

**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ**

Сектор физиологии спорта

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
ТРЕНИРОВАННОСТИ**

Москва, 1973

Редакционная коллегия: А. В. Коробков (глав-
ный редактор), Л. А. Иоффе, А. В. Овсянников.

Предисловие

На протяжении 8—10 лет коллективом сектора физиологии спорта ВНИИФК ведутся исследования, направленные на выяснение устойчивости физиологических процессов ряда важных систем и органов у спортсменов при максимальных физических нагрузках в различных условиях внешней среды. Изучаются изменения функций и их взаимодействие в ходе тренировочных занятий и роста спортивной работоспособности. Разрабатываются также вопросы детренированности и восстановления. По существу впервые в секторе были начаты работы по фармакологии двигательной деятельности. Наряду с этим продолжают исследования, посвященные выяснению механизмов управления движениями, а также некоторых вопросов двигательного утомления. Для решения этих вопросов, помимо традиционных методов исследования — механографии, электромиографии, электроэнцефалографии, сотрудниками сектора широко используются сложные современные методы, например, моносинаптическое испытание мотонейронов, микроэлектродное отведение; разработан и применяется компьютерный метод для оценки функционального состояния вестибулярного анализатора и т. д.

Накопленный экспериментальный материал в результате исследований, а также теоретические обобщения, сделанные на их основе, широко освещены в печати и используются для рационального построения учебно-тренировочного процесса в некоторых видах спорта.

В настоящей сборник вошел материал, полученный сотрудниками сектора в 1969—1970 гг.

В первом разделе сборника представлены данные о характере изменения ЭЭГ и условно-двигательных реакций после нагрузок разной интенсивности, а также о влиянии гипоксии как на фоновую, так и на вызванную нейрональную активность. В этом же разделе мы сочли целесообразным поместить

описание новой комплексной методики исследования функционального состояния вестибулярного анализатора и некоторых данных об особенностях проявления вегетосоматических реакций у спортсменов при раздражении вестибулярного аппарата.

В следующем разделе рассматриваются особенности межконечностного рефлекторного взаимодействия у человека и некоторые элементы управления движениями. Приводятся данные о характере изменения рефлекторной возбудимости двигательных клеток спинного мозга при статической работе разной интенсивности, а также об изменении механических свойств скелетных мышц при разных видах двигательного утомления.

Работы в третьем разделе посвящены выяснению физиологических механизмов детренированности.

Последующий раздел представляет материалы, посвященные фармакологии двигательной деятельности. В ряде работ убедительно показан положительный эффект некоторых фармакологических препаратов при тренировке, утомлении и перетренированности.

В заключение сборника Т. И. Горюнова делится опытом работы по информации о зарубежных научных исследованиях в секторе физиологии спорта.

Сборник рассчитан на физиологов, врачей, фармакологов, психологов, он, несомненно, будет полезен и для тренеров.

Зав. сектором физиологии спорта
докт. мед. наук, проф. А. В. Коробков

Раздел I

ОСОБЕННОСТИ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И БЫСТРОТЫ ДВИЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ МНОГОКРАТНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ОТДЫХА

*Профессор А. В. Коробков,
кандидат педагогических наук Б. К. Захаренков*

Характер следовых сдвигов в организме человека обусловлен многими факторами, в том числе структурой физических упражнений (4), двигательной активностью (2, 3), количеством мышечной работы и видами отдыха (1, 5, 6).

Несомненный интерес представляют исследования динамики умственной и двигательной деятельности в условиях многократных различных по направленности физических нагрузок и отдыха, это и явилось задачей настоящей работы.

Эксперименты проводились в Киевском государственном педагогическом институте иностранных языков на 15 студентах (мужчинах, не имеющих узкой спортивной специализации).

Методика исследования заключалась в следующем. На сконструированной нами установке с высокой точностью ре-

гистрировалось на механограмме до и после нагрузки время латентного периода простой реакции (на красный свет), реакции выбора (поочередный выбор одного из четырех цветов), логических действий (решение задач на четыре арифметических действия) и переключения (чередование реакции выбора и логических задач). Ответное движение при изучении названных показателей производилось правой рукой. При этом исследовалась быстрота движения нижними конечностями (правой ногой) в условиях простой реакции и выбора. Разработанная нами методика позволила за короткое время (3 мин.) получать непосредственно после физических упражнений срочную количественную информацию о характере сдвигов, с одной стороны, в сигнальных и логических функциях центрального нервного аппарата, с другой — в быстроте ответных движений верхних и нижних конечностей. Исследование проводилось в стандартных условиях, в течение одного опыта записывалось 420 измерений, всего обработано их около 38 тысяч.

Динамика умственной деятельности и быстроты движения изучалась в течение пятикратного выполнения физических нагрузок на быстроту и на силовую выносливость при трех различных видах отдыха. Обе нагрузки после однократного выполнения по сдвигам в сердечно-сосудистой системе были примерно равнозначны. Пульс испытуемых в конце упражнений и отдыха равнялся соответственно 150—160 и 90—100 уд/мин.

Применялись нагрузки: на быстроту — 15-секундный бег на месте в максимальном темпе; на силовую выносливость — в упоре лежа на полу согнуть и разогнуть руки, из упора присев принять упор лежа, присесть на правой ноге, затем на левой. Все четыре упражнения выполнялись по 10 раз (2 мин.).

Виды и содержание отдыха (3 мин.): 1) пассивный — сидя на стуле; 2) с упражнениями на быстроту — ходьба 90 сек., бег 5 сек. в максимальном темпе, ходьба 85 сек.; 3) с упражнениями на силовую выносливость — ходьба 70 сек., основные упражнения выполнялись по 3 раза (40 сек.), ходьба 70 сек. Темп ходьбы во всех видах активного отдыха одинаковый (90—100 шаг/мин).

Результаты исследования

Режим 1: нагрузка на быстроту, пассивный отдых. После первого упражнения время латентного периода всех функций значительно сократилось; после второго — возвратилось к исходному. В течение последующих физических нагрузок наблю-

дается отчетливое понижение изучаемых функциональных показателей нервно-мышечного аппарата. Общая быстрота движения под влиянием первой нагрузки возросла; после второй — упала, затем постепенно увеличивалась. Быстрота движения руки (БДР) и быстрота движения ноги (БДН) изменилась однонаправленно при более глубоких положительных сдвигах в последней (рис. 1, табл. 1).

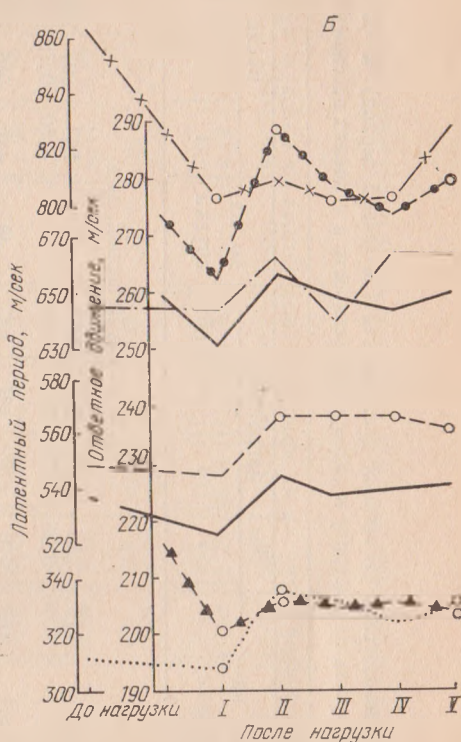
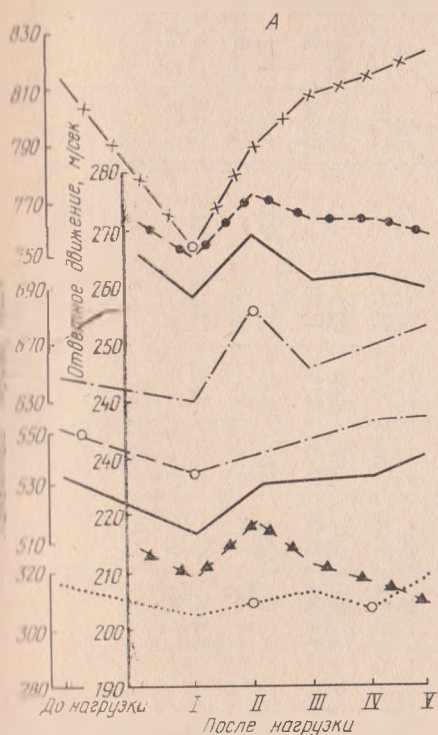


Рис. 1. Динамика умственной деятельности (латентный период) и быстроты ответного движения после физических нагрузок на быстроту (А) и силовую выносливость при пассивном отдыхе (Б)

Линия с точками — время латентного периода I и II простых реакций; пунктирная линия — I и II реакций выбора; пунктирная с крестиком — логических действий; пунктирная с темными кружками — ответное движение правой рукой (реакция простая и выбора I); пунктирная с треугольником — ответное движение правой ногой (реакция простая и выбора II). Жирные линии — средние данные всех функций; белые кружочки — статистически достоверные различия до и после нагрузок ($p < 0,05 - 0,001$).

Изменение средних величин показателей умственной деятельности (латентный период) и быстроты движения при физических нагрузках на быстроту и силовую выносливость в условиях пассивного отдыха

Исследуемые функции	Физические нагрузки на быстроту-сидя					Отдых на силовую выносливость-сидя						
	до нагрузки	после нагрузки				до нагрузки	после нагрузки					
		1	2	3	4		5	1	2	3	4	5
	Латентный период, мсек											
Простая реакция I	285	279 0,96	286 0,20	287 0,31	273 2,05	282 0,43	283	283 3,50	304 0,76	308 0,32	301 1,23	295 2,06
Реакция выбора I	483	465 2,67	470 1,94	478 0,64	491 1,02	494 1,52	483	480 0,41	516 4,08	507 2,88	512 3,97	502 2,21
Логические действия	814	754 3,14	787 1,35	807 0,03	813 0,02	822 1,85	864	801 2,16	808 1,92	802 2,18	803 2,06	825 1,33
Переключение	658	650 0,06	684 2,16	662 0,03	668 0,09	675 1,39	645	644 0,38	660 1,37	638 0,02	662 1,47	660 1,42
Простая реакция II	347	335 1,65	332 2,06	339 1,01	343 0,52	351 0,55	337	332 1,94	362 2,69	349 0,75	345 0,22	355 1,67
Реакция выбора II	616	606 0,89	612 0,29	616 1,36	612 0,33	614 0,14	615	611 0,55	614 0,14	621 0,82	615 0,02	617 0,26
Средние данные	534	515	529	532	533	540	538	525	544	538	540	542

Исследуемые функции	Физические нагрузки на быстроту-сидя					Отдых на силовую выносливость-сидя						
	до на- грузки	после нагрузки				до на- грузки	после нагрузки					
		1	2	3	4		5	1	2	3	4	5
	Быстрота движения, мсек											
Простая реакция I	263	255 1,04	263 0,02	257 0,76	259 0,50	258 0,66	267	254 1,80	287 2,59	278 1,44	270 0,40	276 4,04
Реакция выбора I	288	274 1,89	288 0,09	286 0,34	285 0,42	280 1,05	279	272 1,09	287 1,29	276 0,41	276 0,50	279 0,08
Логические действия	312	305 0,82	313 0,07	301 1,26	309 0,38	307 0,54	298	290 1,28	291 1,22	295 0,52	283 2,48	291 1,10
Переключение	296	295 0,09	310 1,65	299 0,36	304 1,00	296 0,07	281	281 2,11	300 2,88	287 0,87	296 2,28	295 1,93
Простая реакция II (движение ногой)	204	199 0,47	205 0,09	204 0,07	200 0,39	202 0,23	215	191 3,27	200 2,08	202 1,81	201 1,97	195 2,95
Реакция выбора II (движение ногой)	224	218 0,73	233 1,09	219 0,54	215 1,11	208 1,94	214	209 0,87	212 0,39	207 1,19	210 0,65	212 0,41
Средние данные	265	258	269	261	262	259	259	250	263	258	256	258

Примечание. В нижней строке приводится критерий достоверности различий величин до и после нагрузок (t).

Режим 2: нагрузка на силовую выносливость, пассивный отдых. Динамика умственной деятельности во время выполнения первых двух упражнений аналогична предыдущей, но положительные сдвиги менее выражены, а отрицательные — значительнее. После третьего упражнения показатели умственной работоспособности несколько улучшились, затем достоверно ухудшились до уровня ниже начального, кроме логического действия (ЛД). Кривая изменения быстроты движения в начале работы не отличается от таковой в первом режиме. Под влиянием дальнейших нагрузок быстрота движения, достигнув исходной величины, практически не изменилась. БДР к концу упражнений статистически достоверно значительно понизилась, а БДН, наоборот, возросла (см. рис. 1, табл. 1).

Режим 3: нагрузка на быстроту, отдых с упражнениями на силовую выносливость. После первой нагрузки все показатели умственной деятельности статистически значимо, за исключением переключения (ПЕР), улучшились; после второй — показатели изменились различно: простая реакция (ПР) и реакция выбора (РВ) при достоверности различий соответственно сохранилась и улучшилась, а остальные — ухудшились. В дальнейшем латентное время всех функций, кроме РВ, достоверно (за исключением ПЕР) сократилось и несколько увеличилось к концу. В период первых двух упражнений быстрота движения изменялась идентично умственной деятельности, после чего постепенно повышалась. Сдвиги в показателях быстроты движения верхних и нижних конечностей следующие: в БДР — отрицательные, в БДН — положительные (рис. 2, табл. 2).

Режим 4: нагрузка на силовую выносливость, отдых с упражнениями на быстроту. Динамика изучаемых параметров умственной деятельности в течение двух первых упражнений адекватна динамике при режиме с пассивным отдыхом. После латентное время изучаемых функций, кроме ЛД, или существенно не изменилось (ПР), или значительно и часто статистически значимо возросло (РВ, ПЕР). В общем показатели умственной деятельности повысились, иногда значительно, чем при пассивном отдыхе. После первого и второго упражнений быстрота движения соответственно увеличилась и понизилась до исходной, затем практически сохранялась на этом уровне до конца работы. БДР и БДН изменилась не интегрально:

период резко сократилась, вторая — значительно возросла (см. рис. 2, табл. 2).

Режим 5: нагрузка на быстроту, отдых с упражнениями на быстроту. В течение пятикратных мышечных нагрузок латентное время всех изучаемых показателей умственной деятельности

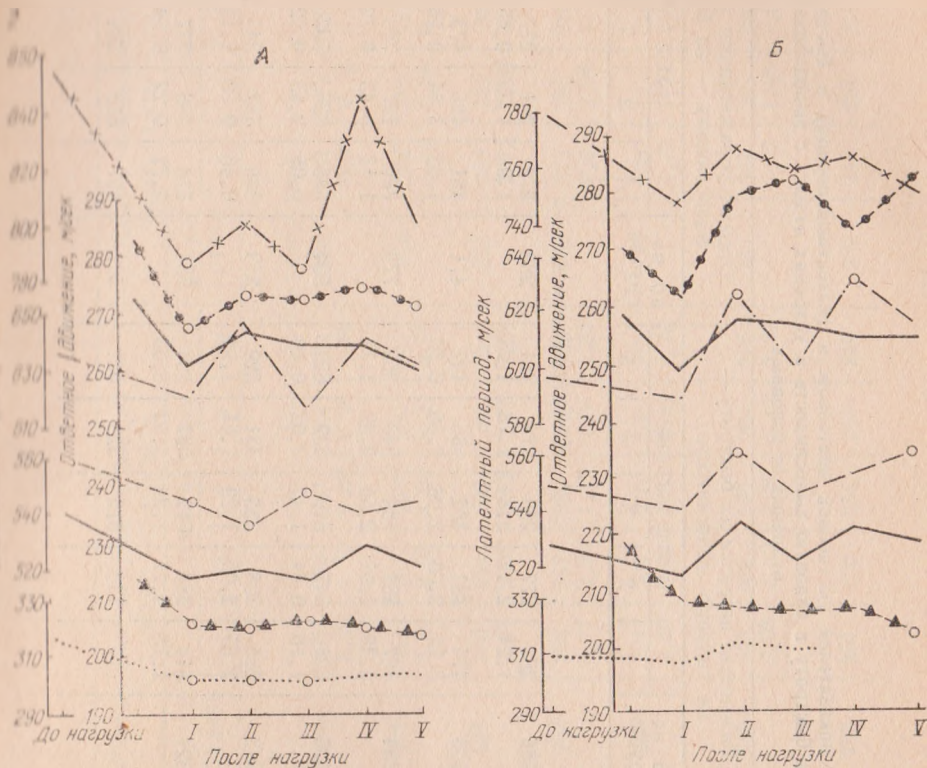


Рис. 2. Динамика умственной деятельности (латентный период) и скорости ответного движения в условиях многократных физических нагрузок на быстроту (А) и силовую выносливость при отдыхе (Б) с упражнениями соответственно на силовую выносливость и быстроту.

Обозначения те же, что на рис. 1.

сти неуклонно и статистически значимо сократилась. Быстрота движения изменилась аналогично показателям умственной работоспособности и с той же степенью достоверности. Направленность сдвигов в данных БДР и БДН единая (рис. 3, табл. 3).

Изменение средних величин показателей умственной деятельности (латентный период) и быстроты движения при физических нагрузках на быстроту и силовую выносливость в условиях отдыха с выполнением упражнений, отличных от основных

Исследуемые функции	Физические нагрузки на быстроту — на силовую выносливость					Отдых с упражнениями на силовую выносливость — на быстроту						
	до на- грузки	после нагрузки					до на- грузки	после нагрузки				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	Латентный период, мсек											
Простая реакция I	288	281 1,24	277 2,12	269 3,44	278 1,78	281 1,28	282	279 1,96	291 1,38	277 0,66	285 0,60	279 0,46
Реакция выбора I	498	474 3,21	481 2,08	482 2,06	486 1,36	491 0,75	471	461 1,53	495 3,54	473 0,28	483 1,88	485 2,14
Логические действия	854	787 2,32	801 1,91	784 2,50	843 0,39	800 1,77	779	746 1,18	767 0,43	758 0,73	764 0,50	753 0,92
Переключение	636	621 1,16	647 0,84	616 1,42	639 0,02	629 0,46	594	588 0,05	626 2,63	597 0,02	629 2,83	615 1,71
Простая реакция II	342	325 2,55	328 2,05	333 1,29	331 1,61	329 1,94	333	330 0,40	332 0,18	341 1,10	337 0,49	332 0,18
Реакция выбора II	624	614 1,18	588 4,27	612 1,29	592 3,52	594 3,33	584	578 0,72	586 0,22	577 0,94	581 0,34	592 0,92
Средние данные	540	517	520	516	528	521	507	497	516	504	513	509

Исследуемые функции	Физические нагрузки на быстроту — на силовую выносливость					Отдых с упражнениями на силовую выносливость — на быстроту						
	до на- грузки	после нагрузки					до на- грузки	после нагрузки				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	Быстрота движения, мсек											
Простая реакция I	270	255 2,25	259 1,70	267 0,39	268 0,25	261 1,26	268	261 0,97	274 0,70	272 0,44	269 0,05	278 1,19
Реакция выбора I	277	259 3,60	267 2,07	257 4,00	260 3,23	261 2,97	272	262 1,59	283 1,64	291 2,75	276 0,62	285 1,85
Логические действия	308	290 2,67	294 2,06	303 0,72	282 3,78	284 3,58	302	282 2,72	283 2,76	280 3,29	283 2,73	280 3,28
Переключение	293	288 0,77	307 2,20	285 1,12	301 1,04	283 1,32	280	275 0,82	295 2,06	288 1,13	285 0,74	283 0,38
Простая реакция II (движение ногой)	208	204 0,60	202 0,92	210 0,31	206 0,32	202 0,86	222	208 1,77	212 1,24	212 1,32	210 1,62	210 1,62
Реакция выбора II (движение ногой)	220	207 2,08	207 2,09	202 2,89	204 2,52	205 2,27	211	207 0,52	201 1,48	200 1,65	204 1,03	195 2,35
Средние данные	263	251	256	254	254	249	259	249	258	257	255	255

Режим 6: нагрузка на силовую выносливость, отдых с упражнениями на силовую выносливость. Показатели умственной деятельности после выполнения начальных нагрузок изменились адекватно показателям в режимах 2 и 4. Под влия-

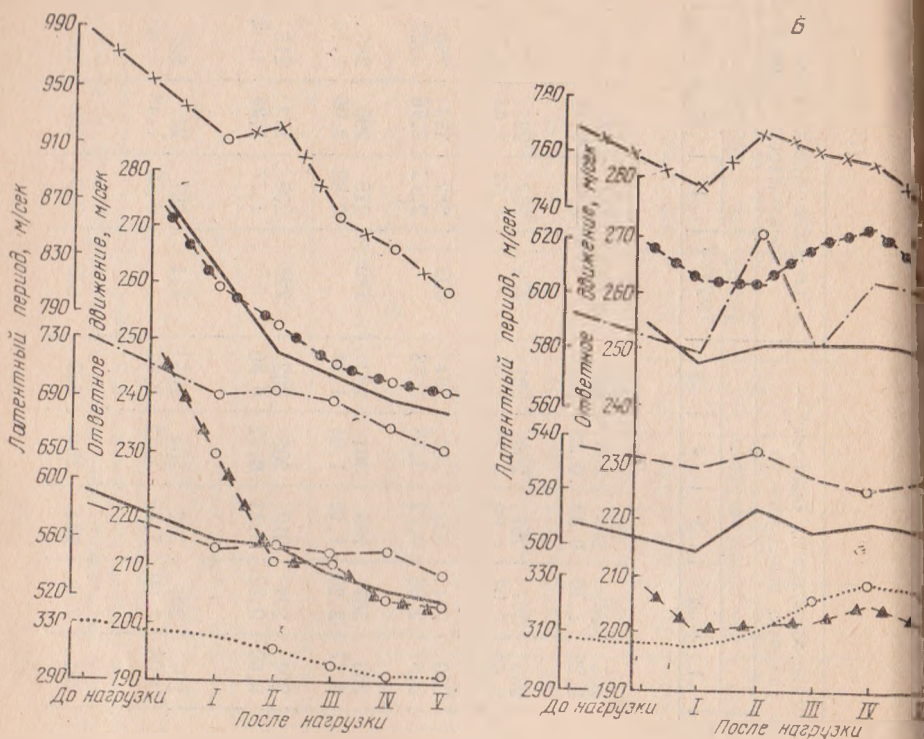


Рис. 3. Динамика умственной деятельности (латентный период) и скорости ответного движения в условиях многократных физических нагрузок на быстроту (А) и силовую выносливость при отдыхе (Б) с упражнениями соответственно на быстроту и силовую выносливость.

нием последующих упражнений время латентного периода ПР (достоверно) и ПЕР возросло, а РВ (достоверно) и ЛД сократилось, в общем оно оставалось до конца упражнений примерно на одном уровне. Характер динамики скорости движения в основном соответствует тому, что наблюдается при изучении умственной деятельности. Более положительные сдвиги произошли в БДН (см. рис. 3, табл. 3).

Изменение средних величин показателей умственной деятельности (латентный период) и быстроты движения при физических нагрузках на быстроту и силовую выносливость в условиях отдыха с выполнением упражнений. адекватных основным

Исследуемые функции	Физические нагрузки на быстроту — на быстроту					Отдых с упражнениями на силовую выносливость — на силовую выносливость						
	до на- грузки	после нагрузки					до на- грузки	после нагрузки				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
		Латентный период, мсек										
Простая реакция I	293	284 1,36	269 4,19	255 7,08	250 8,27	247 8,56	284	281 0,43	284 0,03	300 2,18	300 2,26	303 2,27
Реакция выбора I	520	485 4,16	493 3,58	484 4,89	478 5,05	472 6,44	477	471 0,73	498 2,69	476 0,06	482 0,74	469 1,02
Логические действия	988	916 2,12	920 1,98	858 3,81	837 4,50	805 6,29	768	747 1,63	766 0,04	760 0,26	757 0,36	739 0,99
Переключение	734	692 2,70	696 2,35	685 3,06	668 4,22	654 5,72	592	579 1,04	623 2,36	578 1,06	604 1,00	600 0,64
Простая реакция II	368	353 2,00	350 2,24	342 3,34	332 4,80	346 2,83	331	331 0,03	335 0,44	340 1,13	353 3,26	345 1,71
Реакция выбора II	653	623 2,75	616 3,31	617 3,35	626 3,15	612 3,62	593	585 0,92	570 2,36	573 1,96	560 3,71	579 1,40
Средние данные	593	559	557	540	532	523	508	499	513	505	509	506

(Продолжение таблицы 3)

Исследуемые функции	Физические нагрузки на быстроту— на быстроту					Отдых с упражнениями на силовую выносливость—на силовую выносливость						
	до на- грузки	после нагрузки					до на- грузки	после нагрузки				
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
	Быстрота движения, мсек											
Простая реакция I	269	253 2,26	247 3,15	244 3,77	239 4,60	243 3,93	257	255 0,30	259 0,27	266 1,26	265 1,00	258 0,05
Реакция выбора I	278	264 2,27	259 3,16	247 5,37	246 5,26	239 6,48	279	270 1,19	265 1,93	269 1,36	278 0,15	267 1,71
Логические действия	306	295 1,39	284 2,74	278 3,40	271 4,56	269 4,51	294	287 2,58	283 1,46	294 0,02	287 1,05	290 0,57
Переключение	301	285 2,14	278 3,08	273 3,76	275 3,32	272 3,75	282	277 0,83	294 1,97	277 0,71	285 0,45	277 0,73
Простая реакция II (движение ногой)	237	214 3,05	202 5,05	201 5,14	201 4,97	197 5,57	206	194 1,70	196 1,41	202 0,47	209 0,54	206 2,14
Реакция выбора II (движение ногой)	257	243 1,60	220 4,42	221 4,16	208 5,91	210 5,45	210	206 0,56	208 0,30	204 0,90	201 1,41	198 1,84
Средние данные	275	259	248	244	240	238	255	248	251	252	254	249

Полученный нами экспериментальный материал свидетельствует о том, что мышечные нагрузки, близкие по интенсивности, но существенно отличающиеся по качественной направленности, в условиях многократного повторения при различных видах отдыха вызывают стойкие следовые сдвиги в перво-мышечном аппарате. Изменение функций умственной деятельности и быстроты движения носит фазовый характер, что объясняется неоднократной сменой состояния повышенной и пониженной возбудимости нервных процессов. (Н. В. Зимкин, 1956). После выполнения первого упражнения во всех режимах умственная деятельность повышается, более положительные сдвиги отмечены после нагрузки на быстроту. В результате вторичного выполнения упражнений функциональные показатели состояния центральной нервной системы снижаются (кроме режима 5). Под влиянием третьей нагрузки происходит, как правило, улучшение показателей умственной деятельности, что, возможно, связано с концентрацией нервных процессов вслед за генерализацией возбуждения, которое могло иметь место в предыдущей фазе. В дальнейшем умственная деятельность изменяется в зависимости от характера физической работы и отдыха.

Мышечная деятельность различной направленности в условиях пассивного и активного видов отдыха избирательно влияет на динамику изучаемых функций центральной нервной системы. Простая реакция во всех режимах (кроме 3 и 5) понижается; реакция выбора в одних случаях ухудшается (режимы 1, 2 и 4), в других — улучшается (режимы 3, 5 и 6); переключение, характеризующее в большой мере силу нервных процессов, ухудшается (кроме режима 5); логические действия (одна из функций интеллектуальной сферы) повышаются (за исключением режима 1).

Характер кривой динамики общих данных быстроты движения верхних и нижних конечностей в период первых трех нагрузок в основном идентичен умственной деятельности. В последующий период физической работы показатели быстроты движений изменяются часто разнонаправленно с данными, характеризующими состояние высшей нервной деятельности, в частности в режимах 1, 2 и 4. В первой из них наблюдаются положительные сдвиги, а во второй — отрицательные.

Понижение показателей умственной деятельности, видимо, следует связывать с появлением признаков утомления и охранительными реакциями в центральной нервной системе. О ведущей роли последней в утомлении указывают И. М. Сеченов

(1952), А. Н. Крестовников (1951). Быстрота движения верхних и нижних конечностей в некоторых случаях (режимы 2 и 4) изменяется автономно, что согласуется с концепцией А. В. Коробкова о топографии функций различных нервно-мышечных структур.

Умственная деятельность во всех режимах работы и отдыха различна. Физическая работа на быстроту и силовую выносливость при пассивном отдыхе (режимы 1 и 2) проходит на фоне постепенного понижения умственной деятельности, что обусловлено нарушением оптимального баланса корковых процессов в сторону преобладания процесса торможения при сохранении его охранительного значения. Физические упражнения на быстроту при отдыхе с упражнениями иной структуры (режим 3) в целом выполняются при положительных сдвигах в показателях умственной работоспособности, правда, в конце работы последняя несколько снизилась, по-видимому, вследствие появления первых признаков утомления. Характер же следовых сдвигов в умственной деятельности при нагрузке на силовую выносливость с аналогичным по направлению отдыхом (режим 4) совершенно иной. Понижение умственной работоспособности в условиях данного режима правомерно рассматривать как факт своеобразной двигательной несовместимости основной физической нагрузки и упражнений в отдыхе, и наоборот. Это может явиться одним из результатов потери согласованности в функциональной деятельности центрального нервного аппарата. Замена в отдыхе упражнений на быстроту упражнениями, адекватными по структуре основной нагрузке (режим 6), повышает умственную деятельность.

Множественная мышечная работа на быстроту с теми же упражнениями в отдыхе (режим 5) выполняется на фоне неуклонного (без снижения после второй нагрузки) повышения функциональной деятельности центрального нервно-двигательного аппарата. Включение в интервалы отдыха при упражнениях на быстроту кратковременных ускорений способствует притоку афферентной импульсации, «подзаряжая» тем самым нервные центры, что в конечном счете и создает постоянный высокий уровень функционального состояния как центрального нервного аппарата, так и моторной зоны головного мозга. Некоторые авторы (Б. В. Таварткиладзе, 1958) при многократной физической работе на быстроту оптимальным отдыхом считают ходьбу, последняя, по нашим данным, менее эффективна, чем обсуждаемый вариант. Об этом говорят сдвиги и в сердечно-сосудистой системе.

Выводы

1. Многократная мышечная работа на быстроту и силовую выносливость в условиях различных видов отдыха вызывает существенные фазовые по характеру и избирательные по направленности, но неравнозначные следовые сдвиги в показателях высших (логические действия, переключение) и относительно простых (реакции простая и выбора) функций центральной нервной системы, а также в быстроте движения верхних и нижних конечностей.

2. Пассивный отдых при многократном выполнении физических нагрузок (режимы 1 и 2) отрицательно сказывается на умственной деятельности занимающихся.

3. Включение в интервалы отдыха упражнений на силовую выносливость при нагрузке на быстроту (режим 3) и наоборот (режим 4) в целом вызывает соответственно благоприятные и отрицательные сдвиги в умственной деятельности, что объясняется наличием в первом случае положительных связей между различными по структуре упражнениями, во втором — фактом двигательной несовместимости последних.

4. Физические упражнения в отдыхе, по структуре адекватные основной мышечной работе, влияют на умственную деятельность в зависимости от характера основной работы. В упражнениях на быстроту (режим 5) и в умственной деятельности, и в двигательном аппарате наблюдаются интегральные и четко повышающиеся положительные сдвиги, тогда как при нагрузке на силовую выносливость (режим 6) они только удерживаются на уровне, близком к исходному.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В. М., Путило В. Н. «Теор. и практ. физ. культуры», 1970, № 7.
2. Замаренов Б. К. Вопросы активного отдыха трудящихся. Киев, 1970.
3. Коробков А. В. Труды КВИФКиС им. В. И. Ленина, вып. XIV, 1956.
4. Муравов И. В. «Теор. и практ. физ. культуры», 1969, № 9.
5. Сиренко В. А. Тезисы докладов научной конференции молодых ученых. Киев, 1966.
6. Таварткиладзе Б. В. «Теор. и практ. физ. культуры», 1958, № 2.

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЭГ ПОСЛЕ НАПРЯЖЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЫ С РАЗНЫМИ РЕЖИМАМИ ДЫХАНИЯ

М. П. Иванова, В. В. Чернашкин

Всякая напряженная спортивная двигательная деятельность характеризуется наличием в разной степени выраженной кислородной недостаточности. Недостаток кислорода сказывается на функциональном состоянии различных систем и органов и в первую очередь центральной нервной системы, деятельность которой значительно усиливается при работе, что требует дополнительно огромного расхода энергии. Сдвиги, происходящие в функциональном состоянии центральной нервной системы, могут дать представление о том, как мышечная работа влияет на организм спортсмена и его работоспособность. Эти изменения находят свое отражение в биоэлектрической активности мозга и регистрируются на электроэнцефалограммах.

Ряд авторов (4—6, 8, 9, 14—20, 22) стремился проследить, какие изменения происходят в биоэлектрической активности мозга в процессе интенсивной мышечной деятельности или под влиянием утомления, вызванного данной работой. Особый интерес представляет рассмотрение изменений биопотенциалов мозга в условиях напряженной спортивной деятельности в сочетании с дополнительной искусственно создаваемой кислородной недостаточностью.

Изменение ЭЭГ в связи с гипоксической гипоксией, когда человек помещается в барокамеру или находится в горах, исследовали очень многие как отечественные, так и зарубежные авторы. Они подробно описали закономерные изменения биотоков мозга при нарастании гипоксии, а также пытались объяснить эти изменения. Однако физиологическая гипоксия, возникающая под влиянием интенсивной мышечной работы, отличается от гипоксической. Так, например, при гипоксической гипоксии в крови недостает не только O_2 , но и CO_2 ; необходимого для стимулирования работы дыхательного центра; при физиологической гипоксии, наоборот, содержание CO_2 в крови возрастает, что усиливает дыхание. Кроме того, с изменением атмосферного давления при гипоксической гипоксии изменяется парциальное напряжение кислорода в крови, чего нет при физиологической гипоксии. В этих двух условиях раз-

личается и метаболизм в клетках. Так, например, при утомительной работе в мышцах накапливаются молочная кислота и другие продукты распада, чего не отмечается при подъеме на высоту (в барокамере). Таким образом, неправильно в поисках особенностей изменения ЭЭГ, связанных с физиологической гипоксией при физическом утомлении, обращаться к материалам, полученным при анализе состояния высших отделов центральной нервной системы при подъемах в барокамере. Что же касается работ по исследованию физиологической гипоксии, то в доступной нам литературе мало данных, освещающих эту проблему. Правда, отдельные исследователи занимались вопросом влияния физиологической гипоксии на биоэлектрическую активность мозга, сочетая ее с задержкой дыхания, гипервентиляцией легких и т. д. (7, 8, 11). Однако в экспериментах биопотенциалы мозга регистрировались у лиц, находившихся в состоянии покоя или выполнявших незначительную по интенсивности мышечную работу, поэтому результаты исследования не дают четкого представления о тех сдвигах в функциональном состоянии центральной нервной системы, которые наблюдаются при одновременном воздействии на организм напряженной мышечной деятельности и дополнительной кислородной недостаточности.

Настоящая работа имела целью выяснить, какое влияние оказывает на функциональное состояние центральной нервной системы непосредственно сама истощающая работа субмаксимальной интенсивности, выполняемая при дыхании атмосферным воздухом, а также в сочетании с дополнительно искусственно создаваемой кислородной недостаточностью.

Спортсмену предлагалось выполнить на модифицированном велоэргометре типа «Монарк» истощающую работу, которая представляет собою модель нагрузки велосипедиста на дистанции 1000 м с места на треке. Максимальная нагрузка для каждого испытуемого определялась серией предварительных экспериментов и составляла в среднем 4 кр (килопонта). При этом испытуемый в первом опыте дышал атмосферным воздухом, во втором — гипоксической смесью (15% кислорода), в третьем — с задержкой дыхания. По команде велогонщик с места быстро набирал скорость 50 км по спидометру (что соответствует приблизительно 116 об/мин) и стремился поддержать ее до конца работы. Продолжительность работы в первых двух случаях составила 75 сек., в третьем — максимально переносимое время. Работа с задержкой дыхания повторялась последовательно 4 раза через 45 сек. интервала отдыха.

Электроды для снятия показаний биоэлектрической активности мозга устанавливались до работы в затылочно-теменной области левого полушария по методике, разработанной Джаспером. В связи с тем, что во время работы возникали многочисленные артефакты, несмотря на все попытки их устранения, биопотенциалы регистрировались в состоянии покоя и непосредственно после нагрузки, когда исследуемый находился на велоэргометре. ЭЭГ записывалась на электроэнцефалографе фирмы «Альвар» в течение последующих 15 мин.

В экспериментах приняли участие 6 квалифицированных велосипедистов. Проведено 22 опыта. Статистической обработке были подвергнуты параметры ЭЭГ: альфа-индекс, частота альфа-ритма, количество случаев формирования медленных волн в 7,6 и 5 кол/сек. Применялся метод вариационной статистики по Стьюденту.

Анализ полученных данных показал следующее. При сопоставлении параметров ЭЭГ до и после работы при дыхании атмосферным воздухом наблюдается четко выраженная тенденция к снижению альфа-индекса ($t = 2,025$; $P < 0,1$), существенно и статистически достоверно снижается частота следования альфа-ритма ($t = 2,695$; $P < 0,05$), статистически достоверно возрастает число колебаний медленных волн типа θ (θ) — 7 кол/сек ($t = 3,223$; $P < 0,01$) (табл. 1).

Таблица 1

Параметры ЭЭГ до и после работы субмаксимальной интенсивности при дыхании атмосферным воздухом

Статистические показатели	Альфа-индекс	Частота альфа-ритма' (кол/сек)	Количество случаев формирования медленных волн (кол/сек)		
			7	6	5
До работы					
M	42,98	8,8	2,5	2,0	3,0
σ	3,499	0,452	1,719	0,000	2,828
m (M)	1,429	0,184	0,650	0,000	2,000
После работы					
M	37,92	8,1	6,6	1,8	1,0
σ	5,020	0,438	2,408	0,837	0,000
m (M)	2,049	0,178	1,076	0,374	0,000
t	2,025	2,695	3,223	0,534	1,420
P	<0,1	<0,05	<0,01	<0,1	<0,1

Показатели ЭЭГ до и после работы при дыхании гипоксической смесью отмечают статистически достоверное снижение альфа-индекса и частоты следования альфа-ритма ($t=4,402$, $P < 0,01$; $t = 3,661$, $P < 0,02$) а также возрастание медленных волн 7 и 6 кол/сек. Эти изменения достоверны при $t=2,720$, $P < 0,05$; $t=5,177$, $P < 0,01$ (табл. 2).

Таблица 2

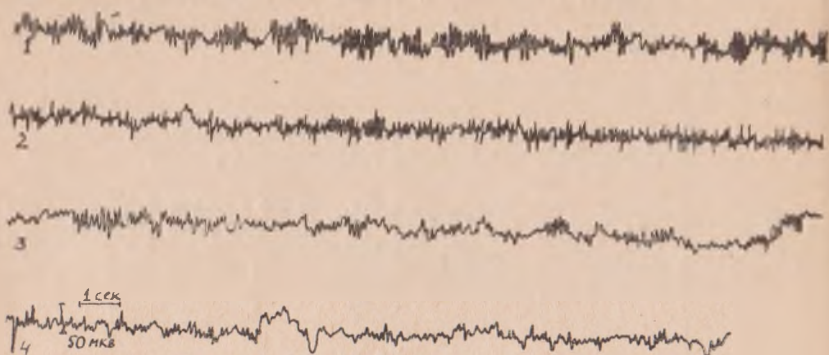
Параметры ЭЭГ до и после работы субмаксимальной интенсивности при дыхании гипоксической смесью

Статистические показатели	Альфа-индекс	Частота альфа-ритма (кол/сек)	Количество случаев формирования медленных волн (кол/сек)		
			7	6	5
До работы					
M	42,98	8,8	2,6	2,0	3,0
σ	3,499	0,452	1,719	0,000	2,828
m (M)	1,429	0,184	0,650	0,000	2,000
После работы					
M	28,18	7,3	5,4	5,8	6,5
σ	7,454	0,910	1,817	1,643	5,745
m (M)	3,043	0,372	0,812	0,734	2,872
t	4,402	3,661	2,72	5,17	1,00
P	<0,01	<0,02	<0,05	<0,01	<0,1

Сравнение параметров ЭЭГ до и после работы с задержкой дыхания свидетельствует о том, что альфа-индекс и частота следования альфа-ритма статистически достоверно снижаются (соответственно $t=2,952$, $P < 0,05$; $t=2,438$, $P < 0,05$) и достоверно возрастает число медленных волн ($t=5,726$, $P < 0,01$) (табл. 3, рисунок).

При анализе параметров ЭЭГ после работы при дыхании атмосферным воздухом и при дыхании гипоксической смесью достоверные изменения отмечаются только в снижении альфа-индекса ($t=2,654$; $P < 0,05$) и в возрастании числа медленных волн ($t=4,970$; $P < 0,01$).

Исп. А.



Исп. К.

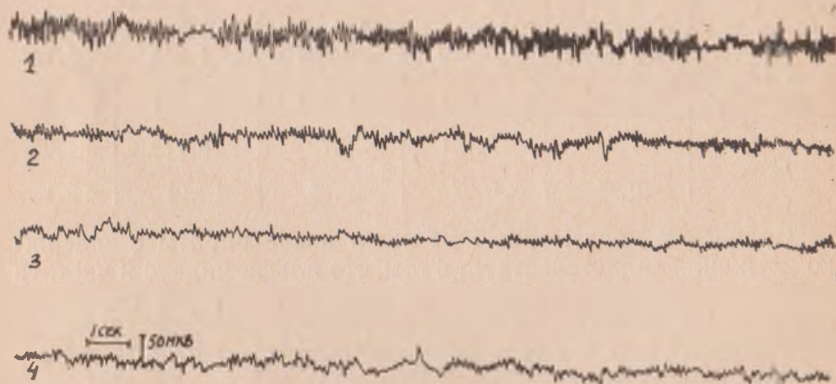


Рисунок. ЭЭГ затылочно-теменного отведения левого полушария мозга до (1) и во время разминки (2), после работы с разными режимами дыхания: с задержкой дыхания (3), при дыхании гипоксической смесью (4) у спортсменов А. и К.

Таблица

Параметры ЭЭГ до и после работы субмаксимальной интенсивности с задержкой дыхания

Статистические показатели	Альфа-индекс	Частота альфа-ритма (кол/сек)	Количество случаев формирования медленных волн (кол/сек)		
			7	6	5
До работы					
M	42,98	8,8	2,5	2,0	3,0
σ	3,499	0,452	1,719	0,000	2,828
m (M)	1,429	0,184	0,650	0,000	2,000
После работы					
M	35,47	8,1	5,2	4,8	2,2
σ	5,355	0,477	3,43	1,095	1,095
m (M)	2,104	0,195	1,460	0,489	0,489
t	2,95	2,488	1,68	5,73	0,534
P	<0,05	<0,05	<0,1	>0,01	<0,1

Данные ЭЭГ после работы при дыхании атмосферным воздухом и с задержкой дыхания показали лишь достоверное увеличение числа медленных волн в 6 и 5 кол/сек ($t=4,873$, $P<0,01$; $t=2,454$, $P<0,05$).

При сопоставлении параметров ЭЭГ после работы при дыхании гипоксической смесью и с задержкой дыхания никаких достоверных различий не наблюдается.

Таким образом, под влиянием непосредственно самой изолирующей работы субмаксимальной интенсивности в функциональном состоянии высших отделов центральной нервной системы происходят изменения, которые выражаются в снижении альфа-индекса, достоверном уменьшении частоты следования альфа-ритма, появлении медленных волн типа тэта (Θ) — 7 кол/сек.

Дополнительная гипоксия, вызываемая вдыханием гипоксической смеси или задержкой дыхания при работе субмаксимальной интенсивности, делает эти изменения более ярко выраженными и высокодостоверными. Кстати, работа при дыхании гипоксической смесью и работа с задержкой дыхания, по-видимому, дает одинаковый эффект, поскольку при сопоставлении указанных условий нет никаких достоверных различий.

Основное различие между воздействием непосредственно самой работы субмаксимальной интенсивности и адекватной

работы в сочетании с дополнительной кислородной недостаточностью на функциональное состояние центральной нервной системы проявляется в виде доминирования на электроэнцефалограмме медленных волн 6—5 кол/сек во втором случае. Так как при работе в сочетании с дополнительной гипоксией эффективность работоспособности снижается раньше (полный отказ продолжать работу или значительное снижение заданной скорости — частоты педалирования), чем при обычной работе, можно предположить, что появление медленных волн характеризует возникновение процессов утомления в корковых отделах центральной нервной системы, которое вызывается резко возрастающим недостатком кислорода непосредственно в высших отделах центральной нервной системы, несмотря на предпочтительность кровоснабжения их. На решающее значение для формирования медленных волн в ЭЭГ недостатка O_2 в крови, поступающей в мозг, указывает целый ряд экспериментальных исследований на человеке и на животных, в которых сопоставлялось изменение амплитудно-частотной характеристики биопотенциалов и уровень оксигенации (1, 3, 12, 13). Возможно, по этой причине отказ от заданной работы в таких сложных условиях происходит еще до того момента, как был проявлен максимум мышечных энергетических ресурсов.

Выводы

1. При сопоставлении параметров ЭЭГ до и после работы при дыхании атмосферным воздухом наблюдаются четко выраженная тенденция к снижению альфа-индекса, статистически достоверное уменьшение частоты следования альфа-ритма и возрастание числа медленных волн типа тэта (Θ)—7 кол/сек.

2. Данные ЭЭГ до и после работы при дыхании гипоксической смесью свидетельствуют о снижении альфа-индекса и частоты следования альфа-ритма, а также о возрастании числа медленных волн в 7 и 6 кол/сек. Эти изменения достоверны.

3. Сравнение параметров ЭЭГ до и после работы с задержкой дыхания показывает, что альфа-индекс и частота следования альфа-ритма статистически значимо снижаются, а число медленных волн в 6 кол/сек достоверно возрастает.

4. Анализ параметров ЭЭГ после работы при дыхании атмосферным воздухом и гипоксической смесью говорит о том, что достоверные изменения наблюдаются только в снижении альфа-индекса и возрастании медленных волн в 6 кол/сек.

После работы при дыхании атмосферным воздухом и с задержкой дыхания на ЭЭГ отмечается лишь достоверное увеличение медленных волн в 6 и 5 кол/сек. При сопоставлении параметров ЭЭГ после работы при дыхании гипоксической смесью и с задержкой дыхания достоверных различий нет.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Алтухов Г. В., Балаховский И. С., Малкин В. Б. Биологическая активность мозга и насыщение крови кислородом при острой гипоксии. «Воен.-мед. журн.», 1954, № 11, с. 30.
- 2 Аршавский И. А. Принципы и механизмы преобразования физиологических отравлений. В сб.: «Труды конференции по возрастным изменениям обмена веществ и реактивности организма». Киев, 1951, с. 158.
- 3 Ащеулова Е. Н. Потребление кислорода головным мозгом в зависимости от биоэлектрической активности коры его больших полушарий. В сб.: «Материалы итоговой научной сессии института за 1967 г.». М., 1969, с. 337 (ВНИИФК).
- 4 Васютина А. И. Особенности изменений электрической активности коры мозга при физической работе в зависимости от исходного фона ЭЭГ. В сб.: «Материалы X Всесоюзной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности», т. 1. Тбилиси, «Мецниба», 1968, с. 85.
- 5 Васютина А. И. Изменение ЭЭГ детей при проприоцептивном раздражении разной силы. В сб.: «Девятая научная конференция по возрастной морфологии, физиологии и биохимии». М., 1969, с. 142.
- 6 Воробьев А. В., Дзидзишвили Н. Н. Электрическая активность коры головного мозга человека при различных физиологических состояниях. В сб.: «Труды института физиологии им. акад. И. С. Бериташвили». Тбилиси, 1963, с. 386.
- 7 Дедабришвили Ц. М. Сравнительное электроэнцефалографическое исследование спортсменов на высоте 400—1700—2200 м. В кн.: «Всесоюзная конференция по вопросам акклиматизации и тренировки спортсменов в условиях среднегорья». М., 1967, с. 173.
- 8 Иванова М. П. Влияние гипервентиляции и задержки дыхания на биоэлектрическую активность мозга. «Теор. и практ. физ. культуры», 1963, № 1, с. 19.
- 9 Ильина Л. И., Куколевская Е. В. Физиологическое значение сдвигов электрических потенциалов коры головного мозга после физической нагрузки. «Теор. и практ. физ. культуры», 1958, № 6, с. 438.
- 10 Ильина Л. И., Куколевская Е. В. Электроэнцефалографические исследования динамики корковых процессов у спортсменов. «Теор. и практ. физ. культуры», 1957, № 2, с. 127.
- 11 Кравченко И. В. Реакция биоотоков мозга и изменение электроэнцефалограммы при действии искусственной гипоксии у лиц пожилого возраста. В сб.: «Материалы итоговой научной сессии института за 1967 г.». М., 1969, с. 483 (ВНИИФК).
- 12 Леонтьева Г. С., Андрианова Т. А. Влияние гипервентиляции и гипоксии на биооток мозга спортсменов. В кн.: «Дыхание и спорт». Таллин, 1967, с. 60.
- 13 Осман Д. И., Полеса Г. В. Характер взаимосвязи функций внешнего дыхания и биоэлектрической активности головного мозга у спорт-

сменов в процессе тренировки. В кн.: «Дыхание и спорт». Таллин, 1967, с. 74.

14. Райкунов Г. Электроэнцефалографические исследования баскетболистов разной квалификации в условиях тренировок и соревнований. Автореф. канд. дисс. Иваново, 1969.

15. Ройтбак А. И., Таварткиладзе Б. В. О физиологических механизмах явления «мертвой точки». «Теор. и практ. физ. культуры», 1954, № 1, с. 35.

16. Рудзит К. Р. Электрическая активность коры головного мозга у спортсменов-велосипедистов при различных темпах работы: Автореф. канд. дисс. Л., 1954.

17. Demetr A. "Fiziologia contractur izometrice si izotonice", Bucuresti, Editura U. C. F. S. 1967.

18. Mitolo M. "L'encefalogramma umano nello sforzo e nell'affaticamento muscolare grave", Fisiologia e Medicina, 28, 1954, 11.

19. Mitolo M. "L'encefalogramma umano nello sforzo e nell'affaticamento muscolare grave", Boll. Soc. Ital. Biol. Sperim 29, N 5, 1953, 1120.

20. Mitolo M. F., De Felice et Ruceia D. "L'encefalogramma umano nell'allernamento all'esercizio fisico", Est. a Atti Acad. Pugl. d. Sci 11, 1953, 1.

21. Monaco G., Nigro A., "L'encefalogramma durante l'ergogramma", Soc. Ital. di Biologia e Sperimentall", 32, N 6, 1956, 468.

22. Pinedo Anselmo, Adkisson Mike A. "Electroencephalographic studies in physical fatigue", Texas Report on Biol. and Med. 19, N 2, 1961, 332.

О ВЛИЯНИИ ГИПОКСИИ НА ФОНОВУЮ ИМПУЛЬСНУЮ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА КРОЛИКА

Л. П. Кукинова

Применение асфиксии и гипоксии как «фармакологического» метода при изучении функционального состояния отдельных нервных структур и нервных элементов привлекало внимание многих исследователей (13, 14). Было показано, что не все отделы нервной системы в одинаковой степени поражаются при кислородной недостаточности. Чувствительность различных нервных элементов определяется, с одной стороны, принадлежностью к системе определенного филогенетического уровня, с другой — функциональными характеристиками нейрона, включая его собственный метаболизм (24, 25).

Работы авторов (18) свидетельствуют о том, что импульсные разряды одиночных нейронов более чувствительны к кислородной недостаточности, чем медленная суммарная электрическая активность (электроэнцефалограмма). Легкая асфиксия могла полностью подавлять импульсные разряды, в то время, как суммарные электрические колебания сохранялись и были хорошо выражены (21).

При исследовании частотной характеристики электроэнцефалограммы (у человека и животных) при воздействии гипоксии или асфиксии изменения фоновой ритмики носят вполне определенный характер: постепенное выпадение из спектра высокочастотных компонентов с дальнейшим преобладанием медленных волн. Повышение степени гипоксии может привести к «электрическому молчанию» (1, 6, 8, 10).

Однако почти все указанные работы по изучению чувствительности отдельных нервных клеток к недостатку кислорода проводились в остром опыте и полного представления о характере изменения электрической импульсной активности не дают.

Задача настоящего исследования — определить характер изменения фоновой импульсной активности отдельных нервных клеток при воздействии гипоксии в условиях хронического опыта, когда функциональное состояние животного приближается к норме.

Методика. Опыты проводились на неанестезированных кроликах весом 2,5—3 кг. С поверхности головы животного, прикрепленного к станку, удалялся участок кожи под местным наркозом (2-процентный новокаин) и на обнаженном участке черепа просверливалось трепанационное отверстие диаметром 6 мм. Поверхность мозга, покрытая твердой мозговой оболочкой, заливалась теплым агаром, который, застывая, предохранял поверхность мозга от высыхания и инфекции. С помощью зубного цемента-фосфата над трепанационным отверстием укреплялось пластмассовое основание для микроманипулятора (устройство для введения микроэлектрода в мозг), а на лобной кости помещался вживленный в кость индифферентный электрод.

Микроэлектроды были изготовлены из вольфрамовой проволоки, диаметр кончика электрода — около 0,5—2 мк. Электрод покрывался слоем изолирующего винифлексового лака и обжигался в муфельной печи при температуре 300—400° в течение 30 сек. Эта процедура повторялась 6—7 раз. Изучение импульсной активности нейронов проводилось на установке, включающей в себя: 1) экранированную барокамеру, в

которую помещалось животное; 2) усилитель биопотенциалов УБП-1-01; 3) прибор для наблюдения и кинорегистрации электрической активности ЭМ-0Ф2-01. Фоновые импульсы выделялись полосовым фильтром 300—10000 гц и наблюдались на экране осциллографа ЭМ-ОФ2-01. Регистрация нейронов производилась фотографированием с экрана осциллографа. Гипоксические условия создавались уменьшением давления воздуха в барокамере. Величина давления фиксировалась манометром, проградуированным в метрах над уровнем моря. Фоновая активность, которая изучалась при давлении от 0 до 8000 м, регистрировалась через 2—4 мин. после ее стабилизации. Исследование проводилось на структуре таламических ядер, в вентральной части наружного ядра зрительного бугра. Координаты места изучения нейронов определялись по атласу Сойера (23).

Было использовано 10 кроликов, зарегистрировано около 20 нейронов.

Обсуждение результатов исследования. Ряд авторов отмечает, что распределение межимпульсных интервалов в фоне описывается законом Гаусса или Пуассона. Однако, в последнее время появились и другие данные. Так, Poggio и Vieregstein (22) при исследовании нейронов таламуса показали наличие периодических колебаний в распределении разрядов во времени. Аналогичные данные сообщают для могорной коры приматов Lampage и Roynald (17), для нейронов коры кожнокинестегической области — Н. Н. Василевский (2) и для нейронов зрительной коры — Т. М. Ефремова, В. Д. Труш (5).

Теория случайных процессов указывает на способ выявления периодических закономерностей — изучение спектра импульсной фоновой активности нейронов. Наличие периодического компонента отображается в спектре соответствующей спектральной составляющей. Однако точное вычисление спектров связано со значительными математическими трудностями. Можно, тем не менее, построить приближенно амплитудный спектр (11) мгновенных частот следования фоновых импульсов. Для этого выбирают так называемый интервал корреляции Δt , чтобы $\Delta t \cdot \Delta \omega \geq 1$, где $\Delta \omega$ — ширина спектра. По осциллограмме подсчитывают n_i — число импульсов, попадающих в каждый такой интервал, и определяют мгновенную частоту в i -м временном интервале по формуле $\omega_i = \frac{n_i}{\Delta t}$. Затем определяют, сколько раз встречалось каждое значение на

аппроксимированном участке осциллограммы, и используют это число в качестве оценки для амплитуды P спектральной составляющей ω .

Мы приводим рисунки, на которых построены приближенные спектры мгновенных частот, подсчитанных на временных интервалах $\Delta t = 640$ мсек. На рис. 1 (нижняя кривая) показан типичный спектр фоновой импульсации в норме (при отсутствии гипоксии). На рисунке легко обнаруживаются максимумы на частотах около 3, 9 и 12 гц.

Такой же волнообразный характер спектра с максимумами на естественных частотах можно видеть на рис. 2 (три нижние кривые). Тот факт, что основные компоненты спектра импульсной фоновой ритмики лежат в пределах естественных ритмов ЭЭГ кролика, был отмечен рядом авторов (2, 3, 5).

Следует сделать две оговорки. Во-первых, спектры, приведенные на всех рисунках, являются дискретными, что связано со способом обработки (в фиксированном временном интервале может оказаться целое число импульсов); истинный же спектр случайного процесса обычно непрерывен. Возможный непрерывный спектр изображен на всех рисунках огибающей кривой, лежащей на экспериментальных точках. Во-вторых, экспериментальные точки определены заведомо с некоторой ошибкой σ , величину которой установить трудно. Если вычислить σ , считая распределение частот Гауссовским или Пуассоновским, то оказывается, что закономерности в спектрах (совершенно очевидно на «глаз») являются недостоверными. Последнее служит доказательством того, что Гауссовское или Пуассоновское приближение в данном случае неприемлемо и нужна более адекватная модель.

Встречаются, однако, и такие нейроны, спектр которых подчиняется распределению Пуассона. Независимое случайное распределение фоновых разрядов импульсной активности типа Пуассона наблюдалось преимущественно для единичных нерегулярных разрядов при слабой тенденции к группированию в пачки (рис. 3, нижняя кривая).

При воздействии гипоксии были обнаружены следующие интересные факты. Отметим прежде всего очевидную тенденцию, обнаруживаемую спектрами ряда нейронов к утрате высокочастотных компонентов с возрастанием степени гипоксии. Особенно наглядно эта тенденция видна на рис. 1, где ширина спектра меняется с 24 гц в норме до 0 гц — «электрическое молчание» на максимальной высоте 8000 м.

Известно, что изменение фоновой ЭЭГ при воздействии гипоксии имеет ту же тенденцию к утрате высокочастотных

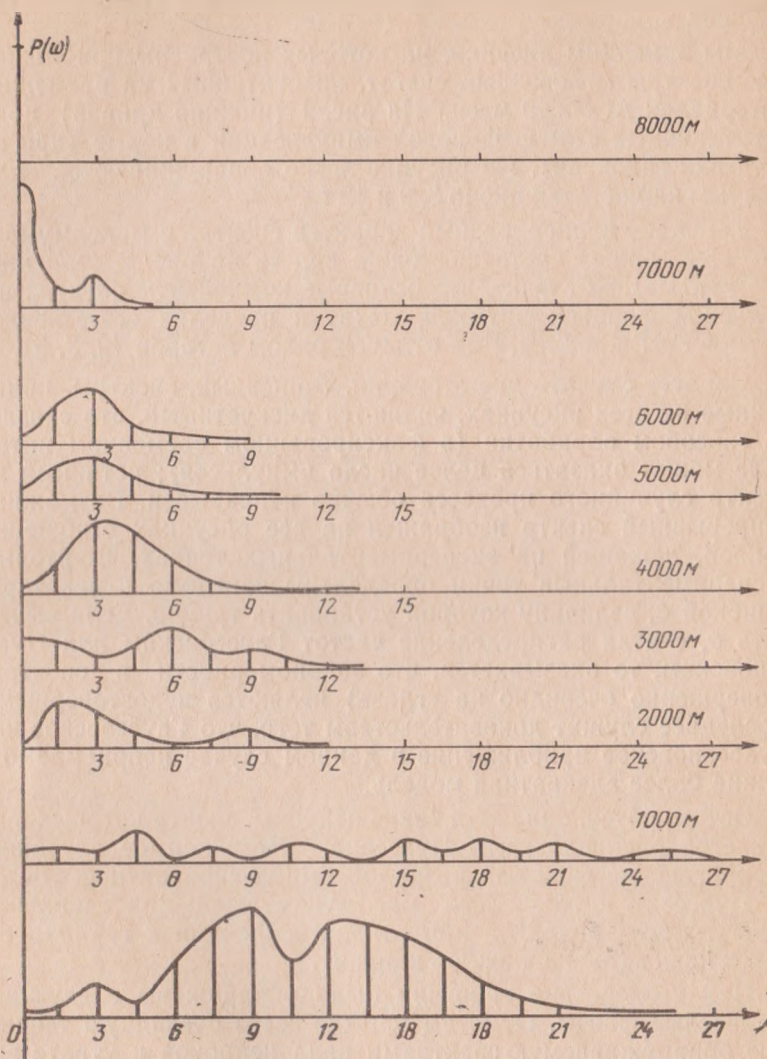


Рис. 1. Пример влияния гипоксии на амплитудный спектр частот следования разрядов нейрона (давление указано в метрах над уровнем моря). По оси абсцисс — частота следования разрядов нейрона в гц (ω); по оси ординат — амплитуда спектральных составляющих $P(\omega)$ в усл. ед.

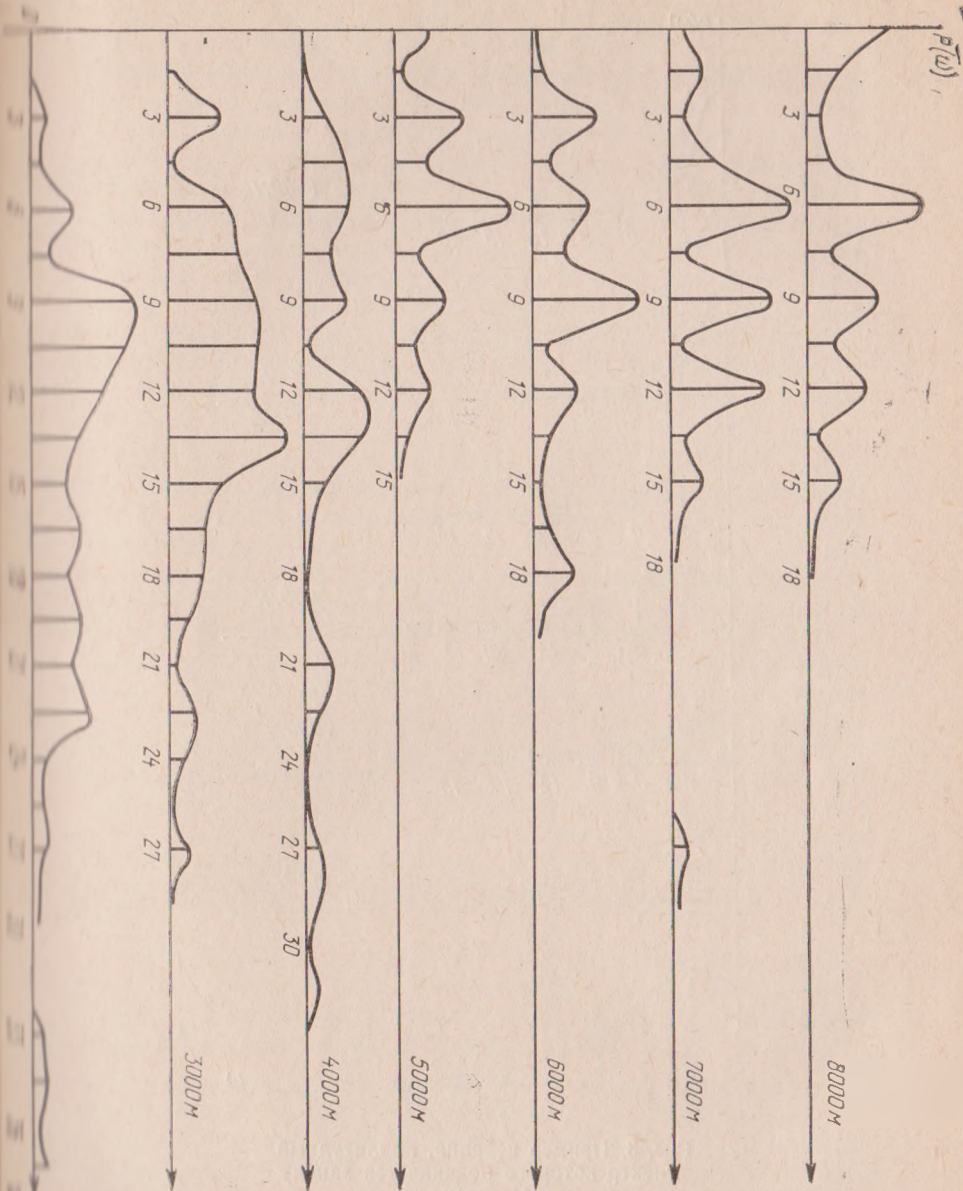


Рис. 2. Пример нейрона, амплитудный спектр которого слабо зависит от гипоксии.
 Обозначения те же, что на рис. 1.

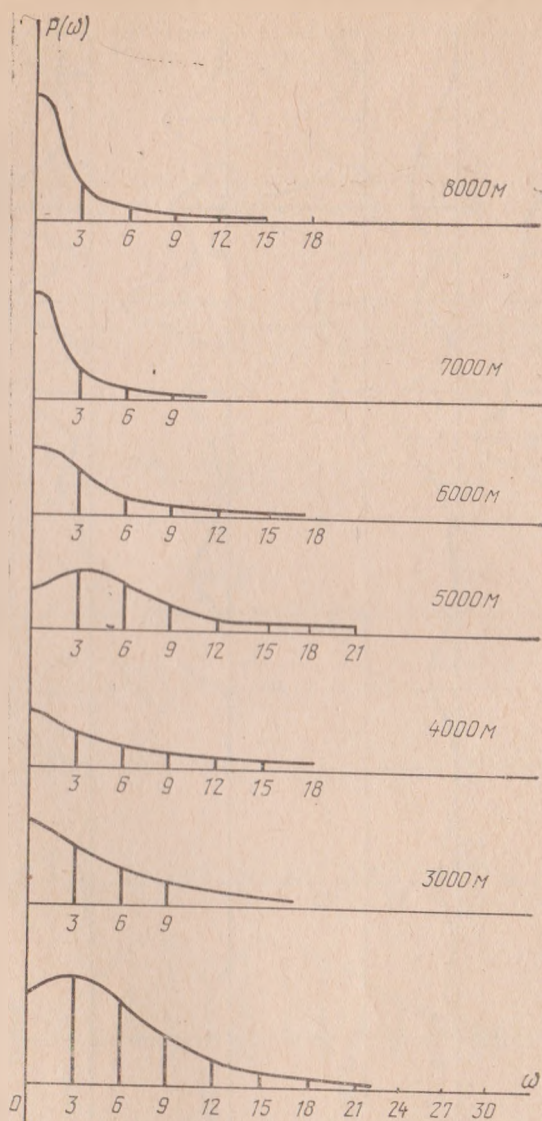


Рис. 3. Пример нейрона, амплитудный спектр которого подчиняется закону Пуассона.

Обозначения те же, что на рис. 1.

ритмов, что указывает на возможную корреляцию между фоновой импульсной активностью и фоновой ЭЭГ.

Однако некоторые нейроны не имеют этой тенденции или обнаруживают ее в очень слабой степени. О чем же говорит сохранение частоты фоновых разрядов при воздействии гипоксии? Филогенетического подхода к объяснению разной чувствительности клеток к недостатку кислорода недостаточно. Скорее всего чувствительность нервной клетки определяется функциональными ее особенностями, долей ее участия в определенной функциональной системе. Подкорковые узлы переключения, так называемые реле-ядра, приспособлены для быстрой и точной передачи с периферии на кору точной, обладающей «четко выраженным локальным знаком сигнализации» (Г. П. Жукова, Т. А. Леонтович, Е. Г. Школьник-Яррос, цитируется по Г. И. Полякову, 9).

Наличие системы с такого рода нейронами может сохранять данную проводящую систему в хорошем функциональном состоянии. Это подтверждается фактом, что положительный компонент вызванного потенциала, отводимого с коры, мало изменяется даже при большой степени кислородной недостаточности (12). По данным этих же авторов, отрицательный компонент вызванного потенциала, обязанный своим происхождением ретикулярной формации ствола (РФ), обладает большей чувствительностью к недостатку кислорода. В то же время Fernandez-Quardiola и Naguet (16), одновременно регистрируя электрическую активность коры больших полушарий и ретикулярной формации, отметили, что в стадиях активации и появления веретен в ЭЭГ электрическая активность РФ незначительна, а в стадиях медленной диффузной активности и электрического молчания» коры амплитуда колебаний на ЭЭГ ретикулярной формации увеличивалась, а ритм учащался.

По литературным данным (7, 19), функциональное состояние высших отделов определяется не только активирующим влиянием РФ, но и инактивирующим влиянием таламо-кортикальной РФ — «антагониста» активирующей.

При ухудшении функционального состояния активирующая система, видимо, более чувствительная к недостатку кислорода, выключается, а ее антагонист включается, что показано опытами Fernandez-Quardiola и находит свое электрофизиологическое выражение в функционировании нейрона в тяжелых для него условиях.

Работы некоторых исследователей говорят о том, что иницирующий таламо-кортикальный механизм включается в действие бульбарно-мостовыми отделами ствола (20). Аналогичные данные были получены Dell с соавторами (15), которые утверждают, что бульбарно-мостовые механизмы внутреннего торможения способны возбуждаться при раздражении барорецепторов. Бульбарно-мостовые системы, судя по их положению в нижней части ствола, являются филогенетически более древними, и в связи с этим их влияние направлено на регуляцию висцеральных функций организма в целом, то есть на подключение компенсаторных механизмов.

Если частота фоновых разрядов нервных клеток отражает тоническое состояние нервных центров, их возбудимость (2, 4), то мы можем видеть высокую дифференциацию нейронов по их функциональным особенностям, выявляющимся в условиях кислородной недостаточности.

Выводы

1. Фоновая импульсная активность у значительной части исследованных нейронов не является независимым (Пуассоновским или Гауссовским) случайным процессом. Их спектр является обычно полимодальным.

2. Основные составляющие в спектре частот следования фоновых импульсов всех изучаемых нейронов лежат в диапазоне естественных ритмов ЭЭГ кролика.

3. Для фоновой ритмики большинства исследованных нейронов и ЭЭГ имеется общая тенденция к выпадению из спектра высокочастотных компонентов при возрастании степени гипоксии.

4. У некоторых нейронов не обнаруживается выпадения из спектра высокочастотных компонентов, что можно объяснить особенностями их функциональных связей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтухов Г. В., Балаховский П. С., Малкин В. Б. Биоэлектрическая активность мозга и насыщение крови кислородом при острой гипоксии. «Воен.-мед. журн.», 1954, № 11, с. 30—38.

2. Василевский Н. Н. Нейрональные механизмы коры больших полушарий. Л., «Медицина», 1968.

3. Гусельников В. И., Гусельникова К. Г. Данные о взаимоотношении суммарной и клеточной активности. В сб.: «Электрофизиология нервной системы». Изд-во Ростовского университета, 1963.

4. Донцова З. С. Роль фоновой активности в деятельности мозга. «Медицина», 1969.

5. Ефремова Т. М., Труш В. Д. Исследование частотных спектров нейронной активности различных слоев зрительной коры кролика при полном отведении вне действия афферентных раздражителей. «Журн. высш. нерв. деят.», 1969, т. XIX, вып. 4, с. 621—625.

6. Калюжный Л. В., Агаджанян Н. А., Захарова И. Н. Корреляция изменений ЭЭГ и пищевой условнорефлекторной деятельности у кроликов при действии нарастающей гипоксии. «Косм. биол. и мед.», 1967, № 5, т. I, с. 38—45.

7. Парикашвили С. П., Каджая Д. В. Кортикальная регуляция относительной деятельности таламического передаточного ядра. «Физиол. журн. СССР», 1963, 49, № 3, с. 281—292.

8. Парфенова О. И., Ливанов М. Н. Биотоки мозга в условиях повышенного барометрического давления. «Бюлл. exper. биол. и мед.», 1945, т. 20, вып. 3, с. 36—38.

9. Поляков Г. И. О принципах нейронной организации мозга. Изд-во МГУ, 1965.

10. Соколов Е. Н., Стеклова Р. П. Условный рефлекс на время его протекание в условиях гипоксии. «Журн. высш. нерв. деят.», 1970, т. XX, вып. 6, с. 1123—1129.

11. Харкевич А. А. Спектры и анализ. М., Физматгиз, 1962.

12. Arduini A., Arduini M. G. Effect of drugs and metabolic alterations on brain stem arousal mechanism. *J. Pharmac. and Exp. Therap.*, 1964, 110, 76—85.

13. Brookhart I. M., Moruzzi G., Snider R. S. Spike discharges of single units in the cerebellar cortex. *J. Neurophysiol.*, 1950, 13, 465—486.

14. Brooks C., Eccles I. S. Electrical investigation of the monosynaptic pathway through the spinal cord. *J. Neurophysiol.*, 1947, 10, 251—257.

15. Dell P., Bonvallet M., Hugelin A. Mechanism of reticular deactivation. In Wolstenholm J. E. M., O'Connor M. (Eds). *The nature of sleep*, Churchill, Ltd, London, 1961, 86—107.

16. Fernandez-Quardiola A., Naguet K. L'activite de la formation reticulaire bulbaire au cours de l'anoxie ses relations avec la tension arterielle et de diametre pupillaire. *Compar. rend., Soc., biol.*, 1959, 153, 8—9, 1415—1418.

17. Lammare J., Roynald J. Phytmic firing in the spontaneously active of centrally located neurons. A method of analysis EEG. *Clin. Neurophysiol.*, 1965, 18, 1, 87—90.

18. Li S., Jasper H. Microelectrode studies of the electrical activity of the cerebral cortex in the cat. *J. Physiol.*, 1953, 121, 117—140.

19. Moruzzi G. Synchronizing influences of the brain stem and the inhibitory mechanisms underlying the production of sleep by sensory stimulation. *EEG. Clin. Neurophysiol., Suppl.*, 1960, 231—257.

20. Monnie M., Calbere M., Krupp P. Functional antagonism between diffuse reticular and intralaminar recruiting projections in the medial thalamus. *Exper. Neurol.*, 2, 271—289, 1960.

21. Purpura D. P., Grundfest U. Nature of dendritic potentials and synaptic mechanisms in cerebral cortex of cat. *J. Neurophysiol.*, 1956, 19, 573.

22. Poggio G. F., Viernstein L. Times series analysis of impulse sequences of thalamic comatic sensory neurons. *J. Neurophysiol.*, 1964, 27, 517.

23. Sawyer H. C., Everett W., Green J. D. The rabbit diencephalon in stereotaxic coordinates. *J. Compar. Neurol.*, 1954, 9, 801.

24. Wieck Hans H. Directe cortical Reizantworten Jmples und polynuronale Activiten während der Hypoxie. Dtsch. Z. Newenheilkunde, 1964, 186, 4, 299—316.

25. Zwiener U., Wenthin H. Über den Einfluß definierter Asphyxien auf neuronale Actionspotential folgen bei künstlich beatmeten katten. Acta 5,424,0b7e .i brem ohtP(st9dm,r25. o.—4e59l
biol. et med. ger., 1970, 24, 4, 549—552.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОЯВЛЕНИЯ ВЕГЕТО-СОМАТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ У СПОРТСМЕНОВ ПРИ РАЗДРАЖЕНИЯХ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА

А. А. Ломов, Э. К. Каспаров

При исследовании вестибулярной функции многие авторы обращают внимание на то, что у разных людей происходят разные реакции при одинаковом раздражении рецепторов полукружных каналов и отолитов (1, 2, 4, 8, 10).

Наши исследования показали то же самое. Однако, чтобы попытаться классифицировать указанные различия, мы провели индивидуальный анализ полученных результатов. С этой целью были отобраны спортсмены, имеющие равноценные показатели состояния здоровья, уровня тренированности и на протяжении периода наблюдений находящиеся в одинаковых жизненных условиях.

Для изучения изменений в соматической и вегетативной сферах, происходящих под влиянием вращательных проб, проведен следующий эксперимент. Испытуемый, сидя в кресле Барани, дважды вращался с закрытыми глазами (10 оборотов в течение 10 сек.). Перерывы между вращениями составляли 25 мин. Первое вращение проходило при естественном — вертикальном — удержании головы и туловища. Во время повторного вращения исследуемые находились в наклонном положении головы и корпуса вперед более чем на 90° (ОР по В. Н. Воячику).

Испытуемыми были 42 мастера спорта и спортсмены I ряда различных специализаций в возрасте от 16 до 28 лет (группа А). До и после каждого вращения определялись пока-

показатели: ЛВН (латентное время напряжения) и ЛВР (латентное время расслабления) двуглавой мышцы правого плеча, частота сердечных сокращений, точность воспроизведения движения правой руки в локтевом суставе.

По данным исследования (таблица, рисунок), показатели у разных спортсменов под влиянием вращательных проб изменялись неодинаково. Если анализировать результаты всей группы (А), то после первых десяти вращений ЛВН и ЛВР

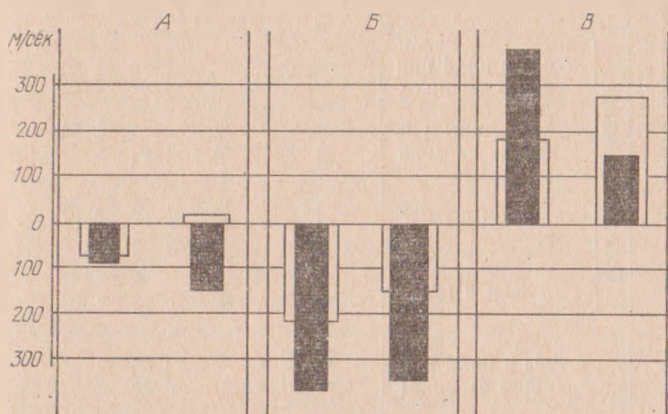


Рисунок. Индивидуальные различия в вестибуло-двигательных реакциях у спортсменов под влиянием двукратного раздражения вестибулярного аппарата: А — средние данные по всей группе (42 чел.); Б — по группе с укорочением ЛВН и ЛВР (25 чел.); В — по группе с удлинением ЛВН и ЛВР (17 чел.).

Светлые столбики — ЛВН; темные столбики — ЛВР.

двуглавой мышцы плеча по сравнению с состоянием покоя укорачивалось соответственно на 12 мсек ($t = 0,8$) и 17 мсек ($t = 0,8$).

Частота сердечных сокращений снижалась на 2 удара в минуту ($t = 0,6$), и незначительно (всего на $0,06^\circ$; $t = 0,1$) повышалась точность сгибания руки в локтевом суставе.

После повторных десяти вращений ЛВН удлинялось на 6 мсек ($t = 0,3$), ЛВР укорачивалось на 3,5 мсек ($t = 1,0$) по сравнению с исходными показателями. Частота сердечных сокращений снижалась на 3 удара в минуту ($t = 0,9$); точность воспроизведения движения руки в локтевом суставе повышалась на $0,62^\circ$ ($t = 1,2$).

Особенности вестибуло-двигательных и вестибуло-вегетативных реакций при вращательных воздействиях

Группа (кол-во исследуе- мых)	Статистические показатели	До вращения				После 10 вращений							
		ЛВН в мсек	ЛВР в мсек	частота пульса в 1 мин.	точность сгиба- ния руки в гра- дусах	Голова вертикально				Наклон вперед 90°			
						ЛВН в мсек	ЛВР в мсек	частота пульса в 1 мин	точность сгиба- ния руки в гра- дусах	ЛВН в мсек	ЛВР в мсек	частота пульса в 1 мин	точность сгиба- ния руки в гра- дусах
А (42)	М	188	229	91	4,78	176	212	89	4,84	193	194	88	4,16
	σ	68,9	98,4	14,9	2,68	64,3	123	15,4	3,8	72,2	121	14,1	2,6
	m (σ)	7,5	10,7	1,8	0,3	7,0	13,5	1,7	0,4	7,9	13,2	1,5	0,3
	t					0,8	0,8	0,6	0,1	0,3	1,0	0,9	1,2
Б (25)	М	204	247	96	6,23	161	164	86	2,33	171	166	86	3,08
	σ	72,4	111,6	15,3	4,2	61,6	81,4	15,1	1,4	49,7	92,3	13,3	2,4
	m (σ)	10,2	15,8	2,1	0,8	8,6	11,5	2,6	0,3	7,4	12,8	1,9	0,4
	t					2,3	3,0	2,0	2,2	1,3	2,9	2,5	3,0
В (17)	М	169	208	83	3,42	202	284	91	6,7	218	239	90	6,18
	σ	32,4	112	15,6	1,8	81,6	118	15,8	3,9	85,3	146	20	1,8
	m (σ)	5,7	19,3	2,7	0,4	12,8	11,3	2,2	0,6	13,5	24	3,6	0,4
	t					1,5	1,9	1,6	2,9	2,4	0,5	1,1	3,5

Математическая обработка свидетельствует о том, что полученные результаты статистически недостоверны. Таким образом, глобальный анализ показателей не дал возможности обнаружить какие-либо значительные изменения в организме спортсменов. Однако при анализе индивидуальных данных всех испытуемых можно разделить на две группы, в каждой из которых изменения носили различный характер.

У группы Б, состоящей из 25 человек, после двух серий вращений ЛВН укорачивалось соответственно на 43 мсек ($t=2,3$) и 33 мсек ($t=1,3$), ЛВР — на 83 мсек ($t=3,0$) и 81 мсек ($t=2,9$). Частота пульса снижалась после двукратных проб на 10 ударов в минуту ($t=2,0$ и $t=2,5$); точность воспроизведения движений возрастала соответственно на $3,9^\circ$ ($t=2,2$) и $3,15^\circ$ ($t=3,0$). Большинство изменений было статистически достоверно.

В группу В вошло 17 испытуемых, у которых после двукратных вращений (см. рисунок и таблицу) ЛВН удлинялось соответственно на 33 мсек ($t=1,5$) и 49 мсек ($t=2,4$), а ЛВР — на 76 мсек ($t=1,9$) и 31 мсек ($t=0,5$). Частота сердечных сокращений после первого и повторного раздражения вестибулярного аппарата повышалась на 8 ударов в минуту ($t=1,6$) и 7 ударов в минуту ($t=1,1$). Точность воспроизведения движений после первых и повторных вращений снижалась на $3,28^\circ$ ($t=2,4$) и $2,76^\circ$ ($t=3,5$).

Таким образом, все спортсмены были разделены на две группы по своим реакциям на вестибулярные нагрузки. При этом у спортсменов группы Б, которая составила 60% всех испытуемых, не происходило значительных нарушений в двигательной сфере под влиянием вращательных проб. Частота сердечных сокращений после первого и второго вращений значительно замедлялась. У остальных исследуемых (группа В) снижалось функциональное состояние двигательного анализатора и значительно увеличивалась частота сердечных сокращений.

Эти данные говорят о необходимости строгого анализа и учета индивидуальных особенностей при изучении влияния различных факторов на функциональное состояние двигательного и вестибулярного анализаторов, а также вегетативной нервной системы.

У большинства спортсменов (у которых функциональное состояние двигательной системы находилось на высоком уровне) вестибулярная нагрузка не вызвала значительного нарушения координационной структуры двигательных актов.

Так, из 42 испытуемых раздражение вестибулярного аппарата вызывало замедление пульса (парасимпатический эффект) у 25 человек, учащение (симпатический эффект) — у 17. Степень выраженности вестибуло-двигательных реакций, по-видимому, обуславливалась состоянием регуляторных центров, ответственных за координационные процессы вегетативных функций (3, 9).

На основании полученных данных можно предположить, что вестибулярные рецепторы при их раздражении посылают импульсы в головной мозг, и последний может посылать свои тормозные или возбуждающие влияния в двигательные и вегетативные центры.

Двигательные центры способны управлять вестибуло-соматическими реакциями в двух направлениях — снижением и увеличением их выраженности. Вестибуло-вегетативные реакции также могут иметь разнонаправленный характер с парасимпатическим и симпатическим эффектом (5—7).

Выводы

1. При одинаковых вестибулярных нагрузках у разных людей происходят неодинаковые изменения в двигательных и вегетативных реакциях, которые носят индивидуальный характер. Возможно, эти индивидуальные реакции дифференцируются в вегетативной сфере парасимпатическим или симпатическим эффектом.

2. Обнаружены две группы реакций на вращательные нагрузки: в одной раздражение вестибулярного аппарата приводит к укорочению ЛВН, ЛВР и замедлению пульса; в другой — ЛВН и ЛВР мышц удлиняется, а пульс становится более частым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабияк В. И. Некоторые рефлексы полукружных каналов применительно к профотбору и экспертизе летного состава. В сб.: «Физиология вестибулярного анализатора». М., 1968, с. 184—199.

2. Гейхман К. Л. О важнейших вегетативных сдвигах при антиорто-статической позе у человека. Автореф. дисс. канд. наук. Пермь, 1965.

3. Жукович А. В. О вестиб. уло-вегетативной адаптации. Автореф. дисс. Л., 1945.

4. Киселев А. С. К вопросу о вестибуло-вегетативных рефлексах при действии ускорения Кариолиса. В сб.: «Физиология вестибулярного анализатора». М., 1968, с. 132—136.

5. Попов Н. И., Солодовников Ф. А., Хлебникова Г. Ф. Вестибулярная тренировка испытуемых пассивными методами. В сб.: «Физиология вестибулярного анализатора». М., 1968, с. 173—177.

6. Петров А. Н. К вопросу о влиянии скрытых форм укачивания. В сб.: «Физиология вестибулярного анализатора». М., 1968, с. 158—162.
7. Стрелец В. Г., Копаев В. И., Бабияк В. М., Ждановская С. В. Некоторые динамические показатели вестибулярного анализатора при действии ускорения Кариоласа. В сб.: «Физиология вестибулярного анализатора». М., 1968, с. 152—157.
8. Федорова Г. С. Лечебная физкультура как метод восстановительной терапии при вестибулярных нарушениях. Методическое пособие. М., 1969.
9. Хиллов К. Л. Функция органов равновесия и болезнь передвижения. Л., 1969.
10. Bergstedt M. Acta otolaryngol. 1961, V. 53, N 6, p. 551—552.

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АНАЛИЗАТОРА

А. А. Ломов, О. И. Уланов, Ю. М. Бакаринов, В. А. Левандо

Для выполнения любой конкретной двигательной задачи необходимо участие целого ряда систем. В контурах регулирования двигательной задачи циркулирует информация, идущая как от моторных и вегетативных функций организма, так и от системы пространственной ориентации. Последняя состоит из большого числа анализаторов, среди которых особое место занимает специфическая инерционно-гравитационная система, называемая вестибулярным анализатором.

Изучению вестибулярного анализатора посвящено много работ (1—8, 12, 13, 16, 18), в том числе в спортивной физиологии и медицине (9—11, 14, 15, 17, 19).

Большинство исследований основано на принципе определения функционального состояния вестибулярного анализатора до и после нагрузок. Для практики спортивной физиологии и медицины особый интерес представляет исследование взаимосвязи между моторными и вегетативными функциями организма в момент вестибулярных нагрузок.

Существующие в настоящее время стенды для изучения вестибулярной системы не полностью удовлетворяют необходимым требованиям. Поэтому в 1969—1970 гг. электромеханическое вращающееся кресло завода «Технолог» (г. Москва)

было модернизировано для исследования: 1) вестибулярной системы с помощью «пусковых» и «стоп»-стимулов стандартной формы, ускорений Кариолиса и электрического раздражителя; 2) взаимосвязи между двигательной и вестибулярной системами; 3) вестибулярной системы при различных положениях головы и тела человека относительно вектора гравитации; 4) некоторых характеристик вегетативных и моторных систем организма.

Для решения первой и третьей задач была изменена конструкция спинки и поручней кресла. С помощью специально изготовленных фиксаторов-зажимов спинка и поручни устанавливаются в любом положении в диапазоне углов от 90 до 210°. Для увеличения угловых смещений во фронтальной и сагиттальной плоскостях между выходом редуктора ведущего двигателя и опорой сидения был вмонтирован карданный шарнир с системой фиксаторов и резьбовинтовых упоров. Этот механизм позволяет изменять диапазон углов еще на 30—35° и в этих же пределах наклонять кресло. Одновременно имеется возможность смещения центра тяжести испытуемого в зависимости от наклона кресла.

Для гальванического раздражения может быть применен электронный стимулятор с битемпоральными электродами.

При решении второй задачи была создана система, позволяющая задавать статическую или динамическую нагрузку на нижние конечности. Величина нагрузки варьирует от 0 до 20 кг с амплитудой движений от 0 до 30 см. Дозированные мышечные усилия задавались по определенной программе для правой и левой ног на ножных педалях. Потенциометрические датчики обеспечивают электрическую регистрацию величины нагрузок во время вращений с выходом на осциллограф. В настоящем варианте модификации предусматривается подача звуковых и световых раздражителей в широком диапазоне частот и энергии.

Исследование двигательных характеристик верхних конечностей (временных и пространственных) проводилось на координатографе с автономным лентопротяжным механизмом. Этот прибор был укреплен на столике с телескопической опорой, регулирующей высоту в зависимости от индивидуальных особенностей испытуемых. Физиологический тремор регистрировался электродинамическим сейсмоприемником типа СПЭД-56м до и после вращений испытуемых в кресле.

При решении четвертой задачи осуществлялась запись частоты сердечных сокращений и дыхания, электрокардиограм-

граммы и электромиограммы. Частота сердечных сокращений оценивалась по зубцу R электрокардиограммы. Измерение частоты дыхания проводилось с помощью терморезистора. Электронистагм и биопотенциалы мышц отводились поверхностными нажными электродами нашей конструкции.

Передача физиологических параметров во время вращения происходила через ртутный токосъемник РТ-10 с 10 токосъемными кольцами. Токосъемник крепился соосно с вертикальной осью вращения кресла на изготовленной трубчатой конструкции. Регистрация физиологических функций проводилась синхронно на четырехканальном электроэнцефалографе типа ЭЭГ-1 и электрокардиографе ЭКПСЧ-3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В. П., Бохов Б. Б., Яковлев И. Я. Сравнительная оценка вестибулярной устойчивости по методикам врачебно-лётной экспертизы и куполометрии. «Вест. оторинолар.», 1967, № 3, с. 18—23.
2. Бохов Б. Б., Войнова И. И. Влияние поверхностной гипотермии на процесс торможения в вестибулярном анализаторе. «Физиол. журн. СССР», 1970, № 4, с. 570.
3. Галле Р. Р., Гаврилова Л. Н. Применение дозированных ускорений Кариолиса в вестибулометрии. «Косм. биол. и мед.», 1968, № 5, с. 61—66.
4. Галле Р. Р., Емельянов М. Д. Некоторые итоги физиологических исследований в медленно вращающемся кресле (МВК). «Косм. биол. и мед.», 1967, № 5, с. 72—99.
5. Григорьев Ю. Г. К количественной характеристике функционального состояния вестибулярного анализатора. «Журнал ушных, носовых и горловых болезней», 1967, № 2, с. 52—56.
6. Григорьев Ю. Г., Фарбер Ю. В., Волохова Н. А. Вестибулярные реакции. М., «Медицина», 1970.
7. Гусев В. М., Кисляков В. А., Левашов М. М., Орлов И. В., Плотников Р. И. Исследование рецепторов вестибулярного аппарата как измерителей угловых ускорений. В сб.: «Модели нейронных структур». М., «Наука», 1970, с. 131—144.
8. Кисляков В. А., Левашов М. М., Орлов И. В., Долотовский А. Н., Семенов Л. А. Исследование процессов переработки сигналов в вестибулярной системе. В сб.: «XI съезд Всесоюзного физиологического общества им. И. П. Павлова», т. 1. Л., «Наука», 1970, с. 127—130.
9. Купряшин Е. А. Методика исследования оптикинетических реакций у спортсменов. В сб.: «Проблемы физического воспитания», вып. 4. Челябинск, 1970, с. 43—45.
10. Левандо В. А. Характеристика вестибулярного анализатора у прыгунов в воду. Дисс. канд. мед. наук. М., 1967.
11. Ломенов А. А. О роли двигательного анализатора в физиологическом механизме регуляции некоторых вестибуло-вегетативных и вестибуло-соматических реакций. Автореф. канд. дисс. биол. наук. Пермь, 1970.
12. Маркарян С. С. Современные вестибулометрические кресла и стенды для объективного изучения и тренировки вестибулярного анализатора. Изд-во АН СССР. Серия биол., 1970, № 5, с. 643—659.

13. Маркарян С. С., Матвеев А. А., Павлов И. Б. Универсальное вестибулярное кресло (УВК). «Косм. биол. и мед.», 1967, № 6, с. 83—85.

14. Миньковский А. X. Тест УЗН, его значение для функционального исследования и тренировки вестибулярного анализатора. В сб.: «Физиология вестибулярного анализатора», М., «Наука», 1968, с. 189—194.

15. Панфилов О. П., Григорьев Г. П. Установка для регистрации чувствительности вестибулярного анализатора. «Теор. и практ. физ. культуры», 1968, № 1, с. 49—51.

16. Разумеев А. Н., Шипов А. А. Нервные механизмы вестибулярных реакций. М., «Наука», 1969.

17. Федоров Е. Н. Дополнительное приспособление к креслу Барани для отведения биопотенциалов. «Теор. и практ. физ. культуры», 1969, № 10, с. 74.

18. Хилов К. Л. Функция органов равновесия и болезнь передвижения. Л., «Медицина», 1969.

19. Шаров Б. Б. Нистагм и ускорения. В сб.: «Проблемы физического воспитания и спорта», вып. 2. Челябинск, 1965, с. 88—93.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПО ХАРАКТЕРУ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК НА ЭЭГ И УСЛОВНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ СПОРТСМЕНА

М. М. Рузиахунови

Координация движений во времени является важнейшим критерием высокой работоспособности организма. Нарушение ее может служить ранним проявлением утомления (2, 6, 17, 18).

Работы М. А. Алексеева и сотр. (1) свидетельствуют о том, что при осуществлении ритмического двигательного стереотипа большое значение принадлежит механизмам отсчета времени, позволяющему синхронизировать внешний раздражитель с ответной реакцией. Особый интерес для спортивной физиологии представляет изучение устойчивости ритмического двигательного стереотипа в условиях спортивных нагрузок, существенно влияющих на функциональное состояние высших отделов центральной нервной системы.

Ряд авторов (5) показал, что после напряженной работы снижается точность воспроизведения интервала времени. Утомительная физическая работа на велоэргометре также приво-

дит к увеличению ошибки воспроизведения заданного интервала времени (15).

Исследованию электроэнцефалограммы (ЭЭГ) как показателя функционального состояния высших отделов центральной нервной системы под воздействием мышечных нагрузок посвящено много работ (3, 7, 8, 10, 11, 14—16). Ими установлено, что по мере развития утомления в ЭЭГ происходят значительные изменения, выражающиеся в замедлении альфа-ритма и снижении амплитуды колебаний, появлении медленных волн.

Задача настоящей работы — изучить устойчивость ритмического двигательного стереотипа при сопоставлении с изменениями ЭЭГ под влиянием различных тренировочных нагрузок.

Проводилась одновременная регистрация ЭЭГ и электромиограммы (ЭМГ) на четырехканальном электроэнцефалографе. Записывалась ЭЭГ с лобно-теменной, теменно-затылочной областей левого полушария мозга и ЭМГ со сгибателей пальцев правой руки. Наряду с этим использовался метод определения функционального состояния коры головного мозга по характеру перестройки биотоков в ответ на различные ритмы световых мельканий. Световые мелькания частотой 3—6—9—12—15—18 гц давались при помощи фотофоностимулятора завода «Биофизприбор». Выработка ритмического двигательного стереотипа производилась по инструкции: сжимать кисть правой руки в ритм с подаваемыми раздражителями (с интервалом 1 и 2 сек.).

Проведено 288 экспериментов на 36 бегунах, пловцах и штангистах 15—20 лет, имеющих I и II спортивный разряды. Опыты ставились в условиях тренировочных нагрузок.

Исследования показали, что тренировочные нагрузки большого объема и интенсивности приводят прежде всего к усилению медленных волн в ЭЭГ как в теменной, так и в затылочной областях.

На рис. 1 дана ЭЭГ испытуемого Б. до и после тренировочных нагрузок. На ЭЭГ, записанной до тренировочных нагрузок (1), в зрительной области преобладает преимущественно альфа-ритм частотой 10—11 кол/сек. ЭЭГ сенсомоторной области характеризуется нерегулярным роландическим ритмом частотой 8—9 кол/сек и наличием волн типа тэта (6—7 гц) низкой амплитуды. После тренировочных нагрузок (II) в зрительной области наблюдается увеличение амплитуды альфа-ритма, появляются медленные волны типа тэта. Осо-

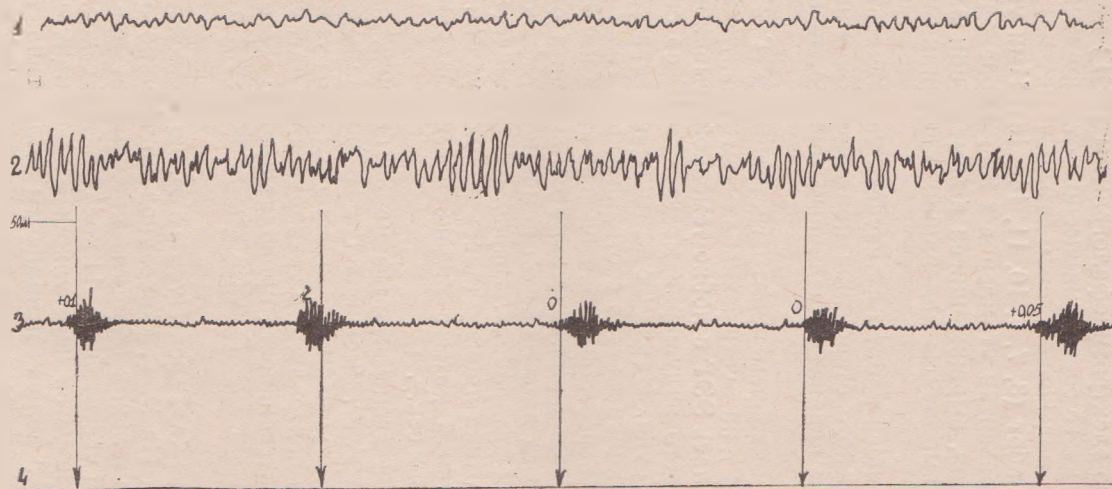
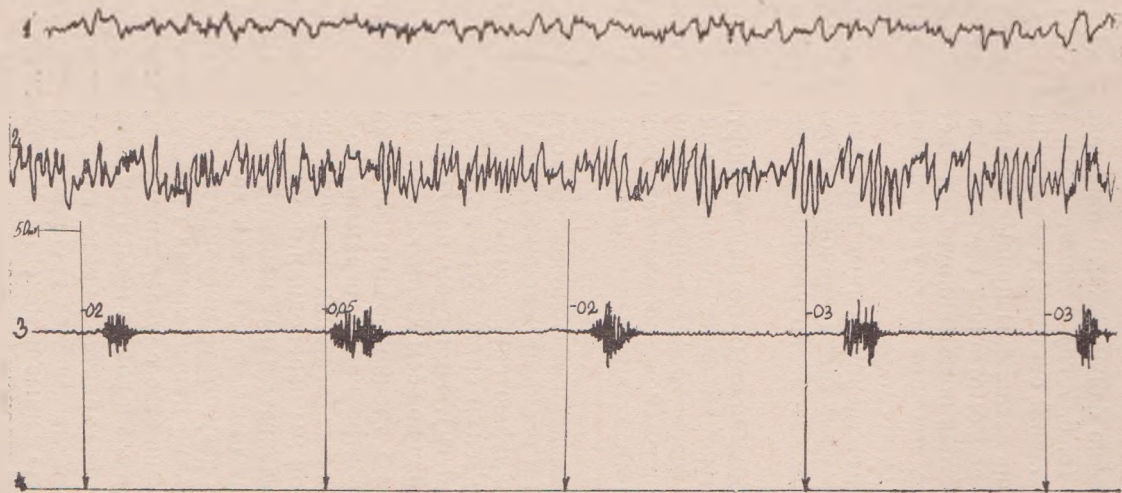


Рис. 1. ЭЭГ испытуемого Б. до (I) и после (II) тренировочных нагрузок: 1 — отведение ЭЭГ с лобно-теменной области; 2 — ЭЭГ с теменно-затылочной области; 3 — ЭМГ; 4 — отметка раздражителя (обозначена стрелками).



бенно отчетливые изменения происходят в двигательной области: усиливаются медленные волны типа тэта и появляются дельта-волны, заметно увеличивается их амплитуда.

При обработке фоновой ЭЭГ определялась сумма амплитуд тэта-волн (5, 6, 7 гц) и дельта-волн (2, 3, 4 гц) за период, предшествующий световой стимуляции в течение 10 сек.

На рис. 2 представлены кривые распределения медленных волн в ЭЭГ в сенсомоторной области. Из рисунка видно, что в исходном состоянии доминирующей частотой в группе тэта-и дельта-волн у пловцов и бегунов являлась частота 7 гц, у штангистов — 5—6 гц.

Утомительные тренировочные нагрузки по изучаемым видам спорта ведут к значительному росту во всем диапазоне медленных волн. Особенно увеличивается число и амплитуда дельта-волн.

При сравнении кривых по видам спорта обращает на себя внимание следующий факт: в наибольшей мере возрастают дельта-волны после тренировочных нагрузок у пловцов. На ЭЭГ этих спортсменов появляются волны частотой 2 гц и возрастают почти в три раза волны частотой 3 гц (см. рис. 2А).

Наряду с изменением фоновой ЭЭГ отмечаются определенные изменения в реакции усвоения корой различных световых мельканий. Усиливаются реакции на световые вспышки частотой 6—9 кол/сек и снижаются на высокие частоты раздражителя (15—18 гц). При этом наблюдается заметное усиление субгармоники во всем диапазоне частот.

Утомительные тренировочные нагрузки влияют не только на характер электроэнцефалограммы, но и на протекание условно-двигательных реакций. К изучению влияния тренировочных нагрузок мы переходили после предварительной выработки условно-двигательных реакций на время. В этих исследованиях испытуемым подавалось до 100 световых вспышек. Как правило, в результате многократных применений происходила стабилизация двигательных ответов руки. Электромиограмма в большинстве случаев либо регистрировалась с опережением, либо совпадала с моментом подачи.

Исследование характера протекания двигательного ритмического стереотипа после тренировочных нагрузок обнаруживает определенные изменения. У спортсменов изучавшихся видов спорта происходит перераспределение латентных периодов реакций руки по отношению к сигналу.

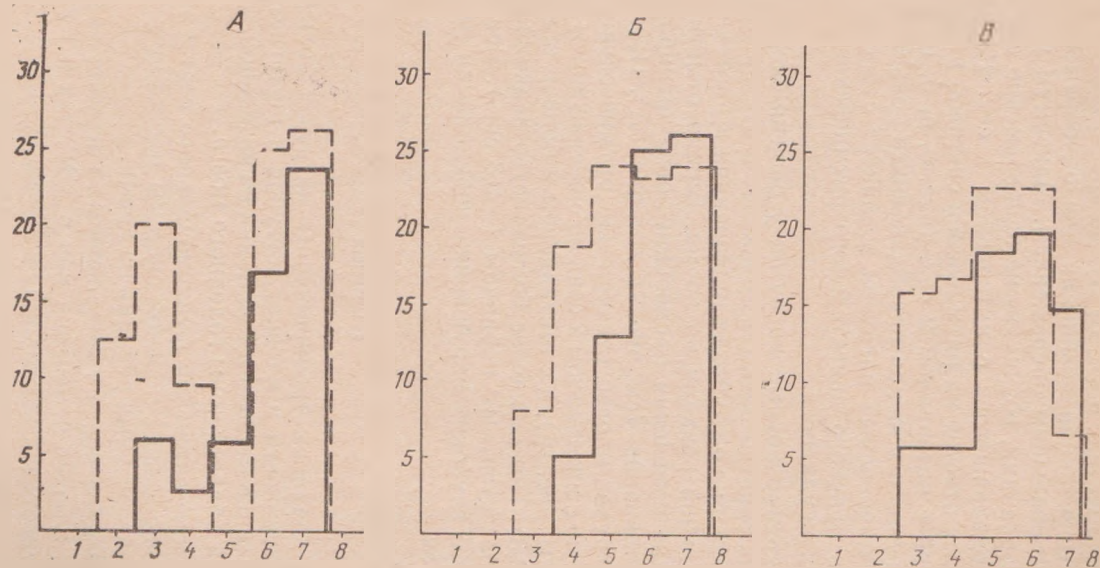


Рис. 2. Распределение медленных волн у пловцов (А), бегунов (Б) и штангистов (В) до (сплошная линия) и после тренировочных нагрузок (пунктирная).
По оси абсцисс — частота волн; по оси ординат — суммарная амплитуда волн.

Как видно из рис. 3 (А, Б, В), до тренировочных нагрузок двигательные реакции возникали или одновременно с сигналом, или с небольшим опережением. Максимум реакций приходится на реакции, возникавшие одновременно с появлением сигнала, подававшегося с интервалом 1 сек. Распределение двигательных ответов на ритмический световой раздражитель, следовавший с интервалом 2 сек. (рис. 3, а, б, в), несколько иное. У бегунов и пловцов преобладающее большинство реакций до тренировочных нагрузок возникает с опережением, у штангистов прочного двигательного ритмического стереотипа выработать не удалось.

После тренировочных нагрузок у спортсменов всех видов спорта большинство реакций возникает с отставанием от сигнала, что говорит о глубоких нарушениях в протекании условно-двигательной реакции на время. Важно отметить, что более глубокие изменения произошли после тренировочных нагрузок по плаванию (см. рис. 1а, б и рис. 3А). После тренировочных нагрузок пловец отвечал на ритмическую вспышку, следовавшую с интервалом 2 сек., не с опережением как до тренировки (см. рис. 1а), а с отставанием и причем значительным ($-0,2$; $-0,3$). Подавляющее большинство реакций возникло с длительным латентным периодом ($-0,3$ сек.). Все это свидетельствует о глубоких нарушениях координации движений у спортсменов.

Выводы

1. Под влиянием тренировочных нагрузок большого объема и интенсивности у пловцов, бегунов и штангистов наблюдается усиление медленных волн как в зрительной, так и в сенсомоторной области коры головного мозга.

2. На фоне снижения функционального состояния высших отделов центральной нервной системы происходит нарушение условно-двигательных реакций на время.

3. У пловцов после тренировочных нагрузок наблюдаются наиболее глубокие изменения как в ЭЭГ, так и в протекании условно-двигательных реакций на время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев М. А., Крылов Н. В., Лившиц М. П., Найдель А. В. О механизме координации ритмических движений. «Вопр. психол.», 1965, № 5, с. 82—97.

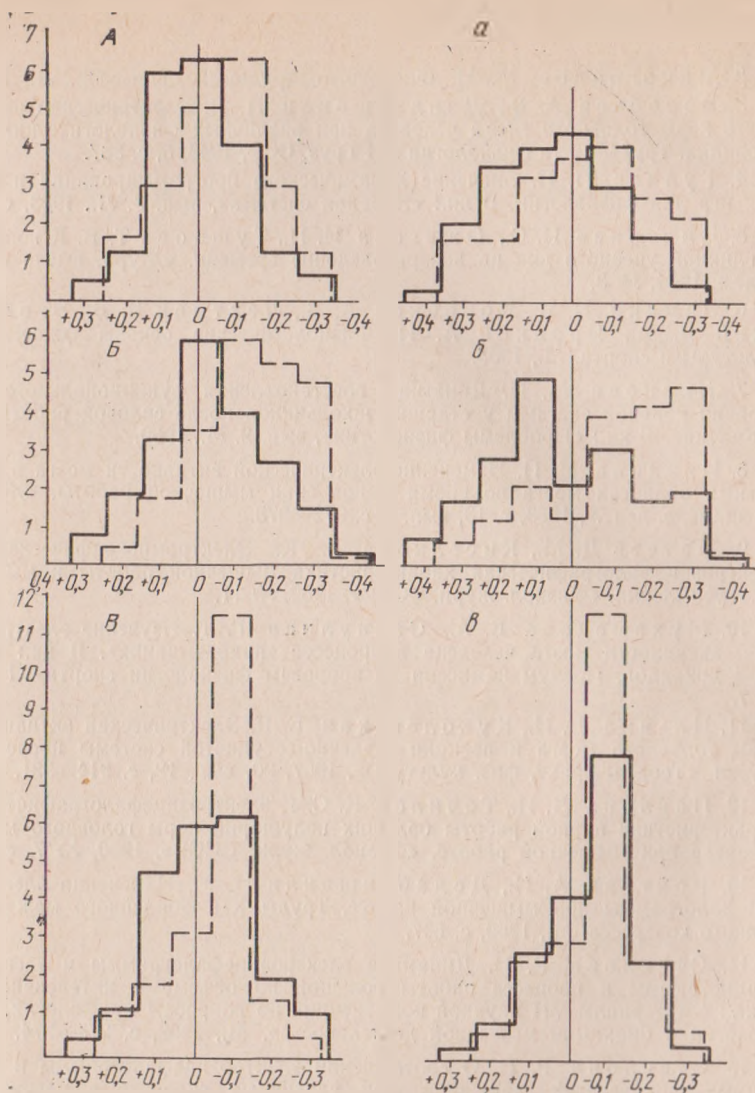


Рис. 3. Распределение двигательных реакций у пловцов (А, а), бегунов (Б, б) и штангистов (В, в) до (сплошная линия) и после тренировочных нагрузок (пунктирная).

По оси абсцисс — латентный период двигательной реакции; по оси ординат — число случаев реакций с различными латентными периодами. Знаком плюс (+) обозначены реакции с латентным временем, опережающим сигнал; знаком минус (—) — латентный период реакции с отставанием по отношению к условному сигналу; на нулевой линии откладывались двигательные реакции, совпавшие по времени с условным сигналом.

2. Виноградов М. И. Физиология трудовых процессов. Л., 1958.
3. Воробьев А. В., Дзидзишвили Н. Н. Электрическая активность коры головного мозга человека при различных физиологических состояниях. Труды ин-та физиологии АН Груз. ССР, 1943, 5, с. 387.
4. Гуляев П. И. Значение динамического программирования и теории игр для физиологии. В кн.: «Нервная система», вып. 3. Л., 1963, с. 36.
5. Дмитриев И. С., Ожигова И. П., Тушнова Т. В. К вопросу о влиянии учебного дня на воспроизведение времени. «Журн. высш. нерв. деят.», 1964, № 3.
6. Зимкин Н. В., Коробков А. В., Лехтман Я. Б., Эголинский Я. А., Яроцкий А. И. Физиологические основы физической культуры и спорта. М., 1955.
7. Иванова М. П. Динамика восстановления функционального состояния нервной системы у старших школьников после силовой работы до утомления. В кн.: «Проблемы физиологии», вып. 2. М., 1960.
8. Иванова М. П. Изменение электрической активности мозга в различных областях мозга во время выполнения мышечной работы. «Журн. высш. нерв. деят.», 1963, т. 13, вып. 6, с. 972—978.
9. Матеев Д. М., Киселкова Е. К. Электромиографическая и электроэнцефалографическая характеристика мышечной работы и мышечного утомления. «Физиол. журн. СССР», 1962, № 11.
10. Мухамедова Е. А., Сахиулина Г. Т. Изучение электрической активности мозга человека в процессе «вработывания». В кн.: «Тезисы докладов. Пленум комиссии по вопросам физиологии спорта». Киев, 1957.
11. Ильина Л. И., Куколевская Е. В. Электрическая активность коры головного мозга и реакции сердечно-сосудистой системы после нагрузки. «Теор. и практ. физ. культуры», 1957, 20, вып. 12, с. 914—921.
12. Павлова Л. П., Точилор К. С. К электроэнцефалографической характеристике парной работы больших полушарий коры головного мозга человека при мышечной работе. «Физиол. журн. СССР», 1960, № 7, с. 68.
13. Ройтбак А. И., Дедабришвили Ц. М. Изменения электроэнцефалограммы при мышечной работе. Труды XII юбилейного международного конгресса. М., 1959, с. 607.
14. Стеклова Р. П. Динамика электроэнцефалограммы и электрокардиограммы в процессе работы большой по объему и интенсивности. В кн.: «Материалы VII научной конференции по вопросам морфологии, физиологии и биохимии мышечной деятельности». М., 1962, с. 273—274.
15. Стеклова Р. П. О соотношении электроэнцефалограммы и временных показателей движений при различных скоростных нагрузках. В кн.: «Всесоюзная научная конференция по физиологии». М., 1966, с. 47.
16. Стеклова Р. П. Об изменении электроэнцефалограммы и временных показателей движений при спортивных нагрузках в современном пятиборье. В кн.: «Материалы сектора физиологии спорта за 1966 г.», 1966 (ЦНИИФК).
17. Ухтомский А. А. Возбуждение, утомление и торможение. Собр. соч., т. II, Л., 1951, с. 65.
18. Фарфель В. С. Выносливость и утомление. М., 1957.

СКОРОСТЬ СТАНОВЛЕНИЯ И СТАБИЛИЗАЦИИ ДВИГАТЕЛЬНОГО РИТМИЧЕСКОГО СТЕРЕОТИПА У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Г. И. Алсуфьева

Координация движений — это прежде всего проблема системной деятельности высших отделов центральной нервной системы, определяющей движения в пространстве, времени и с учетом усилия.

Одной из распространенных моделей изучения координации движений является двигательный ритмический стереотип (М. А. Алексеев, 1962—1968). По своей структуре он представляет собой сложную систему высокоспециализированных двигательных условных реакций или динамический стереотип нервных процессов, являющийся физиологическим механизмом координации движений человека (А. Н. Крестовников, 1949, 1951; М. А. Алексеев, 1950; Н. В. Зимкин, Я. Б. Лехтман, 1951; Н. В. Зимкин, А. В. Коробков, Я. А. Эголинский, А. И. Яроцкий, 1951; Ю. Уфлянд, 1951; Б. С. Гиппенрейтер, 1958; З. И. Бирюкова, 1954; И. Бойко, 1955; М. И. Виноградов, 1958; В. С. Фарфель, 1960; С. И. Косилов, 1965).

Совершенство координации движений в значительной степени зависит от точности оценки временных интервалов. На это, в частности, указывал А. В. Коробков (1961). Значение чувства времени для овладения спортивными навыками показано в работах С. Г. Геллерштейна (1958). Влияние систематических занятий физкультурой на точность воспроизведения интервалов времени исследовалось Н. В. Сысоевым (1961). Изучению воспроизведения интервалов времени при умственной работе посвящены исследования И. С. Дмитриева, И. П. Ожиговой, И. Г. Тушновой (1964). Утомительная физическая работа (например, на велоэргометре), приводит также к увеличению ошибки воспроизведения заданного интервала времени (Р. П. Стеклова, 1964).

Спортивная деятельность предъявляет высокие требования к механизмам управления двигательным аппаратом спортсменов. Результативность их выступлений в большей степени зависит от характера соотношений временных, пространственных и качественных (сила, скорость, выносливость) компо-

нентов сложившегося двигательного стереотипа. При достижении высшего спортивного мастерства большое значение приобретает устойчивость механизмов координации движений, обеспечивающих стабильность результатов.

С этой точки зрения нам представлялось важным как в теоретическом, так и в практическом отношении проследить взаимосвязь электроэнцефалографических характеристик и координационных возможностей спортсменов. Задачей данного исследования явилось изучение соотношений временных и силовых параметров движений при становлении двигательного ритмического стереотипа у спортсменов различной специализации: спринтеров, конькобежцев и парусников. Особое внимание обращалось на протекание двигательного ритмического стереотипа при переключении с одного ритма на другой.

Методика исследования. Нами проводилась одновременная регистрация электроэнцефалограммы затылочной и теменной областей левого полушария, электромиограммы сгибателей пальцев правой руки и динамограммы с кистевого динамографа. Запись этих функций велась на четырехканальном электроэнцефалографе. Ритмический световой раздражитель с интервалами 1 и 2 сек. подавался от фотофоностимулятора. Во время опыта испытуемый сидел с закрытыми глазами. Перед ним на расстоянии 5 см помещалась лампа фотостимулятора. Выработка двигательного ритмического стереотипа производилась по инструкции: «Сжимать кисть руки одновременно с условными сигналами». При этом испытуемому предлагалось величину усилия выбирать произвольно и стараться поддерживать ее до конца эксперимента. При обработке записей подсчитывалось количество реакций (по ЭМГ), опережающих условный сигнал, совпадающих с ним и возникающих после него. Соотношение суммы тех и других реакций давало представление о скорости формирования двигательного ритмического стереотипа. Спортсменам предъявлялось до 100 световых раздражителей: 60 с интервалом 1 сек. (1-я, 2-я и 3-я серии), затем 20 с интервалом 2 сек. (4-я серия) и еще 20 с интервалом 1 сек. (5-я серия).

Латентное время сокращения и расслабления мышц определялось путем записи электромиограмм со сгибателей пальцев правой руки. Величина усилий фиксировалась с кистевого динамографа. Согласно инструкции испытуемый должен был напрягать мышцы как можно быстрее с одним и тем же усилием в ответ на световой сигнал и держать его во время дейст-

вия раздражителя. При выключении света спортсмену предлагалось как можно быстрее расслаблять кисть руки. При обработке динамограммы подсчитывались длительность разгибания, удержания и расслабления усилий, длительность общей фазы движения и амплитуда (величина) развиваемого усилия. В эксперименте участвовало 30 членов сборных команд СССР по парусному и конькобежному спорту и бегу на короткие дистанции.

Результаты исследования. Исследование показало, что формирование двигательного ритмического стереотипа у спортсменов различной специализации имеет свои особенности. У парусников и спринтеров уже при первых применениях световых вспышек, следовавших с интервалом 1 сек., наблюдались попытки синхронизировать движение с моментом подачи сигнала. Так, при первых 20 предъявлениях раздражителя у парусников большинство реакций было довольно точно синхронизировано с моментом подачи сигнала. Число ошибок у конькобежцев значительно выше. Из 20 реакций правильными оказались только 5—7 движений.

Процесс становления двигательного ритмического стереотипа представлен на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что в ходе многократных применений раздражителя у парусников количество ошибок остается приблизительно одинаковым. Существенных изменений не происходит и при переключении на ритмический раздражитель с интервалом 2 сек. У спринтеров по мере повторения светового раздражителя количество ошибок уменьшается. Однако переход на другой ритм движения увеличивает число ошибок почти в 2 раза. У конькобежцев отмечается аналогичная картина, но более резко выраженная. Так, многократные применения раздражителя способствуют уменьшению ошибок с 13—15 в 1-й серии до 6—9 в 3-й серии. Переключение на другой ритм резко нарушает выработанный стереотип. Количество ошибок возрастает до 14—16.

Таким образом, из этой группы спортсменов механизм отсчета времени наиболее совершенен у парусников, поскольку у них происходит быстрое становление двигательного ритмического стереотипа как на ритм в 1 сек., так и при переходе на более медленный ритм — в 2 сек.

Анализ динамики мышечного сокращения и расслабления в двигательном ритмическом стереотипе указывает на существенные различия и в характере динамограмм у этих спорт-

сменов. Среднегрупповые данные по каждому виду спорта приведены в таблице.

Данные таблицы показывают, что общий цикл движения существенно отличается у спортсменов различных специали-

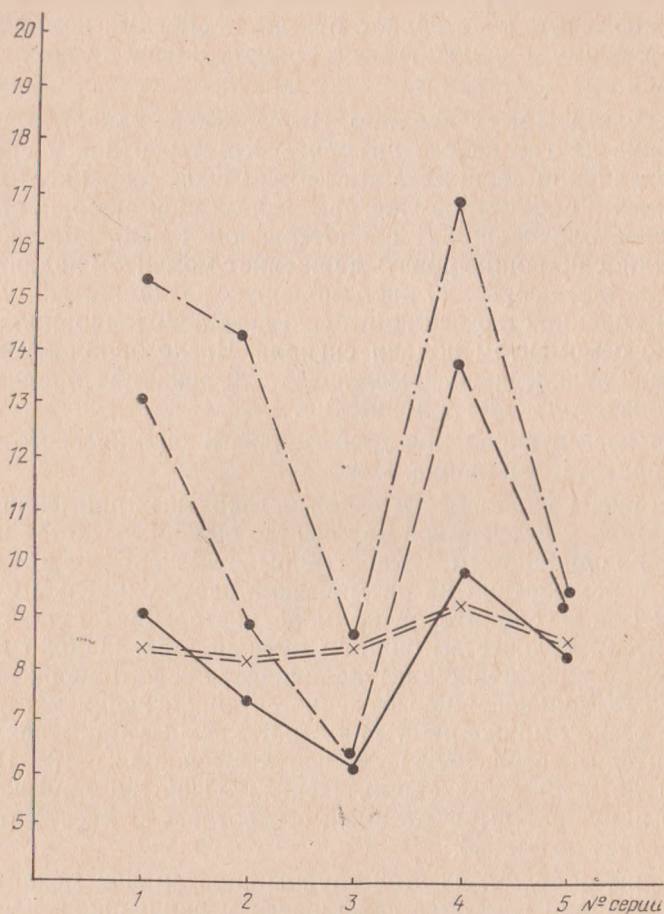


Рис. 1. Становление двигательного ритмического стереотипа у спортсменов различной специализации.

На оси ординат — количество ошибок; на оси абсцисс — номер раздражителя в серии (20 предъявлений). Сплошная линия — спринтеры; пунктирная с крестиками — парусники; пунктирная — конькобежцы (женщины); пунктирная с точками — конькобежцы (мужчины).

заций. Так, самый короткий цикл движений у парусников, самый длинный — у конькобежцев. В ходе становления двигательного ритмического стереотипа стабилизации фазы движения не происходит. Однако при переходе с одного ритма на другой резко удлиняется фаза активности мышц у конькобежцев. У парусников и спринтеров значительных изменений не отмечено.

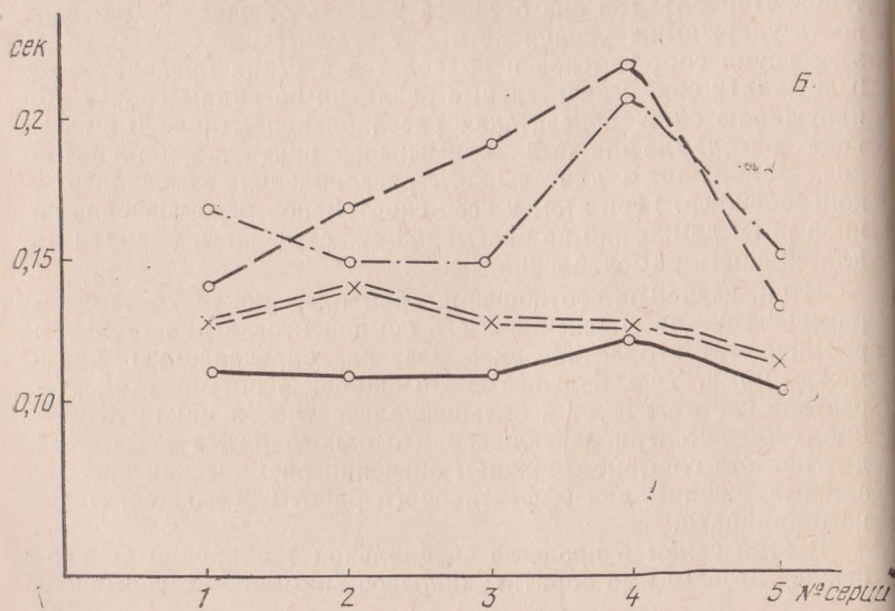
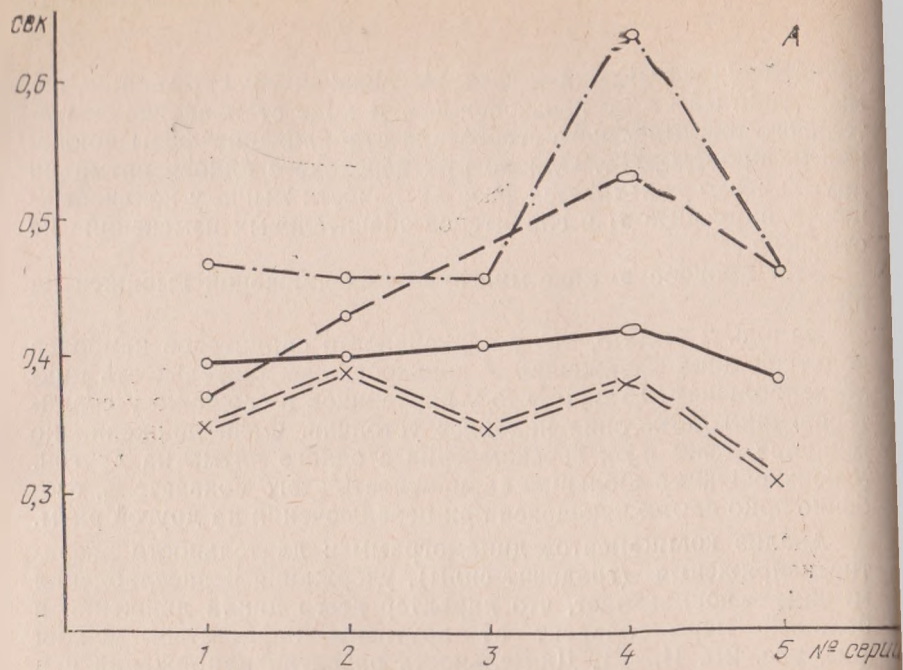
Этот процесс в ходе многократных движений выражен на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что у парусников и спринтеров наиболее короткий цикл движений. У конькобежцев длительность цикла наибольшая. Важно, что у парусников и особенно у спринтеров цикл движения наиболее устойчив. Фаза движения не меняется даже при переключении с одного ритма на другой. У конькобежцев большая вариантность этого показателя, особенно ярко проявляющаяся при переключении на другой ритм.

Анализ компонентов динамограммы: длительности развития напряжения (градиент силы), удержания и расслабления мышцы — показывает, что характер всего цикла движения в большей мере зависит от крутизны нарастания усилия (см. рис. 2Б, В, Г). Длительность развития напряжения и в этом случае оказывается наименьшей у парусников и спринтеров. Наибольшей она остается у конькобежцев. Длительность удержания усилия не имеет существенных различий у этих групп спортсменов и колеблется в узких пределах — от 0,08 до 0,12 сек. Значительные различия по видам спорта обнаруживаются в показателях расслабления мышц. Длительность расслабления была наименьшей опять же у парусников. Наибольшая длительность расслабления отмечалась у конькобежцев. При этом у всех спортсменов переключение на иной ритм движений не оказывало существенного влияния на длительность расслабления мышц.

Итак, изучение соотношения временных показателей с характером цикла движений и его компонентов в двигательном ритмическом стереотипе указывает на определенную связь между ними. Так, большее число ошибок в ритмическом стереотипе соответствует и большей длительности цикла движений, особенно при переключении с одного ритма работы на другой. Это говорит о важном значении ритмической организации движений для эффективности работы всего двигательного аппарата.

В этой связи в процессе специальной тренировки конькобежцев необходимо обратить большое внимание на совершен-



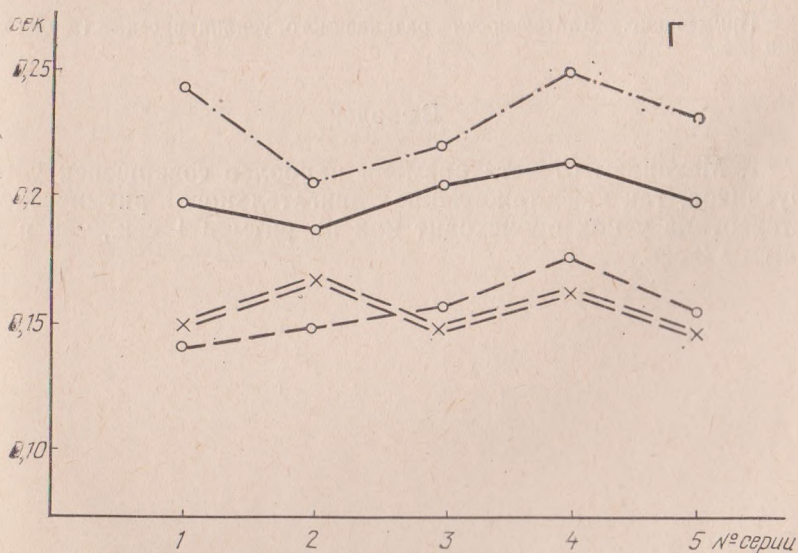
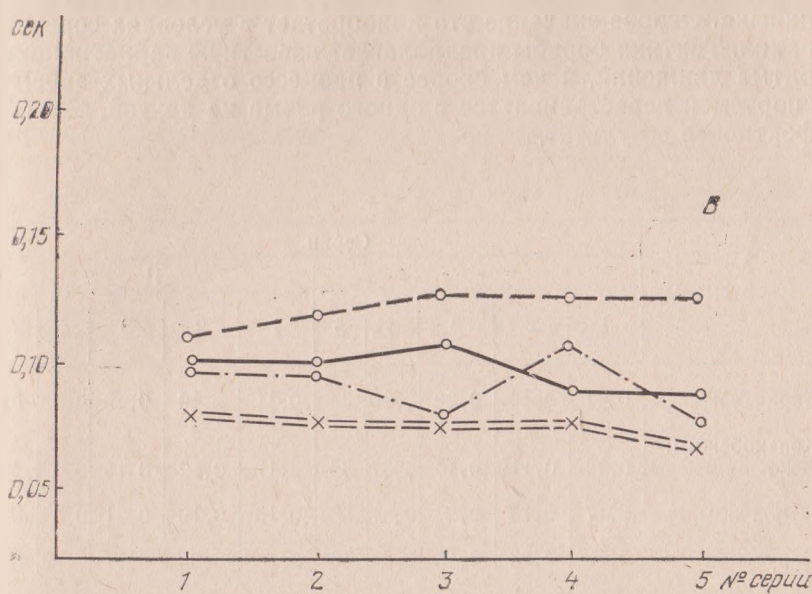


Рис. 2. Соотношение временных показателей с характером цикла движений и его компонентов в двигательном ритмической стереотипе: А — длительность цикла движения; Б — длительность напряжения движения; В — длительность удержания движения; Г — длительность расслабления движения. Обозначения те же, что на рис. 1.

ствование механизмов отсчета времени, определяющих их быстроту и организацию ритмического рисунка двигательного навыка. Особое значение это приобретает в условиях соревнований. Тактика борьбы предполагает известную вариативность ритма движений, и чем скорее в процессе отдельных забегов спортсмен перестраивается с одного ритма на другой, тем эффективнее результат.

Спортсмены	Серии									
	I					II				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Спринтеры	0,11	0,10	0,20	0,39	54	0,11	0,10	0,19	0,39	51
Конькобежцы: женщины	0,14	0,11	0,14	0,37	35	0,17	0,12	0,15	0,43	44
мужчины	0,17	0,10	0,24	0,47	58	0,15	0,10	0,21	0,45	62
Парусники	0,13	0,08	0,15	0,35	46	0,14	0,08	0,17	0,39	52

Примечание. Длительность развиваемого усилия в сек.— 1; удержания в мм — 5.

Выводы

1. Механизм отсчета времени наиболее совершенен у парусников, так как становление двигательного ритмического стереотипа у них происходит как на ритм в 1 сек., так и на ритм в 2 сек.

2. При переключении с одного ритма работы на другой существенных изменений у парусников и спринтеров не наблюдалось. У конькобежцев это вызывало резкое увеличение числа ошибок и большую длительность общей фазы движения.

3. Большое число ошибок в ритмическом стереотипе соответствует и большей длительности цикла движений, что указывает на определенную связь между ними.

Таблица

Серии														
III					IV					V				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0,11	0,11	0,21	0,41	52	0,12	0,09	0,22	0,42	57	0,10	0,09	0,19	0,38	51
0,19	0,13	0,16	0,46	41	0,22	0,13	0,18	0,25	44	0,18	0,13	0,16	0,45	37
0,15	0,08	0,22	0,45	60	0,21	0,11	0,25	0,63	61	0,15	0,06	0,23	0,47	64
0,13	0,08	0,17	0,35	51	0,13	0,08	0,17	0,38	53	0,11	0,07	0,15	0,31	48

ния — 2; расслабления — 3; общей фазы — 4; амплитуда (величина) уси-

4. Общий цикл движения существенно отличается по видам спорта. Так, у парусников цикл движения оказался самым коротким и устойчивым, а у конькобежцев — самый длинный.

5. Анализ компонентов динамограммы показывает, что динамика градиента силы в основных чертах определяет характер всего цикла движения.

Раздел II

ОСОБЕННОСТИ СПИНАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ И ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЫШЦ

ВЛИЯНИЕ ОДИНОЧНОГО И ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗДРАЖЕНИЯ НЕРВА И КОЖИ НА РЕФЛЕКТОРНУЮ ВОЗБУДИМОСТЬ МОТОНЕЙРОНОВ КОНТРАЛАТЕРАЛЬНОЙ КОНЕЧНОСТИ

Н. В. Бобкова, А. В. Овсянников

К настоящему времени в физиологии сложилось представление о том, что сложная структура системы управления двигательными актами построена по иерархическому принципу, т. е. представляет собой многоуровневую систему управления (1—4,8).

Вместе с тем каждый уровень управления состоит из ряда относительно автономных подсистем, решающих свои собственные задачи. Несмотря на самостоятельность работы каждой из подсистем, между ними устанавливаются взаимодействия, закрепленные генетически или сформированные в процессе научения двигательному акту.

Возможность устанавливать целесообразные взаимодействия между подсистемами упрощает способ управления движением в целом, поскольку освобождает высший уровень от контроля за всеми элементами предстоящего движения. По-

этому основной проблемой физиологии движения является выяснение структурного принципа организации различных иерархических уровней и связанных с ними подсистем управления и их взаимодействия.

За последние 20—25 лет ни один отдел ЦНС не изучался столь интенсивно, как это имело место в отношении сегментарного аппарата спинного мозга. В результате исследований, проведенных на животных в острых экспериментах, стало известно, что этот уровень управления представляет собой сложное нейрональное образование, состоящее из ряда подсистем, выполняющих различные функции (5, 6, 10—12, 23). Однако, несмотря на несомненную ценность этих данных, их нельзя полностью использовать при анализе интегративной деятельности спинного мозга человека. Поэтому естественны попытки физиологов, направленные на выяснение принципа действия различных подсистем спинного мозга, т. е. изучение рефлекторных дуг и их взаимодействия у человека (9).

В настоящей работе приводятся данные о характере сегментарного межконечностного рефлекторного взаимодействия у человека.

Методика исследования

В экспериментах изучалось влияние одиночного и высокочастотного раздражения нерва и кожи на рефлекторную возбудимость мотонейронных пулов мышц контралатеральной конечности. Для оценки рефлекторной возбудимости спинальных мотонейронов применялся метод моносинаптического тестирования (Н-рефлекс).

Проводились три серии экспериментов. В первой серии в качестве кондиционирующего стимула использовалось электрическое раздражение с силой, вызывающей максимальный Н-рефлекс камбаловидной мышцы левой ноги. Н-рефлекс вызывался одиночным прямоугольным импульсом длительностью 1 мсек, наносимым на нерв в подколенной ямке от выходного трансформатора 2-канального электростимулятора.

Во второй серии кондиционирующим раздражением служила короткая высокочастотная стимуляция (5 импульсов с частотой 200 гц, длительностью импульса 1 мсек) с силой, вызывающей максимальный Н-рефлекс при одиночном раздражении.

В третьей серии кондиционирующим раздражением была высокочастотная стимуляция кожи в области подколенной ям-

ки (медиальнее нерва) с параметрами, указанными для второй серии экспериментов.

Во всех сериях в качестве теста использовался Н-рефлекс камбаловидной и икроножной мышц контралатеральной правой конечности, вызываемый способом, указанным выше. Амплитуда тестирующего Н-рефлекса равнялась 50% от максимальной величины. Тестирующий (контрольный) Н-рефлекс вызывался в различные интервалы времени относительно фронта первого импульса кондиционирующего раздражения. Интервалы времени (задержка) выбирались в случайной последовательности от 0 до 500 мсек.

Регистрация Н-рефлекса производилась посредством поверхностных электродов на 3-канальном электромиографе «Диза». Оценкой влияния одиночного и высокочастотного раздражения на рефлекторную возбудимость мотонейронов контралатеральной конечности служило изменение амплитуды контралатерального Н-рефлекса, определяемое в 5 последовательных пробах на фоне кондиционирующего раздражения и без него. За 100% принималась амплитуда Н-рефлекса при отсутствии контралатеральной афферентной стимуляции.

В экспериментах приняло участие 30 практически здоровых мужчин.

Результаты исследования

1. Эффект одиночного раздражения нерва контралатеральной конечности. В опытах участвовали 10 человек. На рис. 1 представлено изменение амплитуды тестирующего Н-рефлекса камбаловидной и икроножной мышц при контралатеральном одиночном электрическом афферентном раздражении. Как видно из рисунка, суммарная усредненная кривая изменения амплитуды тестирующего Н-рефлекса имеет два максимума облегчения при задержках 50 и 110 мсек и депрессию в области 20—30 мсек. В интервале времени от 120—140 мсек амплитуда Н-рефлекса постепенно падает и достигает исходной величины (100%). При этом ход кривых изменения амплитуды Н-рефлекса камбаловидной и икроножной мышц практически не отличается.

2. Эффект высокочастотной афферентной стимуляции нерва контралатеральной конечности. Испытуемыми были 12 человек. Высокочастотная кондиционирующая стимуляция в отличие от одиночного вызывает одну ярко выраженную волну облегчения, максимум которой для икроножной мышцы до-

стигается через 80 мсек, тогда как для камбаловидной — 100—120 мсек (рис. 2). На рисунке показано, что, помимо различия во времени достижения максимума, имеются существ-

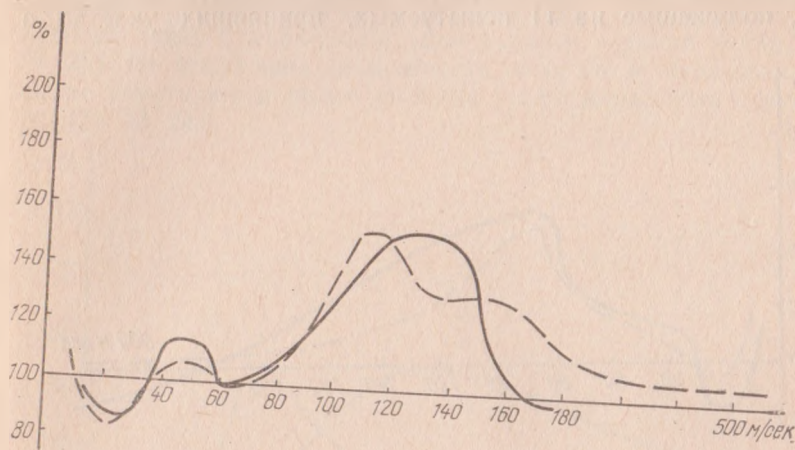


Рис. 1. Характер изменения Н-рефлекса камбаловидной и икроножной мышц при одиночном раздражении контралатерального нерва.

По оси абсцисс — время в мсек; по оси ординат — амплитуда Н-рефлекса в %. Сплошная линия — камбаловидная мышца, пунктирная — икроножная мышца.

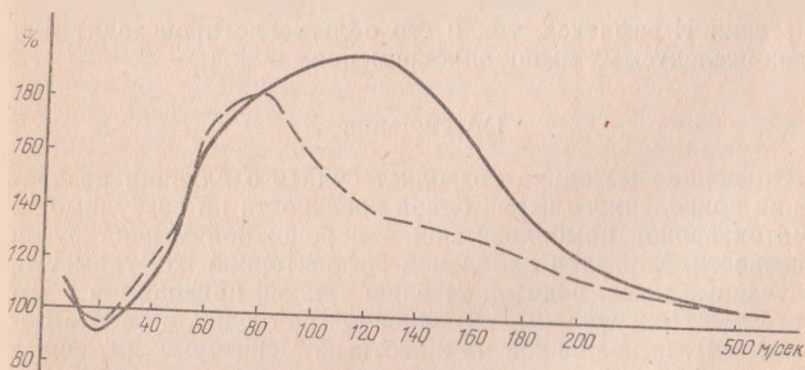


Рис. 2. Характер изменения амплитуды Н-рефлекса икроножной и камбаловидной мышц при высокочастотной стимуляции контралатерального нерва.

Обозначения те же, что на рис. 1.

венные различия и в величине прироста амплитуды Н-рефлекса между этими двумя мышцами.

3. **Эффект высокочастотной стимуляции кожи контралатеральной конечности.** На рис. 3 представлены усредненные данные, полученные на 11 испытуемых, принявших участие в

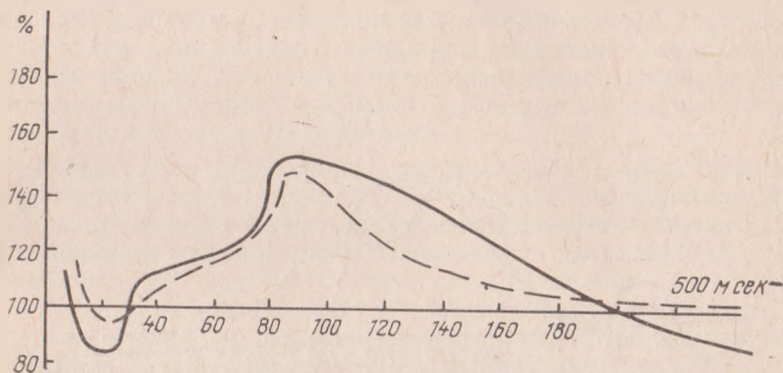


Рис. 3. Изменение амплитуды Н-рефлекса при высокочастотном раздражении кожи контралатеральной конечности. Обозначения те же, что на рис. 1

этой серии экспериментов. Как видно из рисунка, через 20 мсек после стимуляции кожи происходит депрессия Н-рефлекса левой контралатеральной конечности, сменяющаяся затем фазой облегчения. Интересно отметить, что как фаза угнетения Н-рефлекса, так и его облегчение происходят для обеих исследуемых мышц одновременно.

Обсуждение

Описанная методика позволяет судить о влиянии раздражения подколенного нерва одной конечности на возбудимость α -мотонейронов камбаловидной и икроножной мышц другой конечности. Характер изменения рефлекторной возбудимости, полученный нами, подобен течению кривой, приводимой в работе Е. И. Пальцева (9), выполненной на людях, и работе Босемак (14), выполненной на животных. Некоторые временные несовпадения, наблюдаемые в наших исследованиях и опытах Босемак, по-видимому, объясняются различиями в длине рефлекторных дуг животных и человека. Полученные в наших опытах при одиночном раздражении две волны облегчения,

возможно, связаны с активацией 2 различных интернейронных систем спинного мозга: 1) интернейронного аппарата, опосредующего перекрестные сегментарные рефлекторные влияния — раннее облегчение (21—23); 2) структуры, опосредующей спино-бульбо-спинальные связи — поздняя волна (17, 24, 25). Не исключена возможность того, что в последнем эффекте участвуют и более высокие супраспинальные структуры (13, 18, 24).

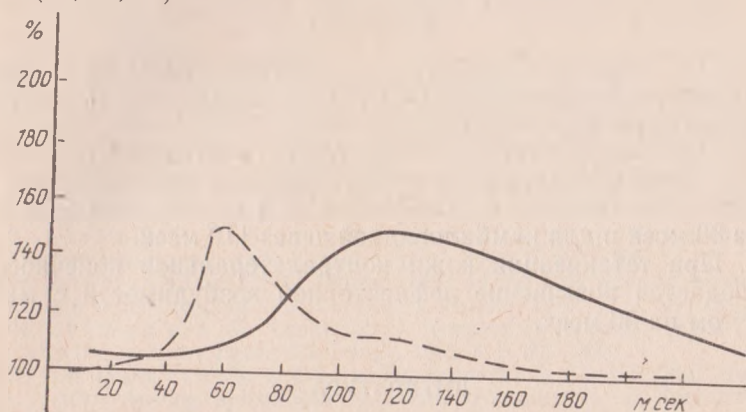


Рис. 4. Разница в приросте амплитуды Н-рефлекса при вычитании величины Н-рефлекса при контралатеральной тетанизации кожи из величины его прироста при высокочастотном раздражении нерва. Обозначения те же, что на рис. 1.

Наличие одной волны облегчения при высокочастотной стимуляции, по-видимому, связано с вовлечением дополнительных интернейронов, опосредующих перекрестные рефлекторные влияния, вследствие чего происходит перекрытие эффектов этих двух независимых систем. Дополнительным аргументом в пользу высказанного предположения служит более значимая величина прироста амплитуды Н-рефлекса при тетанизации нерва (100% прироста от нормы по сравнению с 55% прироста при одиночной стимуляции).

Динамика изменения рефлекторной возбудимости при тетанизации кожи (см. рис. 3) та же, что и в случае тетанизации нерва (см. рис. 2), что согласуется с данными, полученными при исследовании влияния кожной афферентации на состояние возбудимости мотонейронов (15).

Сдвиг во времени максимума амплитуды Н-рефлекса икроножной мышцы по сравнению с камбаловидной при тетаниза-

ции нерва наиболее выражен при вычитании величины Н-рефлекса при контралатеральной тетанизации кожи из величины его прироста при высокочастотном раздражении нерва (рис. 4). Это обстоятельство, видимо, отражает функциональную неоднородность мотонейронов, составляющих двигательные ядра этих мышц, как было показано в экспериментах на животных (5, 19 и др.) и на человеке (7).

Выводы

1. При одиночной стимуляции контралатерального нерва увеличивается рефлекторная возбудимость, максимум которой приходится на 30 и 120 мсек.

2. При высокочастотной стимуляции контралатерального нерва происходит повышение рефлекторной возбудимости с максимумом амплитуды Н-рефлекса для икроножной мышцы через 80 мсек и для камбаловидной через 110 мсек.

3. При тетанизации кожи контралатеральной конечности наблюдается повышение рефлекторной возбудимости с максимумом на 80 мсек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн Н. А. О построении движения. М., 1947.
2. Бернштейн Н. А. Очерки по физиологии движения и физиологии активности. М., 1966.
3. Гельфанд И. М., Гурфинкель В. С., Цетлин М. Л., Шик М. Л. Некоторые вопросы исследования движений. В кн.: «Модели структурно-функциональной организации некоторых биологических систем». М., 1966.
4. Гранит Р. Электрофизиологическое исследование рецепции. М., 1957.
5. Гурфинкель В. С., Коц Я. М., Шик М. Л. Регуляция позы человека. М., 1965.
6. Костюк П. Г. Двухнейронная дуга. М., 1959.
7. Коц Я. М. и Кринский В. М. Моноиналтический Н-рефлекс у человека, регистрируемый в камбаловидной и медиальной икроножной мышцах в условиях покоя. «Физиол. журн. СССР», 1967, № 7, с. 784—790.
8. Миллер Д., Галантер Ю., Прибрам К. Планы и структура поведения. М., 1965.
9. Пальцев Е. И. Взаимодействие дуг сухожильных рефлексов нижних конечностей у человека как отражение локomotorной синергии. «Биофизика», 1967, № 12, вып. 5, с. 915—924.
10. Шаповалов А. И. Роль собственных свойств мембраны и синаптическая организация в интегративной деятельности нейрона. В сб.: «Интегративная деятельность нервной системы в норме и патологии». М., 1968, с. 130—140.
11. Экклс Д. Физиология нервных клеток. М., 1959.
12. Экклс Д. Физиология синапсов. М., 1966.

13. Abrahams V. C. Cervico-lumbar reflex interactions involving a proprioceptive receiving area of cerebral cortex. *J. Physiol.*, 1970, 209, 1, 45—56.
14. Bosemark B. Some aspects on the crossed extensor reflex in relation to motoneurons supplying fast and slow contracting muscles. Muscular afferents and Motor Control, I Nobel Symposium, 1966, 261—269.
15. Lloyd D. P. C. Spinal mechanisms involved in somatic activities. *J. Neurophysiol.* 1960, 2, 929—951.
16. Fickback, Gerold D., Norman R. Changes in contractile properties of disused soleus muscles. *J. Physiol.*, 1969, 201, 2, 305—320.
17. Gernandt B. E. and Megirian D. Ascending propriospinal mechanisms. *J. Neurophysiol.*, 1961, 24, 4, 364—376.
18. Gernandt B. E., Shimamura M. S. Mechanisms of interlimb reflexes in cat. *J. Neurophysiol.*, 1961, 24, 6, 665—676.
19. Granit, Steg, Phillips, Skogland. Differentiation of tonic from phasic alpha ventral horn cells by stretch pinna, and crossed extensor reflexes. *J. Neurophysiol.* 1957, 20, 470—481.
20. Richard H. The myotatic reflex. *J. Brain.* 1970, 93, 2, 273—312.
21. Lloyd D. P. C. Mediation of descending long spinal reflex activity. *J. Neurophysiol.* 1942, 5, 435—458.
22. Lloyd D. P. C. Neuron patterns controlling transmission of ipsilateral hind-limb reflexes in cat. *J. Neurophysiol.* 1943, 6, 293—298.
23. Sherrington Ch. S. Flexion-reflex of the limb, crossed extension-reflex, and reflex stepping and standing. *J. Physiol.* 1910, 40, 1, 28—121.
24. Shimamura M. Longitudinal coordination between spinal and cranial reflex systems. *Exper. Neurology.* 1963, 8, 6, 505—521.
25. Shimamura M. and Livingston P. B. Longitudinal conduction systems serving spinal and brain-stem coordination. *J. Neurophysiol.* 1963, 126, 2, 258—272.

УПРУГО-ВЯЗКИЕ СВОЙСТВА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЛОКАЛЬНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Г. В. Васюков, М. Г. Караев, А. И. Бурханов

Многие авторы отмечают, что утомленная скелетная мышца отличается по своим механическим свойствам от «свежей», неутомленной. Однако до настоящего времени нет устоявшейся точки зрения на характер изменений механических свойств мышцы после физической работы. Так, изучая механическое поведение изолированной скелетной мышцы, Штейнхаузен (14) нашел, что модуль упругости увеличивается по мере

утомления. Сандоу и Браст (13), И. Г. Штранкфельд (9), Е. К. Жуков (2) показали, что вязкость изолированной скелетной мышцы убывает пропорционально утомлению этой мышцы. Однако Левин и Вайман (11) в опытах с многократным растяжением и высвобождением наблюдали увеличение вязкости мышцы в состоянии утомления.

Литературные данные о влиянии мышечной работы на твердость скелетных мышц человека также говорят о противоречивых мнениях различных авторов: Мюллер (12), Т. П. Фанагорская, И. М. Королева (7), Л. С. Соколова (4) указывают на повышение твердости мышц после работы; М. В. Кирзон (3), З. М. Уфлянд (6), А. И. Щербаков (10), И. Б. Темкин (5) считают, что твердость мышцы уменьшается по мере ее утомления. Несогласованность в результатах у разных авторов, по-видимому, связана с тем, что выполняемая работа по характеру, интенсивности и длительности была не одинаковой. Скелетные мышцы в таких опытах находились на разных стадиях утомления. К тому же в исследованиях, выясняющих влияние работы на твердость скелетных мышц, из-за методических трудностей не оценивались изменения механических свойств мышцы в процессе самой работы. Не оценивались также и вязкостные свойства мышцы при двигательном утомлении.

Цель нашего исследования заключалась в изучении изменений упругих и вязких свойств скелетной мышцы при статической и динамической работе до отказа. Величина работы как статической, так и динамической строго дозировалась.

Методы и организация исследования

1. **Эргометрия.** Опыты проводились на сконструированном нами специальном ножном эргометре, который был смонтирован на базе медицинской кушетки, укрепленной стальными полосами. На кушетке находятся держатели для закрепления плеч испытуемого. Держатели могут перемещаться в горизонтальном направлении, что позволяет закреплять плечи испытуемых разного роста. В противоположной части кушетки вмонтирован жолоб, куда помещается правая нога испытуемого. Жолоб не позволяет ноге перемещаться в боковом горизонтальном направлении. Носок ступни помещается в специальное крепление (по типу жестких лыжных креплений), которое соединено с тросом, проходящим через блок. Трос заканчивается втулкой, на нее навешиваются диски от штанги.

Испытуемый лежит на кушетке лицом вниз. Правая нога помещается в жолоб, носок ступни и плечи испытуемого закреплены. Таким образом исключаются горизонтальные боковые и передне-задние перемещения ноги. Перед опытом измерялась максимальная сила сгибания стопы. Для этого к тросу вместо втулки с дисками присоединялся динамометр, прикрепленный к крюку, вбитому в пол. За максимальную силу сгибания стопы принималась средняя величина трех измерений. Затем динамометр отсоединялся, к тросу снова прикреплялась втулка с дисками весом 20% от максимальной силы, показанной испытуемым.

Испытуемому предлагалось совершить подошвенное сгибание до максимально возможного и удерживать груз в таком положении (в опытах статической работы) до утомления. При динамической работе испытуемый выполнял ритмические движения в определенном темпе. Последний задавался электрическим метрономом, соединенным с наушниками. Сгибание стопы проводилось 1 раз за 2 сек. Полный цикл движения (сгибание и разгибание стопы) продолжался 4 сек. Для контроля амплитуды удержания груза (статическая работа) или перемещения груза (динамическая работа) была изготовлена специальная электрическая система сигнализации. При статической работе электрическая лампочка у головы испытуемого загоралась, когда он «отпускал» груз, т. е. уменьшался угол в голеностопном суставе. В случае динамической работы электрическая лампочка загоралась в момент полного сгибания стопы и гасла при ее разгибании. Если амплитуда движений уменьшалась, то лампочка не загоралась, и это служило сигналом к прекращению работы ввиду невозможности поддержания заданного усилия.

2. Сейсмомиотонография. Этим методом регистрировались упруго-вязкие свойства скелетной мышцы (1). В средней части, вдоль медиальной головки икроножной мышцы, выбирался участок длиной 5 см. На проксимальную точку этого участка наносился удар стальным шариком весом 2 г. Шарик падал на мышцу вертикально с высоты 50 см. На дистальную точку выбранного участка мышцы клеился электродинамический датчик СКГ весом 20 г. Датчик соединялся с усилителем и регистратором (электромиографы «Диза» и «Медикор»). Стальной шарик, ударяя по мышце, вызывает в ней механические колебания, которые доходят до датчика и преобразуются в нем в электрический сигнал. Последний усиливается и фиксируется на электромиографе. Зарегистрированные кри-

вые условно были названы сейсмомиограммами. Расшифровка сейсмомиограмм проводилась по двум показателям: за показатель упругости принималась частота колебаний в мышце, вязкости — логарифмический декремент затухания этих колебаний.

Сначала записывались сейсмомиограммы расслабленной икроножной мышцы (фоновые исследования), затем через 2—4 мин. в процессе работы. Интервал между записями сейсмограмм выбирался с таким расчетом, чтобы получить 6—8 измерений физических свойств мышцы во время работы. При статической работе регистрировались сейсмомиограммы напряженной икроножной мышцы, а при динамической — как напряженной, так и расслабленной (в момент полного разгибания стопы). После отказа от работы сейсмомиограммы икроножной мышцы записывались через 15, 30, 60, 90 и 120 сек., затем на 5, 10, 15, 20-й мин. восстановительного периода.

В качестве вспомогательных методов применялись электромиография при накожном отведении биопотенциалов икроножной мышцы и гониография для регистрации угловых перемещений груза в процессе работы.

Опыты проведены на 34 мужчин 20—30 лет, в основном легкоатлетах III, II и I разрядов. Зарегистрировано и обработано более 2000 сейсмомиограмм.

Результаты исследования

При выполнении работы испытуемые удерживали или перемещали груз весом 20% от максимума. Время работы колебалось у разных спортсменов от 7 до 15 мин. при статической работе и от 9 до 24 мин. при ритмическом перемещении груза. Среднее время статической работы разнялось 12 мин., а динамической — 15 мин. Перед нагрузкой измерялись упруго-вязкие свойства расслабленной икроножной мышцы. Исходные величины показателей упругости и вязкости были индивидуальны: упругости — от 27,0 до 33,2 гц; вязкости — от 0,12 до 0,19 гц. Средние величины равнялись для показателя упругости $31,0 \pm 1,3$ гц; для показателя вязкости — $0,15 \pm 0,02$ гц.

Изменения средних величин показателей упругости и вязкости икроножной мышцы при статической и динамической работе до отказа представлены в табл. 1 и 2.

Из табл. 1 и 2 видно, что упругость напряженной мышцы (начало работы) больше на 53—55%, чем расслабленной

Таблица 1

Изменение упруго-вязких свойств икроножной мышцы при статической работе до отказа при отягощении 20% от максимального

Этап исследования	Упругость F гц			Вязкость lg K		
	\bar{x}	σ	$\pm m$	\bar{x}	σ	$\pm m$
До работы	31,0	3,0	1,0	0,15	0,04	0,02
Начало работы	48,3	5,5	1,4	0,38	0,08	0,02
20% времени работы	51,1	5,2	1,4	0,42	0,09	0,02
40% времени работы	53,0	5,0	1,3	0,45	0,09	0,02
60% времени работы	55,5	4,9	1,3	0,51	0,07	0,02
80% времени работы	58,9	5,3	1,4	0,55	0,09	0,02
100% времени работы — утомление	62,0	5,6	1,5	0,60	0,09	0,02

Примечание. Средняя величина показателя — \bar{x} ; среднее квадратическое отклонение — σ ; ошибка средней величины — m .

Таблица 2

Изменение упруго-вязких свойств икроножной мышцы в процессе динамической работы до отказа с грузом 20% от максимального

Этап исследования	Упругость F гц						Вязкость lg K					
	расслабленная			напряженная			расслабленная			напряженная		
	\bar{x}	σ	$\pm m$	\bar{x}	σ	$\pm m$	\bar{x}	σ	$\pm m$	\bar{x}	σ	$\pm m$
До работы	31,0	3,0	1,0	—	—	—	0,15	0,04	0,02	—	—	—
Начало работы	39,7	6,8	2,1	47,5	5,7	1,8	0,24	0,10	0,03	0,33	0,10	0,03
Середина работы	49,2	17,3	5,3	62,9	18,2	5,8	0,28	0,13	0,05	0,38	0,11	0,03
Конец работы	49,4	20,4	6,6	76,9	27,3	8,8	0,37	0,26	0,08	0,43	0,14	0,04

(фон) как в статическом, так и в динамическом режиме мышечной деятельности. В начале работы возросла также упругость мышцы в фазе расслабления при динамической работе (см. табл. 2). В процессе удержания или перемещения груза увеличивается упругость икроножной мышцы, и в конце работы величина этого показателя максимальна. Однако если в результате статической работы упругость мышцы увеличилась на 28%, то в момент отказа от динамической работы — на 66%. Следовательно, динамическая работа значительно больше, чем статическая, влияет на изменение упругости напряженной икроножной мышцы.

Вариативность величин показателя упругости икроножной мышцы существенно меняется в процессе динамической

работы. В начале нагрузки величина среднего квадратического отклонения приблизительно одинакова как для статической (5,5), так и для динамической (5,7) работы. В результате статической работы разброс величин показателя упругости практически не изменился ($\sigma = 5,6$). Однако в конце динамической работы величина квадратического отклонения для напряженной мышцы равна 27,3, что в 4,9 раза превышает вариативность показателя упругости мышцы в начале динамической работы и в процессе статической.

Величина показателя вязкости мышцы также характерно меняется (см. табл. 1 и 2) при удержании или перемещении груза. Так, вязкость напряженной мышцы (начало работы) больше, чем расслабленной (фон) при удержании груза на 153% и при его перемещении на 120%. Во время как статической, так и динамической работы показатель вязкости икроножной мышцы увеличивается и в конце работы становится максимальным. Однако если в конце динамической работы вязкость мышцы возросла (по сравнению с началом работы) на 30%, то при статической работе — на 60%. Таким образом, под влиянием статической работы вязкость мышцы меняется значительно, чем при динамическом режиме деятельности.

После работы в течение 20 мин. регистрировались сейсмограммы расслабленной икроножной мышцы. Результаты расчета показателей упруго-вязких свойств икроножной мышцы после статической и динамической работы даны в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Упруго-вязкие свойства икроножной мышцы после статической работы

Этап исследования	Упругость F гц			Вязкость lg K		
	\bar{x}	σ	$\pm m$	\bar{x}	σ	$\pm m$
До работы	31,0	3,0	1,0	0,15	0,04	0,02
Восстановление						
15 сек.	35,7	3,1	1,8	0,23	0,05	0,02
30 сек.	34,7	3,1	1,8	0,22	0,03	0,02
60 сек.	34,0	3,0	1,0	0,21	0,03	0,02
90 сек.	33,3	2,9	0,8	0,20	0,03	0,02
120 сек.	32,8	2,6	0,7	0,19	0,03	0,02
5 мин.	32,1	2,3	0,6	0,18	0,03	0,02
10 мин.	31,1	2,0	0,5	0,18	0,03	0,02
15 мин.	30,8	1,7	0,4	0,16	0,03	0,02
20 мин.	30,6	1,6	0,4	0,16	0,03	0,02

Таблица 4

Упруго-вязкие свойства икроножной мышцы после динамической работы

Этап исследования	Упругость F гц			Вязкость lg K		
	\bar{x}	σ	$\pm m$	\bar{x}	σ	$\pm m$
До работы	31,0	3,0	1,0	0,1	0,04	0,02
Восстановление						
15 сек.	44,5	8,4	3,2	0,32	0,19	0,07
30 сек.	37,9	5,0	2,0	0,29	0,18	0,07
60 сек.	34,3	6,1	2,3	0,26	0,15	0,06
90 сек.	33,1	6,1	2,5	0,21	0,13	0,05
120 сек.	31,0	5,5	2,3	0,20	0,13	0,05
5 мин.	30,1	4,6	1,8	0,16	0,04	0,01
10 мин.	30,2	4,37	1,5	0,15	0,04	0,01
15 мин.	29,4	4,6	1,6	0,14	0,04	0,01
20 мин.	29,4	4,6	1,6	0,14	0,03	0,01

Данные табл. 3 и 4 свидетельствуют о том, что сразу после работы расслабленная скелетная мышца отличается по механическим свойствам от этой же мышцы до выполнения работы. Показатель упругости мышцы увеличен по сравнению с фоном на 15% после статической работы и на 43% после динамической; показатель вязкости — соответственно на 53 и 113%. Отметим, что спустя 15 сек. после прекращения работы величина показателей упруго-вязких свойств икроножной мышцы значительно меньше, чем при утомлении в конце работы. Следовательно, сразу после работы начинается интенсивный процесс восстановления упруго-вязких свойств скелетной мышцы. Причем после статической работы происходит более интенсивный процесс восстановления механических свойств мышцы, чем после динамической работы (см. табл. 3 и 4).

Однако, несмотря на быстрый процесс восстановления после работы упруго-вязких свойств скелетной мышцы, полное восстановление до фоновых величин наблюдалось не сразу. После статической работы величина показателя упругости восстанавливалась через 5—10 мин., а показатели вязкости — через 10—15 мин. После динамической работы величина показателя упругости мышцы сравнивалась с фоновой ко 2-й мин., а величина вязкости — к 5—10-й мин. Величина показателей упругости и вязкости мышцы полностью восстанавливается быстрее после динамической работы, чем после статической. Таким образом, несмотря на то, что более интенсивный процесс восстановления механических свойств мышцы на-

блюдали сразу после статической работы, полное восстановление величин изучаемых показателей после динамической работы заканчивалось раньше. Возможно, что скорость восстановительных процессов в скелетной мышце после двух видов работы меняется неодинаково.

Проведенные исследования позволили установить, что двигательное утомление сопровождается изменением упруго-вязких свойств работающих скелетных мышц. Это говорит о том, что изменения условий прохождения тока крови через мышцу, а также иной характер нервной регуляции мышцы при работе находят свое отражение в изменении механических свойств мышечной ткани.

Известно (8), что собственно упругие свойства мышцы, например ее жесткость, могут непосредственно регулироваться нервной системой: изменение супроспинальных влияний на γ -систему сказывается в перераспределении порогов и других свойств динамической и статической компонент чувствительности мышечных веретен. Напротив, нет данных о возможности прямых иннервационных влияний на вязкость мышцы. Простой логический анализ позволяет предположить возможность пассивного изменения вязкости вследствие изменений жидкостного состава мышечной клетки и внеклеточного пространства мышцы. Это подтверждают наши экспериментальные данные (1). Поэтому есть основания считать, что при количественном исследовании упруго-вязких свойств мышцы изменения показателей упругости в большей степени определяются иннервационными факторами, в то время как изменения показателей вязкости сильнее зависят от собственно механических свойств мышцы и от вегетативных сдвигов, обусловленных мышечной работой.

В наших опытах и упругость и вязкость скелетной мышцы увеличиваются в результате работы до утомления. Однако сравнительно больший прирост упругости мышцы к концу работы наблюдается при динамической работе; вязкость мышцы возрастает значительно в конце статической работы, чем в конце динамической. Характерно, что упруго-вязкие свойства икроножной мышцы восстанавливаются быстрее в том случае, когда в результате работы более существенно менялась величина упругости мышцы — после динамической работы. Более позднее восстановление механических свойств скелетной мышцы отмечалось, когда в конце работы преобладало изменение вязкости мышцы — после статической работы. В связи с этим можно предположить, что время восстановления после работы

механических свойств мышцы более связано с вегетативными факторами, чем с иннервационными.

Выводы

1. В процессе статической и динамической работы упругость и вязкость скелетной мышцы возрастают и достигают максимума к концу работы.

2. В конце статической работы упругость мышцы меньше, а вязкость больше, чем при динамической работе.

3. Упруго-вязкие свойства скелетной мышцы восстанавливаются быстрее после динамической работы. Более позднее восстановление механических свойств мышцы наблюдалось после статической работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васюков Г. В. Исследование упруго-вязких свойств скелетных мышц человека. Автореф. дисс. М., 1967.

2. Жуков Е. К. Вязко-эластические свойства тонического аппарата скелетной мышцы. «Физиол. журн. СССР», 1956, т. 17, № 1, с. 95.

3. Кирзон М. В. О влиянии работы на твердость мышцы. «Физиол. журн. СССР», 1935, т. 18, № 4, с. 605.

4. Соколова Л. С. Динамика тонометрических показателей в процессе тренировки у горнолыжников. Материалы IX Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биохимии и биомеханике мышечной деятельности. Т. 3, М., 1966, с. 45.

5. Темкин И. Б. Тонусометрия как показатель спортивной формы легкоатлетов высокой квалификации. Материалы IX Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биохимии и биомеханике мышечной деятельности. Т. 3, М., 1966, с. 58.

6. Уфлянд Ю. М. Влияние профессионального труда на так называемый мышечный тонус. «Гигиена труда», 1927, № 8, с. 3.

7. Фанагорская Т. П., Королева И. М. Электротонусометрия нервно-мышечного аппарата. В кн.: «Современные методы исследования в спортивной медицине». Л., 1963, с. 221.

8. Фельдман А. Г. Параметры управления двигательным аппаратом человека. Автореф. дисс. М., 1967.

9. Штранкфельд И. Г. Механические свойства разных типов мышц в различных функциональных состояниях. Автореф. дисс. М., 1958.

10. Шербаков А. И. О суточных колебаниях мышечного тонуса. В кн.: «Вопросы теоретической и клинической медицины». Чита, 1962, с. 146.

11. Lewin A., Wymann J. The viscoelastic properties of muscle. Proc. Roy. Soc. 101, 218, 1927.

12. Müller R. Die Härte menschlicher Muskeln bei Ruhe und Arbeit. Pflug. Arch. ges. Physiol. 206, 106, 1924.

13. Sandlow A., Brust M. Effect of activity on the visco-elasticity of normal and jodlacetate muscles. Proc. Soc. Exper. Biol. a Med. 63, 642, 1946.

14. Steinhausen W. Untersuchungen ueber die elastischer Eigenschaft der Musneln bei verschiedenen fun Ktionellon zustaenclen Miit. Pfl.-Arch. 205, 76, 1924.

ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ Н-РЕФЛЕКСА КАМБАЛОВИДНОЙ И ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦ ПРИ СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ РАЗНОЙ МОЩНОСТИ

М. Г. Караев

В настоящее время вопрос о «локализации» утомления и сущности этого процесса нельзя считать решенным. Существуют две точки зрения: согласно первой — ограничение работоспособности обусловлено процессами, протекающими в периферическом звене (мышцах) двигательного аппарата (3, 9, 14, 21—24); согласно второй — в центральной нервной системе (4—6, 18, 19, 25, 26). В последнем случае процесс утомления авторы связывают, как правило, с корковым уровнем.

Вместе с тем известно, что система управления движением построена по иерархическому принципу, то есть представляет собой многоуровневую систему управления (1, 2, 8). Естественно предполагать, что при двигательном утомлении на каждом из уровней управления движением могут протекать процессы, приводящие к ограничению работоспособности.

В последние годы были проведены исследования функциональных изменений, происходящих на сегментарном уровне у человека при статической работе, выполняемой до утомления. По данным этих исследований, в процессе статического напряжения мышц и после него происходит сложная спинальная внутрицентральная перестройка. Так, А. А. Зайцев (11) установил, что при работе до утомления мощностью в $\frac{3}{4}$ от максимального усилия происходит постепенное выключение и включение относительно низкопороговых («медленных») и высокопороговых («быстрых») мотонейронов. Автор выявил, что сразу после прекращения работы рефлекторная возбудимость

двигательных клеток спинного мозга снижена и восстанавливается в течение 2—3 мин.

Изучая в сравнительном плане динамику восстановления рефлекторной возбудимости α -мотонейронов после статических нагрузок, В. И. Курбатов, А. В. Овсянников, В. Л. Федоров (16) показали, что она неодинакова после работы разной мощности.

Задача настоящей работы — изучить различия в характере изменения функционального состояния спинного мозга в процессе выполнения работы разной мощности.

Методика исследования. Для оценки рефлекторной возбудимости двигательных клеток спинного мозга использовался метод моносинаптического тестирования (Н-рефлекс). Н-рефлекс вызывался электрическим раздражением нерва в подколенной ямке. Для этого применялся прямоугольный импульс длительностью 1 мсек от выходного трансформатора электростимулятора. Регистрация синхронного рефлекторного ответа производилась с камбаловидной и медиальной головки икроножной мышц поверхностными, отводящими электродами на миографе «Диза».

Контрольная величина Н-рефлекса была равна 40—50% от максимальной. Н-рефлекс вызывался через 10 сек. в шести последовательных пробах до работы, а затем каждые 10 сек. в процессе удержания груза и в течение 20 мин. периода восстановления.

Во время опыта испытуемый, лежа на кушетке (на животе), совершал подошвенное сгибание максимальной амплитуды и удерживал груз в этом положении. Проводились две серии экспериментов: в первой испытуемый должен был поднять и удерживать груз, равный 60% от максимального усилия, до полного утомления (работа большой мощности); во второй — 20% (работа малой мощности). Максимальную силу мышц голени определяли при помощи динамометра В. М. Абалакова.

Результаты исследования. Время удержания груза, равного 60% от максимальной величины, у испытуемых было различным и равнялось 1—3 мин.

В начале работы амплитуда Н-рефлекса резко возрастала по сравнению с фоном, и средняя величина ее прироста за 1-ю мин. составляла для икроножной мышцы 180%, для камбаловидной — 120%. В дальнейшем амплитуда Н-рефлекса икроножной мышцы продолжала постепенно увеличиваться, тогда как амплитуда Н-рефлекса камбаловидной мышцы вна-

чале увеличивается, а к концу работы уменьшается, превышая, однако, уровень в начале работы (рис. 1А).

После работы амплитуда Н-рефлекса икроножной мышцы уменьшена на 29%, а камбаловидной — на 30% по сравнению

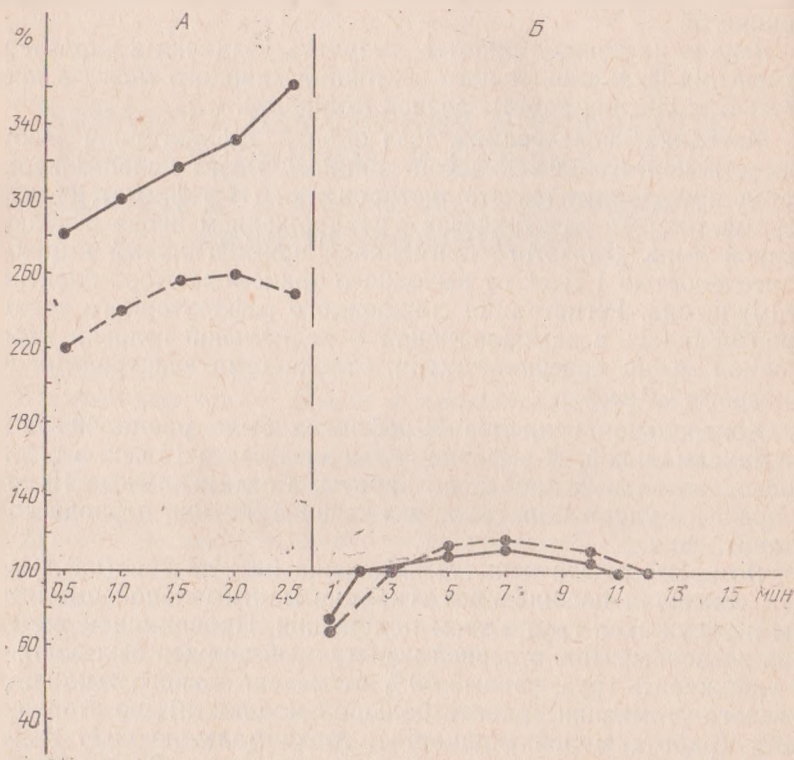


Рис. 1. Характер изменения Н-рефлекса при работе большой мощности и в период восстановления (контрольная величина Н-рефлекса принята за 100%): А — работа, Б — восстановление

По оси ординат — амплитуда Н-рефлекса в %; по оси абсцисс — время в минутах. Сплошная линия — икроножная мышца, пунктирная — камбаловидная мышца.

с фоном и восстанавливалась до исходных величин соответственно ко 2-й и 3-й мин. В интервале от 4 до 12 мин. восстановительного периода амплитуда Н-рефлекса изучаемых мышц была больше контрольной величины (рис. 1Б).

В отличие от первой серии, время удержания груза, равного 20% от максимального усилия, было более продолжительным и составляло 12—20 мин.

В начале работы прирост амплитуды Н-рефлекса на 1-й мин. равнялся для икроножной мышцы 93%, а для камба-

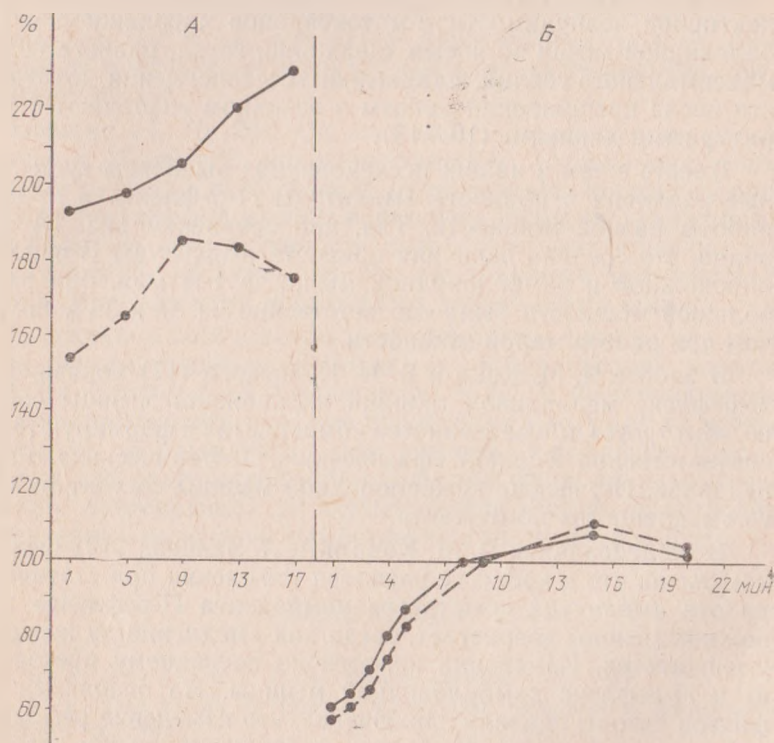


Рис. 2. Характер изменения Н-рефлекса при работе малой мощности и в период восстановления. Обозначения те же, что на рис. 1

ловидной — 54%. При дальнейшем удержании груза, вплоть до прекращения работы, динамика изменения Н-рефлекса икроножной и камбаловидной мышц подобна динамике в первой серии экспериментов (рис. 2А).

После работы малой мощности депрессия Н-рефлекса икроножной и камбаловидной мышц более выражена. Так, величина Н-рефлекса икроножной мышцы уменьшена на 40%,

а камбаловидной — на 42% по сравнению с фоном. Восстановление амплитуды Н-рефлекса этих мышц наблюдалось на 8—9-й мин., что значительно дольше, чем в первой серии экспериментов (рис. 2Б).

Представленные результаты о характере изменения рефлекторной возбудимости α -мотонейронов икроножной и камбаловидной мышц во время удержания груза, равного 60% от максимального усилия, и динамики восстановления возбудимости после прекращения работы в основном совпадают с литературными данными (10—13).

Вместе с тем в наших исследованиях выявлены существенные различия в приросте амплитуды Н-рефлекса в процессе работы разной мощности. Так, при сравнении рис. 1А и 2А видно, что средняя величина прироста амплитуды Н-рефлекса икроножной и камбаловидной мышц за 1-ю мин. при работе большой мощности была соответственно на 87 и 66% больше, чем при работе малой мощности.

В работе Я. М. Коца и В. И. Кринского (17) показано, что Н-рефлекс медиальной головки икроножной мышцы состоит из «быстрого» и «медленного» компонентов и формируются они соответственно группой «фазических» и «тонических» α -мотонейронов. Н-рефлекс камбаловидной мышцы состоит из одного «медленного» компонента.

В исследованиях Я. М. Коца и А. А. Зайцева (12) было обнаружено, что в процессе развития утомления при статической работе амплитуда «быстрого» компонента Н-рефлекса икроножной мышцы возрастает, тогда как «медленного» несколько уменьшается. Изменения аналогично последнему претерпевает и Н-рефлекс камбаловидной мышцы. На основании этих фактов авторы сделали заключение, что изменение рефлекторной возбудимости мотонейронов работающих мышц отражает последовательность выключения и включения относительно низкопороговых «медленных» и высокопороговых «быстрых» мотонейронов во время выполнения утомительной работы.

Некоторое уменьшение Н-рефлекса камбаловидной мышцы к концу работы и увеличение рефлекторного ответа икроножной мышцы (см. рис. 1А, 2А), по-видимому, являются следствием описанной выше причины.

Ход кривой восстановления рефлекторной возбудимости α -мотонейронов после работы различной мощности в нашей работе в основном согласуется с результатами исследований В. И. Курбатова, А. В. Овсянникова и В. Л. Федорова (16). Однако, по нашим данным, степень депрессии рефлекторной

возбудимости двигательных клеток спинного мозга после работы малой интенсивности была менее выражена, чем в приведенной работе. Эти различия, по-видимому, связаны с тем обстоятельством, что в нашей работе для оценки рефлекторной возбудимости α -мотонейронов использовался метод Н-рефлекса, тогда как в исследованиях названных авторов — метод сухожильного рефлекса, поскольку двигательная модель (подошвенное сгибание) и нагрузка (20% от максимальной) были одинаковыми.

Известно (7, 15, 20), что по своей природе сухожильный рефлекс и Н-рефлекс моносинаптические. Однако при сухожильном рефлексе возбуждение мотонейронов, которое возникает при растяжении мышцы вследствие удара по сухожилию, происходит за счет активности интрафузальных волокон, тогда как при Н-рефлексе — за счет раздражения афферентных волокон, т. е. при этом исключается звено — сама мышца.

Изложенные соображения дают основание думать, что различия между нашими данными и результатами работы В. И. Курбатова, А. В. Овсянникова и В. Л. Федорова определяются процессами, которые происходят в мышцах во время работы, но не выявляются при помощи Н-рефлекса. Таким образом, при статической работе, помимо функциональных изменений, протекающих на сегментарном уровне, происходят определенные изменения в собственно мышечном аппарате.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн Н. А. О построении движений. М., 1947.
2. Бернштейн Н. А. Очерки физиологии движения и физиологии активности. М., 1966.
3. Беритов И. С. Общая физиология мышечной и нервной систем. I. М. Л. АН СССР, 1959.
4. Васильев Л. Л., Хавкина Н. Н. Роль торможения в развитии утомления при мышечной работе человека. В кн.: «Нервная система». Л., 1962.
5. Верещагин Н. К. О действии статических усилий на организм. «Физиол. журн. СССР», 1957, 43, 699.
6. Виноградов М. И. Физиология трудовых процессов. Л., 1958.
7. Гранит Р. Электрофизиологические исследования рецепции. М., 1957.
8. Гурфинкель В. С., Коц Я. М., Шик М. Л. Регуляция позы человека. М., 1965.
9. Данько Ю. И. О локальном характере утомления скелетной мышцы человека при работе на эргографе. Материалы IX Всесоюзной научной

конференции по физиологии, морфологии, биохимии и биомеханике мышечной деятельности. Т. I, М., 1966, с. 98—99.

10. Зайцев А. А. Рефлекторная возбудимость спинальных мотонейронов в восстановительном периоде. Тезисы 6-й конференции молодых ученых. М., 1968 (ГЦОЛИФК).

11. Зайцев А. А. Изменение электрической активности «быстрой» и «медленной» мышцы в связи с утомлением. Материалы X Всесоюзной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. М., 1968, с. 176.

12. Зайцев А. А., Коц Я. М. Спинальные феномены при статической работе. В сб.: «Физиология труда». М., «Наука», 1967, с. 118.

13. Зайцев А. А. Процессы восстановления в двигательных центрах спинного мозга. В сб.: «Проблемы физиологии спорта». М., ФИС, 1969, с. 161—168.

14. Кащук М. Э. Влияние экстракта из крови человека, утомленного мышечной работой на процесс регенерации. «Офтальмол. журн». 1947, 61, 2.

15. Костюк П. Г. Двухнейронная дуга. М., 1959.

16. Курбатов В. И., Овсянников А. В., Федоров В. Л. Влияние статической работы различной продолжительности на функциональное состояние сегментарного аппарата спинного мозга. Материалы XI Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биохимии и биомеханике мышечной деятельности. Свердловск, 1970, с. 235.

17. Коц Я. М., Кринский В. И. Моносинаптический Н-рефлекс у человека, регистрируемый в камбаловидной и медиальной икроножной мышцах в условиях облегчения (о «быстрых» и «медленных» мотонейронах) «Физиол. журн. СССР», 1968, 17—23, 54, 1.

18. Розенблат В. В. Проблема утомления. М., Медгиз, 1961.

19. Fabre R., Rougier G., Seurin P. A. propos de l'origine centrale ou peripherique de la fatigue. *Compt. rend. Soc. biol.* 23—24, 1536, 142, 1948a.

20. Marsden, Meadows and Hodgson. Observations on the reflex response to muscle vibration in man and its voluntary control. *Brain*, 4, 829—846, 1969.

21. Merton P. A. Problems of muscular fatigue. *Brit. Med. Bull.* 12, 219, 1956.

22. Müller E. A. Muskeldurchblutung bei reaktiver Hyperämie. *Pflüg. Arch. ges. Physiol.* 5, 429, 265, 1958.

23. Hukada A. Hauttemperatur und Leistungs-fähigkeit in Extremitäten bei statischer Haltearbeit *Internat. Z. angew. Physiol.* N 174, 16, 1955.

24. Hukada A. Die Muskelleistungsfähigkeit bei reaktiver Hyperemie *Internat. J. angew. Physiol.* N 1, 81, 16, 1955.

25. Singleton W. T. Deterioration of performance on a shortterm perceptual motor task symposium on fatigue. Ed. Floyd a. Welford, London. 1953, 163.

26. Schwab R. S. Motivation in measurements of fatigue. Symposium on fathigue. Ed. Floyd a. Welford. London. 143, 1953.

ИЗМЕНЕНИЕ Н-РЕФЛЕКСА КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ ПОСЛЕ ДВИЖЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

А. В. Овсянников, В. Л. Федоров, Т. И. Федина

Одной из основных проблем в физиологии является исследование нейрональной основы и функциональной архитектуры построения двигательного поведения животного и человека.

Вопрос, при помощи каких механизмов головной мозг управляет сегментарным уровнем в процессе выполнения естественного движения человека, — немаловажный аспект этой проблемы. С применением в экспериментальной практике метода моносинаптического тестирования (Н-рефлекс) двигательных клеток спинного мозга расширились возможности практического решения данного вопроса.

В ряде работ с использованием этого метода показано, что в период организации произвольного движения у человека происходит существенная функциональная перестройка во взаимодействии элементов спинного мозга. Так, было обнаружено (2, 3), что за 60—70 мсек перед подошвенным сгибанием постепенно повышается рефлекторная возбудимость α -мотонейронов, максимум которой наступает к моменту появления фронта ЭМГ агониста. Для обозначения наблюдаемого феномена В. С. Гурфинкель и Я. М. Коц предложили термин — двигательная «преднастройка».

Поскольку изменение рефлекторной возбудимости α -мотонейронов происходит до начала движения, то естественно считать, что оно обуславливается супраспинальными влияниями (командой).

В исследованиях указанных авторов отмечалось, что двигательная преднастройка охватывает только мотонейронный пул агониста движения и не наблюдается на двигательных ядрах мышц, не участвующих в движении. Однако в определенных экспериментальных условиях (ситуация выбора) двигательная преднастройка распадалась на два компонента. Первый компонент, длящийся от 60 до 30 мсек, перед началом движения носил генерализованный характер, то есть отмечалось изменение возбудимости α -мотонейронов мышцы, не участвующей в движении (другая конечность). Второй компо-

непт, начинавшийся за 30 мсек перед движением, был строго адресован к агонисту движения (7). На основании полученных данных было высказано предположение, что процессы, протекающие на сегментарном уровне в течение первого компонента двигательной преднастройки, определяются супраспинальными структурами, относящимися к экстрапирамидной системе, тогда как в течение второго компонента — пирамидной системой.

Большое количество фактов указывает на то, что в последние 20—30 мсек перед началом движения происходит блокада как супраспинальных, так и спинальных облегчающих и тормозных влияний, не имеющих прямой связи с выполнением данного вида движения (3, 5, 6). Это свидетельствует о том, что процессы, протекающие в течение первого и второго компонентов двигательной преднастройки, функционально неоднозначны и, по-видимому, определяются двумя различными супраспинальными системами.

Таким образом, в настоящее время имеется возможность перейти от общих умозаключений по поводу принципа организации движения к гипотезам, построенным на фактах.

На данном этапе основное внимание исследователей было привлечено к выяснению механизмов инициации движения, тогда как процессы, протекающие на сегментарном уровне во время и после окончания движения, остаются малоизученными, хотя имеются отдельные факты, свидетельствующие о том, что характер выключения мышцы из активного состояния (по данным ЭМГ) зависит от предшествующего режима двигательной деятельности — статической, динамической работы (4, 8). В связи с этим представлялось интересным изучить рефлекторную возбудимость двигательных клеток спинного мозга после окончания движения, а также сравнить характер ее изменений при выполнении движений различной длительности.

Методика исследования. Для определения рефлекторной возбудимости мотонейронного пула агониста движения использовался метод моносинаптического тестирования (Н-рефлекс). Н-рефлекс вызывался электрическим раздражением нерва в подколенной ямке прямоугольным импульсом длительностью 1 мсек. С этой целью применяли электростимулятор «Мультистим». Регистрация рефлекторного ответа производилась от камбаловидной мышцы при помощи поверхностных электродов на электромиографе «Диза».

Проводились три серии экспериментов. В первой серии испытуемый, сидящий в кресле, совершал по сигналу физическое движение, то есть быстро поднимал и опускал пятку, не отрывая носка от пола. Во второй серии нужно было выполнить аналогичное по интенсивности, но более длительное движение. В третьей серии предьявлялось два сигнала. Испытуемый на первый сигнал отрывал пятку от пола, на второй — активно опускал ее. Тем самым инструкция предусматривала смысловое значение сигнала к окончанию движения, при этом его длительность была такая же, как и во второй серии.

Во всех трех сериях производилось тестирование Н-рефлекса с различными временными задержками по отношению к окончанию движения (от 200 до 3000 мсек). В момент окончания движения испытуемый замыкал контакты, расположенные под пяткой, запускающие электростимулятор. Значение амплитуды Н-рефлекса для каждой задержки определялось не менее 5 раз. Контрольной величиной служила субмаксимальная (90—100%) амплитуда Н-рефлекса в покое, его вариативность изучалась в пяти последовательных пробах в начале опыта, а также перед каждой последующей задержкой.

Результаты исследования. В процессе экспериментов испытуемый совершал физическое движение, которое осуществлялось с латентным периодом 150—180 мсек. При этом длительность самого движения у разных испытуемых варьировала от 100 до 250 мсек. После однократного физического движения функциональное состояние сегментарного аппарата спинного мозга существенно меняется. На рис. 1 показано изменение амплитуды Н-рефлекса после исчезновения активности камбаловидной мышцы.

Как видно из рисунка, сразу после движения Н-рефлекс отсутствует и появляется только через 180—200 мсек, восстанавливаясь до 80—100% в течение 3 сек. Скорость восстановления амплитуды Н-рефлекса на протяжении этого времени не одинакова. Так, в интервале от 200 до 400 мсек амплитуда Н-рефлекса восстанавливается быстрее, достигая 35—45% контрольной величины, тогда как в течение последующего времени она восстанавливается более плавно.

Во второй серии длительность движения у всех испытуемых была на порядок больше (1000—2500 мсек). Однако динамика восстановления рефлекторной возбудимости α -мотонейронов аналогична таковой для физического движения (рис. 2).

Кривые восстановления на рис. 2 построены по результатам, полученным на испытуемом О-в. Кривые восстановления для других испытуемых принципиально ничем не отличались. Из этого же рисунка видно, что кривая восстановления, полученная в третьей серии, в которой подавался сигнал к прекращению движения, практически не отличается от кривых, полученных в первых двух экспериментах.

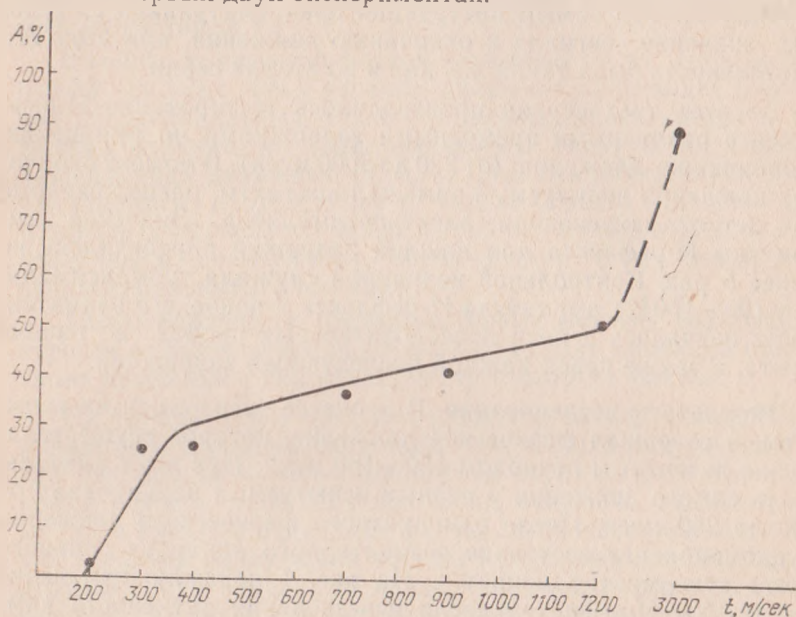


Рис. 1. Характер изменения Н-рефлекса камбаловидной мышцы после фазического движения (средние данные 6 испытуемых). По оси абсцисс — время (мсек) после движения. По оси ординат — амплитуда Н-рефлекса в % от контрольной величины.

Во время опытов мы обратили внимание на то, что через некоторое время после прекращения активности мышцы-агониста движения наблюдается вспышка ЭМГ антагониста длительностью 50—150 мсек и амплитудой 1—1,5 мв. Характер вспышки активности антагониста не зависел от длительности движения. Интервал времени между прекращением активности агониста и появлением активности антагониста был достаточно вариативен, но в среднем равнялся 50 мсек (рис. 3).

Как уже отмечалось, имеется большой экспериментальный материал, указывающий на то, что инициация движения обус-

ловливается супраспинальными влияниями. Вместе с тем вопрос о том, какие системы ответственны за прекращение движения, остается неизученным. Резкое угнетение Н-рефлекса после однократного фазического движения и длительное его восстановление, по нашим данным, совпадает с результатами работы И. Н. Баранова-Крылова (1).

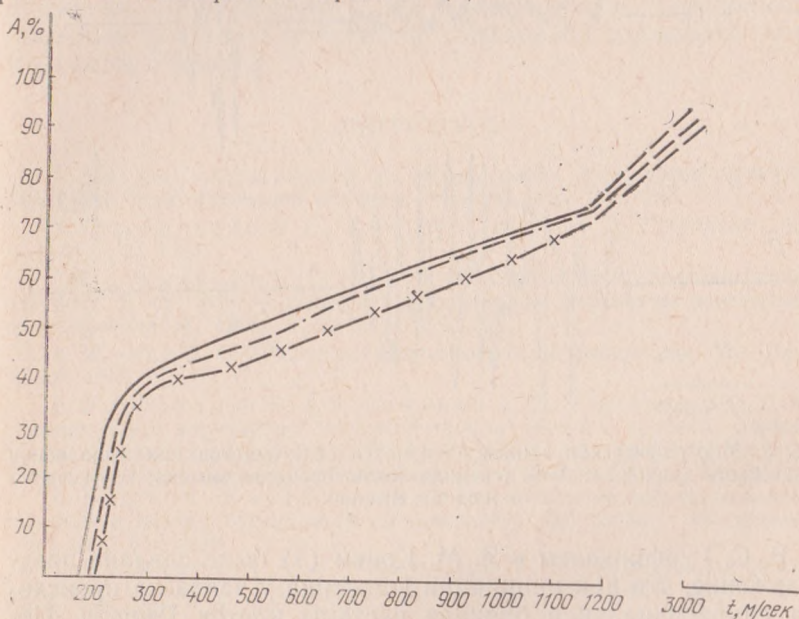


Рис. 2. Характер изменения амплитуды Н-рефлекса после движения различной длительности.

Пунктирная линия с крестиком — фазическое движение; пунктирная с точками — длительное движение; сплошная линия — длительное движение с сигналом к его окончанию.

Сходство кривых восстановления рефлекторной возбудимости α -мотонейронов после выполнения движения различной длительности наводит на мысль, что существует некая единая нейрональная система, ответственная за прекращение движения.

После исследований Эвартса (10), проведенных на обезьянах, стало известно, что активность в пирамидных клетках моторной коры прекращается задолго до окончания движения. Это дает основание думать, что система, инициирующая и корригирующая движение, не участвует в его окончании.

На наш взгляд, наиболее вероятным претендентом на роль системы, ответственной за остановку движения, является спинальная система клеток Реншоу, осуществляющая возвратное торможение α -мотонейронов (9, 11).

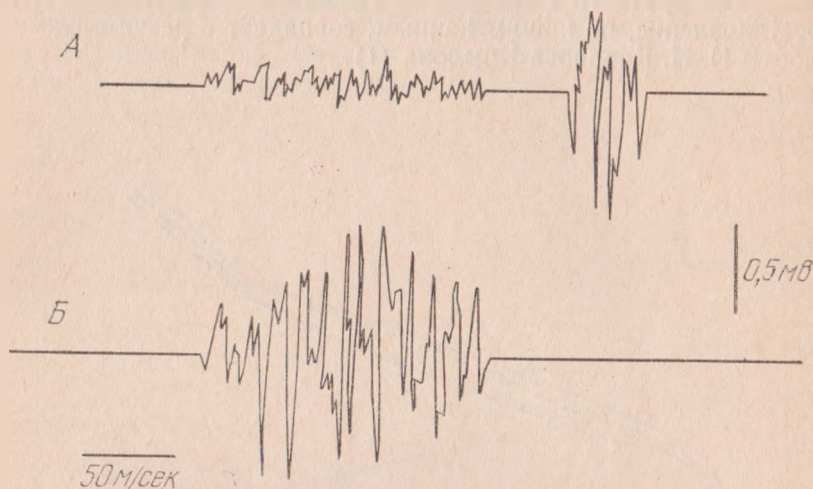


Рис. 3. Многографическая запись активности антагонистов при выполнении фазического движения: А — передняя большеберцовая мышца; Б — камбаловидная мышца.

В. С. Гурфинкелем и Я. М. Коцем (3) было сделано предположение, что при инициации движения у человека происходит супраспинальная блокада системы клеток Реншоу. Поэтому, по-видимому, с прекращением иницирующих супраспинальных влияний тормозная система клеток Реншоу не только высвобождается, но и активируется, в результате чего происходит торможение α -мотонейронов и как его следствие — остановка движения. К этому же выводу приводят данные, полученные в третьей серии экспериментов, в которой предусматривалось смысловое значение сигнала к окончанию движения. Сходство кривой восстановления рефлекторной возбудимости двигательных клеток спинного мозга с кривыми, полученными в двух первых сериях, указывает на то, что специальный сигнал к прекращению движения не вносит никаких существенных дополнений.

Мы предполагаем, что окончание движения не обуславливается специальной супраспинальной командой, а происходит в результате активации тормозной спинальной системы кле-

ток Реншоу. В дальнейшем доказательством этого могло бы послужить выяснение характера двигательной преднастройки перед вспышкой антагониста после окончания активности агониста, которая наблюдалась в наших экспериментах.

Таким образом, изменение рефлекторной возбудимости α -мотонейронов не зависит от длительности выполняемого движения. Предполагается, что прекращение произвольного движения связано с активацией спинальной тормозной системы клеток Реншоу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов-Крылов И. Н. Исследование механизмов произвольных циклических движений человека. Автореф. дисс. М., 1970.
2. Гурфинкель В. С., Коц Я. М., Шик М. Л. Регуляция позы человека. М., 1965.
3. Гурфинкель В. С., Коц Я. М. Двигательная преднастройка у человека. В кн.: «Центральные и периферические механизмы двигательной деятельности». М., 1966.
4. Жуков Е. К. Очерки по нервно-мышечной физиологии. М., «Медицина», 1970.
5. Коробков А. В., Овсянников А. В., Хомякова Г. Д. Супраспинальное торможение межсегментарных связей в процессе формирования ациклического движения. В кн.: «Переработка зрительной информации и регуляция двигательной деятельности». София, 1969, с. 34—35.
6. Коц Я. М., Мартыанов В. А. Отключение вестибуло-спинальных влияний в период организации произвольного движения. «Биофизика», 1968, 13, 5, 818—826.
7. Овсянников А. В., Хомякова Г. Д. Двигательная преднастройка у человека в условиях выбора. «Журн. высш. нерв. деят.», 1969, 19, 3, 525—527.
8. Федоров В. Л., Ратов И. П. Некоторые предпосылки тренировки расслабления мышц через их напряжение. «Теор. и практ. физ. культуры», 1962, 7, 30—35.
9. Экклс Дж. Физиология синапсов. М., 1966.
10. Everts E. V. Pyramidal tract activity associated with a conditioned hand movement in the monkey. *J. Neurophysiology*, vol. 29, N 6, 111—112, 1966.
11. Renshaw B. Central effects of centripetal impulses in axons of spinal ventral roots. *J. Neurophysiology*, vol. 9, N 3, 191—204, 1946.

Раздел III

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ЭФФЕКТА

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ЭФФЕКТА С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАННОЙ ДЕТРЕНИРОВАННОСТИ

*Л. А. Иоффе, М. А. Абрикосова, Ю. М. Стойда,
Б. С. Катковский, Ю. Д. Пометов*

Исследования последних лет показывают, что детренированность, моделируемая с помощью длительного постельного режима (либо водной иммерсии), сопровождается значительными изменениями функционального состояния организма. Степень и характер функциональных сдвигов связаны с продолжительностью ограничения подвижности, при этом определенное значение имеет исходное состояние регуляторных механизмов. Известно, что эффект спортивной тренировки проявляется в преобладании вагусных влияний и повышении активности симпато-ингибиторных и холинергических механизмов. Эти влияния обусловили практическое отсутствие изменений кардиологических показателей у спортсменов в базальных условиях после 10-суточного постельного режима и значительно меньшую выраженность сдвигов при ортостатических воздействиях и мышечной работе по сравнению с данными нетренированных людей.

Значение исходного состояния регуляторных механизмов в динамике функционального состояния аппарата кровообращения подтверждено при изучении влияния на физиологические функции спортсменов 40-суточного постельного режима. В этих условиях наблюдались более существенные сдвиги, чем при 10-суточном ограничении подвижности. Значительно ухудшилась выносливость, о чем можно было судить по уменьшению длительности бега на тредбане с постоянной скоростью. Однако даже в день окончания постельного режима спортсмены бежали больше времени, чем нетренированные люди в нормальных условиях. Кроме того, у спортсменов после перехода на активный двигательный режим быстро восстанавливался исходный характер адаптации системы кровообращения к поструральным воздействиям и мышечной работе.

Настоящее исследование посвящено анализу устойчивости тренировочного эффекта, обусловленного 3-месячной физической тренировкой. В качестве детренирующего воздействия использовалась 1-суточная водная иммерсия. Испытуемые находились в ванне на специальной сетке, глубину погружения которой регулировали с помощью блочного устройства. Погружение осуществлялось до уровня шеи (ножной конец сетки был несколько ниже головного). Содержание поваренной соли в воде составляло 9 г/л, температура воды — $34,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Учитывалось, что при длительном погружении в воду мощность детренирующего воздействия увеличивается в связи с тем, что на протяжении физиологических функций, помимо ограничения мышечной деятельности, сказывается резкое изменение экологических условий.

После 1-суточного пребывания в воде испытуемые (9 здоровых мужчин 21—30 лет) приступили к физической тренировке по программе, составленной Ю. А. Сандаловым. Наряду с общеразвивающими упражнениями и равномерным бегом большое внимание уделялось силовым упражнениям. После 3-месячной тренировки повторно исследовалось влияние 1-суточной иммерсии на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и ее приспособляемость к ортостатическим воздействиям и мышечным нагрузкам.

У испытуемых анализировали ЭКГ, фазы систолы левого желудочка (по данным поликардиографии), ударный и минутный объем крови (методом возвратного дыхания CO_2), скорость распространения пульсовой волны (СРПВ, по данным сфигмографии), артериальное давление (способом Короткова).

До и после погружения в воду проводили пассивную ортостатическую пробу с помощью поворотного стола и пробы с дозированной и максимальной физической нагрузкой. Дозированная работа выполнялась на велоэргометре (10-минутное педалирование при постоянной мощности 600 кгм/мин); максимальная — на тредбане (бег с максимальной и постоянной скоростью). Постоянная скорость поддерживалась до отказа испытуемых продолжать упражнение.

Под влиянием 3-месячной тренировки произошли существенные изменения статических и динамических характеристик функционального состояния сердца и сосудов. Существенно снизилась частота сердцебиений. В соответствии с замедлением сердечного ритма удлинился интервал Q—T. У 5 испытуемых возросла амплитуда зубца T в стандартных отведениях, что отразилось на средних данных (табл. 1). Статистически значимо уменьшение внутрисистолического показателя и начальной скорости нарастания внутрижелудочкового давления, увеличение индекса напряжения миокарда ($p < 0,05$). В 5 наблюдениях умеренно удлинилась фаза изометрического сокращения, что определило тенденцию к увеличению средней длительности этой фазы ($p < 0,1$).

Изменения хронокардиограммы у большинства испытуемых свидетельствуют о формировании фазового синдрома гиподинамии миокарда, понятие о котором было сформулировано В. Л. Карпманом (3).

Тренировочный эффект проявился и в повышении работоспособности (табл. 2). Изменения максимальной скорости бега, длительности бега с постоянной скоростью на тредбане, снижение пульсовой стоимости дозированной работы статистически значимы ($p < 0,01$).

Погружение в воду как в исходных наблюдениях, так и после 3-месячной тренировки сопровождалось практически однонаправленными изменениями показателей системы кровообращения. Однако после повторной иммерсии начальная скорость нарастания внутрижелудочкового давления повысилась ($p < 0,05$), тогда как на I этапе исследования отмечалось ее снижение; отсутствовали изменения длительности фазы изометрического сокращения (на I этапе — тенденция к удлинению).

Характер реакции сердечно-сосудистой системы при ортостатической пробе после тренировки не изменился (табл. 3). Во время постиммерсионных испытаний ортостатическая проба на обоих этапах исследования сопровождалась более резкими измене-

Таблица 1

Изменения некоторых показателей электрокардиограммы при пассивной ортопробе под влиянием 1-суточной иммерсии

Показатели	До тренировки		После тренировки	
	1 M ± m	2 M ± m	1 M ± m	2 M ± m
Индекс ритма, %	16,0 ± 3,7	7,0 ± 0,4	14,9 ± 2,75	8,5 ± 1,15
P—Q, сек.	7,5 ± 1,5	4,9 ± 0,3	8,7 ± 0,86	4,0 ± 0,43
Q—T, сек.	0,15	0,14	0,15	0,14
P _{II} , мм	0,14	0,12	0,14	0,12
T _I , мм	0,38	0,37	0,41	0,37
T _{II} , мм	0,34	0,31	0,35	0,32
T _{III} , мм	1,4	1,0	0,8	1,0
αP, в °	1,6	1,6	1,3	2,7
αQRS, в °	2,5	-2,3	2,8	2,6
αT, в °	1,7	1,8	1,9	1,6
T _{V₁} , мм	3,6	3,0	3,9	3,1
T _{V₂} , мм	1,4	1,4	1,8	1,0
T _{V₃} , мм	0,8	0,7	1,1	0,7
T _{V₄} , мм	-0,5	-0,6	0,1	-0,9
T _{V₅} , мм	60,0 ± 3,1	51,0 ± 8,2	48,5 ± 8,1	51,0 ± 5,9
T _{V₆} , мм	73,0 ± 3,2	69,0 ± 8,1	70,0 ± 5,3	75,0 ± 3,8
T _{V₀} , мм	65,0 ± 7,7	75,0 ± 4,0	74,0 ± 3,1	73,0 ± 3,3
	69,0 ± 6,9	79,0 ± 3,5	78,0 ± 3,0	79,0 ± 3,2
	42,0 ± 4,7	36,0 ± 5,2	46,0 ± 6,1	38,0 ± 7,0
	1,0 ± 13,2	8,5 ± 11,9	32,0 ± 10,7	7,7 ± 12,6
	1,1	1,4	1,4	1,6
	1,7	2,1	2,1	1,5
	4,4	4,1	4,4	3,9
	4,2	4,4	4,2	3,3
	5,1	4,3	5,2	4,6
	4,1	4,1	4,5	2,9
	4,8	3,4	5,2	3,7
	3,7	2,7	3,7	2,0
	3,7	2,7	4,0	2,5
	2,3	1,6	2,3	1,3
	2,7	1,7	2,7	1,6
	1,6	1,0	1,5	0,6

Примечание. 1 — исходные данные; 2 — после иммерсии; верхняя строка — результаты при горизонтальном положении испытуемых; нижняя — при ортостатическом.

Работоспособность и изменения некоторых показателей кардиодинамики во время дозированной работы на велоэргометре

Показатели	Исходные данные	После 1-суточной иммерсии	После 3-месячной тренировки	После повторной 1-суточной иммерсии
Максимальная скорость бега на тредбане (м/сек)	7,5±0,1	7,9±0,2	8,9±0,1	9,1±0,05
Длительность бега с постоянной скоростью на тредбане в 1 мин. (4,5 м/сек)	3,33±0,30	3,03±0,21	5,42±0,20	5,6±0,32
Сердечный ритм (уд/мин) в конце дозированной работы	152,7±2,9	163,5±2,1	148,5±3,3	158,7±2,4
Пульсовая стоимость дозированной работы	1420	1480	1340	1430
Длительность периода изгнания (сек.) в конце дозированной работы	0,155	0,130	0,164	0,131
Максимальное ВИМО (сек.) во время дозированной работы	25,02	22,51	25,14	22,08

ниями функционального состояния сердца и сосудов, чем в исходных наблюдениях. На обоих этапах у 3 испытуемых (в двух случаях повторно) развился ортостатический коллапс.

Приведенные данные говорят о том, что изменения реактивности системы кровообращения при ортостатических воздействиях под влиянием иммерсии у обследованных лиц после 3-месячной тренировки не отличаются от сдвигов, отмеченных на 1 этапе (см. табл. 1, 3).

Таким образом, физическая тренировка не влияет существенно на «поведение» аппарата кровообращения при ортопробе после иммерсии. Это совпадает с данными других авторов (2, 8), которые не смогли предотвратить с помощью предварительной 1,5—2-месячной физической тренировки ухудшения ортостатической устойчивости после длительного постельного режима. Однако у высококвалифицированных штангистов после 10- и 40-суточного постельного режима ортопроба

Таблица 3

Влияние 1-суточной водной иммерсии на изменения хронокардиограммы и некоторых гемодинамических показателей при пассивной ортопробе

Показатели	I этап (до тренировки)		II этап (после тренировки)	
	Горизонтальное положение	Ортоположение (10 мин.)	Горизонтальное положение	Ортоположение (10 мин.)
Сердечный цикл, сек.	0,977	0,768	1,078	0,838
	0,880	0,606	0,918	0,570
Фаза асинхронного сокращения	0,061	0,070	0,063	0,065
	0,058	0,055	0,060	0,061
Фаза изометрического сокращения	0,034	0,054	0,042	0,061
	0,040	0,063	0,040	0,056
Период изгнания	0,271	0,199	0,269	0,209
	0,237	0,153	0,233	0,153
Начальная скорость нарастания внутрижелудочкового давления, мм рт. ст./сек.	1908	1308	1470	1170
	1615	1172	1746	1414
Ударный объем крови, мл	61,6	29,2	57,2	31,2
	63,7	25,1	66,2	21,6
Минутный объем крови, л/мин.	3,89	2,30	3,31	2,53
	4,33	2,49	4,33	2,27
Артериальное давление, мм рт. ст.	116,6/69,4	116,1/76,7	117,2/65,6	114,8/76,6
	118,6/69,4	118,3/77,5	118,9/72,2	114,7/84,3
СРВП (м/сек); в восходящей аорте	5,47	5,89	5,26	5,35
	5,58	5,64	5,27	5,14
в нисходящей аорте	6,31	8,11	6,24	7,97
	6,07	7,46	6,26	8,71
в сосудах руки	7,86	9,57	8,13	9,08
	8,11	9,32	8,31	9,05
в сосудах ноги	8,41	13,50	8,46	11,85
	8,69	11,61	8,36	11,17

сопровождалась менее выраженными изменениями, чем у бегунов и нетренированных людей. Более высокую ортостатическую устойчивость, чем испытуемые других групп, продемонстрировали штангисты и после 5-суточной водной иммерсии. Можно предположить, что наряду с выбором средств и методов физических упражнений большое значение для сохранения ортостатической устойчивости при воздействиях, связанных с понижением гидростатического давления жидкости в организме и ограничением двигательной активности, имеет стаж тренировочных занятий.

Дозированная работа после иммерсии способствовала более выраженным изменениям частоты сердечных сокращений, длительности периода изгнания, механической и общей систол (табл. 4). Нужно заметить, что после повторной иммерсии у 3 испытуемых пульсовая стоимость дозированной работы была ниже, чем до погружения в воду, тогда как на I этапе снижение пульсовой стоимости работы наблюдалось лишь у одного испытуемого. Несмотря на меньшую частоту сердцебиений, длительность периода изгнания, механической и общей систол во время работы во всех случаях была укорочена по сравнению с данными предиммерсионных испытаний. У всех испытуемых нагрузка, выполнявшаяся после пребывания в воде, сопровождалась менее выраженным увеличением времени изгнания минутного объема крови (ВИМО) (см. табл. 4). Этот факт имеет важное значение, так как известно, что ВИМО тесно коррелирует с величиной минутного объема крови.

Представляют интерес изменения СРПВ в сосудах руки под влиянием педалирования на велоэргометре (рисунок). Тренировка в течение 3 месяцев не вызвала изменений СРПВ в покое, однако ее прирост после нагрузки заметно снизился (18% против 29 до тренировки), а период восстановления сократился. Изменения СРПВ при педалировании после иммерсии возросли, однако изменения реактивности сосудистого тонуса у тренированных испытуемых менее выражены (21% против 34%).

Очевидно, что повышение тренированности способствует улучшению адаптации сосудистой системы к мышечной нагрузке. Это проявляется в более «экономных» сдвигах СРПВ под влиянием мышечной работы. Важно, что тренировочный эффект сохраняется и после длительного пребывания в воде.

Бег на тредбане с максимальной скоростью после 3-месячной тренировки сопровождался менее выраженным учащением

Таблица 4

Влияние 1-суточной водной иммерсии на изменения хронокардиограммы при выполнении дозированной работы на велоэргометре

Показатели	Покой	Работа, мин.			Восстановление, мин.				
		1	5	10	10 сек.	1	5	10	15
I этап									
Сердечный цикл	0,737	0,471	0,412	0,393	0,429	0,500	0,589	0,581	0,648
	0,682	0,462	0,398	0,367	0,375	0,463	0,549	0,545	0,574
Фаза асинхронного сокращения	0,064	0,053	0,053	0,049	0,050	0,052	0,062	0,063	0,064
	0,064	0,053	0,047	0,045	0,048	0,053	0,058	0,062	0,064
Фаза изометрического сокращения	0,040	0,010	0,006	0,001	0,003	0,019	0,035	0,043	0,045
	0,045	0,011	0,002	0,003	0,004	0,019	0,042	0,049	0,049
Период изгнания	0,208	0,193	0,168	0,155	0,132	0,151	0,181	0,190	0,193
	0,188	0,169	0,144	0,130	0,111	0,134	0,178	0,178	0,179
Время изгнания минутного объема крови	17,05	24,47	24,49	23,74	18,44	18,10	18,67	19,06	18,54
	16,30	22,02	21,85	21,27	17,85	17,66	19,42	19,56	18,43
II этап									
Сердечный цикл	0,738	0,479	0,426	0,404	0,435	0,553	0,631	0,640	0,649
	0,684	0,464	0,403	0,378	0,392	0,492	0,558	0,591	0,596
Фаза асинхронного сокращения	0,061	0,051	0,049	0,047	0,049	0,055	0,060	0,061	0,061
	0,061	0,053	0,048	0,045	0,047	0,051	0,058	0,059	0,060
Фаза изометрического сокращения	0,040	0,011	0,001	0	0,007	0,020	0,039	0,042	0,042
	0,043	0,009	0	0	0,001	0,017	0,039	0,045	0,045
Период изгнания	0,207	0,191	0,164	0,164	0,144	0,161	0,197	0,199	0,205
	0,190	0,171	0,150	0,131	0,112	0,121	0,182	0,182	0,180
Время изгнания минутного объема крови	16,80	23,86	24,50	24,37	20,01	17,74	19,05	18,76	18,76
	16,62	21,92	22,07	20,83	17,62	17,13	18,70	18,61	18,21

Примечание. См. табл. 3.

Влияние 1-суточной водной иммерсии на динамику некоторых электрокардиографических показателей во время бега на тредбане с постоянной скоростью

Показатели	Покой	Работа				Восстановление				
		30 сек.	1 мин.	3 мин.	Конец бега	10 сек.	1 мин.	3 мин.	5 мин.	10 мин.
I этап										
R—R, сек.	0,67	0,34	0,31	0,30	0,30	0,30	0,36	0,45	0,50	0,51
	0,59	0,33	0,32	0,30	0,30	0,30	0,35	0,45	0,49	0,49
R—Q, сек.	0,13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,13	0,13	0,13
	0,12	0,10	0,10	0,10	0,095	0,10	0,11	0,13	0,13	0,13
Q—T, сек.	0,32	0,24	0,23	0,21	0,20	0,20	0,23	0,27	0,30	0,30
	0,31	0,24	0,22	0,20	0,20	0,20	0,23	0,27	0,29	0,29
R, мм	10,2	10,7	10,3	10,3	10,0	9,2	10,2	10,8	10,6	10,9
	10,4	10,8	10,8	10,4	10,3	9,5	10,3	11,0	10,8	10,7
S, мм	0,9	1,6	1,8	1,9	2,5	2,6	2,4	1,8	1,3	1,2
	0,9	1,5	1,7	2,1	2,2	2,4	2,1	1,7	1,4	1,0
T, мм	2,0	0,8	1,7	1,8	1,9	2,0	3,4	3,7	1,9	1,1
	1,5	1,0	1,4	1,7	1,7	1,8	4,0	3,9	2,1	1,0

Показатели	Покой	Работа				Восстановление				
		30 сек.	1 мин.	3 мин.	Конец бега	10 сек.	1 мин.	3 мин.	5 мин.	10 мин.
II этап										
R—R, сек.	0,72	0,36	0,34	0,31	0,30	0,31	0,36	0,45	0,49	0,51
	0,65	0,35	0,33	0,31	0,295	0,30	0,35	0,43	0,45	0,45
R—Q, сек.	0,13	0,11	0,105	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13
	0,12	0,11	0,105	0,10	0,10	0,10	0,115	0,13	0,13	0,13
Q—T, сек.	0,32	0,25	0,24	0,21	0,20	0,205	0,23	0,27	0,29	0,29
	0,31	0,26	0,24	0,21	0,20	0,20	0,23	0,27	0,28	0,28
R, мм	10,1	10,4	10,1	10,0	9,8	9,3	10,4	10,9	10,8	10,3
	10,1	10,5	10,4	9,9	9,5	9,7	9,4	10,5	10,2	10,1
S, мм	0,9	1,9	2,1	2,6	2,7	2,9	2,3	2,6	1,8	1,6
	1,1	2,0	2,2	2,8	3,1	3,2	3,1	2,7	2,1	1,9
T, мм	2,3	0,9	1,6	1,9	2,0	2,3	3,3	3,2	1,8	1,4
	2,2	1,4	1,6	2,1	2,7	3,1	4,4	3,5	2,1	1,5

Примечание. Верхняя строка — данные до иммерсии, нижняя — после иммерсии; ЭКГ регистрировалась в переднем отведении по Небу.

сердцебиений, несмотря на то, что все испытуемые развивали более высокую скорость. При этом кривая, описывающая изменения длительности сердечного цикла в восстановительном

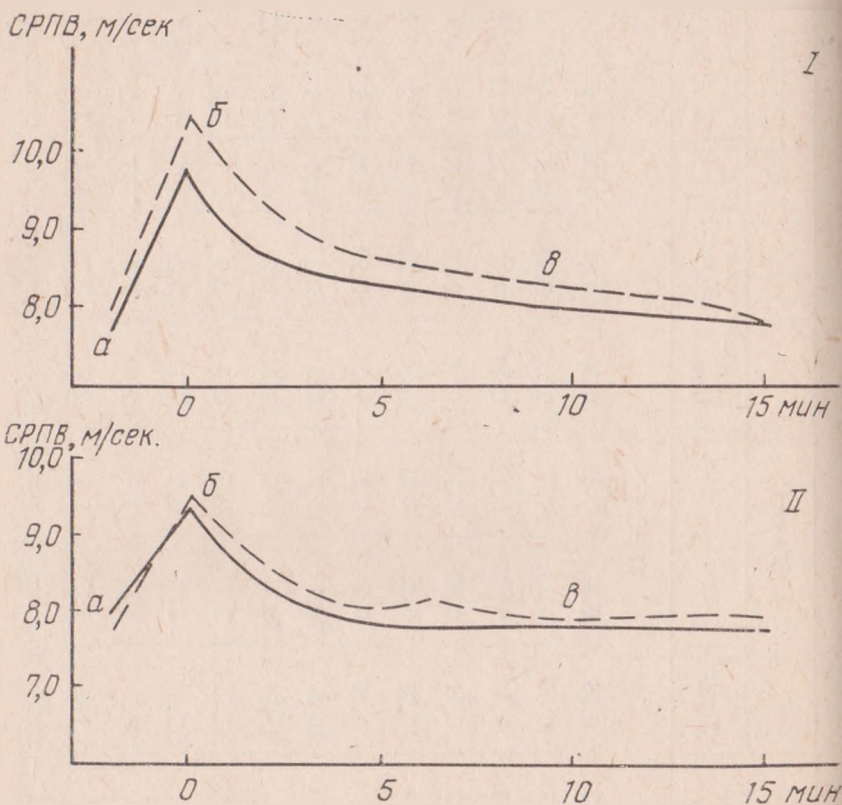


Рисунок. Изменение скорости распространения пульсовой волны по сосудам руки в восстановительном периоде после дозированной работы на велоэргометре до (сплошная линия) и после (пунктирная) I — суточной водной иммерсии; II — после 3-месячной тренировки; а — покой, б — работа, в — восстановление.

периоде, приобретает у тренированных испытуемых колебательный характер. Подобные изменения сердечного ритма во время реституции появляются только при нарастании тренированности, они связаны с усилением центрального тонуса блуждающего нерва. Особенно выраженный колебательный характер изменений сердечного ритма в восстановительном

периоде описан как «отрицательный» пульс (частота сердечных сокращений на ранних этапах реституции ниже, чем в покое) и обычно наблюдается у хорошо тренированных спортсменов, развивающих выносливость (5, 6). У ряда испытуемых колебательный характер изменений длительности сердечного цикла сохранился и после иммерсии. Отметим, что на 1 этапе исследования кривая изменений длительности сердечного цикла во время восстановительного периода имела у всех испытуемых аperiodический вид.

Относительные сдвиги амплитуды зубца Т после бега с максимальной скоростью у тренированных испытуемых снизились. Отношение $T_{\text{макс}}/T_{\text{покоя}}$ во время реституции при испытаниях, проводившихся после 3-месячной тренировки, увеличивалось у спортсменов до 122%, у нетренированных — до 150%; после иммерсии оно возрастало соответственно до 155 и 193%.

Динамика временных и амплитудных параметров ЭКГ под влиянием бега на тредбане с постоянной скоростью (длительность которого после тренировки существенно возросла) практически не изменилась по сравнению со сдвигами, наблюдававшимися на 1 этапе исследования (табл. 5).

После повторной иммерсии (т. е. у тренированных испытуемых) длительность бега с постоянной скоростью у 3 испытуемых уменьшилась на 20—30 сек., у 3 не изменилась и у 3 возросла на 60—65 сек. Средняя продолжительность бега несколько увеличилась, однако это изменение (так же как и уменьшение, наблюдавшееся на 1 этапе) статистически незначимо ($p > 0,1$). Отметим все же, что на 1 этапе длительность бега с постоянной скоростью уменьшилась у 7 испытуемых.

Анализ полученных данных свидетельствует о существенном повышении работоспособности под влиянием трехмесячного цикла тренировочных занятий. 1-суточная водная иммерсия не оказала заметного влияния на скорость и выносливость испытуемых. Напротив, в отдельных наблюдениях эти качества улучшились. Результаты исследования подтверждают предположение о том, что определяющим фактором ухудшения работоспособности является продолжительность ограничения двигательной активности (1, 2, 7). В то же время очевидно, что после иммерсии мышечная работа выполняется с большим напряжением системы кровообращения. Об этом свидетельствует повышение пульсовой стоимости бега с постоянной скоростью и дозированной работы на велоэргометре, снижение прироста ВИМО и его абсолютной величины

при нагрузке и т. д. Несомненно, что эти изменения в определенной степени обусловлены ухудшением ортостатической устойчивости.

Особенности динамики сердечной деятельности и функционального состояния сосудов при мышечной работе и ортостатических воздействиях (в нормальных условиях и после водной иммерсии) подтверждают предположение о том, что адаптация к этим естественным экологическим состояниям осуществляется с разной степенью эффективности (4). Реакция аппарата кровообращения на физическую нагрузку у здоровых людей как при нарастании тренированности, так и при детренированности, моделированной с помощью длительной иммерсии, определяется единой «матрицей» управления (в понимании Н. А. Бернштейна). Алгоритм управления заложен на уровне сократительных элементов миокарда и непосредственно в нервной системе. Адаптация же к ортостатическим воздействиям осуществляется посредством регулирования по отклонению или возмущению на основании текущей информации о перераспределении крови в сосудистой системе. Очевидно, что ухудшение ортостатической устойчивости при моделированной детренированности обусловлено изменением качества работы регуляторных механизмов, ответственных за приспособление к вертикальной позе.

Результаты исследования позволяют сделать вывод об устойчивости тренировочного эффекта, обусловленного 3-месячной физической тренировкой и выразившегося в динамике ряда кардиологических показателей, в повышении скорости и выносливости испытуемых к действию такого мощного «сбивающего» фактора, как водная иммерсия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иоффе Л. А. Влияние ограничения подвижности на ортостатическую устойчивость и работоспособность. Материалы X Всесоюзной конференции по физиологии, морфологии, биохимии и биомеханике мышечной деятельности. Т. II, Тбилиси, 1968, с. 14—15.
2. Какурин Л. И. Влияние ограниченной мышечной деятельности на организм человека. Докт. дисс. М., 1968.
3. Карпман В. Л. Фазовый анализ сердечной деятельности. М., 1965.
4. Карпман В. Л., Любина Б. Г. Феномен Баркрофта и кардиодинамика. В сб.: «Вопросы спортивной кардиологии, лечебная физическая культура». М., 1969.
5. Летунов С. П., Мотылянская Р. Е. Врачебный контроль в физическом воспитании. М., 1951.
6. Цейтловский С. Е. Отрицательная фаза пульса в функциональных пробах у ведущих спортсменов. «Теор и практ. физ. культуры», 1964, № 12, с. 34—37.

7. Joffe L. A. Effect of Athletic Training on Resistance to Non-Specific Functional Influences. "XVIII World Congress of Sports Medicine". Abstracts. Oxford, 1970, 67.

8. Miller P. B. a oth. Modification of the Effects of two Weeks of Bed Rest upon Circulatory Functions in Man. "Aerospace Med.", 1964, 10, 931—939.

ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ ИММЕРСИИ НА ДВИГАТЕЛЬНУЮ ПРЕДНАСТРОЙКУ У ЧЕЛОВЕКА

А. В. Овсянников

Из клинической практики известно, что у больных, лечебные мероприятия которых предусматривают соблюдение строго постельного режима (инфаркт миокарда и т. д.), к основному заболеванию присоединяются осложнения, связанные с длительным ограничением двигательной активности (гиподинамия). Однако как самостоятельная проблема исследование влияния гиподинамии на различные функции и системы организма человека возникла в последние годы в связи с освоением космического пространства. Для решения этой проблемы в основном используются следующие модели: строгий постельный режим, камера малого объема, погружение испытуемого в иммерсионную среду (1).

В результате ряда исследований стало известно, что гиподинамия сопровождается снижением силы и тонуса скелетных мышц (7, 8, 13), нарушением регуляции ортоградной позы и локомоции (5, 14, 15), изменением скорости и точности выполнения двигательных актов (2, 6, 9).

В настоящем сообщении приводятся данные об особенностях изменения рефлекторной возбудимости α -мотонейронов перед произвольным движением у человека, находящегося длительное время в условиях водной иммерсии.

Методика исследования. В экспериментах, которые проводились в течение 10 суток, приняло участие 7 практически здоровых мужчин. Первые двое суток испытуемый соблюдал обычный двигательный режим (фоновые исследования). На последующие 5 суток его помещали в горизонтальном положении на сетке в микробассейн объемом 4,4 м³ с изотоничес-

ким солевым раствором. Температура раствора поддерживалась на уровне $34-34,6^{\circ}$. В этот период испытуемому запрещалось вставать, садиться и т. д. (основные исследования). После окончания пребывания в водной среде испытуемый вновь соблюдал обычный двигательный режим (восстановительный период).

В опытах, проводимых через 24 часа, для оценки рефлекторной возбудимости спинальных мотонейронов использовался метод моносинаптического тестирования (Н-рефлекс).

Согласно инструкции испытуемый по зрительному сигналу, который подавался через 10 сек., должен был совершить подошвенное сгибание. В разное время от подачи сигнала к движению до появления фронта электромиограммы агониста вызывался Н-рефлекс. Н-рефлекс икроножной мышцы вызывался электрическим раздражением нерва в подколенной ямке прямоугольным импульсом длительностью 1 мсек. с выходного трансформатора электростимулятора «Мультистим». Рефлекторный ответ регистрировался с помощью поверхностных электродов на миографе «Диза».

Контрольная величина Н-рефлекса равнялась 15—20% максимальной амплитуды в покое. Стабильность ответа определялась в 10 последовательных пробах до и после опыта, а также через 25—30 движений. При анализе Н-рефлексов, вызываемых в латентный период, они группировались по временному признаку, который рассчитывался от фронта электромиограммы, после чего определялись амплитудные характеристики.

Во время опыта испытуемый лежал на спине. Для того чтобы избежать возможных осложнений, связанных с работой с током в условиях водной иммерсии, правая нога испытуемого помещалась на специальной подставке, расположенной несколько выше уровня воды; угол в коленном суставе составлял 90° , в тазобедренном — $110-120^{\circ}$.

Фоновые исследования. Латентный период двигательной реакции у испытуемых составлял от 170 до 220 мсек. По характеру изменения Н-рефлекса икроножной мышцы латентный период можно разделить на две фазы. К 1-й фазе относится интервал времени от подачи зрительного сигнала до 60 мсек. перед движением. В этой фазе амплитуда Н-рефлекса существенно не меняется. Во 2-й фазе она плавно увеличивается, достигая максимума к началу фронта ЭМГ агониста. Поскольку изменение рефлекторной активности α -мотонейронов происходит до движения, то справедливо считать, что оно

Латентный период двигательной реакции в мсек. в различных условиях эксперимента (средние данные)

Испытуе- мые	Фон	В условиях водной иммерсии через				Восстановительный период через		
		24 часа	48 часов	72 часа	96 часов	3—4 часа	24 часа	48 часов
Н-в	190,5±4,6	267±6,6	268±6,9	274,5±6,1	269,5±6,0	274±7,14	233,3±6,8	203,9±7,6
Н-й	208,5±5,16	291±9,1	288±9,9	281,5±8,1	289±9,6	253,5±10,3	232±7,4	205±6,6
К-в	170±9,6	231±12,04	235±8,1	235,5±11,4	230,2±7,5	210,5±10,7	209,5±7,1	190±6,01
П-в	221±15,4	294±20,1	275±19,1	275,5±17,8	280,5±17,7	274,5±17,2	240±16,6	220±16,2
С-в	185,5±9,8	245±8,7	243±11,4	246,5±15,3	250±12,4	220,5±7,7	224±8,4	190±7,8
Д-н	200±6,2	254±7,7	248,5±6,5	259,5±4,9	250±7,4	235,5±5,5	226,1±7,6	198,7±6,4
А-в	183±10,3	251±14,3	253,2±17,5	251±16,5	249±16,3	223±14,1	225,5±9,8	205,2±11,7

обусловлено супраспинальным влиянием. Для обозначения процессов, происходящих на сегментарном уровне в последние 60 мсек. перед движением, будет использован термин двигательная «преднастройка»; предложенный В. С. Гурфинкелем и Я. М. Коцем (3).

Исследования в условиях водной иммерсии. Через 24 часа в этих условиях латентный период двигательной реакции у испытуемых увеличивался на 50—80 мсек. по сравнению с фоновыми данными, и последующее 4-суточное пребывание в водной среде не вносило в него новых существенных изменений (табл. 1).

На рисунке показано среднее значение прироста Н-рефлекса за 60 мсек. перед движением для 7 испытуемых. Как видно из рисунка, в опытах через 24 часа в условиях водной среды отмечается лишь незначительное снижение прироста Н-рефлекса за последние 60 мсек. перед движением. На 3-и сутки пребывания испытуемого в водной среде увеличение Н-рефлекса в связи с предстоящим движением происходит только за последние 30 мсек., а не за 60 мсек., как это имело место в фоновых исследованиях. Подобный характер двигательной преднастройки сохранялся на 4-е и 5-е сутки пребывания испытуемого в водной иммерсии (см. рисунок — в, г).

В эти же дни наблюдалась повышенная флюктуация Н-рефлекса в период двигательной преднастройки по сравнению с исходными данными (табл. 2). Существенно, что ни вариативность Н-рефлекса в покое, ни латентный период, ни длительность самого Н-рефлекса как в покое, так и перед движением не изменялись.

Исследования в восстановительном периоде. Восстановление латентного периода двигательной реакции у 4 испытуемых наступило на 3-и сутки после окончания водной иммерсии, у 3 испытуемых этого не наблюдалось (см. табл. 1). Через 3—4 часа после окончания водной иммерсии прирост амплитуды Н-рефлекса за последние 60 мсек. перед движением был сравним с величиной прироста амплитуды фоновых исследований (см. рисунок — е). Однако вариативность Н-рефлекса в период двигательной преднастройки оставалась повышенной, несколько уменьшаясь на 2-е и 3-и сутки (см. табл. 2).

Представленные данные показывают, что на 2-е сутки в условиях водной иммерсии существенно увеличивается латентный период двигательной реакции (см. табл. 1), при этом время двигательной преднастройки остается неизменным (см. рисунок). Следовательно, увеличение латентного периода двига-

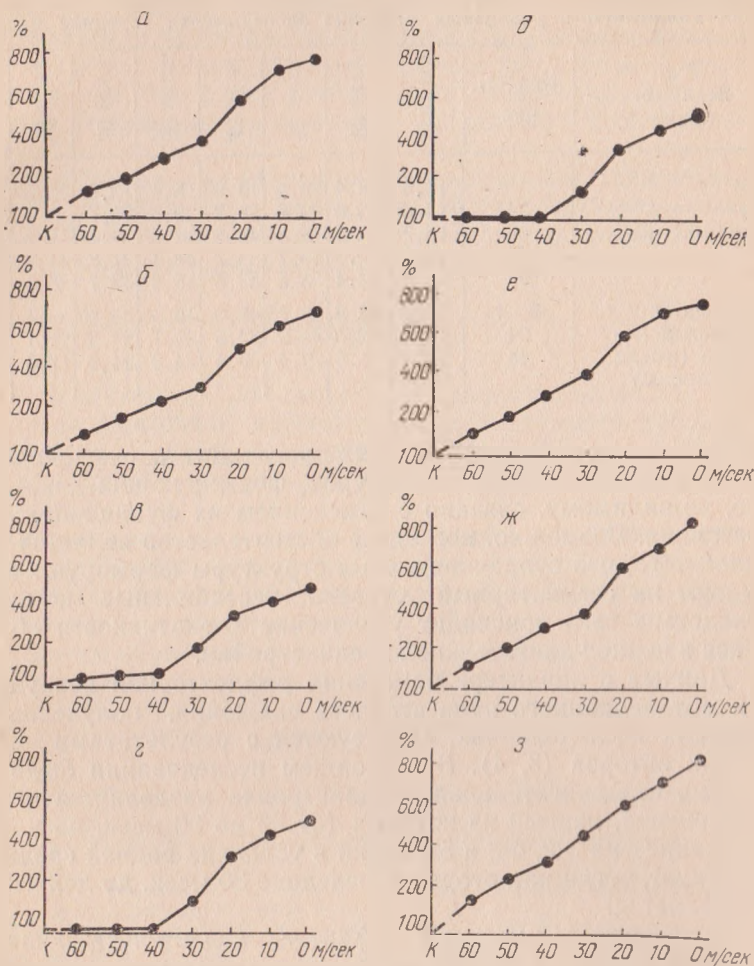


Рисунок. Прирост амплитуды Н-рефлекса икроножной мышцы перед движением в различных условиях эксперимента: а—фоновые исследования; б, в, г, д — 2, 3, 4, 5-е сутки пребывания в водной иммерсии; е, ж, з — через 3, 24, 48 час. после окончания пребывания в этой среде.

По оси абсцисс — время до начала движения в мсек; по оси ординат — величина прироста Н-рефлекса в %. Точка на кривой — средние данные 70 тестов.

Коэффициенты вариации амплитуды Н-рефлекса икроножной мышцы перед движением в различных условиях эксперимента (средние данные)

Этап исследования	Время, час	В покое	60 мсек.	50 мсек.	40 мсек.	30 мсек.	20 мсек.	10 мсек.	0 мсек.
Фон		15,3	18,4	20,4	18,63	18,4	19,6	19,53	15,4
В условиях водной иммерсии	24	14,0	26,6	29,6	28,2	29,4	28,7	28,1	16,2
	48	13,7	46,6	38,8	43,8	40,6	39,8	31,2	18,4
	72	16,0	50,4	53,7	54,7	48,4	37,82	34,3	18,6
	96	14,6	49,4	53,5	53,6	48,8	38,7	35,1	18,4
Восстановительный период (после иммерсии)	3—4	14,0	52,8	38,75	45,6	49,53	30,29	31,4	15,66
	24	15,3	32,8	35,9	34,6	39,7	27,3	21,1	15,5
	48	15,0	24,6	29,4	30,4	34,8	24,2	17,6	14,7

тельной реакции в этих условиях происходит за счет «задержки» в надсегментарных структурах, формирующих движение, что, по-видимому, связано с изменением их функционального состояния. Возможно, последнее обстоятельство является причиной того, что супраспинальные структуры формируют и посылают на сегментарный уровень нестабильные команды, вследствие чего происходит увеличение вариативности Н-рефлекса в период двигательной преднастройки.

Данные о характере изменения рефлекторной возбудимости мотонейронного пула агониста движения, полученные в фоновых исследованиях, согласуются с результатами работ других авторов (3, 4). В настоящем исследовании было выявлено, что двигательная преднастройка разделяется на два компонента, первый из которых (от 60 до 30 мсек. до начала движения) на 3-и, 4-е и 5-е сутки в условиях водной среды отсутствует, тогда как второй (последние 30 мсек. до движения) сохраняется.

В литературе имеется ряд фактов, свидетельствующих о том, что процессы, протекающие на сегментарном уровне в первом и втором компонентах двигательной преднастройки, функционально неоднозначны. К ним, в частности, относятся данные о блокаде различных тормозных и облегчающих влияний в последние 20—30 мсек. перед движением (3, 10, 11).

При анализе двигательной преднастройки в ситуации выбора нами (12) высказано предположение о том, что супраспинальное влияние, определяющее ее первый компонент,

«запускает» спинальные механизмы позной перестройки, тогда как влияние, обуславливающее второй компонент, связано с локальным движением. Данные о характере двигательной преднастройки у человека, находящегося в условиях водной среды, являются дополнительным аргументом в пользу этого предположения, поскольку в этих экологических условиях исключается необходимость активации механизмов позной перестройки.

Таким образом, выпадение первого компонента двигательной преднастройки, по-видимому, является следствием «неупотребления» супраспинальных нервных образований, ответственных за включение механизмов позной перестройки.

Выводы

1. У испытуемых, находящихся в водной среде, на 3-и, 4-е и 5-е сутки повышение рефлекторной возбудимости мотонейронного пула агониста происходит за 30 мсек. перед движением, а не за 60 мсек., как это имеет место в обычных условиях эксперимента.

2. Отсутствие повышения рефлекторной возбудимости спинальных мотонейронов в интервале времени от 60 до 30 мсек. перед движением у людей, находящихся в водной среде, рассматривается как следствие «неупотребления» супраспинальных нервных образований, ответственных за включение спинальных механизмов позной перестройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генин А. М., Сорокин П. А. Проблемы космической биологии, 1969, № 13, с. 9.

2. Герд М. А. В кн.: «Авиационная и космическая медицина». М., 1963, с. 126.

3. Гурфинкель В. С., Коц Я. М. В кн.: «Нервные механизмы двигательной деятельности». М., 1966, с. 158.

4. Гурфинкель В. С., Коц Я. М., Шик М. Л. Регуляция позы человека. М., 1965.

5. Гурфинкель В. С., Пальцев Е. И., Фельдман А. Г., Эльнер А. М. «Проблемы космической биологии», 1969, № 13, с. 148.

6. Еремин А. В., Бажанов В. В., Марищук В. Л., Степанцов В. И., Джамгаров Т. Т. «Проблемы космической биологии», 1969, № 13, с. 191.

7. Какурин Л. И. В кн.: «Физиологические проблемы детренированности». М., 1968, с. 34.

8. Какурин Л. И., Черепяхин Н. А. В кн.: «Физиологические проблемы детренированности». М., 1968, с. 200.

9. Коробова А. А. В кн.: «Физиологические проблемы детренированности». М., 1968, с. 209.
10. Коробков А. В., Овсянников А. В., Хомякова Г. Д. В сб.: «Переработка зрительной информации и регуляции двигательной деятельности». София, 1969, с. 34.
11. Коц Я. М., Мартьянов В. А. «Биофизика», 1968, 13, 5, 818.
12. Овсянников А. В., Хомякова Г. Д. «Журн. высш. нерв. деят.», 1969, 19, 3, 525.
13. Панов А. Г., Лобзин В. С., Бемянкин В. А. «Проблемы космической биологии», 1969, № 13, с. 133.
14. Скрыпник В. Г. «Проблемы космической биологии», 1969, № 13, с. 161.
15. Федоров В. Л., Ратишвили Г. Г. В кн.: «Физиологические проблемы детренированности». М., 1968, с. 230.

СОСУДИСТЫЕ РЕАКЦИИ ПРИ НАРУШЕНИИ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ, ВЫЗВАННОМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ВОДНОЙ ИММЕРСИИ

Ю. М. Стойда, А. А. Кулаков

Пребывание человека в невесомости или условиях, моделирующих действие некоторых ее факторов на организм человека (постельный режим, водная иммерсия), приводит к нарушению адаптации системы кровообращения к ортостатическим воздействиям. Предполагается, что одной из причин развития в этих условиях ортостатической гипотензии наряду со снижением объема циркулирующей крови может быть нарушение регуляции периферических, и в частности венозных, сосудов. Литературные данные по изучаемому вопросу немногочисленны и разноречивы. Так, после полета космонавтов обнаружено увеличение прироста объема голени при переводе в ортоположение. Однако после 12- и 35-суточного постельного режима закономерных изменений в динамике наполнения сосудов голени не наблюдалось (11). В то же время после 9-суточного постельного режима отмечено снижение прироста объема голени в первые 3 мин. при отсутствии различий на 15-мин. воздействия (6). В. Г. Волошин и др. (1) также наблюдали уменьшение прироста объема голени после 70-суточного постельного режима, однако авторы не указыва-

ют, в какой момент ортоположения эти данные получены. Характерно, что при исследовании растяжимости сосудов голени в горизонтальном положении заметных различий не установлено (13).

Настоящая работа посвящена изучению влияния длительной водной иммерсии на реакции резистивных и емкостных сосудов конечностей человека при пассивных ортостатических воздействиях.

Проведено 8 экспериментов с участием 4 практически здоровых мужчин. Испытуемые в течение 5 суток находились в горизонтальном положении на сетке в микробассейне с изотоническим солевым раствором. Температура иммерсионной среды поддерживалась в пределах 33—35°C. До и по окончании водной иммерсии с помощью поворотного стола проводили пассивные ортостатические воздействия. В горизонтальном положении и в течение 12 мин. пребывания в положении 70° вверх головой методом прямой объемной плетизмографии с использованием воздушных плетизморепторов по Дону (8) определяли изменения объема голени, объемную скорость кровотока в предплечье и путем регистрации изменений объема предплечья при ступенчатом увеличении окклюзионного давления растяжимость венозных сосудов. Предплечье в горизонтальном и ортостатическом положении располагалось на уровне сердца, что достигалось специальной подставкой, закрепленной на ортостоле. Применялась плетизмографическая система, описанная нами ранее (4). Регистрация производилась на потенциометре ПС-1-02 и осциллографе «Мингограф-81». По ЭКГ рассчитывали частоту сердечных сокращений. Артериальное давление определяли по Короткову.

В фоновых исследованиях при ортостатических воздействиях наблюдалась характерная динамика наполнения сосудов голени (рис. 1). На первых минутах ортоположения отмечалось снижение кровотока (таблица) и растяжимости емкостных сосудов предплечья (рис. 2) с последующим увеличением этих параметров до уровня, близкого к исходному.

После водной иммерсии прирост объема голени на первых минутах ортоположения был значительно меньше, чем в фоновых исследованиях (см. рис. 1). Как в горизонтальном положении, так и во время ортостатических воздействий закономерных изменений объемной скорости кровотока в предплечье под влиянием иммерсии не обнаружено (см. таблицу). Растяжимость вен предплечья у части испытуемых на первых минутах воздействия уменьшалась в несколько большей сте-

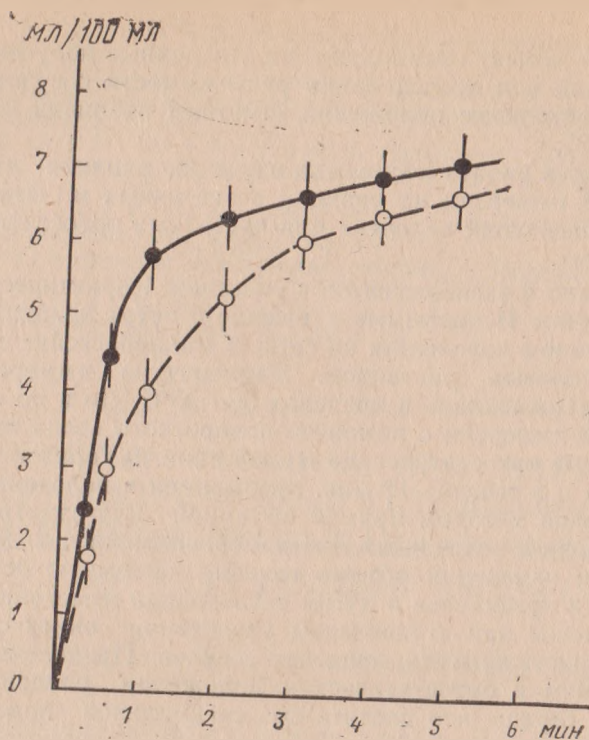


Рис. 1. Динамика прироста объема голени в ортоположении до (сплошная линия) и после (пунктирная) 5-суточной водной иммерсии.

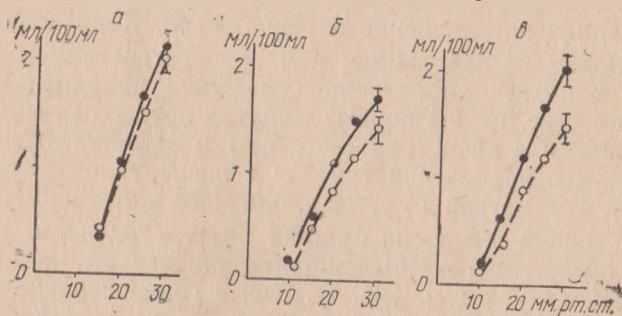


Рис. 2. Изменения растяжимости емкостных сосудов предплечья в горизонтальном (а) и ортоположении (б, в) под влиянием водной иммерсии.

Обозначения те же, что на рис. 1.

Таблица

Динамика некоторых параметров сердечно-сосудистой системы при пассивной ортопробе до и после 5-суточной водной иммерсии

Показатели	Горизонтальное положение	Ортоположение				
		0—30 сек.	1 мин.	3 мин.	5 мин.	10 мин.
Кровоток в предплечье, мл/мин/100 см ²	2,6±0,26	1,7±0,28	2,3±0,3	2,4±0,25	2,7±0,14	2,7±0,16
	3,4±1,13	1,7±0,59	1,9±0,54	2,1±0,18	2,0±0,37	2,1±0,40
Артериальное давление, мм рт. ст.	126/76	—	127/86	124/87	123/83	124/80
	122/79	—	124/90	118/85	127/87	122/79
Частота сердечных сокращений, уд/мин	57	59	74	74	80	89
	66	92	99	102	107	108

Примечание. Верхняя строка — данные до водной иммерсии; нижняя строка — после водной иммерсии.

пени, чем до водной иммерсии. На 10-й и 12-й мин. ортоположения это различие носило закономерный характер (см. рис. 2). Средние данные ЧСС и артериального давления представлены в таблице.

У двух испытуемых ортопроба прекращена досрочно в связи с развитием коллапса (рис. 3, а) или преколлаптоидного

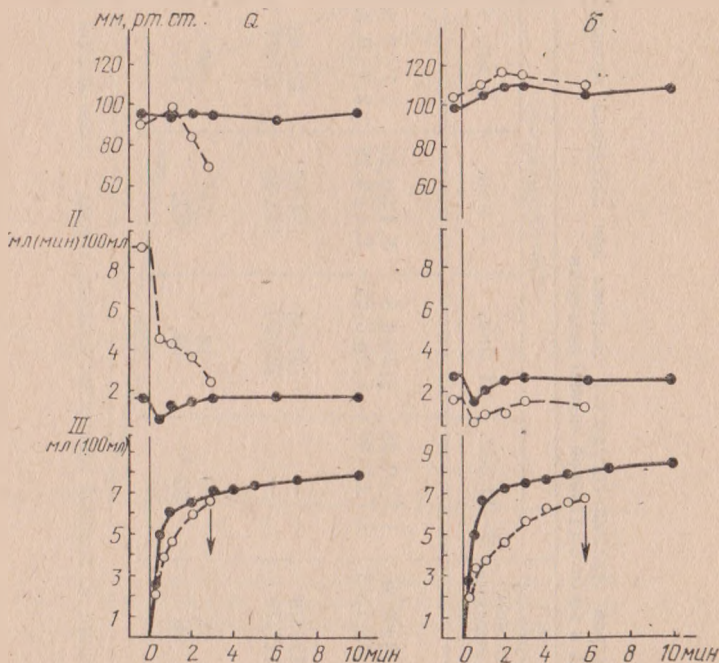


Рис. 3. Динамика среднего артериального давления (I), кровотока в предплечье (II) и прирост объема голени (III) у двух испытуемых (а, б) при нормальной ортостатической устойчивости (сплошная линия) и при развитии преколлаптоидного состояния после водной иммерсии (пунктирная).

состояния (рис. 3, б). В первом случае реакция характеризовалась большими, чем до водной иммерсии, величинами кровотока в горизонтальном и ортостатическом положениях, падением артериального давления и сравнительно невысокой частотой сердечных сокращений (92 уд/мин перед коллапсом). Прирост объема голени к моменту коллапса был таким же, как в фоновых исследованиях. У второго испытуемого наблюдалась резко выраженная тахикардия (122 уд/мин), значительно меньшие, чем до иммерсии, величины кровотока в пред-

плечье при сохранении высокого артериального давления вплоть до прекращения воздействия. Прирост объема голени к моменту развития преколлаптоидного состояния был заметно меньше, чем в фоновых исследованиях.

Результаты фоновых исследований ортостатических реакций сосудов предплечья и динамики наполнения сосудов голени согласуются с данными ряда авторов (5, 6, 10). Снижение прироста объема голени после водной иммерсии в начале ортостатических воздействий может быть обусловлено более выраженным, чем в фоновых наблюдениях, увеличением тонуса резистивных сосудов или снижением растяжимости емкостных сосудов ног.

Очевидно, что при уменьшении общего объема крови, обычно происходящем под влиянием водной иммерсии (2, 12, 16) и наблюдавшемся у наших испытуемых (3), такая реакция сосудов ног носит компенсаторный характер и направлена на поддержание оптимального соотношения между объемом циркулирующей крови и емкостью сосудистого русла. Можно было предположить, что эта реакция является одним из компонентов системной констрикторной реакции на снижение центрального объема крови. В таком случае следовало ожидать и более значительного, чем в фоновых наблюдениях, снижения кровотока и растяжимости вен в других сосудистых областях и, в частности, в предплечье. Отсутствие закономерных изменений (по сравнению с фоновыми данными) этих параметров на первых минутах воздействия заставляет думать, что сдвиги в динамике наполнения сосудов голени в значительной степени обусловлены усилением локальной (многократной) реакции резистивных сосудов ног на увеличения трансмурального давления в ортоположении. Значимость этого ауторегуляторного механизма (7, 9, 15) в адаптации системы кровообращения к постуральным воздействиям, по-видимому, не вызывает сомнений (10). Однако предположение об изменении его функционирования под влиянием длительного пребывания в условиях, исключающих перепады гидростатического давления в системе кровообращения (водная иммерсия, постельный режим, невесомость), требует экспериментальных доказательств.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что полностью отрицать возможность таких сдвигов в реактивности гладких мышц резистивных сосудов нельзя. Так, в случае, представленном на рис. 3 а, снижение скорости наполнения сосудов голени объяснить более выраженной системной конст-

рикторной реакцией не представляется возможным, поскольку кровоток в предплечье в этот момент был почти втрое выше, чем до водной иммерсии. В то же время в случае, представленном на рис. 3, б, значительно меньшие, чем до иммерсии, величины прироста объема голени наблюдались одновременно с более выраженной констрикторной реакцией резистивных сосудов предплечья. Интересно, что уменьшение под влиянием водной иммерсии объема циркулирующей крови (Е. И. Фельшина) во втором случае более значительно (на 23%), чем в первом (на 6%).

В результате проведенных исследований установлено, что снижение ортостатической устойчивости под влиянием водной иммерсии сопровождается закономерным уменьшением скорости наполнения сосудов голени. Прирост объема голени, начиная с 3-й мин. ортопробы, не отличался от наблюдавшегося до пребывания в этих условиях. На 10—12-й мин. воздействия отмечено выраженное снижение по сравнению с фоном растяжимости венозных сосудов предплечья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волошин В. Г., Пестов И. Д., Асямолов Б. Ф. Окклюзионная тренировка в условиях длительной гиподинамии. В сб.: «Проблемы космической биологии», т. XIII, 1969, с. 200—206
2. Иоффе Л. А., Абрикосова М. А., Стойда Ю. М., Фельшина Е. И. Влияние ограничения двигательной активности на аппарат кровообращения и водно-солевой баланс у человека. «Труды XI съезда Всесоюзного физиологического общества им. И. П. Павлова». Л., 1970, с. 435.
3. Иоффе Л. А., Коробков А. Б., Ланцберг Л. А., Фельшина Е. И. Изменения водно-солевого обмена у человека, находящегося в условиях водной иммерсии. «Косм. биол. и мед.», 1971, № 1, с. 15—19.
4. Стойда Ю. М., Кулаков А. А. Окклюзионная плетизмография. «Теор. и практ. физ. культуры», 1973, № 3, с. 75—77.
5. Asmussen E., Christensen E. H., Nielsen M. Regulation of circulation in different postures. *Surgery*, 1940, v. 8, N 4, 604—617.
6. Bartok S. I., Carlson L. D., Walters R. F. Cardiovascular Changes during tilt and leg negative pressure tests. *Aerospace Med.*, 1968, v. 39, N 11, 1157—1162.
7. Bayliss W. M. On the local reactions of the arterial wall to changes of internal pressure. *J. Physiol.*, 1902, v. 28, 220—231.
8. Dohn K. Plethysmographs usable during functional states recording volume changes in ml per 100 ml extremity. *Rep. Steuo. Hosp. (Kbh)*, 1956, 6, 147—168.
9. Folkow B. Intravascular pressure as a factor regulating the tone on the small vessels. *Acta physiol. scand*, 1949, 17, 289—310.
10. Gayer, Thron. Postural changes in circulation. "Handbook of Physiology", sect. 2, Circulations, v. 3, 1965.

11. McCally M., Kazarian L., von Gierke H. Cardiovascular and metabolic effects of bed rest and immobilisation — simulated weightlessness. Paper submitted to the XXI st I. A. F. Congress, J. oct. 1970.

12. McCally M. Plasma volume response to water immersion: implications for space flight. *Aerospace Med.*, 1964, 35, 130—132.

13. Menninger R. P., Mains R. C., Zechman F. W., Piemme T. A. Effect of two weeks bed rest on venous pooling in the lower limbs. *Aerospace Med.*, 1969, 40, 1323—1326.

14. Samueloff S. L., Browse N. L., Shepherd I. T. Response of Capacity Vessels in human limbs to head-up tilt and suction on lower body. *J. Appl. Physiol.*, 1966, 21, 47—54.

15. Sparks H. V., Bohr D. F. Effect of stretch on passive tension and contractility of isolated vascular smooth muscle. *Amer. J. Physiol.*, 1962, 202, 835—840.

16. Vogt F. B. Tilt table and plasma volume changes with short term decouditioning experiments. *Aerospace Med.*, 1967, 38, 564—568.

Раздел IV

ФАРМАКОЛОГИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ РЕТИКУЛО-ЭНДОТЕЛИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЫШЕЧНОЙ ТРЕНИРОВКИ И ВВЕДЕНИЕМ МЕТИЛУРАЦИЛА В СОЧЕТАНИИ С ТРЕНИРОВКОЙ

Г. В. Кованов

Изучение влияния тренировки на поглотительную способность ретикуло-эндотелиальной системы (РЭС) проводилось на 30 белых мышах-самцах весом 17—23 г.

Животные контрольной группы (15) находились в условиях обычного двигательного режима. Мыши опытной группы (15) подвергались физической тренировке. Состояние тренированности вызывалось по методике, предложенной Н. И. Орещенко (1). Животные подвергались тренировке плаванием в течение 30 дней с постепенным нарастанием нагрузки. Длительность плавания в первый день продолжалась 5 мин. с последующим ежедневным увеличением на 1 мин.

Функциональная способность РЭС определялась на следующий день после прекращения тренировки по методу, описанному В. N. Halpern (2) в модификации В. Venacergaf и соавт. (3). Результаты исследования показывают, что у тренированных мышей поглотительная способность РЭС выше,

чем у контрольных. Так, у контрольных мышей клиренс (К) равен в среднем $0,19 \pm 0,01$, у тренированных — $0,23 \pm 0,01$ ($P < 0,05$); период полувыведения (T/2) для контрольной группы составил $1,7 \pm 0,09$ мин., для опытной — $1,4 \pm 0,08$ мин. ($P < 0,05$).

Убедившись, что тренировка способствует повышению поглотительной функции РЭС, мы поставили задачу выяснить, как влияет комбинированное воздействие мышечной тренировки и метилурацила на эту функцию.

Эксперименты были проведены на 45 белых мышах-самцах, которые делились на 3 равные группы. Животным первой группы вводили внутривенно метилурацил в дозе 100 мг/кг в 2% крахмальной взвеси, вторая и третья группы получали только 2% крахмальную взвесь. Первые две группы подвергались тренировке, третья была контрольной.

Результаты и этой серии опытов свидетельствуют о том, что мышечная тренировка вызвала повышение поглотительной способности РЭС. Так, у контрольных животных К равен $0,17 \pm 0,01$, T/2 — $1,8 \pm 0,10$; у животных, подвергавшихся тренировке с введением крахмала и метилурацила, соответственно равны К $0,21 \pm 0,01$ и $0,22 \pm 0,01$, T/2 — $1,5 \pm 0,08$ и $1,4 \pm 0,07$. Различия показателей (К и T/2) статистически достоверны: $P_{1-3} < 0,001$; $P_{2-3} < 0,01$; $P_{1-3} < 0,01$, $P_{2-3} < 0,05$.

Сравнивая показатели активности РЭС тренированных мышей, получавших метилурацил и крахмальную взвесь, видно, что препарат в данных экспериментальных условиях оказал лишь некоторое стимулирующее влияние на поглотительную способность ретикуло-эндотелиальной системы. Различия между первой и второй группами статистически недостоверны, что подтверждается сравнением величин фагоцитарного индекса К ($P > 0,5$) и периода полувыведения бактерий T/2 ($P > 0,4$).

Таким образом, мышечная тренировка одна или в сочетании с введением метилурацила вызывает повышение поглотительной способности ретикуло-эндотелиальной системы белых мышей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орещенко Н. И. Влияние 4-метилурацила на эффективность тренировок мышц. «Физиол. журн. СССР», 1969, т. 55, № 2, с. 227—230.
2. Halpern B. N., Stiffel C., Biozzi G., Benacerraf B. Determination des constantes de l'activite granulopexique du systeme uticulo endothelial chez le lapin. Comp. rend. Soc. biol., 1954, v. 148, N 3—4, p. 240—243.

3. Benacerraf B., Sebestjen M. M., Slossman S. A quantitative study of the kinetics of blood clearance of P³² labelled Escherichia coli and staphylococci by the reticuloendothelial system. J. Exp. Med., 1959, v. 110, N 1, p. 27—48.

О РЕГУЛЯЦИИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТРЕНИРОВКЕ

И. К. Соколов

В последние годы большое внимание уделяется проблеме воздействия метаболических активаторов пуринового и пиримидинового ряда, стимулирующих процессы синтеза белка в организме (7, 8). Исследования анаболизирующего действия 4-метилурацила установили высокую эффективность и крайне низкую токсичность этого препарата, что сделало перспективным его использование в практике физической тренировки (5—8).

Применение калиевой соли оротовой кислоты, являющейся прекурсором синтеза пиримидиновых оснований нуклеиновых кислот, способствует экономизации потребления кислорода в системе фосфорилирующего окисления и повышению работоспособности крыс (1). Работы Е. Е. Беленького и сотрудников (2—4) доказали эффективность влияния пиримидиновых и пуриновых оснований на работоспособность животных при экспериментальной гиперфункции сердца, вызванной коаркцией аорты. Результаты исследований свидетельствуют о целесообразности изучения оротата калия и инозина для дальнейшего их использования в практике повышения эффективности спортивной тренировки.

Задача настоящей работы — определить влияние инозина и комплекса инозина с оротатом калия на пластический обмен у крыс на фоне интенсивной физической тренировки. Опыты проводили на 60 молодых крысах-самках 1,5—2-месячного возраста весом 100—130 г, разделенных на 6 групп по 10 крыс в каждой. I группу составили интактные животные; II — получавшие инозин в дозе 25 мг/кг; III — крысы, которым вводили комплекс инозина с оротатом калия в дозах

25—100 мг/кг; IV, V и VI — тренированные животные. Крысы V и VI групп получали ежедневно инозин и комплекс инозина с оротатом калия в той же дозировке, что и во II и III группах. Препараты вводили зондом в желудок.

Тренировку проводили по 4-недельному циклу в течение 24 недель. На протяжении первой и третьей недель каждого тренировочного цикла нагрузку увеличивали; второй и четвертой недель — уменьшали. Дважды в месяц измеряли максимальную работоспособность животных по длительности плавания до полного утомления. Очередную серию нагрузок регулировали по определяемой работоспособности.

Во время первого и шестого месячных циклов нагрузка составила по 20, 40 и 60%, в течение второго 10, 30, 50%, третьего 25, 50, 75%, четвертого 20, 40 и 60%, пятого 30, 50 и 70% от средней максимальной работоспособности крыс на данном этапе тренировки. Крысы плавали в ванне глубиной 50 см, длиной 150 см, шириной 66 см при температуре воды 26—28°C. Для усложнения условий тренировки к основанию хвоста крысы прикрепляли груз, составляющий 7,5% от веса тела. Каждые 2 недели подопытные животные взвешивались.

В конце экспериментального периода наркотизированных крыс вскрывали, извлекали внутренние органы и взвешивали их на торсионных весах с точностью до 0,001 г. Результаты взвешивания пересчитали в мг/100 г веса тела. Декапитированные тушки животных с удаленными внутренними органами, хвостом, лапками и жиром варили в течение 2 часов при температуре 90°C, после чего извлекали все кости. Вес мышечной массы вычисляли по разности между весом тушки и костей и выражали в процентах к весу тела.

Данные исследования обнаружили прирост веса тела всех подопытных животных в первые 4 недели. В последующие 6 недель вес тренирующихся крыс достоверно уменьшался по сравнению с интактными, затем различия в этом показателе между изучаемыми группами оказались статистически недостоверными.

Введение метаболических активаторов (II и III группы) не изменило веса внутренних органов крыс (таблица) по сравнению с животными, не получавшими препарат (I группа). У крыс IV группы длительное плавание вызвало изменение относительного веса внутренних органов животных по сравнению с I группой. В результате тренировки отмечено достоверное уменьшение веса вилочковой железы и увеличение веса легких, щитовидной железы, сердца, почек, надпочечников,

Влияние инозина и комплекса инозина с оротатом калия на показатели течение

Группа животных	Вес тела в мг		Мышечная масса в % к весу тела	Вес органов на		
	начальный	конечный		вилочковая железа	щитовидная железа	легкие
I	112±4,6	275±6,8	39,1±0,3	142,6±5,6	8,8±0,3	551±22
II	118±3,6	288±8,5	42,4±0,8 P<0,01	108,4±5,8 P<0,001	8,2±0,8	542±62,1
III	115±2,8	270±9,5	46,3±0,6 P<0,001	115,4±7,6	8,5±0,4	560±42,1
IV	120±8,6	289±5,8	43,2±0,6 P<0,001	103,1±9,1 P<0,001	9,6±0,2 P<0,001	861,3±36,2 P<0,001
V	123±6,7	288±7,4	46,8±0,3 P<0,001 P ₁ <0,01	106,2±5,8 P<0,001	10,6±0,4 P<0,01	902,2±59,2 P<0,001
VI	119±6,8	285±6,5	53,2±0,7 P 0,001 P ₁ <0,001	148,6±9,6 P ₁ <0,001 P ₂ <0,01	9,8±0,3 P<0,001	999,6±33,2 P<0,001 P ₁ <0,001 P ₂ <0,02

Примечание. P — вероятность различий с группой I; P₁ — вероятность

яичников. Изменения веса печени и селезенки недостоверны. Введение инозина на фоне мышечной тренировки не вызвало изменения веса вилочковой железы, легких, печени, почек, надпочечников, селезенки, уменьшило вес яичников, но несколько увеличило вес сердца.

Введение комплекса инозина с оротатом калия (IV группа) предотвратило атрофию вилочковой железы, повысив ее вес, а также вес легких и сердца. Вес других внутренних органов остался тем же, что и в V группе.

Под влиянием инозина и комплекса инозина с оротатом калия происходит значительное увеличение массы у крыс, не подвергавшихся тренировке. Интенсивная 6-месячная тренировка в сочетании с введением комплекса препаратов способствовала еще большему увеличению мышечной массы по сравнению с крысами I и IV групп (см. таблицу).

Таблица

относительного веса внутренних органов животных, тренировавшихся в 6 месяцев

100 г веса тела (мг)

сердце	печень	почки (обе)	надпочечники (оба)	селезенка	яичники
292,2±4,0 309,4±9,7	3068±184 3280±193	669,6±15,6 683,7±16	23,9±0,7 30,6±1,2	275±0,7 278±8,7	33,4±1,2 38,5±1,9
314,6±9,2	3270±189	712±15,6	27,9±0,6	278±9,6	30,9±1,4
325,2±2,8 P<0,001	3433±80,1	762±14,2 P<0,001	29,3±1,3 P<0,01	256±14,3	37,7±1,1 P<0,02
359,3±4,5 P<0,001 P ₁ <0,01	2915±155	805,7±32 P<0,01 P ₁ <0,02	30,5±1,3 P<0,001	254±10,1	30,7±1,7 P ₁ <0,001
399,4±4,2 P<0,001 P ₁ <0,001 P ₂ <0,001	3018±116	856,6±25 P<0,001 P ₁ <0,001 P ₂ <0,001	30,7±0,9 P<0,001	271,2±9,6	30,5±3,4

различий с группой IV; P₂ — вероятность с группой V.

Выводы

1. Интенсивная тренировка в течение 6 месяцев увеличивает относительный вес мышечной массы и внутренних органов, особенно сердца и легких.

2. Длительный прием инозина и его комплекса с оротатом калия не вызывает изменений веса органов крыс, находящихся в состоянии обычного двигательного режима, но увеличивает их мышечную массу.

3. Применение комплекса инозина с оротатом калия увеличивает относительный вес сердца и легких и препятствует атрофии вилочковой железы у тренирующихся животных. Их активная мышечная масса увеличивается по сравнению с животными, не получавшими препарат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аллик Т. А., Беленький Е. Е., Туркина Л. К. О соотношении потребления кислорода по двум путям окисления и работоспособности у крыс, тренировавшихся с оротовой кислотой и без нее. В сб.: «Материалы сектора физиологии ВНИИФК за 1965 г.». М., 1966.
2. Беленький Е. Е. Действие оротовой кислоты и метилурацила при некоторых физиологических и патологических процессах в сердечной мышце. В сб.: «Материалы конференции по применению пиримидиновых и пуриновых производных в онкологии и других областях медицины». Л., 1963, с. 9.
3. Беленький Е. Е., Погосова А. В., Турницкая Т. А., Борисова Т. А. Влияние оротовой кислоты и пурина на миокард при компенсаторной гипертрофии и гиперфункции сердца, вызванной экспериментальным стенозом аорты. «Фармакол. и токсикол.». 1966, № 6, с. 685—688.
4. Беленький Е. Е., Теплова Н. П., Литвин А. Г., Соколов И. К. Действие аденина, ксантина, гипоксантина и инозина на состояние миокарда и работоспособность животных при экспериментальной гиперфункции сердца. В сб.: «Физиологические проблемы развития тренированности». М., 1970, с. 214—221.
5. Лазарев Н. В., Лившиц Р. И. «Клиническая хирургия», 1963, № 1, с. 15.
6. Материалы конференции по проблеме применения пиримидиновых и пуриновых производных в онкологии и других областях медицины. Л., 1966.
7. Орещенко Н. И. «Вопросы на физическую культуру», София, 1967, № 10.
8. Орещенко Н. И. Влияние 4-метилурацила на химизм и микроструктуру мышц. В сб.: «Фармакология двигательной деятельности». М., 1969, с. 44—49.

Раздел V

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИОЛОГИИ СПОРТА

ОПЫТ РАБОТЫ ПО ИНФОРМАЦИИ О ЗАРУБЕЖНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В СЕКТОРЕ ФИЗИОЛОГИИ СПОРТА (1968—1970 гг.)

Т. И. Горюнова

Опыт отечественной и зарубежной служб информации говорит о том, что для практического обеспечения научных работников недостаточно централизованных служб информации государственного и даже отраслевого масштаба. Необходимая эффективность достигается при условии доведения информации до каждого научного сотрудника (2—6, 10).

Статистические данные (11) показывают, что большинство справок (свыше 70%) по вопросам текущей научной информации исследователи стремятся получить по месту своей работы и лишь около 30% приходится на долю библиотек и прочих централизованных информационно-поисковых систем. Близкие цифры приводит В. И. Бородиня (3) и др. В связи с этим в последние годы наблюдается широкое развитие информационных служб, максимально приближенных к потребителям информации — в отраслевых организациях, институтах, отделах, секторах, лабораториях и т. п.

В секторе физиологии спорта были поставлены задачи: создать постоянную картотеку текущей зарубежной литературы-

ры по основной тематике сектора и обеспечить научных работников сигнальной информацией в виде библиографии, а в случае наиболее актуальных работ — аннотаций и рефератов.

Практически информационная работа в секторе развивалась по четырем направлениям: 1) создание картотеки текущей зарубежной литературы по физиологии спорта в пределах основной тематики сектора; 2) выполнение аннотаций, рефератов и сокращенных переводов; 3) составление конъюнктурных обзоров по наиболее актуальным вопросам физиологии спорта; 4) индивидуальная работа с сотрудниками, выполняющими плановые темы, кандидатские и докторские диссертации (выяснение информационного запроса и обеспечение сигнальной библиографией по теме исследования).

I. Составление картотеки

С 1968 по 1970 г. была разработана следующая рубрикация картотеки текущей библиографии.

1. Физиология труда и спорта
 - 1.1 Книги
 - 1.2 Тесты физической готовности
 - 1.21 Стандартизация тестов
 - 1.3 Физиология упражнения
 - 1.4 Выносливость
 - 1.41 Общие вопросы
 - 1.42 Роль вегетативных систем и обмена
 - 1.43 Роль нервно-мышечной системы
 - 1.431 Статическая выносливость
 - 1.5 Утомление
 - 1.51 Общие вопросы
 - 1.52 Роль нервно-мышечной системы
 - 1.53 Электромиография при утомлении
 - 1.54 Роль вегетативных систем и метаболизма
 - 1.55 Восстановительный период
 - 1.6 Время реакции
 - 1.61 Время реакции в условиях спортивных движений
 - 1.7 Восприятие времени
 - 1.8 Ритм
 - 1.9 Биоритмы
 - 1.91 Общие вопросы
 - 1.92 Влияние на организм человека
 - 1.93 Влияние на спортивные результаты
 - 1.10 Эндокринная система и мышечная работа
 - 1.11 Адаптация к теплу и холоду
 - 1.11.1 Общие вопросы
 - 1.11.2 Тепловая нагрузка
 - 1.11.21 Действие на организм человека
 - 1.11.22 При физических нагрузках
 - 1.12 Влияние стресса на спортивные достижения и физическую работу

2. Физиология и биомеханика движений

- 2.01 Книги
- 2.02 Статьи по общим вопросам
 - 2.1 Биомеханика
 - 2.2 Методы исследования движений (крме ЭМГ)
 - 2.3 Общие механизмы управления движениями
 - 2.4 Координация движений
 - 2.41 Проприоцептивные механизмы
 - 2.42 Вестибулярные и лозно-тонические рефлексы
 - 2.43 Асимметрия полушарий, право-леворукость
 - 2.44 Взаимодействие антагонистов
- 2.5 Поза и локомоция
 - 2.51 Общие вопросы
 - 2.52 Поза и позные реакции
 - 2.52.1 Стояние
 - 2.53 Тремор
 - 2.53.1 Холодовая дрожь
 - 2.54 Локомоция
 - 2.54.1 Ходьба
 - 2.54.2 Бег
 - 2.54.3 Педалирование
 - 2.54.4 Прыжки
 - 2.54.5 Сложные спортивные движения (см. также ЭМГ)
 - 2.54.51 Скоростные и скоростно-силовые движения
- 2.6 Частная кинезиология
 - 2.61 Общие вопросы
 - 2.62 Верхние конечности и плечевой пояс
 - 2.63 Мышцы туловища
 - 2.64 Нижние конечности и тазовый пояс
- 2.7 Электромиография
 - 2.71 Книги
 - 2.72 Статьи по общим вопросам
 - 2.72.1 До 1955 г. включительно
 - 2.73 Вопросы методики
 - 2.74 Приборы и электроды
 - 2.75 Анализ электромиограмм
 - 2.76 Соответствие ЭМГ функции мышц
 - 2.77 Применение ЭМГ в спорте
- 2.8 Электроактивность мышечных волокон

3. Методы исследования и приборы

- 3.01 Книги
- 3.02 Статьи по общим вопросам
 - 3.11 Методы исследования мышечной силы
 - 3.12 Инструменты и аппараты
 - 3.13 Электронные приборы
 - 3.13.1 Датчики и преобразователи
 - 3.13.2 Стимуляторы
 - 3.13.3 Усилители и регистрирующие приборы
 - 3.13.4 Анализаторы и интеграторы

- 3.4 Радиотелеметрия
 - 3.41 Общие вопросы
 - 3.42 Приборы
 - 3.43 Применение в спорте
- 3.6 Математические методы исследования
 - 3.61 Общие вопросы
 - 3.62 Применение в спорте
- 4. Физиология мышц**
 - 4.1 Общие вопросы
 - 4.2 Анатомия и гистология мышц
 - 4.21 Ультраструктура мышц
 - 4.21.1 Влияние физической нагрузки
 - 4.3 Свойства «быстрых» и «медленных» мышц
 - 4.4 Биофизические свойства мышц
 - 4.41 Общие вопросы
 - 4.42 Теория мышечного сокращения
 - 4.43 Тонус мышц
 - 4.43.1 ЭМГ и тонус мышц
 - 4.5 Расслабление
 - 4.6 Биохимические свойства мышц
 - 4.61 Общие вопросы
 - 4.62 Мышечные белки
 - 4.63 Ионы и электролиты
 - 4.7 Энергетика мышц
 - 4.8 Мышечная сила
 - 4.81 Статическая сила
- 5. Физиология нервной системы**
 - 5.01 Книги
 - 5.02 Статьи по общим вопросам
 - 5.1 Афферентация
 - 5.2 Кора головного мозга и проводящие пути
 - 5.3 Мозжечок
 - 5.4 Ствол мозга
 - 5.5 Спинной мозг
 - 5.51 Мотонейроны
 - 5.52 Рефлексы спинальные
 - 5.52.1 Рефлексы спинальные у человека
 - 5.53 Синапсы
 - 5.54 Нервно-мышечная передача
 - 5.55 Нервы — проводимость
 - 5.55.1 Проводимость по нерву у человека
- 6. Физиология анализаторов**
 - 6.01 Книги
 - 6.02 Статьи по общим вопросам
 - 6.1 Взаимодействие анализаторов
 - 6.2 Связь с двигательной функцией
 - 6.3 Вестибулярный анализатор
 - 6.31 Методы исследования, приборы
 - 6.4 Нистагм

- 6.41 Методы исследования, нистагмография
- 6.5 Зрительный анализатор
 - 6.51 Цветное зрение
 - 6.52 Бинокулярное зрение
 - 6.53 Слежение
 - 6.54 Различные образы
- 6.6 Слуховой анализатор
- 7.0 Библиография
- 8.0 Служба информации
- 9.0 Словари, справочники

В приведенной рубрикации отсутствует тематика индивидуальных, специально подбираемых картотек сотрудников, выполняющих кандидатские и докторские диссертации, в которых учитываются следующие вопросы: механизмы управления движениями на мышечном, спинальном и корковом уровнях при статических и динамических нагрузках, в норме и при гипоксии, биоэнергетика мышц, внешнее и тканевое дыхание, фармакология спорта, гемодинамика, кровоснабжение мышц и двигательная функция при экстремальных физических нагрузках и детренированности. Отсутствие в рубрикации подборки по видам спорта объясняется тем, что эта работа проводится библиотекой и сектором зарубежного спорта ВНИИФК. Поэтому такие названия, как, например, «Время реакции у боксеров», учитываются в рубрике «Время реакции — при спортивных движениях»; «Электромиография мышц плечевого пояса у пловцов» — в рубрике «Электромиография — применение в спорте», а также в рубрике «Частная кинезиология — верхние конечности и плечевой пояс»; «Сердечно-сосудистая система марафонцев» — в рубрике «Выносливость — вегетативные функции» и т. п.

Составление картотеки текущей библиографии

В основу картотеки была положена приведенная выше рубрикация. На 1/1 1971 г. картотека составляла свыше 6 тысяч названий.

Источники. Картотека составлялась на основе отбора карточек из 2 источников централизованной информации: информационно-библиографических карточек ВГБИЛ — Всесоюзной Государственной библиотеки иностранной литературы (раздел 10 — физиология и биохимия нервной и мышечной систем) и картотеки реферативного журнала «Биология» (раздел «Физиология», выпуски «Н» и «П»).

Поиск полезной информации производился путем просмотра обеих картотек по мере их поступления (2—3 раза в ме-

сяц). Практика работы показала необходимость просмотра всех разделов, хотя количество заключенной в них информации, разумеется, было различным. Так, работы по стартовому или соревновательному стрессу, а особенно по их механизмам, нередко встречались в таких разделах реферативного журнала «Биология», как «Эндокринология», «Биохимия нервной системы» и даже «Выделение», поскольку чаще всего для оценки стрессовых реакций используют уровень катехоламинов в моче. Работы, посвященные механизмам выносливости и кровоснабжению мышц, можно встретить и в разделе «Физиология труда и спорта», и в разделе «Сердечно-сосудистая система» и т. п. В картотеке ВГБИЛ раздел «Физиология физической работы и спорта» представлен более полно, но и в ней просмотр остальных рубрик обычно обнаруживает дополнительную информацию по физиологии физической деятельности и спорта, так как составители, видимо, не вполне представляют себе весь объем сведений, лежащих в основе современной физиологии спорта.

Кроме отбора полезной информации из картотек, поставляемых централизованными ИПС (информационно-поисковыми системами), проводился **активный поиск** путем просмотра около 20 названий зарубежных журналов по спортивной медицине, прикладной физиологии, физиологии спорта, прикладной медицине и т. п. Активный поиск данных в отечественной периодике не проводился, так как отечественная библиография велась библиотекой ВНИИФК, а также практика показала, что все научные работники сектора следили за необходимой им литературой и большинство сотрудников встречало языковые затруднения при работе с зарубежной периодикой. Поэтому как в картотеке, так и в сигнальной индивидуальной информации учитывалась лишь та отечественная литература, которая была включена в приведенные информационно-библиографические источники.

В целях обеспечения полноты информации ежегодно просматривались разделы по спорту и спортивной медицине в библиографическом указателе Индекс Медикус, а также в ежегодных указателях тех журналов, по которым проводился активный поиск информации.

Эффективность картотеки текущей библиографии

Создание специальной, узконаправленной картотеки текущей библиографии по тематике сектора физиологии спорта полностью себя оправдало. Сотрудники сектора систематиче-

ски пользовались картотекой для уточнения и пополнения личных картотек, для составления библиографических указателей к статьям и отчетам, для ознакомления с новыми или смежными темами. Картотекой пользовались внештатные сотрудники сектора, сотрудники других секторов и лабораторий, а также других институтов.

Разумеется, поиск информации в картотеке требует известной затраты времени научного сотрудника и предварительной консультации его для ознакомления с содержанием основных и дополнительных рубрик. Однако при узконаправленной тематике и небольшом объеме рубрик (не свыше 100 карточек, в среднем 40—50) просмотр избыточной информации имеет свои преимущества — позволяет шире ориентироваться в теме, возбуждает дополнительные ассоциации и т. п.

Оформление материалов на перфокартах с последующей их ручной селекцией (в масштабах сектора машинная селекция вряд ли целесообразна) было бы предпочтительнее. Однако переход на перфокарты исключает использование централизованных картотек, требует больших затрат времени на кодирование материала, вырезку перфокарт и т. п., а также специальных условий хранения перфокарт, поддержания их в рабочем состоянии и т. п., для чего необходим специальный технический сотрудник.

II. Обеспечение сигнальной информацией

1. **Аннотации, рефераты, сокращенные переводы.** С целью оперативного ознакомления сотрудников сектора с наиболее важными и актуальными работами с 1968 по 1970 г. было выполнено более 400 аннотаций, рефератов и сокращенных переводов, а также полный перевод обзора Экелунда «Упражнение», опубликованного в ежегоднике «Annual review of physiology» за 1969 г. Учитывались либо обзорные статьи, либо наиболее оригинальные исследования, содержавшие новые факты или новую постановку вопроса. Кроме того, большинство сотрудников сектора систематически просматривало раздел «Физиология» реферативного журнала «Биология» как источник сигнальной информации, хотя ведущие сотрудники обращались к нему обычно лишь для получения ретроспективной информации.

2. **Конъюнктурные обзоры.** На основе описанного материала составлен и сдан в печать ряд конъюнктурных обзоров по наиболее актуальным вопросам: о влиянии гипоксии и высоты на организм, о стандартизации тестов физической готовности,

проведенных за рубежом в 1966—1968 гг., и применении современных методов исследования; получены точные количественные данные в соревновательных условиях; составлены обзор работ за 1968—1970 гг. в области физиологии выносливости, обзор по электромиографии отдельных мышц, их частей и их групп (см. сборники сектора физиологии спорта за 1971—1972 гг.).

3. Индивидуальная работа с сотрудниками, выполняющими кандидатские и докторские диссертации, заключалась в выяснении информационного запроса и подборе узконаправленной библиографии. Как уже указывалось, изучение запросов потребителей информации является одной из наиболее актуальных задач современной информатики (1, 3, 6, 8 и др.).

С целью обеспечения наибольшей точности сообщаемой сигнальной информации систематически выяснялись информационные запросы сотрудников в порядке личных бесед. Как известно, личная беседа является основным методом оценки системы ИРИ (избирательного распределения информации) на основе обратной связи. Этот метод оказался вполне эффективным и в практике сектора физиологии спорта. Беседы проводились 1—2 раза в месяц при передаче новых поступлений карточек.

4. Комплектование личных карточек сотрудников осуществлялось на основе тех же источников, что и комплектование секторальной картотеки. Отбор и передача карточек производились 1—2 раза в месяц. Из общего ежемесячного количества около 2000 названий картотеки РЖ «Биология» (раздел «Физиология») для сектора отбиралось в среднем от 300 до 500 названий, которые затем распределялись между заинтересованными сотрудниками. Из них около 200 названий дублировалось для комплектования постоянной картотеки текущей библиографии сектора. Часть дублирования шла за счет параллельных поступлений двух карточек, часть обеспечивали сами сотрудники, часть карточек (обычно наиболее важных и актуальных) дублировалась нами сразу по поступлении, и лишь затем дубликаты выдавались сотрудникам.

Сравнительная эффективность различных способов передачи сигнальной информации

Практика работы в секторе физиологии спорта показала, что **наименее эффективной** формой для сообщения сигнальной информации являются конъюнктурные обзоры. Конъюнктур-

ный обзор (из 60—80 названий обобщающих и наиболее оригинальных работ за 1—2 последних года) при наличии повседневной текущей работы по перечисленным выше пунктам может быть выполнен одним исполнителем не быстрее чем за 3—4 месяца. Естественно, что качество текущей работы при этом ухудшается главным образом за счет труднее всего учитываемой, но наиболее творческой ее части — «синтезирования ситуаций».

Просмотр источников становится формальным, и сотрудники, несомненно, недополучают известное количество наиболее ценной информации. Это тем более досадно, что информативная ценность конъюнктурных обзоров для работников сектора, как правило, невелика, так как они уже учли почти всю имеющуюся в нем информацию при сигнальном ее предъявлении в виде карточек, аннотаций, рефератов и сокращенных переводов. В лучшем случае такой обзор может служить справочным пособием, тем более что при самом срочном типографском оформлении таких обзоров информация, в них заключенная, перестает быть сигнальной и становится ретроспективной.

Следовательно, составление конъюнктурных обзоров полезно в масштабе института, но не сектора. Полностью понимая ограниченную информационную ценность такого рода обзора, мы тем не менее составляли и, поскольку обзоры служили общепринятой формой отчета, хотя и отвлекали нас от выполнения наиболее важной задачи — оперативного снабжения сотрудников узконаправленной сигнальной информацией.

Нам представляется, что оформление накопленных литературных данных в виде совместных статей, принятое во многих активно работающих лабораториях как за рубежом, так и в СССР, обеспечивает большую научную ценность информации, хотя ее сигнальный характер также теряется и она становится ретроспективной.

Гораздо более эффективным способом передачи сигнальной информации служит срочное **реферирование и аннотирование** статей. Однако оно наиболее целесообразно для обработки источников из смежных областей знания (в нашем случае — медицины, общей биологии), имеющих теоретический или экспериментальный характер. Как правило, большинство сотрудников сектора систематически просматривало реферативные журналы по своей специальности. При этом ценой некоторой потери оперативности обеспечивалась наибольшая

полнота информации. Кроме того, во ВНИИФК проводилось систематическое аннотирование периодики по видам спорта, педагогике, социологии, прикладной физиологии и спортивной медицине силами сектора зарубежного спорта.

Еще более эффективным способом оказались так называемые **сокращенные переводы**, т. е. перевод вводной части и обсуждения, а также тех деталей из методики и резюме, которые не были отражены в первых двух разделах. Это позволяло сотрудникам сектора быстро ознакомиться с постановкой вопроса, точкой зрения автора и литературными данными, что обычно дает больше полезной информации, чем сообщение о результатах, передаваемое рефератом. Кроме того, тот объем информации, который содержится в аннотации и реферате, могут усвоить по оригиналу (используя рисунки, таблицы, ссылочную библиографию, сведения о предыдущих работах автора) даже сотрудники, слабо владеющие языком, тогда как введение и обсуждение содержат, как правило, наибольшие языковые трудности.

Индивидуальная работа с научными сотрудниками — наиболее эффективный способ передачи сигнальной информации тем из них, кто активно работает, хорошо ориентируется в литературе по своему вопросу и сносно читает хотя бы на одном языке (обычно английском). Только при работе с этой группой сотрудников возможно и необходимо так называемое «синтезирование ситуаций». Этот термин, принятый в настоящее время в информатике (2, 7, 9), означает извлечение новых фактов, а иногда и новую постановку вопроса путем выявления неявной информации, а также путем сопоставления явной, но разноравневой информации, путем привлечения материала на смежных или далеко отстоящих отраслях знаний и т. п.

Комплектование личных картотек путем отбора карточек, содержащих полезную для данного сотрудника информацию, по отзывам сотрудников, оправдало себя полностью и также было наиболее эффективным методом сообщения сигнальной информации.

Таким образом, разработанная в секторе физиологии ВНИИФК система ИРИ оказалась достаточно эффективной в основных своих частях — составлении секторальной и индивидуальных картотек, выполнении сокращенных переводов и индивидуальной работе с научными сотрудниками — и может быть рекомендована для применения в институтах аналогичного профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова И. Ф. Изучение запросов потребителей информации — один из главных этапов разработки отраслевой ИПС. «Научно-техническая информация», серия 1, 1969, № 1, с. 12—17.
2. Бернштейн Э. С. О сфере информационной деятельности. «Научно-техническая информация», серия 1, 1968, № 1, с. 3—6.
3. Бородыня В. И. Об информационных потребностях различных категорий специалистов. «Научно-техническая информация», серия 1, 1970, № 5, с. 5—9.
4. Бурый-Шмарьян О. Е. Индивидуальное информационное обслуживание специалистов в НИИ и КБ. «Научно-техническая информация», серия 1, 1967, № 5, с. 7—10.
5. Зябрев В. А. Эффективность информационного обслуживания в НИИ (по результатам анкетного опроса исследователей). «Научно-техническая информация», серия 1, 1970, № 4, с. 14—17.
6. Пачевский Г. М. Методология исследований информационных запросов специалистов и эффективности информации. «Научно-техническая информация», серия 1, 1970, № 4, с. 7—13.
7. Шапиро Э. Л. К некоторым вопросам синтетизирования ситуаций. «Научно-техническая информация», серия 1, 1969, № 12, с. 5—6.
8. Шапиро Э. Л. К вопросу о сущности информационного запроса. «Научно-техническая информация», серия 1, 1970, № 8, с. 3—5.
9. Шехурин Д. Е. Синтез информации в сфере информационной деятельности. «Научно-техническая информация», серия 1, 1969, № 12, с. 7—8.
10. Шнейдерман Я. А. Изучение информационных запросов разработчиков в отраслевом НИИ. «Научно-техническая информация», серия 1, 1967, № 9, с. 9—14.
11. Hodges J. D., Angalet B. W. The prime technical information source — the local word environment. "Human factors". 1968, 10, N 4, 425—430.
12. Housman E. M., Kaskela E. D. State of the art in selective dissemination of information. "IEEE Trans. Eng. writ. and Speech". 1970, 13, N 2, 78—83.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Раздел I Особенности высшей нервной деятельности и координации движений	
<i>А. В. Коробков, Б. К. Замаренов.</i> Исследование динамики умственной деятельности и быстроты движения в условиях различных режимов многократных физических нагрузок и отдыха	5
<i>М. П. Иванова, В. В. Чернашкин.</i> Изменение ЭЭГ после напряженной физической работы с разными режимами дыхания	20
<i>Л. П. Кукинова.</i> О влиянии гипоксии на фоновую импульсную активность головного мозга кролика	28
<i>А. А. Ломов, Э. К. Каспаров.</i> Об особенностях проявления вегетосоматических реакций у спортсменов при раздражениях вестибулярного аппарата	38
<i>А. А. Ломов, О. И. Уланов, Ю. И. Бакаринов, В. И. Левандо.</i> Комплексная методика исследования функционального состояния вестибулярного анализатора	43
<i>М. М. Рузихунова.</i> Влияние различных по характеру тренировочных нагрузок на ЭЭГ и условно-двигательные реакции спортсмена	46
<i>Г. И. Алсуфьева.</i> Скорость становления и стабилизации двигательного ритмического стереотипа у спортсменов различной специализации	55
Раздел II. Особенности спинальных механизмов и физических свойств мышц	
<i>Н. В. Бобкова, А. В. Овсянников.</i> Влияние одиночного и высокочастотного раздражения нерва и кожи на рефлекторную возбудимость мотонейронов контралатеральной конечности	64
<i>Г. В. Вазюков, М. Г. Караев, А. И. Бурханов.</i> Упруго-вязкие свойства скелетных мышц человека при локальной статической и динамической работе	71
<i>М. Г. Караев.</i> Характер изменения Н-рефлекса камбаловидной и икроножной мышц при статической работе разной мощности	80
<i>А. В. Овсянников, В. Л. Федоров, Т. И. Федина.</i> Изменение Н-рефлекса камбаловидной мышцы после движения различной длительности	87

Раздел III. Исследование устойчивости тренировочного эффекта

- Л. А. Иоффе, М. А. Абрикосова, Ю. М. Стойда, Б. С. Катковский, Ю. Д. Помзтов.* Оценка устойчивости тренировочного эффекта с помощью моделированной детренированности 94
- А. В. Овсянников.* Влияние водной иммерсии на двигательную преднастройку у человека 107
- Ю. М. Стойда, А. А. Кулаков.* Сосудистые реакции при нарушении ортостатической устойчивости, вызванном пребыванием человека в условиях водной иммерсии 114

Раздел IV. Фармакология двигательной деятельности

- Г. В. Кованов.* Изменение активности ретикуло-эндотелиальной системы под влиянием мышечной тренировки и введения метилурацила в сочетании с тренировкой 122
- И. К. Соколов.* О регуляции пластического обмена при экспериментальной тренировке 124

Раздел V. Особенности организации информационно-справочного обслуживания в области физиологии спорта

- Т. И. Горюнова.* Опыт работы по информации о зарубежных научных исследованиях в секторе физиологии спорта 229

Физиологические проблемы тренированности, вып. 2.

Редактор Т. А. Чепрасова

Корректоры: Л. М. Пучкова, И. В. Жандарова

Технический редактор Л. С. Кремер

Подписано к печати 26/XII-73 г.

Заказ 2294

Уч.-изд. л. 8,38

Тираж 1500 экз.

Л-136989

Цена 84 коп

Типография ВДНХ