

УДК 611.81—018:576.2—08

С. Г. СУХАНОВ

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПРИНЦИПОВ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПАТОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА К ХОЛОДОВОМУ ФАКТОРУ

Теория вероятностей и информация находятся в числе наиболее перспективных направлений для развития количественной (математической) морфологии [1, 4]. Дальнейшее познание особенностей адаптации морфологических многокомпонентных систем спинного мозга к холоду требует представлений в краткой математической форме динамики акклимационных изменений. Однако в доступной литературе случаев применения вероятностных подходов и математического моделирования для решения подобных задач встретить не удалось.

Проведено 36 экспериментов на кроликах (30 опытных, 6 интактных), весом 2,5—3,0 кг. Охлаждение осуществлялось в специальной камере при температуре от  $-3$  до  $-5^{\circ}\text{C}$  по 10—12 часов ежедневно в течение 1, 2, 4, 8 и 12 недель. Гистологический материал (сегменты спинного мозга) подвергнут комплексной гистологической и морфометрической обработке, общие принципы которой подробно освещены в наших предыдущих публикациях по изучаемой проблеме [3, 6].

По результатам измерений длины капиллярного русла в  $1\text{ мм}^3$  ткани вентральных рогов серого и передних канатиках белого вещества спинного мозга построены гистограммы. В соответствии с рекомендациями [2, 5] определены энтропия (H) и показатель избыточной организованности систем ( $R\%$ ) серого и белого вещества шейных, грудных и пояснично-крестцовых отделов спинного мозга.

Общее охлаждение кроликов вызывало существенные изменения плотности капиллярного русла серого и белого вещества спинного мозга. Общая характеристика изменений энтропии или неопределенности систем (H бит) и коэффициента избыточности информации  $R\%$  приведена в табл. 1.

Согласно выполненным расчетам, показатель R большинства систем не превышал 30% (для уровня вероятности  $P=0,997$  и доверительного интервала  $t=3,0$ ), что позволяло отнести их к категории квазидетерминированных, т. е. имеющих узкий компенсаторный резерв и способных легко декомпенсироваться под воздействием модифицирующих факторов [1]. Длина капиллярного русла серого вещества (ДКРСВ) в пояснично-крестцовом отделе как морфологическая система увеличи-

вает коэффициент надежности R от 12,6 до 29,0% к концу IV недели и сохраняет 20,3% избыточной информации к концу XII недели общего охлаждения. При этом энтропия системы снижается с 2,94 до 2,74 бит. Система ДКРСВ шейного отдела, наоборот, уже к концу I недели характеризовалась коэффициентом R менее 10%, что приближало систему к грани декомпенсации. Снижение избыточной информации имело место также к концу II, XII недель в шейном и I, II, XII недель в грудном отделе спинного мозга.

Таблица 1  
Динамика информационных показателей морфологических систем капилляров спинного мозга при акклимации к холоду

Этап опыта	Морфометрический параметр	Шейный отдел		Грудной отдел		Пояснично-крестцовый отдел	
		H (бит)	R %	H (бит)	R %	H (бит)	R %
Контроль	ДКРСВ	2,67	22,2	2,66	22,7	2,94	12,6
	ДКРБВ	3,07	10,6	3,10	9,6	2,92	13,1
I неделя	ДКРСВ	3,18	7,3	2,88	16,0	2,76	19,6
	ДКРБВ	2,96	13,9	2,97	13,5	2,96	13,9
II неделя	ДКРСВ	3,01	12,5	2,93	14,7	2,90	13,6
	ДКРБВ	3,13	8,8	3,10	9,6	2,95	14,1
IV неделя	ДКРСВ	2,62	24,5	2,51	27,5	2,46	29,0
	ДКРБВ	3,11	10,2	3,03	12,7	2,88	17,0
VIII неделя	ДКРСВ	2,49	25,8	2,51	25,3	2,80	16,5
	ДКРБВ	2,95	16,0	2,98	11,3	2,86	14,3
XII неделя	ДКРСВ	2,88	16,0	2,72	20,9	2,74	20,3
	ДКРБВ	2,83	17,4	2,72	20,9	2,76	19,6

Примечание: ДКРСВ—длина капиллярного русла серого вещества; ДКРБВ—длина капиллярного русла белого вещества спинного мозга.

Длина капиллярного русла в белом веществе (ДКРБВ) изменялась однонаправленно во всех обследованных сегментах спинного мозга. Наибольшее снижение коэффициента R отмечалось к концу II недели в шейном (8,8%) и грудном (9,6%) отделах, в остальные периоды наблюдения данный индекс возрастал, а энтропия, соответственно, снижалась, что может свидетельствовать о развитии адаптационных изменений в данных системах.

Математические модели всех систем в настоящем исследовании были представлены полиномом 2-й степени:

$$Y = A_0 + A_1 \cdot X + A_2 \cdot X^2$$

Коэффициенты уравнений представлены в предыдущей публикации [3]. Если в норме ДКРСВ в сегментах шейного отдела у кроликов составляла  $429,0 \pm 17,0$  мм, то согласно регрессионной модели удлинение срока общего охлаждения (аргумент  $X > 12$  недель) приведет к достоверному уменьшению плотности функционирующих капилляров в вентральных рогах серого вещества. В то же время аналогичный показатель в сегментах грудного и поясничного отделов спинного мозга в течение всего периода наблюдения находился в пределах «адаптивной нормы» [2]. Экстраполируя результаты вычисленных математических моделей, сле-

дует предположить, что в этих участках ЦНС и в дальнейшем не будут регистрироваться существенные циркуляторные сдвиги.

Эмпирические значения ДКРБВ у контрольных животных составили для шейного отдела  $174,5 \pm 4,2$  мм, для грудного— $161,4 \pm 3,4$  и для поясничного— $151,4 \pm 3,61$  мм. В целом в течение всего эксперимента изменения ДКРБВ были выражены меньше, чем аналогичный показатель для вентральных рогов серого вещества спинного мозга.

Таким образом, применение теории информации и построение регрессионных математических моделей является весьма перспективным направлением в разработке количественных аспектов проблемы адаптации гомойотермных организмов к экстремальным факторам внешней среды.

Архангельский государственный  
медицинский институт

Поступила 11/VI 1981 г.

#### Ս. Գ. ՍՈՒԽԱՆՈՎ

ՄԱԹԵՄԱՏԻԿԱԿԱՆ ՄՈԴԵԼՆԵՐՄԱՆ ԵՎ ՀԱՎԱՆԱԿԱՆ ՍԿՋՐՈՒՆՔՆԵՐԻ  
ՕԳՏԱԳՈՐԾՄԱՆ ՓՈՐՁԸ ՈՂՆՈՒՂԵՂԻ ԱՐՅԱՆ ՇՐՋԱՆԱՌՈՒԹՅԱՆ  
ՊԱԹՈՄՈՐՖՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՀԱՄԱՐ  
ՕՐԳԱՆԻԶՄԻ ՑՐՏԱՅԻՆ ՖԱԿՏՈՐԻՆ ՀԱՐՄԱՐՄԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

#### Ա մ փ ո փ ո լ մ

Չափվել է գորշ նյութի վենտրալ եղջուրի և սպիտակ նյութի հաղորդակցման ուղիների մազանոթային հունի երկարությունը:

Ակլիմացիոն տեղաշարժերի դինամիկան ներկայացված է մաթեմատիկական մոդելներով, էնտրոպիայով և համակարգի հազմելողային կազմակերպվածության ցուցանիշով:

S. G. Soukhanov

### Experience of Application of Probable Principles and Mathematical Models For the Study of Pathomorphological Changes of the Spinal Cord Circulation in the Process of the Organism Adaptation to the Cold Factor

#### S u m m a r y

The length of the capillary bed in ventral horns' of gray and conduction tracts' white substances has been measured. The dynamics of acclimative shifts is represented by mathematical models, entropy and by the index of the surplus organization of the systems.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Автандилов Г. Г. Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, 1977, 72, 5, 5—14.
2. Автандилов Г. Г. Введение в количественную патологическую морфологию. М., Медицина, 1980, 216.
3. Автандилов Г. Г., Суханов С. Г., Вересова Л. А. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины АМН СССР, 1981, 10, 505—507.
4. Бандарин В. А. В кн.: «Теория информации в медицине», Изд-во Беларусь, Минск, 1974, 6—77.
5. Плохинский Н. А. Алгоритмы биометрии, Изд-во МГУ, 1980, 150.
6. Суханов С. Г. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины АМН СССР. М., 1980, рукопись депонирована в ВИНТИ, № 5226—80 Деп.