражнениями в течение одного года, при прохождении 3 км на лыжах.



Таблица 1

Возрастные изменения белкового состава сыворотки крови у лиц среднего и старшего возраста (средние величины)

| Условия исследований                            | Возраст<br>(в годах) | Общее содержание белка<br>(в г %) | Содержание альбуминов (в % от общего количества белка) | Содержание глобулинов |             |              |
|-------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|--------------|
|                                                 |                      |                                   |                                                        | $\alpha_1$            | $\alpha_2$  | $\beta$      |
| В состоянии покоя                               | 30—43                | 7.3 ± 0.14                        | 58.38 ± 0.55                                           | 3.98 ± 0.35           | 9.39 ± 0.53 | 12.09 ± 0.80 |
|                                                 | 50—55                | 6.9 ± 0.20                        | 50.29 ± 0.70                                           | 4.06 ± 0.46           | 9.43 ± 0.30 | 16.12 ± 0.60 |
|                                                 | 56—63                | 6.7 ± 0.12                        | 47.30 ± 0.82                                           | 4.30 ± 0.25           | 8.49 ± 0.40 | 18.63 ± 0.25 |
| После выполнения стандартной нагрузки (лесенка) | 30—43                | 7.7 ± 0.30                        | 56.10 ± 0.75                                           | 3.89 ± 0.30           | 8.72 ± 0.70 | 12.94 ± 1.00 |
|                                                 | 50—55                | 7.2 ± 0.25                        | 48.87 ± 1.20                                           | 3.93 ± 0.60           | 9.21 ± 0.40 | 15.74 ± 0.65 |
|                                                 | 56—63                | 7.0 ± 0.10                        | 49.25 ± 1.50                                           | 4.21 ± 0.40           | 9.52 ± 0.35 | 17.82 ± 0.37 |

Таблица 2

Динамика белковых фракций сыворотки крови у лиц старшего возраста на первом году занятий ОФП после прохождения 1 км и 3 км на лыжах (средние данные)

| Условия исследований                            | Возраст<br>(в годах) | Общий белок<br>(в г %) | Содержание альбуминов (в % от общего количества белка) | Содержание глобулинов |              |              |
|-------------------------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|
|                                                 |                      |                        |                                                        | $\alpha_1$            | $\alpha_2$   | $\beta$      |
| В состоянии покоя                               | 50—55                | 6.8 ± 0.25             | 50.94 ± 1.20                                           | 4.00 ± 0.28           | 9.47 ± 0.30  | 16.59 ± 0.42 |
|                                                 | 56—63                | 7.0 ± 0.16             | 49.19 ± 1.42                                           | 4.22 ± 0.15           | 9.23 ± 0.60  | 16.77 ± 0.55 |
| После прохождения 1 км на лыжах в начале сезона | 50—55                | 8.4 ± 0.20             | 60.64 ± 0.85                                           | 3.96 ± 0.43           | 10.06 ± 0.40 | 11.16 ± 0.35 |
|                                                 | 56—63                | 9.7 ± 0.12             | 64.55 ± 1.00                                           | 3.84 ± 0.52           | 8.67 ± 0.83  | 9.73 ± 0.60  |
| После прохождения 1 км на лыжах в конце сезона  | 50—55                | 8.6 ± 0.40             | 60.61 ± 1.10                                           | 4.06 ± 0.30           | 9.75 ± 0.20  | 11.28 ± 0.30 |
|                                                 | 56—63                | 9.2 ± 0.30             | 65.39 ± 0.80                                           | 4.81 ± 0.25           | 8.00 ± 0.40  | 10.09 ± 0.80 |
| После прохождения 3 км на лыжах                 | 50—55                | 6.5 ± 0.10             | 47.20 ± 0.70                                           | 4.50 ± 0.30           | 8.50 ± 0.50  | 17.65 ± 0.40 |
|                                                 | 56—63                | 7.2 ± 0.15             | 43.10 ± 0.50                                           | 3.90 ± 0.20           | 9.10 ± 0.35  | 16.00 ± 0.45 |

При этом содержание альбуминов в сыворотке крови несколько понижается, а содержание высокомолекулярных фракций (в основном за счет  $\gamma$ -глобулинов) повышается (табл. 2). Сдвиги в белковом составе крови были выражены более значительно у лиц более старшего возраста. Вместе с тем прохождение 3 км на лыжах лицами, занимающимися физическими упражнениями в течение четырех лет, не приводит к понижению содержания альбуминов и повышению  $\gamma$ -глобулинов (табл. 3).

Согласно нашим данным, полученным на животных (Краснова, 1963), а также наблюдениям (Andreotti a. o., 1959; Rotaru, Stefan, 1959) на спортсменах, понижение содержания альбуминов и повышение  $\gamma$ -глобулинов в сыворотке крови характерно для состояния утомления. Следовательно, можно полагать, что прохождение 3 км на лыжах, выполняемое с большой интенсивностью, у лиц старшего возраста, начинающих заниматься физическими упражнениями, вызывало утомление. С другой стороны, у лиц, занимающихся ОФП в течение четырех лет, прохождение 3 км на лыжах к развитию утомления, видимо, не приводило.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что под влиянием длительных систематических занятий физическими упражнениями у лиц старшего возраста повышается адаптация к мышечной деятельности.

Однако, сопоставляя данные, представленные в табл. 2 и 3, можно отметить, что достигнутое в результате четырех лет занятий улучшение реакции на выполнение физических нагрузок более выражено у лиц в возрасте до 55 лет, чем у более старшей возрастной группы.

В соответствии с данными Н. Н. Яковлева и сотр. (1960), это говорит о более низкой адаптируемости к интенсивной мышечной деятельности организма лиц более старшего возраста.

Исследование белкового состава сыворотки крови в состоянии покоя (табл. 4) показало, что у лиц старшего возраста после года занятий в группе ОФП имело место повышение содержания альбуминов при одновременном снижении глобулиновых

Таблица 3

Динамика белковых фракций сыворотки крови у лиц старшего возраста на четвертом году занятий ОФП после прохождения 1 км и 3 км на лыжах (средние данные)

| Условия исследований            | Возраст<br>(в годах) | Общий белок<br>(в г %) | Содержание аль-<br>буминов (в % от<br>общего количе-<br>ства белка) | Содержание глобулинов |              |              |              |
|---------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                 |                      |                        |                                                                     | $\alpha_1$            | $\alpha_2$   | $\beta$      | $\gamma$     |
| В состоянии покоя               | 50—55                | 7.4 ± 0.15             | 58.63 ± 1.30                                                        | 4.34 ± 0.30           | 9.00 ± 0.36  | 11.95 ± 0.45 | 16.08 ± 0.45 |
|                                 | 56—63                | 7.2 ± 0.18             | 57.44 ± 1.00                                                        | 3.85 ± 0.20           | 10.25 ± 0.50 | 12.21 ± 0.60 | 16.25 ± 0.30 |
| После прохождения 1 км на лыжах | 50—55                | 8.0 ± 0.22             | 61.65 ± 0.90                                                        | 4.90 ± 0.15           | 8.64 ± 0.40  | 10.28 ± 0.55 | 14.62 ± 0.60 |
|                                 | 56—63                | 8.4 ± 0.26             | 64.66 ± 0.72                                                        | 3.94 ± 0.42           | 8.00 ± 0.10  | 9.97 ± 0.80  | 13.43 ± 0.42 |
| После прохождения 3 км на лыжах | 50—55                | 7.8 ± 0.10             | 60.10 ± 0.80                                                        | 3.51 ± 0.50           | 8.32 ± 0.70  | 10.70 ± 0.65 | 17.37 ± 0.70 |
|                                 | 56—63                | 6.9 ± 0.30             | 62.15 ± 0.65                                                        | 4.00 ± 0.35           | 9.60 ± 0.55  | 9.50 ± 0.60  | 14.75 ± 0.50 |

Таблица 4

Белковый состав сыворотки крови у лиц старшего возраста в состоянии покоя после года занятий физическими упражнениями (средние данные)

| Условия исследований   | Возраст<br>(в годах) | Общий белок<br>(в г %) | Содержание аль-<br>буминов (в % от<br>общего количе-<br>ства белка) | Содержание глобулинов  |                        |                          |                          |
|------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                        |                      |                        |                                                                     | $\alpha_1$             | $\alpha_2$             | $\beta$                  | $\gamma$                 |
| До начала занятий ОФП  | 50—55<br>56—63       | 6.9±0.20<br>6.7±0.12   | 50.29±0.70<br>47.30±0.82                                            | 4.06±0.46<br>4.30±0.12 | 9.43±0.30<br>8.49±0.40 | 16.12±0.60<br>18.63±0.45 | 20.10±0.46<br>21.28±0.30 |
| После года занятий ОФП | 50—55<br>56—63       | 7.4±0.30<br>7.0±0.10   | 57.26±0.75<br>50.37±1.20                                            | 3.81±0.10<br>5.00±0.25 | 9.33±0.35<br>9.48±0.55 | 12.65±0.52<br>13.21±0.40 | 16.95±0.70<br>21.94±0.62 |

фракций. Однако у лиц более старшего возраста эти изменения выражены очень слабо; можно говорить лишь о тенденции к повышению содержания сывороточного альбумина. Вместе с тем у лиц, занимающихся общей физической подготовкой в течение четырех лет (табл. 3), изменения в белковой картине крови выражены отчетливо. У них соотношение белковых фракций сыворотки в состоянии покоя такое же, как у лиц в возрасте 30—40 лет (табл. 1). Следовательно, под влиянием систематических занятий физическими упражнениями происходит повышение содержания альбуминов и понижение  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов, что приводит к нормализации соотношения белковых фракций сыворотки крови у лиц старшего возраста.

Нормальный уровень содержания альбуминов в сыворотке крови имеет, видимо, существенное физиологическое значение. Установлено, что альбумины могут служить источником аминокислот при биосинтезе белков; участвуют в нейтрализации молочной кислоты, а также в связывании токсических веществ, разобщающих тканевое дыхание и фосфорилирование (Капланский, 1961, и др.), что важно при выполнении физической работы. Поэтому можно полагать, что повышение содержания альбуминов в процессе занятий физической культурой должно иметь большое значение для стареющего организма.

В настоящее время еще недостаточно данных для суждения о механизме изменения белкового состава сыворотки крови при старении.

По С. Я. Капланскому (1961) синтез большинства сывороточных белков происходит в печени, и при нарушении функциональной деятельности последней наблюдается снижение синтеза альбуминов и повышенное поступление в кровь  $\gamma$ -глобулинов.

В связи с этим можно высказать предположение, что одной из причин изменения в соотношении фракций сывороточных белков с возрастом является понижение функциональной деятельности печени. В пользу этого можно привести данные И. Н. Буланкина и сотр. (1960) относительно снижения интенсивности синтеза альбуминов в печени белых крыс с возрастом. Кроме того, В. А. Шатерников (1962), на основании своих данных, делает предположение об ухудшении функцио-

нальной деятельности печени с возрастом. При этом систематические занятия ОФП в течение трех лет приводят к улучшению деятельности печени у лиц старшего возраста.

Однако эти предположения требуют дальнейших исследований.

### ВЫВОДЫ

1. У лиц старшего возраста наблюдается снижение содержания альбуминов и увеличение  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов в сыворотке крови.

2. Систематические занятия физическими упражнениями благотворно влияют на организм лиц старшего возраста, приводя к нормализации белкового состава сыворотки крови.

3. Изменения в соотношении содержания фракций сывороточных белков у лиц старшего возраста зависят от длительности и интенсивности физической нагрузки.

4. Динамика белковых фракций сыворотки крови после физической нагрузки может служить показателем адаптации организма лиц пожилого возраста к мышечной деятельности в процессе занятий физической культурой.

5. Подтверждается положение о снижении адаптируемости лиц старшего возраста к интенсивной мышечной деятельности.

### ЛИТЕРАТУРА

- Б а б а р и н П. М., Д. А. Ч и б и ч ъ я н, Матер. к итог. сесс. ЦНИИФК за 1960 г., 164, М., 1961.
- Б у л а н к и н И. Н., Е. В. П а р и н а, Тр. Н.-иссл. инст. биол. Харьковск. унив., 21, 113, 1954; в сб.: Актуальные проблемы современной биохимии, 1, 205. Харьков, 1959.
- Б у л а н к и н И. Н., Е. В. П а р и н а, Н. И. Г о л о в к о, ДАН СССР, 6, 1461, 1960.
- К а п л а н с к и й С. Я., Вопр. мед. хим., 3, 329, 1961.
- К л а у с Л. М., Пробл. врач. контроля, 3, 296, 1955.
- К о р н и е н к о В. М., Тр. Н.-иссл. инст. биол. Харьковск. унив., 29, 29, 1960.
- К р а с н о в а А. Ф., Тез. и реф. докл. Итог. конфер. ЛНИИФК, 23, Л., 1963.
- Н и к и т и н В. Н., Журн. общ. биол., 9, 4113, 1948; Тр. Н.-иссл. инст. биол. Харьковск. унив., 21, 29, 1954; Тр. Инст. морфолог. животн. АН СССР, 22, 26, 1957; Природа, 3, 39, 1958.
- П о п о в а З. Б. В сб.: Вопросы цитологии и общей физиологии, 211. Изд. АН СССР, 1960.
- Р о м а н о в а Л. С., П. М. Б а б а р и н, Матер. к итог. сесс. ЦНИИФК за 1960 г., 36, М., 1961.
- С е л ь к о в Е. А., Тр. Лен. инст. эксперт. трудоспособн. и организац. труда инвалидов, 4, 11, 1960.
- С у р о в к и н а Н. С., К. А. М а к а р е в и ч, Теор. и практ. физ. культ., 8, 22, 1959.
- Ш а т е р н и к о в В. А., Матер. к итог. сессии ЦНИИФК за 1961 г., 226, М., 1962.
- Я к о в л е в Н. Н., Л. Г. Л е ш к е в и ч, А. Ф. М а к а р о в а, Н. К. П о п о в а, В. А. Р о г о з к и н, Н. Р. Ч а г о в е ц, Физиол. журн. СССР, 46, № 7, 834, 1960.
- А к р а б о в Н., С. С л а в с о в, А. Д и м и т р о в, Вопросы на физичес. культура, 2, 93, Прага, 1962.
- A n d r e o t t i L., A. B e n c i n i, L. N u z z a c i, Boll. Soc. ital. biol. sperim., 20, 1346, 1959.
- A s a d a L., Journ. Phys. Fitness, 3, 123, 1958.
- C o s t a n z o F., P. C o g u a s s o, Acta gerontol., 11, 127, 1961.
- G r e p p i E n r i c o, Rev. franc. gerontol., 5, 177, 1960.
- K e e c h M., Journ. Biol. a. Med., 26, 295, 1954.
- N ö c k e r I., H. B e m m, Sportmedizin, 6, 113, 1955a; Zs. Alterforsch., 9, 22, 1955b; 10, 328, 1956.
- R o t a r u C., I. S t e f a n, Rev. med.-chirurg RPR, 1, 91, 1959.
- S i n e x F. M., Journ. Gerontol., 12, 190, 1957.
- V e b e l H., Zs. Alterforsch., 10, 149, 1956.

## МЕТОДИКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 612.2108

МЕТОД ОДНОВРЕМЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ  
ДЫХАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ И ЗВУКОВ РЕЧИ  
НА ОДНОЙ МАГНИТОФОННОЙ ЛЕНТЕ

В. П. Морозов

Группа физиологической акустики института эволюционной физиологии  
им. И. М. Сеченова АН СССР, Ленинград

При изучении физиологических механизмов образования речи и голоса человека большое значение имеет исследование дыхательных движений в процессе фонации. Подобные исследования часто проводятся в научной работе при исследовании функции речевого дыхания, в вокальной педагогике при обучении молодых певцов правильным навыкам звукообразования, в логопедической практике при излечении различного рода расстройств голосовой функции (заикание, косноязычие) и т. д.

Обычно при этом дыхательные движения регистрируются кимографическим способом при помощи специальных аппаратов — пневмографов, сущность которых, как известно, состоит в преобразовании тем или иным путем дыхательных колебаний грудной клетки в движения специального пера, вычерчивающего амплитуду этих колебаний на движущейся бумажной ленте (Работнов, 1924; Левилов, 1939). Звучание голоса испытуемого при таком способе обычно не учитывается вовсе или в лучшем случае оценивается экспериментатором на слух.

Однако при анализе зависимости характера звуков речи (спектральный состав, интенсивность, темп, разборчивость) от типа дыхательных движений весьма важно регистрировать оба исследуемых процесса синхронно.

Исходя из этих соображений мы предлагаем простой метод, позволяющий одновременно записывать на обычной магнитофонной ленте два процесса: звук голоса человека и экскурсии его грудной клетки во время фонации. Принцип такой одновременной регистрации (а также и последующего воспроизведения) этих двух процессов состоит в следующем.

Звук голоса человека записывается обычным способом на ленту магнитофона распространенного типа (МАГ-59), в котором для записи звука используется только верхняя половина магнитной ленты. Нижняя половина ленты при этом остается свободной и на нее мы предлагаем записывать дыхательные движения человека во время фонации при помощи другого магнитофона такого же типа, стоящего рядом с первым.<sup>1</sup>

Для этого, во-первых, магнитная лента с записью звука на первом магнитофоне не сматывается на приемную кассету первого магнитофона, а пропускается через систему головок второго МАГ-59 и сматывается на приемную кассету второго магнитофона. Во-вторых, для того, чтобы запись дыхательных движений осуществлялась на втором магнитофоне на свободной нижней половине общей для двух магнитофонов ленты, записывающая головка второго МАГ-59 перевернута на 180° вокруг передне-задней горизонтальной оси. При помощи весьма несложных крепежных приспособлений (три соединительных муфточки) записывающая головка фиксируется в новом положении на своем прежнем месте. Подобная операция производится и со звуко-воспроизводящей головкой с тем, чтобы имела возможность воспроизводить запись дыхательных движений на втором магнитофоне, а также со стирающей головкой.

Чтобы не было десинхронизации в регулировании скорости протяжения ленты через два магнитофона, резиновый валик, прижимающий ленту к ведущему валу

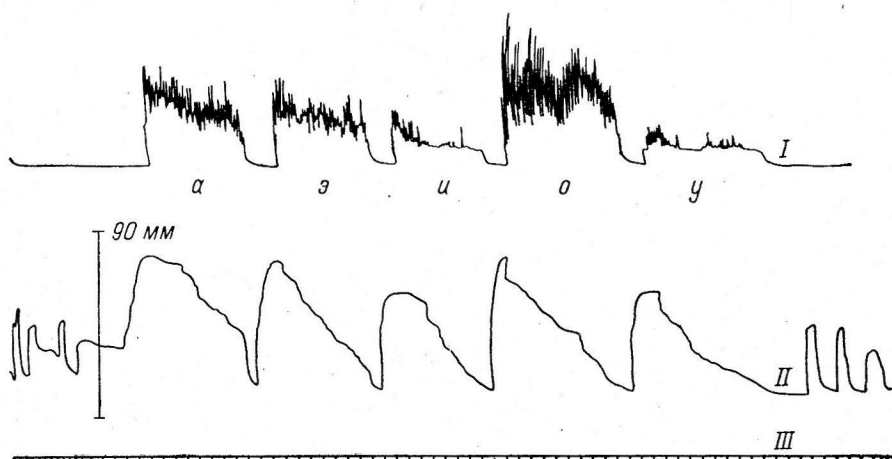
<sup>1</sup> Для этой же цели может быть использована вторая дорожка двухдорожечного стереофонического магнитофона. Однако монофонический тип магнитофона является значительно более распространенным, чем стереофонический. Поэтому мы и предлагаем метод записи двух процессов на одной ленте при помощи двух монофонических магнитофонов распространенного типа.



второго магнитофона, снят, так что скорость протяжения ленты регулируется только регулятором первого магнитофона.

Для записи дыхательных движений человека на магнитную ленту вторым МАГ-59 используется принцип модуляции дыхательными движениями несущей частоты (1000 гц), подаваемой на вход второго магнитофона от звукогенератора при помощи специального датчика, укрепляемого на теле испытуемого.

Основная часть сконструированного нами датчика-модулятора представляет собой миниатюрный потенциометр (переменное сопротивление) типа СПО на 760 ом, смонтированный в небольшой пластмассовой коробочке диаметром 3.9 см с закручивающейся крышкой. Корсажная лента, опоясывающая грудную клетку, во время вдоха тянет за шнурок, который вращает блок и связанный с ним потенциометр. Этим и обеспечивается подача на вход второго магнитофона электрического сигнала, пропорционального глубине вдоха. При выдохе и уменьшении периметра грудной клетки



Графическое изображение записанных на магнитофон сигналов звука голоса (I) и дыхательных экскурсий грудной клетки (II) при пении различных гласных (а, э, и, о, у).

*Движение кривых вверх соответствует усилению голоса и увеличению объема грудной клетки; движение кривой вниз — ослаблению голоса и спадению грудной клетки. Масштаб слева соответствует изменению периметра грудной клетки на 90 мм. Внизу (III) — отметка времени (1 сек.).*

потенциометр возвращается в исходное положение при помощи спиральной пружины. Вес датчика около 30 г.

Таким образом, при помощи датчика дыхания на нижней половине магнитной ленты записывается электрический сигнал (1000 гц), пропорциональный изменению периметра грудной клетки испытуемого в процессе речи или пения. Дыхание записывается и воспроизводится строго синхронизированно со звуком, так как запись осуществляется на одну и ту же ленту. Важным условием соблюдения синхронности при воспроизведении является обеспечение такого же расстояния между магнитофонами, какое было при записи.

При желании можно представить графически как дыхательные движения, так и звук голоса, записанные на магнитную ленту. На рисунке дана графическая запись огибающей силы звука голоса и амплитуды дыхательных движений. Движение кривых вверх соответствует вдоху и усилению голоса, а движение кривых вниз — выдоху и ослаблению голоса. Эта графическая запись получена из магнитной путем подачи сигналов с выходов магнитофонов МАГ-59 на вход двухканального чернильного самописца типа ОЧ-3. Так как перья самописца снабжены усилителями постоянного тока, то на выходе магнитофонов сигналы выпрямляются при помощи четырех полупроводниковых диодов Д-7-Ж, собранных по схеме двухполупериодного выпрямителя.

Преимущества предлагаемой регистрации дыхания на наш взгляд заключаются в возможности: 1) строго синхронизированной записи и воспроизведения двух исследуемых процессов; 2) сопоставления физических свойств звуков речи (сила, спектральный состав, темп, разборчивость) с определенными фазами дыхательных движений за какие угодно малые или большие по величине отрезки времени; 3) многократного одновременного воспроизведения одной и той же записи указанных двух процессов при демонстрации опыта, для учебного процесса и т. д.); 4) точных количественных измерений величины дыхательных движений по величине выходного напряжения МАГ-59 или по амплитуде графической перезаписи.

Следует заметить, что при необходимости подобным способом можно регистрировать не только дыхание и звук, но и любые другие физиологические процессы: тоны сердца, механограммы, пульс, ЭРГ, ЭМГ и т. д.

## ЛИТЕРАТУРА

- Работнов Л. Д. Основы физиологии и патологии голоса певцов. Медгиз, М.—Л., 1924.  
Левидов И. И. Певческий голос в здоровом и больном состоянии, Изд. Искусство, М.—Л., 1939.

Поступило 13 V 1963

---

METHOD FOR RECORDING SIMULTANEOUSLY RESPIRATORY  
MOVEMENTS AND SOUNDS OF SPEECH ON THE SAME  
MAGNETIC TAPE

By V. P. Morozov

From the Group for Studies in Physiological Acoustics, I. M. Sechenov  
Institute of Evolutionary Physiology, Leningrad

---

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 612.822.3.087. : 019.941

РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ В. А. КОЖЕВНИКОВА И Р. М. МЕЩЕРСКОГО  
«СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ».

М., 1963

Р. С. Персон

Москва

Вышла в свет книга, интерес которой выходит за рамки ее названия. Хотя авторы ограничивают себя задачами электроэнцефалографии, их работа по существу является первой (и очень нужной!) попыткой собрать воедино разбросанные по многочисленным физиологическим, медицинским и техническим изданиям сведения о методах математической обработки биоэлектрических процессов.

О важности этой проблемы теперь говорить не приходится. Математические методы приобрели необычайную популярность, все большее число лабораторий вводит их в свой обиход. В то же время нельзя сказать, что для успешного применения этих методов имеются все необходимые предпосылки. Вопросы теоретической подготовки физиологов и врачей и вопросы технического обеспечения продолжают оставаться очень острыми. Рецензируемая книга как раз и имеет цель помочь разрешению этих проблем. В какой степени это удалось авторам?

Мы не будем подробно обсуждать начальные главы книги, в которых с большей, чем в обычных руководствах по электроэнцефалографии, обстоятельностью излагаются приемы визуального анализа ЭЭГ, вопросы их классификации и разбираются возможные источники и методы устранения артефактов. Необходимо лишь отметить, что проделана полезная работа по сопоставлению встречающейся в литературе пестрой разноязычной электроэнцефалографической терминологии. Упущением в построении этого раздела является отсутствие обсуждения вопроса о влиянии различных способов отведения (биполярное, монополярное с различным индифферентным электродом) на регистрируемую ЭЭГ. Внесение ясности в этот довольно запутанный вопрос необходимо для правильной трактовки ЭЭГ.

Небольшая глава о графических методах количественной оценки ЭЭГ (путем «ручной» обработки) по существу является переходной к следующим, наибольшим по объему и, конечно, более актуальным разделам книги, посвященным методам автоматической обработки ЭЭГ.

В этих, с нашей точки зрения, наиболее важных главах авторы последовательно излагают технические приемы автоматической оценки интенсивности биопотенциалов, частотного анализа, корреляционного и когерентного анализа, некоторых вероятностных методов оценки достоверности при выявлении слабых электрических сигналов. Используя большую литературу по электроэнцефалографии, электромиографии, электрокардиографии и нейрографии, авторы подробно описывают многие наиболее употребительные схемы приборов, разбирают технические достоинства и недостатки тех или иных принципов математической обработки биоэлектрических процессов. Обогащает книгу и личный вклад одного из авторов, В. А. Кожевникова, — описание многочисленных разработанных им самим приборов, многие из которых уже получили общее признание. Весь этот материал богато иллюстрирован рисунками и схемами как оригинальными, так и заимствованными из литературы.

Не все в этих главах равноценно. Более близкий авторам материал освещен очень подробно (иногда даже излишне подробно), другие же вопросы изложены весьма скупо. С некоторыми оценками возможностей того или иного метода можно было бы спорить. Однако не это основное. Несомненно, что в этих разделах книги найдет для себя много полезного как начинающий электрофизиолог, впервые знакомящийся с проблемой математического анализа, так и более опытный работник, заинтересованный в быстром получении справки о различных вариантах того или иного метода, о литературных источниках (в литературном списке книги — около 500 названий). Подробные технические описания и схемы ряда приборов будут, конечно, полезны инженерам физиологических и медицинских лабораторий.

К сожалению, приходится сказать и о некоторых досадных недостатках этих разделов.

Вызывает недоумение тот факт, что, подробно перечисляя чуть ли не всех исследователей, когда-либо занимавшихся частотным анализом ЭЭГ, авторы даже не упоминают имени Н. А. Бернштейна, одного из основателей математических методов анализа биоэлектрических кривых, который с 1927 г. и по настоящее время разрабатывает интересный аспект частотного анализа, нашедший применение в известных работах М. Н. Ливанова. Ссылаясь на некоторые работы М. Н. Ливанова, авторы ошибочно причисляют этот метод к вариантам гармонического анализа (стр. 93), проходя мимо тех принципиальных отличий, которые позволяют рассматривать частотный анализ, по Н. А. Бернштейну как более физиологичный, нежели гармонический анализ по принципу Фурье.

Необоснованным представляется заведомый отказ авторов (стр. 4) от подробного изложения методов пространственного анализа и применения универсальных счетных машин (небольшое обсуждение этой темы дается лишь в заключении). Эти вопросы являются органической частью той проблемы, которой посвящена книга. Интересные работы по топоскопическому анализу ЭЭГ с применением счетной машины ведутся у нас в стране. Поэтому исключение этих методов из рассмотрения, несмотря на ссылку на недостаточный объем книги, явно не оправдано.

Резюмируя все сказанное, можно заключить, что книга «Современные методы анализа электроэнцефалограммы», хотя и не является исчерпывающим пособием по этому вопросу, все же очень нужна и полезна. Она, несомненно, займет свое место в библиотеке каждого электрофизиолога.

В заключение хотелось бы сказать несколько слов о том, что выходит за рамки задач, поставленных авторами, но, с нашей точки зрения, имеет непосредственное отношение к этим задачам.

Авторы избегают какого бы-то ни было обсуждения физиологических вопросов, неизбежно встающих при изложении возможностей методов математического анализа. Можно, конечно, понять их позицию — обсуждение физиологического значения выделяемых и формально описываемых параметров ЭЭГ может завести очень далеко, поскольку генез ЭЭГ в достаточной степени неясен и спорен. Однако если задача книг, подобных этой, помочь физиологу при математическом анализе биоэлектрических процессов, то первый вопрос, который при этом встает, не конструирование прибора, а выбор метода, соответствующего физиологической задаче исследования (к сожалению, иногда встречается и обратная последовательность действий!).

Необходимо ясно говорить о том, что многие математические методы анализа (особенно в электроэнцефалографии) пока являются чисто феноменологическими — давая статистическое описание кривой, такой метод позволяет лишь выявить ее вариации, установить факт изменения характера процесса. Использование этих данных для физиологического понимания самого процесса часто весьма затруднительно. Грей Уолтер по этому поводу пишет, что частотный анализ ЭЭГ подобен синтаксическому и лексическому анализу литературного текста — он может помочь идентифицировать автора, но ничего не говорит о содержании этого текста. Наиболее ценны для физиолога и врача те методы, которые выделяют статистические параметры биоэлектрических процессов, доступные для прямого физиологического истолкования (например, выделение вызванных потенциалов, интегрирование ЭМГ и т. п.). Поиски таких параметров, как нам представляется, сейчас наиболее важная задача. Именно в способности выделять физиологически значимые параметры можно найти основной критерий ценности того или иного метода математической обработки биоэлектрических процессов.

Нельзя не видеть того, что в настоящее время физиолог или врач иногда не знает что делать с той богатой «информацией», которую ему выдают современные счетные приборы: полученные при анализе данные для него еще более загадочны, нежели исходная кривая. Необходимого конечного этапа математического анализа биоэлектрических процессов — перехода от языка математики снова к физиологии — не происходит. Бездумное, формальное применение методов математического анализа, основанное на моде или слепой вере в могущество «самой умной из наук» — математики, является сейчас реальной (и дорожающей) опасностью.

Нам представляется, что важнейшая задача книг, посвященных математическим методам анализа биоэлектрических процессов, не только ориентировать читателя в технических возможностях современной электронной вычислительной техники, но и вооружить его пониманием ее познавательных возможностей в физиологии. Хотя книга В. А. Кожевникова и Р. М. Мецкерского решает эту задачу лишь в небольшой степени, все сказанное нельзя рассматривать только как упрек авторам (главным образом потому, что электроэнцефалография наиболее трудная область в этом отношении). Скорее — это пожелание для будущего переработанного и дополненного издания этой нужной книги.

V. A. KOZHEVNIKOV AND R. M. MESHCHERSKI «CURRENT  
METHODS FOR ANALYSIS OF THE ELECTROENCEPHALOGRAM»,  
MOSCOW, 1963

Reviewed by R. S. Person  
Moscow

УДК 612.019.941

РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ Г. Л. КРЮСКЕМПЕРА «АНАБОЛИЧЕСКИЕ  
СТЕРОИДЫ». ИЗД. Г. TIME, ШТУТТГАРТ, 1963 (H. L. KRÜSKEMPER,  
«ANABOLE STEROIDE». G. THIEME VERLAG, STUTTGART, 1963)

Н. Н. Яковлев

Вопросы регуляции синтеза белков в организме являются актуальной проблемой физиологии, биохимии и клинической медицины. Книга Г. Л. Крюскемпера, относящаяся к серии монографий «Биохимия и клиника», посвящена одной из интересных и практически важных сторон этой проблемы — биохимии, физиологии, фармакологии и клиническому применению «анаболических стероидов» (АС). Автором, на основе анализа большого экспериментального и литературного материала, рассматривается обширная группа природных и синтетических производных циклопентанпергидрофенантрена, родственных тестостерону, не обладающих выраженным андрогенным действием, но оказывающих экстрагенитальное стимулирующее действие на задержку азота организмом и синтез белков. Последнее осуществляется, видимо, двумя путями — повышением содержания РНК в клетках или увеличением активности ферментов, активирующих аминокислоты.

Первый раздел монографии посвящен химии и номенклатуре АС. Он охватывает более 30 соединений, являющихся производными андростана и 19-норандростана. Приложением к этому разделу является приводимая в конце книги таблица АС, выпускаемых промышленностью.

Следующий раздел содержит данные об обмене АС и сопоставление особенностей химических превращений и выделения из организма веществ, относящихся к этой группе.

Особо большой интерес представляет IV глава, посвященная влиянию АС на организм животных и человека. На основе критического разбора литературы здесь рассматривается влияние этих веществ на мышечную систему, на различные стороны обмена веществ (обмен углеводов, липидов, белков, креатина, минеральных элементов и воды), на газообмен и основной обмен, а также на морфологию, химизм и функциональное состояние различных тканей и органов (печень, почки, зобная железа, скелет, соединительная ткань). Специально рассматривается антикатаболическое действие АС и побочные их влияния на функцию других эндокринных желез (гипофиз, щитовидная железа и кора надпочечников).

В V главе разбирается механизм действия АС, причем уделяется особое внимание влиянию на синтез белков и связи между химической структурой и физиологическим действием.

Наибольшую практическую ценность представляет VI глава о клиническом применении АС. Подробно рассматривается использование АС при общем и экзогенном белковом голодании, при белковом дефиците, вызванном инфекциями, опухолями и действием проникающей радиации, при заболеваниях скелета, мышц, печени, почек, сердца, щитовидной железы и других органов, сопровождающихся нарушениями белкового обмена в плане преобладания катаболической фазы над анаболической. Заканчивается глава разбором показаний и противопоказаний к применению АС.

В последних главах разбираются побочные влияния и методы тестирования АС. Монография содержит обширный обзор литературы; библиографический указатель включает 1108 источников. Однако работы советских исследователей в нем не приводятся.

Некоторым недостатком книги является малое количество иллюстративного и цифрового материала. Данные рассматриваемых работ приводятся, как правило, лишь описательно. Тем не менее рецензируемая книга является ценным теоретическим исследованием и практическим руководством. Она показывает, что АС являются мощным терапевтическим фактором, а также могут быть весьма полезны в экспериментальной работе при изучении ряда процессов обмена веществ.

Книга представляет несомненный интерес для широких кругов физиологов, биохимиков, фармакологов и клиницистов.

H. L. KRÜSKEMPER «ANABOLE STEROIDE»  
G. THIEME, STUTTGART, 1963

Reviewed by N. N. Yakovlev



## ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ КАБАНОВ

*К 70-летию со дня рождения.*

В феврале 1964 г. исполнилось 70 лет со дня рождения и 45 лет высокоплодотворной научной и учебной деятельности в области физиологии профессора Александра Николаевича Кабанова. А. Н. Кабанов родился в 1894 г. в Москве в семье врача. В 1913 г. он окончил гимназию и поступил на медицинский факультет Московского университета. По окончании Университета (1919 г.) работал санитарным врачом, а позднее школьным врачом в Москве. В последующие годы — ассистент кафедры физиологии на педиатрическом факультете II Московского университета, с 1932 г. — доцент, а с 1933 г. — профессор педагогического института им. В. П. Потемкина.

Еще в двадцатых годах (с 1924 г.) по предложению И. П. Разенкова А. Н. Кабанов в Институте профессиональных заболеваний им. В. А. Обуха начал изучение вазомоторных свойств крови, а затем влияний на организм профессиональных вредностей, особенно свинцового отравления. Последующие его исследования посвящены вопросам влияния на организм высокой температуры окружающей среды. Работа проводилась сперва в условиях экспериментальной лабораторной обстановки, а затем в производственных условиях (в горячих цехах московских заводов). Результаты этих исследований были использованы при разработке практических мероприятий санитарно-гигиенического характера. В Центральном институте питания Александр Николаевич изучал пищевые нормы и организацию рационального питания для рабочих горячих цехов. Материалы этих работ докладывались на конференциях и съездах физиологов в нашей стране и на XIV Международном конгрессе физиологов (1932 г.) в Риме. Начатые А. Н. Кабановым в 1932 г. исследования механизма биологического действия лучистой энергии на организм представляют большой научный интерес. Результаты освещены в монографии и доложены на XV Международном конгрессе физиологов в Ленинграде. Эти материалы обобщены в докторской диссертации юбиляра (1939 г.).

Много ценного внесено А. Н. Кабановым в разработку проблемы возбуждения и торможения в нервной системе. В наблюдениях на раненых людях им изучены некоторые закономерности складывающихся координационных отношений и изменения параметров возбуждения в периферических органах. В дальнейшем он вместе со своими сотрудниками изучает распространяющиеся на большое расстояние влияния очагов альтерации и особенности их протекания в различных отделах ц. н. с. Этим явлениям, названным «парабиотическим дальнедействием», придается существенное значение в становлении координационных отношений. Специальный интерес представляют исследования роли мозжечка в координации двигательных актов.

Рассматривая парабиотический процесс как единую реакцию на раздражение, А. Н. Кабанов вместе с тем убедительно показывает его сложность, подвергая критическому рассмотрению распространенную схему синдромов развития парабиотической реакции на раздражение. Эти вопросы имеют значение для практики.

А. Н. Кабанов также продуктивно исследовал динамику развития физиологических процессов в постнатальном онтогенезе. С группой сотрудников он проследил развитие ряда вегетативных реакций с первых дней жизни ребенка до периода полового созревания, получил новые данные о закономерностях развития в. н. д. ребенка, о возрастных особенностях развития утомления и др. Юбиляр — автор более 150 работ. Его перу принадлежат 90 экспериментальных исследований, 10 учебников и монографий, более 50 методических и научно-популярных брошюр и статей.

Работая в Государственном педагогическом институте им. В. И. Ленина (Москва), А. Н. Кабанов умело сочетает большую разностороннюю научную деятельность с огромным педагогическим трудом. Он — автор широко известных учебников по физиологии. Им подготовлено много десятков аспирантов, из которых большинство защитили кандидатские диссертации. Требовательный к себе и другим, он одновременно чутко, отзывчив, внимателен.

Многочисленные ученики и сотрудники горячо и сердечно поздравляют Александра Николаевича Кабанова со славным юбилеем, желают ему крепкого здоровья, долгих лет жизни и творческих успехов.

*Товарищи, сотрудники и ученики*

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СЪЕЗДЫ

УДК 712.766. 1 : 796 : 0.06.3

СИМПОЗИУМ «О ВЗАИМОСВЯЗИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ И  
ВЕГЕТАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ»

Н. В. Зимкин

Ленинград

В конце октября 1963 г. в Ленинграде был проведен симпозиум на тему «О взаимосвязи двигательных и вегетативных функций в процессе физической тренировки».

В работах симпозиума приняло участие свыше 300 человек из 30 городов Советского Союза. Доклады были сделаны М. Р. Могендовичем (Пермь), Н. В. Зимкиным (Ленинград), Н. Н. Яковлевым (Ленинград), М. Ф. Иваницким (Москва) и С. П. Летуновым (Москва).

В докладе М. Р. Могендовича были освещены вопросы, связанные с ролью интерорецепции и проприорецепции при двигательной деятельности. В процессе мышечной работы на основе интеро- и проприорецепции происходит межсистемная регуляция функций организма. Докладчик, на основании собственных данных и литературы, роль интерорецепции и проприорецепции считает неравнозначной. Интерорецепторы влияют на состояние скелетной мускулатуры слабее, чем проприорецепторы на вегетативные функции. Интерорецептивная афферентация преимущественно проявляется в адаптационно-трофических сдвигах в скелетной мускулатуре. Проприоцептивная же афферентация при двигательной деятельности является ведущей для регуляции не только мышечной деятельности, но и вегетативных функций. Тренировка на рефлекторной основе содействует лучшей интеграции двигательных и вегетативных функций. Наоборот, детренированность, утомление и переутомление способствуют дезинтеграции. При этом страдает в первую очередь условнорефлекторная интеграция второй сигнальной системы, во вторую — первой сигнальной системы, в последнюю очередь — безусловнорефлекторная. Каждый из сложных нервных центров имеет не только собственные рефлексы саморегуляции, но и межсистемную регуляцию. Она проявляется в том, что проприорецептивная импульсация вызывает как моторные, так и вегетативные сдвиги, интерорецептивная же — помимо вегетативных — и моторные рефлекторные реакции.

В сообщении Н. В. Зимкина были приведены данные о теснейшей взаимосвязи двигательных и вегетативных функций и об обусловленности развития и совершенствования вегетативных реакций наличием определенного уровня мышечной деятельности. Для некоторых животных полное обездвижение является смертельным. У ряда других представителей животного мира и у человека отсутствие движений вызывает резкое снижение потенциальных возможностей вегетативных органов и в особенности мышц. Двигательная деятельность способствует также повышению устойчивости организма при пребывании в неблагоприятных условиях внешней среды, связанных с изменениями температуры и атмосферного давления, с действием проникающей радиации, некоторых ядов и инфекций и т. д. Неблагоприятное действие на организм человека гипокинезии, обусловленной в современных условиях жизни уменьшением мышечных напряжений на производстве, в быту и при передвижениях, может быть полностью устранено соответствующим физическим воспитанием детей и внедрением физической культуры в режим жизни всего взрослого населения.

При рассмотрении общих механизмов координации двигательных и вегетативных функций при физических упражнениях в докладе Н. В. Зимкина были приведены данные об изменчивости внутренней структуры составных элементов различных интегральных функций. Даже в том случае, когда показатели интегральных функций при повторении движений или на фоне непрерывно продолжающейся работы оказываются одинаковыми, многие составляющие элементы этих функций каждый раз оказываются несколько иными. При повторении одних и тех же движений варьируют латентные периоды включения в деятельность разных мышц, амплитуда биотоков и длительность импульсации. При одной и той же величине потребления кислорода могут варьировать частота и глубина дыхания, частота пульса, ударный объем сердца, степень оксиге-

нации гемоглобина и т. д. В этом же докладе были приведены данные об особенностях приспособления к мышечной работе деятельности сердца и аппарата внешнего дыхания, об уменьшении вариативности длительности сердечных и дыхательных циклов во время работы и об увеличении их у многих лиц спустя 30—60 сек. после начала восстановительного периода.

Биохимическим основам взаимосвязи двигательных и вегетативных функций был посвящен доклад Н. Н. Яковлева. Возбуждение, возникающее при двигательной деятельности в ц. н. с., связано с повышением в нервных центрах белкового обмена, с усилением образования аммиака, обмена липидов и гликогена. Энергетически эти процессы связаны со значительным повышением обмена АТФ. Это может приводить к снижению содержания в головном мозгу АТФ и креатинфосфата. Ресинтез фосфатных макроэргов сопровождается увеличением интенсивности обмена глюкозы и глютаминовой кислоты.

В мышцах при двигательной деятельности происходит резкое увеличение интенсивности обмена веществ, в ряде случаев в десятки раз. Это требует значительного увеличения снабжения мышц кислородом. В зависимости от степени соответствия снабжения кислородом потребностям организма содержание в мышцах фосфатных макроэргов может быть постоянным (на несколько сниженном уровне) или же происходит нарушение их баланса, сопровождающееся интенсивным аэробным окислением или интенсивным гликолизом. В зависимости от характера протекания в организме вегетативных функций одна и та же работа в разных условиях может сопровождаться далеко не одинаковым протеканием биохимических процессов. Многолетние наблюдения сотрудников Н. Н. Яковлева показали, что биохимическая сущность физической тренировки характеризуется специфичностью и может быть правильно понята лишь на основе изучения биохимических адаптаций в условиях конкретной мышечной деятельности. Большое значение в процессе тренировки имеет суперкомпенсация необходимых химических потенциалов, которая тесно связана со степенью израсходования их во время самой работы.

Касаясь вопроса о так называемой «спортивной форме», Н. Н. Яковлев указал, что высшую работоспособность нельзя свести к схематическим представлениям об «экономизации» или «повышенной реактивности». В зависимости от характера выполнения упражнений всегда наблюдается сочетание экономизации одних функций и повышенной реактивности других. При физических упражнениях облегчение протекания физиологических функций путем «специальной помощи» (вдыхание кислорода, применение витаминов, пищевых веществ и т. п.) показано на соревнованиях, но, как правило, не рекомендуется в процессе тренировки. Облегчая состояние спортсмена на тренировке, эти вещества ухудшают условия для развития тренированности. Однако использование веществ, являющихся источниками энергии или способствующих использованию их (легкоусвояемые углеводы, лимонная и глютаминовая кислоты, соли фосфорной кислоты и т. п.), или содействующих синтезу белков-ферментов в мышцах (белковые гидролизаты), в ряде случаев необходимо.

В докладе М. В. Иваницкого были рассмотрены современные представления о конституциональных типах и зависимости между морфологическими и функциональными особенностями спортсменов. С целью дальнейшего изучения типов конституции предлагается особое внимание обратить на конституциональные особенности, присущие спортсменам отдельных специальностей, и на установление корреляций между морфологическими, физиологическими, биохимическими и психологическими данными и показателями спортивных достижений.

С. П. Летунов в своем докладе говорил о том, что для правильной оценки адаптивных реакций и нарушений состояния здоровья у спортсменов, возникающих при нерациональном использовании физических упражнений, совершенно необходимо комплексное изучение вегетативных и двигательных функций организма. Удалось выявить 3 основных типа интеграции приспособительных реакций. При недостаточной подготовленности к тренировочным нагрузкам снижение работоспособности прежде всего выявляется в показателях вегетативных систем. При дефектах специальной тренированности или слабой общей подготовленности могут иметь место различные сочетания недостаточности функций по отдельным показателям вегетативных и двигательных систем. В состоянии же высокой тренированности вегетативные и двигательные функции являются весьма стойкими и изменения в них при больших (околопредельных) нагрузках возникают параллельно. Исследования показали, что нерациональный режим тренировки и скрыто протекающие заболевания приводят к нарушению взаимосвязи двигательных и вегетативных функций, к ухудшению их регуляции в различных звеньях регулирующих систем.

В обсуждении докладов приняло участие 39 человек. В ряде выступлений (С. И. Гальперин, М. Я. Горкин и др.) подчеркивалась огромная роль проприорецепции и координации вегетативных функций при двигательной деятельности. Вместе с тем было указано (К. М. Смирнов и др.), что это лишь одна сторона сложного явления. Ю. И. Данько привел данные о ведущей роли состояния нервных центров в координации взаимосвязи двигательных и вегетативных функций. Поэтому в зависимости от конкретных условий мышечной работы ответная реакция преимущественно будет связана то с проприорецептивным, то с интерорецептивным, то с каким-либо другим анализатором, действующим, например, через вторую сигнальную систему.

А. А. Маркосян также привел примеры изменения относительного значения проприорецепции и интерорецепции.

По данным А. Д. Слонима, характер взаимосвязи между функциями организма определяется также экологическими факторами. Различные пути адаптации вегетативных функций в связи с индивидуальными особенностями упражнений и специализацией спортсменов были отмечены В. В. Васильевой, В. М. Запирским и В. А. Шкурдода. Характер взаимосвязи, как указывал В. Л. Маришук и М. Я. Горкин, связан также с эмоциональным фактором. И. П. Байченко утверждал, что в состоянии спортивной формы наблюдается повышенная реактивность вегетативных функций.

Оценивая роль мышечных напряжений для развития функций организма, А. Б. Гандельсман и А. Г. Дембо указывали, что в некоторых случаях при заболеваниях для организма необходима не гипер-, а гипокинезия. Е. К. Жуков, отмечая большое значение изучения корреляции двигательных и вегетативных функций, указал, что необходимо выяснить ее физиологические механизмы, в частности механизм доминанты. Н. К. Волков говорил о необходимости изучения взаимосвязи на разных уровнях — клеточном, органном и целостном организме. В. М. Волков подчеркнул важность изучения этих вопросов в возрастном плане.

Многие из выступавших (М. Я. Горкин, Д. Д. Донской, Я. Б. Лехтман) указывали на ценность кибернетического подхода к изучению взаимосвязи вегетативных и двигательных функций. А. А. Виру отметил значение при этом простых и осложненных обратных связей. А. И. Гуминер показал, что при циклических движениях относительная стабилизация интегральных показателей (в частности, внешнего эффекта работы) всегда происходит на фоне значительной вариации отдельных компонентов этих движений. П. З. Гудзь отметил теснейшую взаимосвязь между физической тренировкой и состоянием морфологических структур в мышцах (мышечные волокна, сосуды, рецепторы и т. д.).

По мнению ряда выступавших, тематика докладов была слишком широкой и на очередном симпозиуме в 1965 г. предложено обсудить более узкую тему «Гипоксемия при двигательной деятельности».

---

## SYMPOSIUM ON RELATIONSHIPS BETWEEN MOTOR AND VEGETATIVE FUNCTIONS IN THE PROCESS OF PHYSICAL TRAINING

By *N. V. Zimkin*

Leningrad

---

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                                                 | Стр. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| В. Г. Самсонова. Противоположное изменение электрофизиологической реакции усвоения частоты световых мельканий мозгом человека при вестибулярных и оптокинетических раздражениях . . . . .       | 649  |
| С. Н. Раева. Об электроэнцефалографическом отражении иррадиации и концентрации нервных процессов в коре больших полушарий человека . . . . .                                                    | 655  |
| Е. Я. Войтинский. Анализ медленных и сверхмедленных периодических составляющих электроэнцефалограммы человека . . . . .                                                                         | 664  |
| Р. Гомби. О динамике электросубкортикограммы человека при световом и звуковом раздражениях . . . . .                                                                                            | 669  |
| Е. Б. Сологуб. Автокорреляционный и кросскорреляционный анализ «меченых ритмов» в ЭЭГ человека при мышечной деятельности . . . . .                                                              | 681  |
| М. П. Иванова. Латентный период двигательных реакций и депрессия $\alpha$ -ритма при мышечной работе, гипервентиляции и задержке дыхания . . . . .                                              | 690  |
| Д. А. Фарбер. Генерализованные реакции и вызванные потенциалы в ЭЭГ новорожденных детей . . . . .                                                                                               | 697  |
| Э. И. Аршавская. Особенности электрокардиограммы в связи с преобразованием скелетной мускулатуры у детей раннего возраста . . . . .                                                             | 707  |
| Ю. З. Захарьянц. Электромиографическая характеристика работы мышц при разных нагрузках и скоростях движений человека . . . . .                                                                  | 716  |
| Б. М. Нидерштраг. Взаимоотношения мышц-антагонистов плеча у детей 3—17 лет . . . . .                                                                                                            | 727  |
| Е. П. Ильин. Асимметрия в проявлении мышечного чувства . . . . .                                                                                                                                | 736  |
| Н. Е. Панферова. О суточном ритме функций человека в условиях ограниченной подвижности . . . . .                                                                                                | 741  |
| Л. Л. Либерман. О регуляции инсулярной функции у человека . . . . .                                                                                                                             | 750  |
| А. Ф. Краснова. Влияние физических упражнений на белковых фракции сыворотки крови у лиц старшего возраста . . . . .                                                                             | 756  |
| <i>Методика физиологических исследований</i>                                                                                                                                                    |      |
| В. П. Морозов. Метод одновременной регистрации дыхательных движений и звуков речи на одной магнитофонной ленте . . . . .                                                                        | 762  |
| <i>Критика и библиография</i>                                                                                                                                                                   |      |
| Р. С. Персон. Рецензия на книгу В. А. Кожевникова и Р. М. Мещерского «Современные методы анализа электроэнцефалограммы». М., 1963 . . . . .                                                     | 765  |
| Н. Н. Яковлев. Рецензия на книгу Г. Л. Крюскемпера «Анаболические стероиды», издание Г. Тиме, Штуттгарт, 1963 (H. L. Kruskemper, Anabole Steroide, G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1963) . . . . . | 767  |
| <i>Юбилейные дауы</i>                                                                                                                                                                           |      |
| Товарищи, сотрудники, ученики. Александр Николаевич Кабанов . . . . .                                                                                                                           | 768  |
| <i>Научные конференции и съезды</i>                                                                                                                                                             |      |
| Н. В. Зайкин. Симпозиум «О взаимосвязи двигательных и вегетативных функций в процессе физической тренировки» . . . . .                                                                          | 769  |



## CONTENTS

|                                                                                                                                                                          | Page |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| V. G. Samsonova. Opposite effects of electrophysiologic driving reaction to fast light flashes in the human brain exposed to vestibular or optokinetic stimuli . . . . . | 649  |
| S. N. Raeva. On the electrophysiological manifestation of irradiation and concentration of nervous processes in the human cerebral cortex . . . . .                      | 655  |
| E. Ya. Voitinski. Analysis of slow and ultra-slow periodic components in the human electroencephalogram . . . . .                                                        | 664  |
| R. Gombi. Dynamics of the humal electrosuicortigam on exposure to pholic or auditory stimulation . . . . .                                                               | 669  |
| E. B. Sologub. Antocorrelation and crosscorrelation analysis of «labelled rhythms» in the human EEG during muscle exercise . . . . .                                     | 681  |
| M. P. Ivanova. Latency of motor responses and alparhythm depression during muscle exercise, hyperventilation or breath holding . . . . .                                 | 690  |
| D. A. Farber. Generalized responses nad evoked potentials in the EEG of new-horn infants . . . . .                                                                       | 697  |
| E. I. Arshavskia. Peculiarities in the electrocardiogram associated to trans-formations in skeletal muscle of infants . . . . .                                          | 707  |
| Yu. Z. Zakhariantz. Electromyographic characteristics of muscle work with different loads and rates of movement in humans . . . . .                                      | 716  |
| B. M. Nidershtrat. Interaction between antagonistic muscles of the arm in children aged 3 to 17 . . . . .                                                                | 727  |
| E. P. Ilin. Asymmetry in manifestations of musle sense . . . . .                                                                                                         | 736  |
| N. E. Panferova. Diurnal rhythm of functions in humans during restricted mobility . . . . .                                                                              | 741  |
| L. L. Liberman. Regulation control of human insular function . . . . .                                                                                                   | 750  |
| A. F. Krasnova. Influence of exercise on blood scrum protein fractions in elderly persons . . . . .                                                                      | 756  |
| Techniques of physiological investigation                                                                                                                                |      |
| V. P. Morozov. Method for recording simultaneously respiratory movements and sounds of speech on the same magnetic tape . . . . .                                        | 762  |
| Reviews                                                                                                                                                                  |      |
| R. S. Person. Review of «Current Methods for Analysis of the Electroencepha-<br>logram» by V. A. Kozhevnikov and R. N. Meshcherki, Moscow, 1963 . . . . .                | 765  |
| N. N. Jakovlev. Review of «Anabole Steroide» by H. L. Kruskemper. G. Thi-<br>eme, Stuttgart, 1963 . . . . .                                                              | 767  |
| A group of friends. Alexander Nicolaevich Kabanov . . . . .                                                                                                              | 768  |
| Congresses and Symposia                                                                                                                                                  |      |
| N. V. Zimkin. Symposium on relationships between motor and vegetative<br>functions in the process of physical training . . . . .                                         | 769  |

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В «Физиологическом журнале СССР им. И. М. Сеченова» публикуются экспериментальные исследования по актуальным вопросам физиологии человека и животных (преимущественно — общей и сравнительной физиологии нервной системы, физиологии двигательного аппарата, физиологии систем пищеварения, кровообращения, дыхания, экскреции, эндокринных желез), новые методические приемы исследования; статьи по общим вопросам истории физиологической науки, рецензии на новые учебники и монографии по физиологии, краткие отчеты о научных конференциях и съездах.

В журнале печатаются только статьи, нигде не опубликованные. Рукопись должна иметь визу научного руководителя и направление от учреждения, где выполнялась работа. Название учреждения и город должны быть указаны в заголовке статьи после фамилии автора.

Размер статьи не должен превышать (с таблицами и списком литературы) 12 машинописных страниц. Для методических сообщений — не более 6 страниц. Рукописи большего размера, не согласованные с редакцией, будут возвращаться авторам.

Число рисунков не должно превышать 6, а число таблиц — 4. Фотоснимки должны быть присланы в 2 экземплярах. Один из них без надписей и цифр. На обороте рисунков должна быть четкая подпись автора и название статьи. Подписи к рисункам должны быть даны на отдельном листе. Каждый рисунок должен иметь свой заголовок и объяснение значений букв, цифр и кривых на рисунках. Все графы в таблицах и сами таблицы должны иметь заголовки; сокращение слов в таблицах не допускается.

К рукописи должен быть приложен список литературы, включающий только цитируемых авторов. В список включаются в алфавитном порядке сначала русские авторы, а затем иностранные. После названия журнала указываются том, №, страница, год. Например: Петрова Н. И., Физиолог. журн. СССР, 39, № 1, 144, 1953. Номер тома подчеркивается. После названия книги указать стр., место издания и год. При ссылке на работы классиков необходимо еще указать первоначальный год издания трудов.

Рукописи направляются в Редакцию в 2 экземплярах. Один из них — первым машинописным экземпляром. Фамилии иностранных авторов в тексте статей должны даваться в русской, а при первом упоминании и в иностранной транскрипции. Работа русского автора, опубликованная на иностранном языке, включается в русский алфавит, причем пишется по-русски в круглых скобках перед иностранным написанием фамилии автора. После принятия статьи к печати вместе с корректурой автор должен прислать реферат статьи, согласно требованиям инструкции ВИНТИ (см. № 1 журнала за 1964 г.).

Рукопись, присланная без соблюдения указанных правил, Редакцией не принимается и возвращается автору. Редакция оставляет за собой право по мере надобности сокращать статьи. В случае возвращения статьи автору на переработку, первоначальная дата ее поступления сохраняется за ней в течение срока до 2-х месяцев. При отклонении статьи один экземпляр возвращается автору. В конце статьи необходимо указать имя, отчество и фамилию автора, домашний и служебный адрес и телефоны.

Рукопись следует направлять по адресу: Ленинград, В-164, Менделеевская линия, д. 1, Издательство «Наука», Редакция «Физиологического журнала СССР». Телефон А-2-79-72.