

ЦИАНРЕЗИСТЕНТНОЕ ТКАНЕВОЕ ДЫХАНИЕ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ГАЗООБМЕНА К СИНИЛЬНОЙ КИСЛОТЕ У ЖИВОТНЫХ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

А. А. РУБАНОВСКАЯ

Сектор общей физиологии (зав.—проф. А. В. Нагорный) Зоолого-биологического
института Харьковского государственного университета

I.

Работами Dixon'a и Elliott'a (1929), Banga, Schneider'a и Szent-Györgyi (1931), Br. Kisch (1933), Torres (1935) и др. установлено, что некоторая часть дыхания тканей не чувствительна к синильной кислоте.

Вопрос о биологическом значении цианрезистентного дыхания еще не разработан. Имеются лишь отдельные указания на изменения количественного соотношения между двумя компонентами дыхательной системы тканей при некоторых биологических процессах.

Так, по данным Laser'a (1934), при отравлении культуры тканей синильной кислотой сильно возрастает коэффициент Меергофа. Это увеличение окислительного коэффициента указывает, по Laser'у, на то, что часть дыхания, которая не чувствительна к синильной кислоте, принимает особенно большое участие в торможении процессов расщепления.

Сорени и Чепинога (1936) показали, что величина цианрезистентного дыхания мускульной ткани изменяется в зависимости от функционального состояния мускула.

По Bodin'у (1934), Ropbie и Boell (1938), при развитии яиц кузнечика до состояния диапаузы и после него цианрезистентное дыхание составляет около 20% общего дыхания, а во время диапаузы—100%.

Привольнев (1940) показал, что различные стадии эмбрионального развития лягушки, форели и хирономуса характеризуются различными соотношениями цианрезистентного и чувствительного к синильной кислоте дыхания.

Эти немногочисленные данные дали некоторое основание предположить, что различные периоды постэмбрионального развития могут сопровождаться сдвигами в дыхательной системе тканей.

Литература по вопросу о возрастных изменениях нечувствительной и чувствительной к синильной кислоте частей дыхания, однако,

отсутствует. Лишь в работе Laser'a (1934) находим данные относительно величины цианрезистентного дыхания у различного возраста культур ткани (фибробласты зародыша). По этим данным, чем моложе культура, тем больше устойчивая к синильной кислоте часть дыхания.

Эти данные, конечно, не могут быть перенесены на организмы в целом.

II.

Так как, однако, этот вопрос представляет значительный интерес, то нами было исследовано изменение с возрастом цианрезистентного дыхания печени и скелетных мышц. Объектом исследования были белые крысы в возрасте от 15 дней до 14 месяцев. Методика—Варбурга. Исследования печени произведены со срезами, мышцы же для изучения дыхания измельчались в кашицу. Результаты представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Мышцы (Потребление O_2 в $мл^3$ на 1 мг сухого вещества за 40 минут)

Среда	В о з р а с т														
	16—18 дней			25—30 дней			2—2½ мес.			6—6½ мес.			12—14 мес.		
	HCN		m/300	HCN		m/300	HCN		m/300	HCN		m/300	HCN		m/300
	Без HCN	абс.		%	Без HCN		абс.	%		Без HCN	абс.		%	Без HCN	
Бикарбонатный рингер	0,73	0,44	60,2	0,86	0,65	75,0	1,0	0,45	45,0	1,6	0,43	27,0	1,54	0,35	22,7
	0,88	0,51	57,0	0,93	0,53	59,0	1,23	0,63	51,0	1,74	0,62	35,0	1,63	0,58	35,0
	1,26	0,70	55,5	1,17	0,58	50,0	1,24	0,55	46,0	2,0	0,65	32,0	1,65	0,26	15,7
	1,31	0,46	35,0	1,11	0,50	45,4	1,24	0,88	67,0	2,0	0,46	22,5	1,66	0,32	19,2
	1,30	0,95	73,0	1,26	0,91	71,0	1,25	0,77	61,0	2,55	0,86	33,0	2,0	0,46	23,0
	1,35	0,93	68,8	1,30	0,71	54,6	1,34	0,81	60,4	2,75	0,71	26,0	2,0	0,40	20,0
	1,43	0,75	52,0	1,40	1,0	71,0	1,58	0,82	52,0	3,0	0,94	31,0			
							1,86	0,87	46,7						
Среднее	1,18	0,68	57,2	1,15	0,7	60,0	1,34	0,72	53,6	2,23	0,67	30,0	1,74	0,39	23,9
Фосфатный буфер	2,0	1,45	71,0	2,20	1,6	72,7	1,46	0,7	47,9	2,4	0,58	24,5	2,0	0,33	16,2
	2,28	0,72	31,6	2,28	0,92	40,3	1,87	0,8	42,7	—	—	—	2,0	0,50	25,0
	2,8	1,45	51,8	3,82	1,92	50,0	2,39	0,8	33,4	—	—	—	2,4	0,40	16,7
				4,41	2,87	65,0							2,4	0,56	23,3
				4,70	2,35	50,0							2,86	0,86	30,0
				4,78	1,75	36,6							2,42	0,51	21,1
Среднее	2,36	1,21	51,4	3,7	1,9	52,4	1,9	0,76	41,3			24,5	2,34	0,52	22,0

Из табл. 1 видно, что цианрезистентное дыхание мышечной ткани, обнаруживая в каждом возрасте значительные индивидуальные колебания как абсолютных, так и относительных величин, закономерно изменяется с возрастом. А именно: чем моложе животное, тем больше в мышцах относительная величина устойчивого к циану дыхания, больше его участие в общем дыхании, причем закономерность эта одинаково выражена как при исследовании дыхания в бикарбонатном рингере, так и в фосфатном буфере. В этих опытах мы имели дело с поврежденной тканью—кашицей. Но и для срезов печени нами получены аналогичные результаты.

Из табл. 2 видно, что в печени относительная величина цианрезистентного дыхания, так же как и в мышцах, постепенно уменьшается с возрастом животного.

Таблица 2

Печень (Потребление O_2 в mm^3 на 1 мг сухого вещества за 1 час)

Среда	В о з р а с т											
	13—15 дней			1 месяц			6 месяцев			12—14 месяцев		
	Без HCN	HCN м/300		Без HCN	HCN м/300		Без HCN	HCN м/300		Без HCN	HCN м/300	
		абс.	%		абс.	%		абс.	%		абс.	%
Бикарбонатный рингер	10,1	5,33	53,0	7,14	4,0	56,0	4,88	1,2	24,5	6,0	1,19	20,0
	11,0	4,1	37,2	7,00	3,0	43,0	6,8	2,46	36,0	6,0	1,30	21,0
	11,4	8,3	72,8	8,7	2,9	33,1	7,5	2,68	35,0	6,0	1,14	19,0
	11,4	7,41	65,0	9,3	4,7	50,5	7,69	2,91	38,0	6,8	2,06	30,0
	13,5	9,38	69,4	9,63	4,8	50,0	7,7	3,6	46,0	7,0	1,33	19,0
	14,5	7,1	49,0	10,3	4,0	40,0				7,46	1,37	18,3
				11,0	5,4	49,0				8,1	1,40	18,6
				13,3	7,7	57,8						
Среднее . .	12,0	6,76	57,7	9,54	4,56	47,4	6,91	2,55	35,8	6,86	1,4	20,1

Вопрос о биологическом или физиологическом значении установленных нами закономерностей еще не совсем ясен. Здесь можно только сделать некоторые предположения, требующие экспериментальной проверки. На основании некоторых литературных данных (Br. Kisch—1933, Krebs—1932) вполне допустимо, что большая величина цианрезистентного дыхания в молодом возрасте обуславливает большую или меньшую способность к окислению одних субстратов сравнительно с другими. Возможно, что различия в объеме цианрезистентного дыхания обусловлены возрастными различиями в обмене исследованных тканей. Вопрос этот требует специального изучения.

III.

В связи с установлением возрастных различий в величине цианрезистентного тканевого дыхания, возникает вопрос о роли этого фактора при воздействиях синильной кислоты на целые организмы различного возраста. Литературные данные говорят о неодинаковой чувствительности к этой кислоте молодых и взрослых организмов.

Так, по Кравкову (1929), дети более чувствительны к ней, чем взрослые. В работе Hess'a и Messerle (1922) есть указание на то, что молодые животные более чувствительны к синильной кислоте, чем взрослые. Аналогичные данные получил Isobl Tsugio (1935) в опытах со спленектомизированными и нормальными крысами.

В противоположность этим данным Van Herwerden (1918) нашел, что молодые *Hydra fusca* менее чувствительны к растворам синильной кислоты, чем взрослые.

Трофимович (1936), исследуя влияние синильной кислоты на жизнедеятельность инфузории (*Paramecium caudatum*), наблюдала наибольшую устойчивость к ней у молодых инфузорий—через 4—6 часов после деления.

Из этих данных можно заключить, по крайней мере в отношении человека и млекопитающих, что молодые организмы более чувствительны к синильной кислоте, чем взрослые.

Этот факт с первого взгляда стоит в противоречии с большей величиной цианрезистентного тканевого дыхания в молодом возрасте.

Некоторую ясность в этот вопрос могли бы внести данные относительно изменений у животных различного возраста общего газообмена под влиянием синильной кислоты, поскольку общий газообмен в каждый данный момент отображает состояние тканевого газообмена при данных условиях в организме. Известно, что при отравлении синильной кислотой сильно понижается потребление кислорода и выделение углекислоты, несмотря на судороги, наступающие вскоре после отравления. Но о возрастных различиях в чувствительности общего газообмена к синильной кислоте в известной нам литературе данных не оказалось. Поэтому в следующей серии опытов нами было изучено изменение газообмена под влиянием синильной кислоты.

Методика исследования общего газообмена следующая: животное помещалось в герметически замкнутую, достаточную по объему камеру, где оставалось в течение получаса или 1 часа. По истечении этого времени из камеры брались пробы хорошо перемешанного воздуха в аппарат Гальдана, где анализировались на содержание углекислоты.

Контролем служил газообмен после инъекции под кожу физиологического раствора в таком количестве, в каком предполагалось вводить синильную кислоту. Последняя вводилась через 15—20 минут после окончания контрольного опыта. Определение газообмена начиналось обычно через 10 минут после инъекции.

Полученные нами результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Потребление O_2 и выделение CO_2 целым животным

Возраст	Вес животного г	Длительность опыта	После инъекции физиолог. раствора		После инъекции раствора HCN				Доза HCN мг на 100 г веса
			O_2 см ³	CO_2 см ³	O_2 см ³	O_2 в % контроля	CO_2 см ³	CO_2 в % контроля	
1 месяц	30	1 ч.	111,2	84,6	58,76	52,8	41,6	49,1	1,3
25 дней	30	1 "	118,9	78,14	50,5	42,3	33,0	42,3	1,3
1 месяц	32	$\frac{3}{4}$ ч.	81,9	53,6	—	—	37,3	69,6	1,3
1 "	44	1 ч.	—	149,0	—	—	88,8	59,5	1,0
28 дней	20	1 "	61,7	48,5	30,5	49,4	28,8	59,3	1,0
27 "	48	1 "	—	111,1	—	—	54,15	48,7	1,0
6 месяцев	166	1 "	320,5	250,0	200,5	62,5	166,9	66,8	1,3
6 "	270	1 "	444,2	317,0	365,4	82,2	252,9	80,0	1,3
10 "	178	35 м.	183,6	142,6	151,9	83,0	125,6	88,0	1,3
12 "	254,1	35 "	227,6	173,2	—	—	163,7	94,5	1,3
12 "	219	35 "	218,5	180,1	198,8	91,0	158,4	86,0	1,3
24 месяца	257	1 ч.	458,0	279,0	366,1	80,0	233,0	83,5	1,3
24 "	293	1 "	469,3	325,4	459,2	98,0	309,1	95,0	1,3

Из табл. 3 видно, что при одинаковых дозах синильной кислоты (1,3 г на 100 г веса тела) снижение общего газообмена у одномесячных крыс значительно больше, чем у взрослых, т. е. общий газообмен одномесячных крыс более чувствителен к синильной кислоте, чем взрослых.

Почему снижение общего газообмена выражено резче в молодом возрасте, несмотря на большую относительную величину цианрезистентного дыхания важнейших по объему тканей (мышцы, печень), сказать сейчас еще трудно. Возможно, что причиной является боль-

шая чувствительность в этом возрасте регулирующих тканевой обмен систем и главным образом—нервной.

Вполне допустимо, что нервная система в различные возрасты неодинаково реагирует на синильную кислоту и эффект этой различной реакции регулирующих механизмов перекрывает собою тканевой фактор—неодинаковую величину цианрезистентного дыхания. Вопрос этот требует дальнейших исследований.

Выводы

1. Объем резистентной к синильной кислоте части дыхания печени и мышечной ткани уменьшается с возрастом, а чувствительной—растет.

2. Под влиянием инъекций синильной кислоты газообмен молодых крыс снижается сильнее, чем у взрослых, что, повидимому, связано с большей чувствительностью их нервной системы к синильной кислоте.

3. На основании некоторых литературных данных можно предположить, что большая величина цианрезистентного дыхания тканей молодых животных обуславливает большую или меньшую, сравнительно со взрослыми, способность к окислению тех или иных субстратов.

ЛИТЕРАТУРА

- Кравков, Н. П.—Основы фармакологии, т. I.
 Привольнев—О двух типах дыхания при эмбриональном развитии. Доклады Акад. наук СССР, т. XXVI, № 2, 1940.
 Сорени, Е. и Чепинога, О. П.—Про влияниe тренирування на дихальну функцію мускульної тканини. Біохім. журн., т. IX, № 3, 1936.
 Сорени, Е. и Чепинога, О.—Про HCN-резистентну частину дихання. Біохім. журн., т. XI, стр. 307, 1938.
 Трофимович, В. П.—Действие KCN и метиленблау на жизнедеятельность инфузории *Paramecium caudatum*. Биол. журн., т. V, 1936.
 Alt Howard, L.—Über die Atmungshemmung durch Blausäure Biochem. Zeitschr. Bd. 221, 1930.
 Banga, I., Schneider, L. und Szent-Györgyi—Über den Einfluss der Blausäure auf die Gewebsatmung. Bioch. Zeitschr. Bd. 240, Heft 46, 1931.
 Dixon, B. M. and Elliott, K. A.—The effect of cyanide on the respiration of animal tissues. Biochemic. journ., v. XXIII, 1929.
 Hess, W. R. und Messerle, R.—Untersuchung. über die Gewebsatmung bei Avitaminose. Hoppe-Seyl. Zeitschr. Bd. 119, 1922.
 Heyningen William E.—The inhibition of respiration by cyanide. Bioch. journ., 29, 1935.
 Herwerden Van—La resistanse de cellules des diversages a l'empoisonnement par le cyanure du potassium. Arch. néerl., 99, 4, 1918.
 Kisch, Br.—Die Cyanempfindlichkeit der Atmung verschiedener Gewebsarten. Bioch. Zeitschr. Bd. 263, Heft 1/3, 1933.
 Laser, H.—Weitere Untersuchungen über Stoffwechsel und Anaerobie von Gewebekulturen. Bioch. Zeitschr. Bd. 268, Heft 1/6, 1934.
 Isobi Tsugio—Studien über Blutgifte und Milz mit besonder Berücksichtig. des Alters. Berichte üb. d. ges. Physiol. Bd. 84, Heft 1/2, 1935.
 Warburg, O.—Über die katalytische Funktionen der lebendigen Substanz. Berlin, 1938.
 Warburg, O.—Über die Nichehemmung der Zellatmung durch Blausäure. Bioch. Zeitschr. Bd. 231, 1931.

CYANRESISTANT TISSUE RESPIRATION AND SUSCEPTIBILITY OF RESPIRATION METABOLISM TO HCN IN ANIMALS OF VARIOUS AGE

A. A. RUBANOVSKAYA

Sector of General Physiology of the Zoo-Biological Institute of the Kharkov State
University (Chief—Prof. A. V. Nagorny)

In this work there have been investigated:

1. The value of the cyanresistant respiration of muscle and liver tissue of albino rats of various age (10 days to 14 months) and
2. Susceptibility of the total respiration metabolism of rats of various age to HCN.

It has been established experimentally:

1. The value of the resistant to HCN respiration of the investigated tissues gradually decreases with age, and the susceptibility to HCN increases (tables 1, 2).
2. Under the influence of an injection of HCN (1,3 mg HCN to 100 g of body weight) the respiration metabolism of young rats decreases more considerably than in adults (table 3), which is evidently connected with the greater susceptibility of their nervous system to HCN.
3. On basis of some literary data it may be supposed that the great value of cyanresistant respiration of tissues of young animals conditions a greater or lesser, as compared with adults, capacity to oxidating any substrates.

ВІКОВІ ЗМІНИ ЦІАНРЕЗИСТЕНТНОГО ДИХАННЯ МОЗКУ ТА НИРОК

Є. Ф. КОЛОМІЄЦЬ

Сектор загальної фізіології (зав.—проф. О. В. Нагорний) Зоолого-біологічного інституту і кафедра фізіології тварин Харківського державного університету

Установлені Діксоном та Елліотом два види дихання—чутливого до синильної кислоти і нечутливого—підтверджуються багатьма пізнішими дослідженнями.

Завадовський, Рунстром, Бодін і Привольнев дослідили, що в ембріональний період розвитку деяких тварин співвідношення двох частин дихання не є постійне, а змінюється залежно від стадії розвитку. З питання, як змінюються ці два види дихання на протязі всього життя тварин, літератури майже немає.

А. А. Рубановська (1940) у нашій лабораторії дослідила вікові зміни ціанрезистентного дихання м'язів та печінки білих щурів і встановила, що чим молодша тварина, тим більша відносна величина резистентного до синильної кислоти дихання, тим більша його участь у загальному диханні.

Виникає питання—чи є ця закономірність загальною для всіх тканин тваринного організму.

З метою вивчення цього питання нами було досліджено ціанрезистентне дихання тканин двох органів—мозку (кори півкуль) та нирок білих щурів (методика Варбурга). Концентрація синильної кислоти в усіх дослідах $m/300$.

Наслідки дослідів подані в табл. 1, 2 і 3.

Табл. 1 показує, що загальне дихання кори мозку збільшується від народження до місячного віку, а далі небагато зменшується. Ці дані цілком збігаються з даними А. А. Рубановської, яка 1936 р. дослідила загальне дихання мозку за евідометричним методом Л. С. Штерн.

Ціанрезистентне дихання збільшується від перших днів життя до 10—18 днів, а пізніше закономірно зменшується.

Дані табл. 2 показують, що загальне дихання нирок найбільше у щурів 10—18 та 30 днів; у старіших щурів воно менш інтенсивне. Ціанрезистентне дихання нирок практично не змінюється з віком.

Таким чином кожний орган дає характерні лише для нього вікові зміни двох частин дихальної системи тканин.

Таблиця 2

Нирки (Споживання O_2 мл³ на 1 мг сухої речовини за 1 годину при 37°С)

	В і к у д н я х											
	1—3			10—18			30			90—100		
	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	%	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	%	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	%	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	%
12,4 ⁶	2,40	18,0		21,19	2,69	12,6	24,64	2,96	12,0	21,40	2,61	12,2
13,32	2,44	18,0		25,88	3,28	12,6	24,30	4,14	17,0	17,00		18,73
11,15	1,58	14,1		16,0	2,10	13,1	21,12	3,98	18,8	22,13	4,08	18,4
14,00	2,20	15,7		19,27	3,24	16,8	21,12	3,71	17,5	17,20		22,00
	2,35	17,0		17,8	2,30	13,0	17,99	2,85	15,8	29,90	3,87	14,9
				23,2	3,86	16,6	18,92	2,83	14,9	18,40		18,80
				22,64			23,50			20,50	3,60	17,5
				22,38	3,68	16,4	21,54			15,91	2,78	17,4
					3,75	16,7	21,61	2,93	13,5	21,23	3,54	16,6
				22,39	3,45	15,4	19,30				3,04	14,2
							18,27	2,62	14,3			
								2,93	16,5			
Середне . .	12,37	2,19	16,6	21,19	3,15	14,7	21,12	3,21	15,6	20,4	3,36	15,9
Мінімум . .	11,15	1,58	14,1	16,0	2,10	12,6	17,99	2,62	12,0	15,91	2,61	12,2
Максимум .	14,0	2,44	18,0	25,88	3,86	16,8	24,64	4,14	18,8	29,9	4,08	18,4

Ціанрезистентне дихання

Загальне дихання

Ціанрезистентне дихання

Загальне дихання

Ціанрезистентне дихання

Загальне дихання

Ціанрезистентне дихання

Загальне дихання

Ціанрезистентне дихання

Загальне дихання

Ціанрезистентне дихання

%

Таблиця 3

Середні дані для нирок та мозку (O_2 мм³ на 1 мг сухої речовини за 1 годину)

	В і к у д н я х											
	3—6				10—18				30			
	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	Чутливе до HCN дихання	Відношення чутливого до ціанрезистентного дихання	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	Чутливе до HCN дихання	Відношення чутливого до ціанрезистентного дихання	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	Чутливе до HCN дихання	Відношення чутливого до ціанрезистентного дихання
Нирки	12,37	2,19	10,18	4,6	21,19	3,15	18,04	5,7	21,12	3,21	17,91	5,5
Мозок	4,80	1,13	3,67	3,2	7,34	2,57	4,77	1,8	10,38	2,95	7,43	2,5

	В і к у д н я х											
	70—90				180				360—900			
	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	Чутливе до HCN дихання	Відношення чутливого до ціанрезистентного дихання	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	Чутливе до HCN дихання	Відношення чутливого до ціанрезистентного дихання	Загальне дихання	Ціанрезистентне дихання	Чутливе до HCN дихання	Відношення чутливого до ціанрезистентного дихання
Нирки	20,40	3,36	17,04	5,0	18,48	2,64	15,84	6,0	18,57	3,06	15,41	5,0
Мозок	7,80	2,14	5,66	2,6	9,10	2,31	6,79	2,9	9,70	2,27	7,43	3,2

ЛІТЕРАТУРА

- Завадовский, Б. М.—Труды лаборатории экспериментальной биологии Московского зоопарка, I, 1926.
- Привольнск, Т. И.—О двух типах дыхания при эмбриональном развитии. Доклады Акад. наук СССР, т. XXVI, № 2, 1940.
- Рубановская, А. А.—Вікові зміни оксидативних процесів у тканинах. Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ, т. 5, 1938.
- Рубановская, А. А.—Возрастные изменения окислительных процессов в тканях. Труды конференции по эволюционной биохимии, 1939.
- Bodine—Journ. cellul. and Comp. Physiol., 5, № 4, 1934.
- Dixon, B. a. Elliott, K. A.—The effect of cyanide of animal tissue. Biochem. Journ., v. XXVIII, № 4, 1929.
- Runstrom—Protoplasma. Bd. 10, 1930.

AGE CHANGES OF CYANRESISTANT RESPIRATION OF BRAIN AND KIDNEYS

E. F. KOLOMIETZ

Sector of General Physiology of the Zoo-Biological Institute and Chair of Animal Physiology of the Kharkov State University (Chief—Prof. A. V. Nagorny)

We have investigated by Warburg's method the age changes of cyanresistant respiration of the brain cortex tissues and of kidneys in albino rats beginning with the age of 1—3 days up to 900 days. By means of these investigations the following has been established:

1. The total respiration of the brain cortex increases since birth up to the age of one month, and then slightly decreases (table 1).
2. The cyanresistant respiration increases since the first days of life up to the age of 10—18 days, and then regularly decreases (table 1).
3. The total kidney respiration of albino rats is the greatest at the age of 10—18 to 20 days.
4. The cyanresistant kidney respiration does not change in dependence on age (table 2).
5. The brain and kidney respiration which is susceptible to HCN changes in correspondence with the volume of respiration of these organs.
6. Table 3 shows the correlation of two parts of respiration: the part resistant to HCN and the one susceptible to it.

The absolute values of the cyanresistant brain and kidney respiration are close to each other, but the susceptible to HCN respiration of these organs greatly differs, and therefore there also differs considerably the correlation of these two parts of brain and kidney respiration.

Thus, each organ gives age changes of the two parts of the respiration system of tissues which are characteristic only for the given organ.

ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СПОСОБНОСТИ ТКАНЕЙ В РАЗЛИЧНЫЕ ВОЗРАСТЫ

А. А. РУБАНОВСКАЯ и И. МАЕВСКАЯ

Сектор общей физиологии (зав.—проф. А. В. Нагорный) Зоолого-биологического
института Харьковского государственного университета

Работами нашей лаборатории было показано, что окислительные процессы животного организма в целом и его изолированных тканей претерпевают определенные изменения с возрастом. Для поглощения кислорода целым рядом тканей белых крыс (почки, мозг, печень, кожа) установлена одна и та же закономерность: в первые дни постэмбриональной жизни ткани дают сравнительно низкие величины дыхания, затем последнее быстро возрастает до максимума в возрасте 1—2 месяцев, после чего более или менее резко снижается к старости.

Наряду с потреблением кислорода ценным показателем интенсивности окислительных процессов является интенсивность процессов дегидрирования. Однако вопрос о восстановительных способностях тканей в возрастном разрезе чрезвычайно мало изучен и литературных данных очень немного.

Иванов (1939) нашел, что по характеру изменений восстановительной способности с возрастом у крыс можно выделить два типа тканей. Одни (мозговая ткань, сердечная мышца, поперечно-полосатая мышца, селезенка, семенники) имеют высокую восстановительную способность в юном и старом возрасте и малую—в зрелом. Другие ткани (печень, почки), наоборот, имеют пониженную восстановительную способность в юном и старом возрасте, а в зрелом—высокую.

Kogiyama (1932) исследовал окислительно-восстановительную способность тканей куриных зародышей и нашел, что на 6-й день насиживания она очень мала и постепенно возрастает до вылупления.

По данным О. М. Глезиной (1939), восстановительная способность мышечной ткани кур в эмбриональном периоде слабо выражена, после вылупления усиливается, а у взрослых (самок и самцов) снова несколько снижается.

Из данных Липовецкой (1938) видно, что тимус молодых телят восстанавливает метиленовую синьку медленнее, чем тимус взрослых коров (55—56 минут у телят и 25—30 у взрослых).

Из приведенных литературных данных нельзя сделать определенного вывода.

Нами была исследована восстановительная способность некоторых тканей (печени, почек, мышц) белых крыс разного возраста (от 10 дней до 24 месяцев). Методика—Тунберга. Результаты приведены в табл. 1, 2 и 3, где дано время (минуты) обесцвечивания метиленовой синьки 0,2 г ткани, взвешенной в фосфатном буфере ($\text{Ph} = 7,4$). Каждая числовая величина является средней из полученных в нескольких параллельных опытах с тканью одного животного.

Таблица 1
Печень. Обесцвечивание метиленовой синьки (в минутах)

	Возраст в днях					
	10—20	30	60—90	180	360	720
Концентрация метиленовой синьки 1:5000						
11,0	10,0	7,5	6,0	6,0		
13,0	10,5	7,5	6,5	6,3		
14,0	11,0	8,0	7,0	6,5		
14,0	11,5	8,0	7,5	8,0		
15,0	12,5	9,5	8,0	8,0		
15,0	13,0	10,0	8,0	8,7		
16,0	13,0	10,0	8,0	9,0		
17,0	14,0	10,5	8,0			
17,0	14,0	10,9	8,0			
17,0	16,0	11,0	9,0			
18,0	16,5	11,5				
19,0	19,0					
20,0	20,0					
21,0						
23,0						
24,0						
24,0						
Среднее	17,5	13,9	9,5	7,6	7,4	
Концентрация метиленовой синьки 1:2500						
30,0	15,0			10,0	10,0	
30,0	16,0			11,0	11,0	
33,0	16,0			12,0	12,0	
35,0	16,0			12,0	12,0	
36,0	16,0			12,0	13,0	
37,0	17,0			13,0	13,0	
40,0	18,0			14,0	13,0	
41,0	18,0			14,0	14,0	
42,0	18,0			14,0	15,0	
46,0	19,0			15,0		
47,0	20,0			15,0		
48,0	20,0					
50,0						
Среднее	39,6	17,4			13,0	12,5

Из таблиц видно, что исследованные ткани очень молодых крыс чрезвычайно медленно восстанавливают метиленовую синьку. Скорость редукции постепенно увеличивается в почках и печени до 6-месячного возраста, а в мышцах—до 2—3 месяцев, после чего почти не изменяется до 24-месячного возраста. Эти возрастные различия в скорости восстановления выражены в одинаковой мере при применении различных концентраций метиленовой синьки. Таким образом

Таблица 2

Почки. Обесцвечивание метиленовой синьки (в минутах)

	Возраст в днях					
	10—20	30	60—90	180	360	720
Концентрация метиленовой синьки 1:10000						
22,0	13,0	8,2	6,0	5,4		
22,0	14,0	8,5	7,5	6,6		
23,0	14,0	8,6	8,0	7,0		
24,0	14,0	9,5	8,0	7,0		
24,0	14,0	10,0	9,5	7,0		
24,0	14,5	11,0	10,0	10,5		
24,0	15,0	11,6	11,0	11,5		
24,0	15,0	12,0	11,5			
26,0	17,0	14,0				
27,0		14,0				
27,0						
28,0						
28,0						
29,0						
29,0						
30,0						
30,0						
30,0						
Среднее	26,1	14,6	10,7	8,9	8,0	
Концентрация метиленовой синьки 1:5000						
40,0	17,0			12,0	8,0	
40,0	18,0			13,0	9,0	
41,0	18,0			14,0	9,0	
42,0	19,0			15,0	10,0	
43,0	20,0			15,0	11,0	
45,0	22,0			15,0	11,0	
45,0	22,0			15,0	12,0	
47,0	24,0			16,0	12,0	
47,0	24,0			16,0	15,0	
48,0	25,0			17,0		
48,0	25,0			14,0		
49,0						
50,0						
Среднее	45,0	21,2			15,2	10,8

печень, почки, мышцы молодых крыс обладают слабой восстановительной способностью, а взрослых—высокой.

При сопоставлении интенсивности процессов редукции в тканях различного возраста с потреблением ими кислорода обнаруживается отсутствие параллелизма между этими процессами. Так, ткани 1-месячных крыс дышат значительно интенсивнее, чем ткани взрослых (6—12-месячных), а восстановление ими метиленовой синьки протекает или слабее чем у взрослых (почки, печень), или с почти такой же интенсивностью (мышцы).

Такое несовпадение интенсивности дыхания ткани и скорости редукции метиленовой синьки наблюдали Szent-Györgyi и сотрудники в опытах с сердечной мышцей (R. Ambrus, I. Banga и Szent-Györgyi—1931). Авторы объяснили это явление тем, что во взвесах изрезанной ткани всегда имеется некоторое количество легко дегидрирующихся субстанций, не представляющих собою части непрерывно функционирующей ферментной системы тканей. Аэробно эти вещества быстро

Таблица 3

Мышцы. Обесцвечивание метиленовой синьки (в минутах)

	Возраст в днях					
	10—20	30	60—90	180	360	720
Концентрация метиленовой синьки 1:10000						
	15,5	7,5	7,0	7,0	6,5	
	18,0	7,8	7,5	8,0	6,6	
	18,5	8,0	8,3	8,5	7,0	
	19,0	8,2	9,4	9,0	9,0	
	19,0	9,0	9,4	9,5	9,7	
	21,0	9,1	9,5	9,6	9,7	
	21,5	9,5	9,8	10,0	10,5	
	22,0	9,6	11,0	10,5	11,0	
	22,0	9,7	11,5			
	22,0	14,0	13,0			
	23,5	14,0				
	26,0	14,5				
	26,0	15,1				
Среднее	21,0	10,4	9,6	9,0	8,6	
Концентрация метиленовой синьки 1:5000						
	37,0	18,0			15,0	14,0
	38,0	18,0			15,0	14,0
	39,0	18,0			16,0	14,0
	40,0	18,0			18,0	14,0
	43,0	20,0			18,0	15,0
	44,0	20,0			18,0	15,0
	44,0	22,0			19,0	15,0
	45,0	24,0			20,0	17,0
	47,0	25,0			20,0	18,0
	48,0	27,0			20,0	18,0
	49,0	29,0				20,0
	50,0	31,0				
	50,0					
	50,0					
	51,0					
Среднее	45,0	22,5			17,9	16,0

окисляются и на потребление кислорода тканью не оказывают никакого влияния. Но в анаэробных тунберговских опытах, где обычно восстанавливается незначительное количество краски, эти субстанции уже существенным образом влияют на время восстановления.

Если же ткань подвергнуть предварительному встряхиванию в водяной бане при температуре 37° в течение 20 минут, то все эти вещества окисляются и остаются лишь ферментные системы, постоянно осуществляющие окислительно-восстановительные процессы в тканях. После такой обработки ткани потребление кислорода и время редукции метиленовой синьки, по данным названных авторов, изменяются под влиянием тех или иных воздействий совершенно параллельно.

В связи с этими данными возник вопрос о содержании легко дегидрирующихся веществ, в понимании Szent-Györgyi, в суспензиях измельченных тканей молодых и взрослых животных. Неодинаковое количество этих веществ в тканях различного возраста могло бы влиять на характер возрастной кривой дегидрирования.

Для выяснения этого вопроса нами были поставлены соответствующие опыты. Навески ткани помещались в тунберговские пробирки в фосфатный буфер и встряхивались слегка в течение 20 минут на водяной бане при температуре 37°. Контрольные навески сохранялись в это время на льду. После встряхивания пробирки охлаждались на льду и поступали в опыт одновременно с контрольными.

Результаты опытов приведены в табл. 4, 5 и 6.

Таблица 4

Печень. Влияние встряхивания на скорость обесцвечивания метиленовой синьки
(Концентрация метиленовой синьки 1:5000)

Возраст в днях																
15—23				30				180				360				
Контроль	Встраи- вание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встраи- вание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встраи- вание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встраи- вание	Разность мин.	Замедл. %	
Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах																
19	24	5	26,3	19	19	0	0	10	10,5	0	0	8	9	1	12	
20	26	6	30,0	10	12	2	20	9	9	0	0	9	10	1	11	
12	19	7	58,3	15	15	0	0	9	10	1	11	10	11	1	10	
11	19	8	72,7	10	13	3	30	10	11	1	10	8,5	9	0,5	6	
20	33	13	65,0	13	14	1	8					9	9	0	0	
21	35	14	66,0	13	14	1	8					9	10	1	11	
18	28	10	55,5									8	10	2	25	
19	29	10	53,0									9	10	1	11	
19	26	7	36,8													
18	26	8	42,2													
19	31	12	63,0													
20	32	12	60,0													
Среднее	18,0	27,3	9,3	51,6	13,3	14,5	1,2	11,0	9,5	10,0	0,5	5,2	8,8	9,7	0,9	10,1

Таблица 5

Почки. Влияние встряхивания на скорость обесцвечивания метиленовой синьки
(Концентрация метиленовой синьки 1:10000)

Возраст в днях																				
15—23				30				180				360				720				
Контроль	Встряхивание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встряхивание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встряхивание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встряхивание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встряхивание	Разность мин.	Замедл. %	
Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах																				
25	27	2	8	16	16	0	0	8	9	1	12	13	12	0	0	12,5	11	1,5	0	
25	27	2	8	19	20	1	5	9	9	0	0	9	9,5	0,5	5,5	11,0	12	1	9	
30	42	12	39	10	11	1	10	9	10	1	11	9	10	1	11	10,0	10	0	0	
25	30	5	20	17	20	3	18					10	10	0	0	10,0	10	0	0	
28	33	5	18	10	13	3	30					8	8	0	0	9,0	9	0	0	
												6	7	1	16	9,0	9	0	0	
												10	9	0	0					
												13	13	0	0					
Средн.	26,5	31,8	5,3	20,0	14,4	16,0	1,5	12,6	9,0	9,3	0,6	7,5	9,6	9,9	0,3	4,0	10,2	10,1	0,4	1,5

Таблица 6

Мышцы. Влияние встряхивания на скорость обесцвечивания метиленовой синьки
(Концентрация метиленовой синьки 1:10000)

Возраст в днях															
15—23				30				180				360			
Контроль	Встряхивание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встряхивание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встряхивание	Разность мин.	Замедл. %	Контроль	Встряхивание	Разность мин.	Замедл. %
Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах															
24	26	2	8,3	23	25	2	8,6	10	10	0	0	9	10	1	11
25	28	3	12	13	14	1	8,0	10	11	1	10	11	12	1	9
25	28,5	3,5	13	18	18	0	0,0	10	11	1	10	12	13	1	8
25	35	10	40	14	15	1	7,5	11	12	1	9	15	16	1	7
25	40	15	60	20	20	0	0,0					16	16	0	0
23	52	29	125	20	21	1	5,0					16	16,5	0,5	3
25	54	29	116	17	30	13	75,0					13	12	1	7,7
18	30	12	66	17	21	4	23,0					18	20	2	11
20	36	16	80	20	21	1	5,0								
23	30	7	30	20	21	1	5,0								
22	30	8	36	14,5	20	5,5	36,6								
26	43	17	65,3	14,5	24,5	10	69,0								
21,5	31,5	10	46,5												
Среднее	23,3	35,7	12,4	51,1	17,4	20,6	3,3	19,6	10,0	11,0	0,7	7,0	13,8	14,4	7,2

Как видно из табл. 4, 5 и 6, предварительное встряхивание ткани на воздухе приводит в большинстве случаев к замедлению редукции метиленовой синьки. Степень этого замедления, однако, оказалась зависящей от возраста ткани: в тканях очень молодых крыс (15—23 дня) редукция замедляется значительно; начиная с 1-месячного возраста замедление выражено слабее и во все последующие возрасты практически одинаково. Замедление редукции после встряхивания зависит от рода ткани: в мышечной ткани и печени оно сильнее, чем в почечной ткани того же возраста. Так, в возрасте 15—23 дней печень и мышцы дают снижение в среднем на 50%, а почки—только на 20%; в возрасте 12—24 месяцев печень и мышцы—на 10—13%, а почки этих же крыс в большинстве опытов не обнаруживают никакого замедления редукции.

Из приведенного следует, что в очень молодых тканях больше легко окисляющихся веществ (в понимании Szent-Györgyi), чем во взрослых.

Оставляя в стороне вопрос о природе этих веществ, из наших данных можно заключить, что устранение легко окисляющихся веществ путем предварительного окисления не изменяет возрастных различий в редуцирующей способности тканей. Совершенно очевидно, что различия в дегидрирующей способности молодых и взрослых тканей обусловлены различиями в активности ферментных систем, осуществляющих перенос водорода; в молодых тканях активность этих систем в действительности значительно меньше, чем это обнаруживается в обычных опытах по Тунбергу.

Выводы

1. Печень, почки и мышцы молодых крыс обладают слабой восстановительной способностью, взрослых—высокой.
2. Между потреблением кислорода тканью и восстановительными процессами нет параллелизма.
3. У молодых животных в печени, почках и мышцах содержится больше легко окисляющихся на воздухе (при температуре 37°) веществ, чем у взрослых.
4. Активность ферментных систем, переносящих водород, в молодых тканях в действительности еще меньше, чем это обнаруживается в обычных опытах по Тунбергу.

ЛИТЕРАТУРА

- Глезина, О. М.—Возрастные изменения окислительно-восстановительных процессов в мышечной ткани птиц. *Биохим. журн.*, т. 13, № 1, 1939.
- Иванов, Г. Г.—Возрастные изменения восстановительной способности мозговой и других тканей животного организма. *Бюлл. эксп. биол. и мед.*, т. VII, вып. 1, 1939.
- Липовецкая—Оксидоредукция в железах внутренней секреции. *Экспериментальная медицина* № 3, 1938.
- Ambrus, P. Banga, I. u. Szent-Györgyi—Beiträge zur Methodik der Messung des Sauerstoffverbrauchs, des Respirationsquotienten und der Methylenblaureduktion der Gewebe und der Hefe. *Biochem. Zeitschr.* Bd. 240, Heft 4/6, 1931.
- Kogiyama—Über die geschlechtliche Unterschiede des Oxydations u. Reduktionsvermögens in den Geweben des Hühnerembryos. *Berichte ub. die ges. Physiolog.* Bd. 74, 1933.

REDUCING CAPACITIES OF TISSUES AT VARIOUS AGE

A. A. RUBANOVSKAYA and I. MAYEVSKAYA

Sector of General Physiology of the Zoo-Biological Institute of the Kharkov State University (Chief—Prof. A. V. Nagorny)

I. In this work there has been studied the intensity of dehydrogenizing processes in muscle tissue, liver and kidney tissue of various age.

As object of the investigations served: albino rats from 13 days up to 24 months old. Thunberg's method has been applied.

II. It has been established that:

1) Liver, kidneys and muscles of young rats possess a weak reducing capacity, of adults—a strong one. Tables 1, 2, 3.

2) There exists no parallelism between the use of oxygen by the tissue and the reducing processes.

3) In young animals the mentioned tissues contain more substances which oxidize easily in the air (at t° of 37°) than in adults (tables 5, 6).

4) The activity of fermentative systems which transfer hydrogen is in reality still smaller in young tissues than this is found in the usual experiments by the method of Thunberg.

ВЛИЯНИЕ ПРИБАВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ДОНАТОРОВ ВОДОРОДА НА ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТКАНЯХ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

А. А. РУБАНОВСКАЯ и В. К. СТЕПАНЧЕНКО

Сектор общей физиологии (зав.—проф. А. В. Нагорный) Зоолого-биологического института Харьковского государственного университета

Некоторые литературные и наши данные позволяют заключить, что система биологического окисления тканей обладает известной лабильностью: роль ее отдельных компонентов может изменяться в зависимости от ряда внешних и внутренних факторов. Одним из действенных факторов является возраст животного. Так, нами (А. А. Рубановская—1940) было установлено, что участие резистентной к синильной кислоте части дыхательной системы некоторых тканей (печень, мышцы, мозг) в общем дыхании ткани изменяется с возрастом животного.

А. В. Нагорный (1938) и А. В. Нагорный и Е. К. Оконеvская (1938) показали, что каталаза крови и органов претерпевает определенные изменения с возрастом. По Е. Э. Гольденбергу (1939), цитохромоксидаза в мозгу новорожденных крыс или отсутствует, или совершенно не активна.

По данным О. М. Глезиной (1939), активность сукциндегидразы и α -глицерофосфатной дегидразы в мышцах кур различна на разных этапах индивидуального развития птицы.

В предыдущем сообщении нами было показано, что восстановительная способность тканей изменяется на протяжении жизни животного.

Представляло интерес выяснить, не сопровождаются ли изменения общей дегидрирующей способности качественными изменениями комплекса дегидраз, изменениями активности отдельных дегидраз и не изменяется ли, в связи с этим, отношение тканей к тем или иным субстратам окисления. Литературных данных по этому вопросу нам найти не удалось. В приводимой ниже серии опытов было исследовано влияние прибавления некоторых субстратов окисления на восстановительные процессы в тканях различного возраста. В качестве субстратов окисления—донаторов водорода были взяты аланин, аспарагин и Na-лактат.

I.

Н. Krebs (1933) показал, что окисление аминокислот тканями происходит только при одновременном потреблении кислорода; в анаэробных условиях дезаминирования не происходит. При применении вместо кислорода других акцепторов водорода (метиленовая синька, хинон и др.) также не удается обнаружить образования аммиака.

Однако имеются и данные, указывающие на возможность анаэробного дегидрирования аминокислот тканями. Вопрос о природе образующихся при этом конечных продуктов еще не разрешен. По Bertho и Grassmann'y (1938), измельченная печень дегидрирует пролин и оксипролин.

Ahlgren (1923—1927) показал, что хрусталик глаза восстанавливает метиленовую синьку, используя в качестве донаторов аланин и валин. Bernheim (1934—1935) установил дегидрирование тканями фенилаланина и других аминокислот. Thunberg (1937) нашел, что в отношении человеческой плаценты активными донаторами водорода являются: лейцин, аспарагиновая и глутаминовая кислоты, лактат и др. Наши опыты были проведены с печенью, почками и мышечной тканью белых крыс различного возраста. Методика—Тунберга. Концентрация аланина и аспарагина— $m/50$.

Полученные нами результаты приведены в табл. 1, 2, 3 и 4.

Таблица 1

Почки. Влияние аланина на скорость обесцвечивания метиленовой синьки
(Концентрация метиленовой синьки 1:5000)

	Возраст в днях							
	15—18		30		60		360	
	Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина
Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах								
	30,0	30,0	17,0	17,5	12,0	11,0	9,0	9,5
	31,0	31,0	16,0	14,5	12,0	12,0	9,0	8,5
	30,0	31,0	12,0	11,5	11,0	11,0	10,0	9,5
	32,0	30,0			17,0	17,0	7,0	8,0
	39,0	38,0					6,0	6,0
	38,0	37,0					10,0	10,5
	29,0	30,0						
Среднее	32,0	32,0	15,0	14,5	13,0	13,0	8,5	8,6

Каждая числовая величина таблиц — среднее из нескольких параллельных опытов с тканью одного и того же животного. Из табл. 1—4 видно, что в присутствии аланина и аспарагина интенсивность гидрирования метиленовой синьки не изменяется. В анаэробных условиях, очевидно, ни ткани молодых, ни ткани взрослых животных не используют этих веществ в качестве донаторов водорода.

Однако при изучении влияния аланина и аспарагина на потребление кислорода этими же тканями нами были установлены значительные различия в изменении дыхания молодых и взрослых тканей. Эти данные еще раз подтверждают отмеченное нами в предыдущей работе отсутствие параллелизма между восстановительными процессами и потреблением кислорода тканью.

Таблица 2

Печень. Влияние аланина на скорость обесцвечивания метиленовой синьки
(Концентрация метиленовой синьки 1:2500)

Возраст в днях							
15—18		30		60		360	
Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина
Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах							
33,0	31,0	19,0	17,5	12,0	12,0	8,0	8,5
32,0	35,0	17,0	16,5	10,0	9,5	9,0	10,5
21,0	20,0	10,0	10,5	10,0	10,0	8,0	9,5
38,0	36,0	15,0	14,5	9,0	9,5		7,5
30,0	29,5						
37,0	35,0						
32,0	32,5						
25,0	25,0						
29,0	29,5						
Среднее	30,7	30,7	15,0	14,5	10,0	10,0	9,0

Таблица 3

Мышцы. Влияние аланина на скорость обесцвечивания метиленовой синьки
(Концентрация метиленовой синьки 1:5000)

	Возраст в днях							
	15—18		30		60		360	
	Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина
	Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах							
	35,0	34,0	22,0	22,0	12,0	12,5	9,0	9,5
	35,0	33,0	23,0	22,0	12,0	12,0	9,0	9,5
	27,0	28,0	18,0	15,5	11,0	12,5	11,0	11,5
	22,0	21,0			15,0	15,5	12,0	12,0
	22,0	20,5					15,0	15,0
	28,0	29,5						
	30,0	30,0						
	29,0	29,5						
	32,0	32,0						
	25,0	24,5						
Среднее	28,5	28,0	21,0	20,0	12,0	13,0	11,0	11,5

II.

Лактикодегидраза является дегидразой, присутствующей в больших или меньших количествах во всех тканях. Лактат—активный донатор водорода для большинства тканей. Результаты наших опытов с Na-лактат представлены в табл. 5, 6, 7 и 8.

В первой графе таблиц (контроль) дано время обесцвечивания метиленовой синьки тканью без добавления донатора, во второй—с донатором, в третьей—разность между первой и второй в минутах, в четвертой—ускорение обесцвечивания, выраженное в процентах по отношению к контролю. Концентрация Na-лактата—0,2%.

	Возраст в днях					Возраст в днях			
	30		360			30		360	
	Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина		Кон- троль	Добав- ление аланина	Кон- троль	Добав- ление аланина
	Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах					Время обесцвечивания мети- леновой синьки в минутах			
	6,0	7,0	12,0	11,5		14,0	17,0	16,0	14,5
	11,0	10,0	9,0	10,0		20,0	20,5	16,0	15,5
	10,0	10,5	13,0	12,5		17,0	18,0	23,0	21,0
	10,0	12,5				17,0	18,5		
Среднее	9,0	10,0	11,0	11,0	Среднее	17,0	18,0	18,0	17,0

	Возраст в днях			
	30		360	
	Контроль	Добавление аланина	Контроль	Добавление аланина
	Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах			
	14,0	15,0	10,0	10,5
	19,0	20,0	12,0	12,5
Среднее			17,0	17,5
	16,5	17,5	13,0	13,5

В о з р а с т в д н я х															
15—20				30				360				720			
Контроль	На- лактат	Разность мин.	Ускоре- ние o/o	Контроль	На- лактат	Разность мин.	Ускоре- ние o/o	Контроль	На- лактат	Разность мин.	Ускоре- ние o/o	Контроль	На- лактат	Разность мин.	Ускоре- ние o/o
Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах															
33	22	11	33	18	13	5	27	13	10	3	28	13	9	4	32
30	20	10	30	16	15	1	6,2	10	7	3	30	13	9	4	32
48	37	11	23	20	13	7	35	11	7	4	36	13	10	3	24
37	30	7	16	14	12	2	14	15	10	5	35	14	10	4	28
40	35	5	12	16	13	3	18	12	7	5	37	12	8	4	33
47	40	7	15	18	16	2	11	14	7	7	50	12	6	6	50
42	36	8	19	16	14	2	12	12	5	7	56	10	5	5	50
30	30	0	0	18	12	6	35	15	10	5	31	11	5	6	54
36	26	10	27	15	11	4	26	14	8	6	42	15	8	7	46
46	40	6	13	16	10	6	30	12	7	5	37				
41	30	11	26	18	13	5	27	14	8	6	42				
35	27	8	22	17	12	5	29								
50	40	10	20	20	15	5	25								
Среднее	39,6	31,7	7,9	20,0	17,2	13,0	4,2	24,4	13,0	8,0	5,0	38,5	12,0	7,0	41,0

Таблица 6

Почки. Влияние Na-лактата на скорость обесцвечивания метиленовой синьки
(Концентрация метиленовой синьки 1:5000)

В о з р а с т в д н я х																
15—20				30				360				720				
Контроль	На-лактат	Разность мин.	Ускоре-ние %	Контроль	На-лактат	Разность мин.	Ускоре-ние %	Контроль	На-лактат	Разность мин.	Ускоре-ние %	Контроль	На-лактат	Разность мин.	Ускоре-ние %	
Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах																
47	34	13	27,0	18	12	6	33	19	11	8	40	8	5	3	36	
40	36	4	10,0	25	16	9	36	17	11	6	36	9	5	4	44	
43	35	8	18,5	22	—	—	—	15	9	6	42	12	6	6	50	
48	35	13	27,0	18	17	1	5,5	16	8	8	50	15	7	8	53	
48	36	12	25,0	24	14	10	40	15	10	5	35	11	5	6	54	
45	40	5	11,0	19	—	—	—	14	12,5	5	10,5	9	6	3	33	
50	39	11	22,0	17	20	3	18	16	10	6	36	10	6	4	40	
49	37	12	25,0	—	12	—	—	15	11	6	36	12	7	5	41	
45	36	9	19,0	25	21	4	16	12	8	3	28	11	6	5	45	
40	35	5	12,0	22	16	6	27	13	8	3	38	—	—	—	—	
41	38	3	7,5	20	17	3	15	15	9	5	42	—	—	—	—	
42	39	3	7,0	24	21	3	12	—	—	—	—	—	—	—	—	
Среднее	45	37	8	17,5	21,2	15	5	25	15,2	9	6	40	10,8	6	5	45

Таблица 7

Мышцы. Влияние Na-лактата на скорость обесцвечивания метиленовой синьки
(Концентрация метиленовой синьки 1:5000)

В о з р а с т в д н я х																
15—20				30				360				720				
Контроль	Na-лактат	Разность мин.	Ускоре- ние %	Контроль	Na-лактат	Разность мин.	Ускоре- ние %	Контроль	Na-лактат	Разность мин.	Ускоре- ние %	Контроль	Na-лактат	Разность мин.	Ускоре- ние %	
Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах																
44	40	4	10	24	20	4	16	18	13	5	30	15	14	1	7	
49	40	9	18	27	23	4	15	15	12	3	21	18	16	2	11	
50	39	11	22	17	14	3	18	18	14	4	22	14	9	5	36	
37	31	6	16	18	15	3	19	20	15	5	20	15	10	5	35	
50	50	0	0	15	13	2	13	—	20	—	—	18	15	3	16	
51	41	10	20	18	14	4	22	20	16	4	20	17	12	5	28	
47	39	8	17	20	16	4	20	16	10	6	37	15	10	5	33	
50	40	10	20	18	15	3	16	15	10	5	35	14	8	6	42	
45	41	4	9	25	19	6	24	18	15	3	16	20	15	5	25	
40	40	0	0	29	21	8	29	20	16	4	20					
48	39	9	19	20	16		20									
38	31	7	18			4										
39	30	9	22													
44	34	10	22													
Среднее	45,0	39,0	6,0	13,3	21,0	17,0	4,0	19,0	17,7	14,1	3,6	24,4	16,0	11,9	4,1	25,6

Таблица 8

Время обесцвечивания метиленовой синьки в минутах (средние величины)

	В о з р а с т в д н я х											
	15—20			30			360			720		
	Контроль	Na-лактат	Ускорение %	Контроль	Na-лактат	Ускорение %	Контроль	Na-лактат	Ускорение %	Контроль	Na-лактат	Ускорение %
Почки . .	45,0	37,0	17,5	21,2	15,0	25,0	15,2	9,0	40,0	10,8	6,0	45,0
Печень . .	39,6	31,7	20,0	17,2	13,0	24,4	13,0	8,0	38,5	12,0	7,0	41,0
Мышцы . .	45,0	39,0	13,3	21,0	17,0	19,0	17,7	14,1	24,4	16,0	11,9	25,6

Добавление лактата ускоряет обесцвечивание метиленовой синьки, причем в ткани почек и печени всех возрастов ускорение это выражено сильнее, чем в мышечной ткани.

Прибавление лактата не изменяет возрастных различий в скорости гидрирования: так же, как и без лактата, в молодых тканях гидрирование происходит медленнее, чем во взрослых. Для каждой ткани могут быть отмечены значительные индивидуальные колебания скорости гидрирования метиленовой синьки в пределах данного возраста. Но, несмотря на это, совершенно ясно выступают возрастные различия в реакции на добавление лактата: печень, почки и мышцы молодых крыс (полмесяца, 1 месяц) обнаруживают в присутствии лактата значительно меньшее ускорение процессов дегидрирования, чем ткани взрослых и старых (12—24 месяца).

Это свидетельствует о том, что активность лактикодегидразы тканей в молодом возрасте значительно меньше, чем у взрослых и старых животных. При этом увеличение активности лактикодегидразы с возрастом во всех трех тканях подчиняется одной закономерности: от 15—20-дневного возраста до 12 месяцев активность возрастает почти вдвое, а затем до 24-месячного возраста остается неизменной.

Приведенные данные, в согласии с полученными нами ранее, указывают на то, что, помимо чисто количественных изменений окислительных процессов в тканях с возрастом, имеют место изменения роли отдельных звеньев этих процессов. Роль отдельных окислительных ферментов и ферментных систем на разных этапах индивидуального развития животного различна.

Выводы

1. В тканях печени, почек и мышц белых крыс во все возрасты не происходит анаэробного дегидрирования аланина и аспарагина. Эти субстраты окисляются указанными тканями только в аэробных условиях, причем в разные возрасты интенсивность окисления различна.

2. Активность лактикодегидразы тканей печени, почек и мышц у молодых крыс значительно меньше, чем у взрослых.

3. Наряду с изменениями интенсивности окислительных процессов с возрастом имеют место в тканях изменения роли отдельных окислительных ферментов и ферментных систем.

ЛИТЕРАТУРА

Глезина, О. М.—Возрастные изменения окислительно-восстановительных процессов в мышечной ткани птиц. *Біохім. журн.*, т. 13, № 1, 1939.

Гольденберг, Е. Э.—О некоторых закономерностях в изменении окислительно-восстановительных свойств тканей в онтогенезе. Тезисы докладов на конференции по сравнительной биохимии, 1939.

Нагорный, А. В., Оконевская, Е. К. и Кашпур, О. Г.—Про вікові зміни вмісту каталази й антикаталази в органах тваринного організму. *Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ*, т. 7, 1938.

Нагорный, А. В.—Каталаза крові і вік. *Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ*, т. 5, 1938.

Рубановская, А. А.—Возрастные изменения окислительных процессов в тканях. Тезисы докладов на конференции по вопросам сравнительной биохимии, Киев, 1939.

Ahlgren, G.—Oxidation mechanism of the cryst. lens. *Acta Opth.* 5, 1, 1927.

Bernheim, F.—Oxidation of tyrosine and phenylalanine etc. *Jl. of Biol. Chem.* 107, 275; 109, 131, 1934—1935.

Krebs, H. A.—Untersuchungen über den Stoffwechsel der Aminosäuren in Tierkörper. *Hoppe-Seyl. Z.* Bd. 217, 1933.

Thunberg, T.—Zur Kenntnis der Dehydrogenasen der menschlichen Placenta, *Биохимия т. II*, вып. 2, 1937.

THE INFLUENCE OF ADDING SOME DOSES OF HYDROGEN ON THE REDUCING PROCESSES IN TISSUES OF VARIOUS AGE

A. A. RUBANOVSKAYA and V. K. STEPANCHENKO

Sector of General Physiology of the Zoo-Biological Institute of the Kharkov State University (Chief—Prof. A. V. Nagorny)

1. In this work there has been studied the influence of alanin, asparagin and N-lactate on the dehydrogenizing processes in muscle tissue, liver and kidney tissue of various age.

As object of the experiments served albino rats from 15 days up to 24 months old. Thunberg's method has been applied.

2. The following has been established by means of these experiments:

a) At all age periods the mentioned tissues do not dehydrogenize alanin and asparagin under anaerobic conditions. Both these substrates oxidize by means of these tissues only under aerobic conditions. Besides, during various age periods the oxidation intensity is different (tables 1, 2, 3, 4).

b) The activity of lactic dehydrogenase of the indicated tissues is considerably less in young rats than in adults (tables 5, 6, 7, 8).

c) Side by side with the age changes of the intensity of the oxidation processes, there also take place in the tissues changes in the role of separate oxidation ferments and fermentative systems.

