

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА O/N У РАЗЛИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Г. А. ГОРБУНОВА

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

Voit (1876), исследуя продукты распада азотистых веществ в организме животных, нашел, что отношение углерода к одновременно выделяемому с мочой азоту значительно больше, чем это можно было предполагать на основании соотношения этих веществ в мочеvine¹.

Rubner (1885), продолжая исследования Voit'a, также обнаружил, что отношение углерода к азоту в моче, называемое углеродным коэффициентом, значительно выше, чем 0,43. При этом у различных видов животных величина этого коэффициента варьирует, но у одного и того же индивидуума, при одинаковых условиях питания, очень постоянна и для нормальных собак равна 0,6—0,7, для голодающих—0,75, при чисто мясной пище—0,61 и при жировом и углеводном питании—0,72.

Если бы все органические вещества в теле животного полностью окислялись, то безазотистые вещества расщеплялись бы до углекислоты и воды и в мочу от них не попадали бы никакие углеродистые соединения; азотистые же вещества давали бы только мочеvinу, и углеродный коэффициент (C/N) равнялся бы 0,43. Однако ни при каких условиях питания не удается снизить его до такой величины. Отсюда Rubner делает вывод, что с мочой выделяются неполностью окисленные вещества, к которым в нормальной моче относятся: мочева кислота, креатинин, оксипротеиновые кислоты (Bondzynski и Gottlieb—1897), парная серная и глюкуроновая кислоты.

Углерод и азот этих неполностью окисленных соединений Spiro (1907) назвал „дизоксидабельными углеродом и азотом“. Чем больше выделяется с мочой недостаточно окисленных углеродистых соединений, тем больше углеродный коэффициент, тем хуже протекают окислительные процессы в организме. Таким образом Rubner первый указал на связь между величиной углеродного коэффициента и степенью совершенства окислительных процессов.

Берлинский пато-физиолог Bickel (1924—1934) вместе со своими сотрудниками изучил величину коэффициента C/N при различных физиологических и патологических состояниях; в подавляющем боль-

¹ В мочеvine отношение C:N = 12:28, т. е. 0,43.

шинстве случаев полученный им коэффициент значительно превышал теоретически вычисленный (0,43). Такое повышение коэффициента, связанное с повышенным выделением мочой углерода недоокисленных продуктов, Bickel назвал „дизоксидативной карбонурией“ (dysoxydative Karbonurie). При такой дизоксидативной карбонурии углерод, вместо того чтобы в виде уголекислоты выделиться легкими, попадает в мочу в форме недоокисленных соединений.

Bickel считает, что углеродный коэффициент является наилучшим показателем качественных изменений окисления, не улавливаемых определением одного основного обмена. Отклонение углеродного коэффициента в ту или иную сторону может быть обусловлено двумя факторами: увеличением или уменьшением количества выделяемого с мочой углерода и увеличением или уменьшением количества выделяемого азота. Поэтому Bickel считает необходимым, для получения сравнимых цифр по углеродному коэффициенту, проводить исследование при диете с определенным азотистым балансом. В таких условиях у здорового человека коэффициент является довольно постоянным (0,6—0,95), повышаясь при углеводном питании и снижаясь при белковом и жировом. Следовательно, величина углеродного коэффициента может отражать нарушения в окислении как углеводов, так и белков и жиров.

Bickel отмечает повышение коэффициента C/N в следующих случаях: 1) при недостаточной доставке кислорода тканям (пребывание на больших высотах); 2) при усиленной мышечной работе, когда наступает кислородная задолженность; 3) при анемиях; 4) при эпилептических припадках; 5) при раке; 6) при афибриллярном туберкулезе; 7) при авитаминозах; 8) при недостатке хлористого натрия; 9) при отравлениях уголекислотной, стрихнином, синильной кислотой, фосфором, кислотами.

Bickel указывает также, что повышенный углеродный коэффициент ($> 1,0$) наблюдается и у нормальных грудных детей. Это явление Rubner и Oordt объясняют тем, что с молоком дети получают много углеводов и мало азота и, кроме того, растущий организм в значительных количествах задерживает азот. Такую дизоксидативную карбонурию у детей называют физиологической в отличие от патологической, связанной с нарушением окислительных процессов.

Askermann (1926), пытаясь объяснить, почему именно вещества, выделяемые с мочой, являются конечными продуктами обмена, пришел к заключению, что хотя организм и нуждается для выделения азота в углеродистых соединениях, но обращается с ними в высшей степени экономно. Углеродистые соединения являются основным горючим материалом для организма и всякое выделение углерода в другой форме, чем уголекислота, является потерей энергии для организма. Askermann приводит таблицу (табл. 1) с вычисленными углеродными коэффициентами для веществ, встречающихся в моче. Из этой таблицы видно, что все вещества, являющиеся нормальными компонентами мочи, содержат относительно меньше углерода по отношению к азоту, чем вещества, нормально в моче не встречающиеся. Но если из табл. 1 взять, например, аденин и мочевую кислоту, то, исходя из величины коэффициента C/N, получим, что аденин является более окисленным продуктом, чем мочевая кислота. В действительности же мочевая кислота, будучи конечным продуктом пуринового обмена, представляет собой более окисленное соединение.

Таблица 1

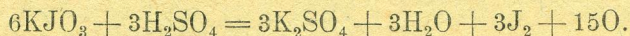
Углеродный коэффициент по Askermann'y

Название вещества и его формула	C/N	Название вещества и его формула	C/N
Мочевина— $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$	0,43	Гипоксантин— $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}$	1,08
Аллантоин— $\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_3$	0,85	Креатинин— $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}$	1,15
Мочевая кислота— $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3$	1,08	Гистидин— $\text{C}_6\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$	1,72
Гуанин— $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5\text{O}$	0,85	Лизин— $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_2$	2,56
Аденин— $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}_5\text{O}_5$	0,85	Триптофан— $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$	4,76
Ксантин— $\text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_2$	1,08	Фенилаланин— $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_2$	7,69

Исходя из этого, Helmut Müller (1926) считает углеродный коэффициент не точной мерой для измерения состояния окисленности продуктов мочи и предлагает для учета качественных изменений окислительных процессов пользоваться не количеством выделенного с мочой углерода, а количеством кислорода, необходимого для полного окисления всех выделяющихся с мочой соединений. Это количество кислорода Н. Müller назвал Vakат-кислородом (Vakat-Sauerstoff), а отношение выделенного азота к Vakат-O—окислительным коэффициентом (Oxydationsquotient). Vakат-O, действительно, более точно отражает суммарную окислительную способность организма, тогда как в углеродном коэффициенте недоокисленный водород, сера и фосфор не учитываются.

Преимущество определения коэффициента N/Vakat-O перед определением углеродного коэффициента заключается также и в том, что в первом случае мочевина совершенно не участвует, при определении же углеродного коэффициента учитывается входящий в мочевину углерод, составляющий половину всего углерода мочи. Поэтому по углеродному коэффициенту отклонение от нормы труднее заметить, чем по окислительному коэффициенту.

Н. Müller предложил методику практического определения Vakат-O, заимствованную им у Strebinge'r'a (1919), который с ее помощью определял количество кислорода в органических веществах. Принцип этой методики заключается в том, что исследуемое вещество, в котором хотят определить Vakат-O, сжигается по кьельдалевскому методу в растворе серной кислоты с KJO_3 . Кислород, нужный для доокисления веществ мочи, берется из KJO_3 , который при этом разлагается в соответствующем количестве. Процесс идет по следующему уравнению:



KJO_3 , сжигаемый только с серной кислотой, не разлагается и не выделяет кислорода. Если знать количество взятого для сжигания KJO_3 , а затем определить количество оставшегося неразложившимся KJO_3 , то количество разложившегося KJO_3 , а следовательно, и количество потребленного кислорода можно высчитать по разности.

Отрицательной стороной этой методики определения Vakат-O является то, что имеющиеся в исследуемом растворе хлориды вступают в реакцию с KJO_3 , вызывая дополнительный его распад. Отсюда возникает необходимость в веществах, содержащих хлориды (например, моча), определять их отдельно и из общего количества разложившегося при сжигании KJO_3 вычитать количество KJO_3 , пошедшее на реакцию с хлоридами.

Методика определения Vakат-O была тщательно разработана Müller'ом, затем усовершенствована Н. R. Kanitz'ем (1932) и в на-

стоящее время может считаться вполне пригодной для определения степени совершенства окислительных процессов в организме.

Bickel (1928) предложил видоизменить окислительный коэффициент на обратный, т. е. вместо отношения $N/Vakat-O$ брать отношение $Vakat-O:N$. Такое видоизменение делает коэффициент более наглядным.

Osuka (1932), один из сотрудников Bickel'я, предложил, в дополнение к углеродному (C/N) и окислительному ($Vakat-O:N$) коэффициентам, определять еще и соотношение $Vakat-O:C$, которое, по его мнению, еще точнее обнаруживает сдвиги в окислительных процессах, тем более, что сам углерод является недоокисленным продуктом.

В лаборатории Bickel'я были проведены исследования, касающиеся влияния физической работы на величину коэффициентов мочи у здоровых людей. Было установлено, что тренировка ведет к усовершенствованию окислительных процессов (коэффициенты O/C и C/N снижаются), нагрузка же работой человека нетренированного вызывает быстрое переутомление и повышение коэффициентов. А так как первое нарушение в окислительных процессах обнаруживается в коэффициенте O/C , то Bickel и Osuka (1933) считают „коэффициент $Vakat-O:C$ наилучшим критерием качественных и количественных отношений продуктов обмена веществ“.

Изучение окислительных коэффициентов представляет огромный интерес как для выяснения различных патологических нарушений в процессах окисления, так и для изучения возрастных изменений качества окисления, но до настоящего времени работ в последнем направлении почти не проводилось, а выполненные работы страдают рядом недостатков. А. С. Корнеев (1938), занимаясь исследованием окислительного коэффициента $Vakat-O:N$ в моче кроликов разного возраста, исследовал только животных в возрасте от полутора месяцев до 3 лет. Кролики более молодого и более старого возрастов исследованию не подвергались (Продолжительность жизни кроликов 7—8 лет). В результате исследований А. С. Корнеевым получены данные, приведенные в табл. 2.

Таблица 2
Окислительный коэффициент $Vakat-O:N$ мочи кроликов в зависимости от возраста

Возраст кроликов	Число дней исследования	Окислительный коэффициент O/N мочи	
		ежедневные колебания	средний
1 $\frac{1}{2}$ месяца	3	1,87—2,16	1,98
1 $\frac{1}{2}$ „	9	1,63—2,56	1,99
4 „	5	1,76—2,16	1,96
4 „	3	1,61—2,37	1,97
4 „	7	1,78—2,38	2,01
4 „	6	1,71—2,65	1,98
1 год	2	1,93—2,00	1,97
1 „	2	1,92—1,95	1,94
2 года	2	1,87—1,94	1,91
2 „	4	1,78—2,20	1,99
2 „	4	1,85—2,01	1,92
2 $\frac{1}{2}$ „	4	1,85—2,04	1,94
2 $\frac{1}{2}$ „	3	1,82—2,08	1,98
3 „	5	1,64—2,50	1,92
3 „	2	2,04—2,10	2,07

На основании данных табл. 2, А. С. Корнеев делает заключение, что коэффициент O/N в моче кроликов, при однородной диете, широко колеблется, причем границы колебаний приблизительно одинаковы для всех возрастов. Средняя же величина коэффициента для всех возрастов от полутора месяцев до 3 лет остается постоянной, т. е. качество окислительных процессов в пределах исследованных им возрастов не изменяется.

Однако, если бы А. С. Корнеев привлек к своим исследованиям животных более молодых и более старых, то колебания O/N , несомненно, обнаружили бы и достаточную зависимость от возраста.

С. Н. Сеницын (1939) нашел у собак и человека разных возрастов совершенно ясные колебания коэффициента C/N в зависимости от возраста. Полученные им данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Величина коэффициента C/N в моче собак и человека

Собака		Человек	
Возраст	C/N	Возраст	C/N
Щенки 2½—6 месяцев . .	0,60	6—10 лет	0,69
„ 6—12 „	0,67	10—14 „	0,70
Взрослые собаки	0,80	14—19 „	0,75
Старые собаки 16—17 лет	1,13	30—60 „	0,85
		60—97 „	1,29

Собственные исследования

В наших исследованиях мы пользовались для определения $V_{akat}-O$ микрометодом Müller—Kanitz'a с незначительными изменениями, внесенными Вигдаровичем (1936).

Общий азот определялся микрокьельдалем.

Нами были исследованы возрастные изменения окислительного коэффициента $V_{akat}-O:N$ белых крыс, морских свинок и собак при условиях нормального и безазотистого питания. Коэффициент $V_{akat}-O:N$ вычислялся за каждые двое суток. Опыт считался законченным, когда на безазотистом корму выделение азота достигало величины коэффициента изнашивания.

1. Возрастные изменения окислительного коэффициента $V_{akat}-O:N$ у белых крыс. Опыты проводились на белых крысах в возрасте от 15—20 дней до 2 лет и старше. Коэффициент $V_{akat}-O:N$ при содержании животных на обычном корму (хлеб+молоко) исследовался в течение 2—4 дней, а на безазотистом—в течение 6 дней (время, достаточное для установления коэффициента изнашивания). Полученные нами результаты приведены в табл. 4.

На обычном корму самый высокий коэффициент наблюдается в возрасте 15—20 дней (2,64), к месячному возрасту он сильно снижается (1,59) и продолжает снижаться до 1 года, достигая величины 0,88. К старости (2 года) коэффициент слегка начинает повышаться и равен 1,06. На безазотистом корму, когда организм тратит свои белки, коэффициент O/N сильно возрастает—в 4,08—6,43 раза (табл. 5), но закономерность его изменения с возрастом такая же.

Таблица 4

Возрастные изменения коэффициента Vak-O:N и абсолютного количества Vak-O у белых крыс

Возраст животного	Вес животного г		Vak-O мг за сутки на 1 кг веса		Коэффициент Vak-O:N	
	до опыта	после опыта	на обычном корму	на без- азотистом корму	на обычном корму	на без- азотист. корму
20 дней (по 5 шт.) . . .	27,6 27,7	25,8 25,8	3364,5 2257,8	1591,8 —	3,49 2,69	9,32 —
Среднее	—	—	2995,6	1591,8	2,64	10,78
1 месяц	36,9 36,6 38,1 36,8 24,2 43,3 54,5 45,5 49,0	43,4 42,9 43,5 — 32,2 46,5 53,8 45,8 55,5	3233,3 3121,5 2489,5 3462,6 4994,9 2726,6 2211,5 2704,4 4247,6	1343,9 1069,9 935,9 — 1603,0 1246,0 1909,8 1859,2 2833,0	1,32 1,69 1,31 1,73 1,37 2,25 1,54 1,51 1,73	6,80 4,75 4,92 — 12,00 7,59 11,00 11,68 10,79
Среднее	—	—	3243,5	1600,1	1,59	8,41
3 месяца	137,0 89,0 133,0 98,0 85,0 175,0 168,5 133,0 88,0	140,0 82,0 127,5 90,0 83,0 165,0 162,0 135,5 93,0	2200,2 2494,4 1974,3 1405,7 1813,4 1629,1 1146,6 1149,5 2403,6	664,0 — 987,0 724,9 680,3 912,4 759,8 805,5 1388,1	1,95 1,12 1,22 0,54 1,37 1,38 0,94 0,99 0,85	4,50 — 7,20 4,42 3,89 6,41 5,56 6,69 8,82
Среднее	—	—	1801,9	865,3	1,13	5,11
6 месяцев	207,0 167,0 141,0 135,0 160,0 149,5 169,5 119,5 89,6 91,0 104,0 80,0 109,0 94,0	194,0 142,0 125,0 125,0 130,0 168,9 179,5 107,0 113,0 — 99,0 80,0 105,0 87,3	1045,7 1099,1 1405,2 1648,1 1066,2 1605,7 1832,1 1795,6 1385,5 — — — 1987,9 1897,4	735,3 877,9 965,7 958,6 — 833,0 — 881,0 673,1 829,0 776,8 1034,0 — —	1,42 0,88 1,21 0,99 0,95 0,98 1,11 0,90 1,07 — — — 1,33 1,47	5,41 5,85 4,89 6,13 — 6,09 — 6,28 5,99 5,24 5,22 6,62 — —
Среднее	—	—	1524,2	861,9	1,03	5,30
1 год	161,2 163,0 125,0 139,0 179,0 132,0 145,5 158,0 157,0 145,0 232,0	150,0 145,0 123,0 142,0 175,0 135,0 162,0 173,0 165,0 145,5 204,0	1247,3 1951,9 1033,4 1136,2 1353,2 1353,6 941,8 836,1 1062,1 — 880,8	718,7 912,3 933,6 932,7 912,2 790,8 808,1 738,1 799,8 799,9 804,6	1,11 1,15 0,73 0,81 0,97 0,88 0,96 0,78 0,98 — 1,17	3,73 5,84 7,12 7,23 5,43 6,17 6,88 6,64 5,71 4,73 4,10
Среднее	—	—	1179,6	831,9	0,88	5,66

Таблица 4 (окончание)

Возраст животного	Вес животного г		Vakat-O мг за сутки на 1 кг веса		Коэффициент Vakat-O : N	
	до опыта	после опыта	на обычном корму	на без- азотистом корму	на обычном корму	на без- азотист. корму
2 года и старше	211,0	204,0	1066,1	802,1	1,27	6,27
	191,0	173,0	711,1	601,7	0,91	4,37
	232,0	209,0	1403,1	862,0	0,81	6,13
	260,0	233,0	1628,6	870,4	—	7,41
	215,0	195,0	827,5	656,1	1,16	6,99
	188,8	191,0	970,1	397,9	1,08	4,25
	222,2	226,5	979,1	702,3	1,04	5,12
	209,4	217,0	988,3	565,2	0,82	4,31
	213,0	215,0	966,8	480,7	0,86	3,43
	224,0	202,0	1560,6	923,1	1,10	—
	189,0	186,0	1621,1	974,8	1,07	7,29
Среднее	—	—	1156,7	712,4	1,06	5,77

В возрасте 15—20 дней коэффициент O/N равен 10,78, к месяцу—8,41, к 3 месяцам сильно падает (до 5,11), после чего начинает постепенно повышаться, достигая к 2 годам величины 5,77.

Таблица 5

Соотношение между величинами коэффициента Vakato : N на обычном и безазотистом кормах у белых крыс

Возраст	Коэффици- ент O/N на обычном корму	Коэффици- ент O/N на без- азотистом корму	Отношение O/N на без- азотистом корму O/N на обычном корму
15—20 дней	2,64	10,78	4,08
1 месяц	1,59	8,41	5,29
3 месяца	1,13	5,11	4,52
6 месяцев	1,03	5,30	5,15
1 год	0,88	5,66	6,43
2 года	1,06	5,77	5,44

Абсолютное количество Vakato в мг за сутки и на 1 кг веса изменяется следующим образом: на обычном корму в возрасте 15—20 дней оно равно 2995,6 мг, в 1 месяц—3243,5 мг, затем резко снижается к 3 месяцам (1801,9 мг) и, продолжая снижаться, достигает к 2 годам величины 1156,7 мг.

На безазотистом корму абсолютное количество Vakato в мг резко уменьшено по сравнению с таковым на обычном корму, но с возрастом изменяется так же, т. е. постепенно уменьшается к старости. В возрасте 15—20 дней оно равно 1591,8 мг, в 1 месяц—1600,1 мг, в 3 месяца уменьшается почти вдвое (865,3 мг); затем практически не изменяется до 1 года (831,9 мг), а к старости снижается до 712, 4 мг.

Таким образом полного параллелизма между возрастными изменениями окислительного коэффициента Vakato : N и изменениями абсолютного количества Vakato не существует; это свидетельствует о том, что одно абсолютное количество Vakato не может отразить изменений качества окислительных процессов.

Таблица 6

Возрастные изменения коэффициента Vakar-O : N и абсолютного количества Vakar-O у морских свинок

Возраст животного	Вес животного г		Vakar-O мг за сутки на 1 кг веса		Коэффициент Vakar-O : N	
	до опыта	после опыта	на обычном корму	на без- азотистом корму	на обычном корму	на без- азотист. корму
3 дня (по 2 шт.) . . .	96,0	76,8	770,4	882,0	3,38	3,41
	89,0	76,2	592,6	789,1	2,14	4,93
	70,8	—	820,6	690,7	1,35	2,54
	60,5	—	1402,5	607,5	1,81	2,57
16 дней	102,0	88,3	880,2	734,7	1,20	3,29
	83,5	78,6	1228,8	893,1	2,40	3,84
	60,3	51,9	1283,3	1124,9	1,84	2,54
	—	—	—	—	—	—
Среднее	—	—	996,9	817,4	1,50	3,79
1 месяц	150,5	117,0	873,3	600,7	1,56	2,16
	134,4	117,6	669,8	343,7	1,43	1,44
	137,5	101,2	1033,2	496,8	1,45	2,63
	157,0	142,1	1016,9	374,8	1,06	2,03
	183,7	160,1	932,3	555,9	1,22	2,79
	171,8	157,5	1006,1	728,1	1,37	4,10
	124,0	127,5	953,6	425,1	1,95	2,06
	—	—	—	—	—	—
Среднее	—	—	926,4	503,5	1,48	2,46
3—5 месяцев	284,2	212,1	505,3	502,1	1,03	1,71
	290,3	219,4	430,6	507,6	1,07	1,76
	312,0	250,5	980,1	502,2	1,27	2,31
	282,0	228,2	1002,9	366,7	1,04	1,89
	416,0	324,5	850,8	453,8	0,86	2,17
	355,0	310,0	879,2	393,8	1,09	2,47
	395,0	352,0	664,3	506,4	1,18	3,81
	374,0	345,0	785,7	452,3	0,99	2,35
	445,0	397,0	740,8	375,2	0,91	2,71
	369,0	272,0	611,7	276,9	1,19	2,55
	354,8	243,5	795,1	298,7	1,63	2,12
	421,0	297,0	542,8	—	1,21	—
	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—
Среднее	—	—	715,5	369,5	1,19	2,12
1—2 года	593,9	587,7	725,1	435,6	1,30	3,32
	692,0	580,0	540,6	428,9	1,08	2,29
	549,7	421,2	—	326,3	—	2,01
	601,7	471,0	295,4	408,4	1,66	1,74
	591,5	447,0	417,6	262,9	0,93	1,33
	733,0	576,5	290,6	299,1	1,03	1,51
	585,5	516,2	464,4	352,2	1,16	2,53
	500,5	349,0	559,6	290,7	1,33	2,24
	723,7	682,0	530,6	416,1	1,40	2,72
	759,3	746,0	262,9	317,0	1,21	1,91
	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—
Среднее	—	—	454,1	353,7	1,15	2,19
3—3½ года	824,0	—	386,0	273,3	1,02	2,77
	674,0	623,7	358,0	221,5	1,45	1,73
	780,2	653,0	423,8	228,6	1,17	1,41
Среднее	—	—	389,3	241,1	1,18	1,87
8 лет	773,5	546,5	429,1	248,6	1,71	2,04
	—	—	—	—	—	—
Среднее	—	—	429,1	248,6	1,71	2,04

Необходимо отметить, что индивидуальные колебания коэффициента в каждом возрасте очень велики.

2. Возрастные изменения окислительного коэффициента $Vakat-O:N$ у морских свинок. Коэффициент $Vakat-O:N$ в моче морских свинок был исследован у животных в возрасте от 3 дней до 8 лет. Данные, полученные в результате опытов, сведены в табл. 6.

На обычном корму (овес + капуста) наблюдается высокий коэффициент в молодом возрасте—от 3 дней до 1 месяца (1,50—1,48), после чего он снижается к 3—5 месяцам (1,19) и остается на таком уровне до 3 $\frac{1}{2}$ лет. К 8 годам коэффициент повышается (1,71).

На безазотистом корму окислительный коэффициент у морских свинок увеличивается, но не так резко, как у белых крыс,—всего в 1,59—2,53 раза (табл. 7).

Таблица 7

Соотношение между величинами коэффициента $Vakat-O:N$ на обычном и безазотистом кормах у морских свинок

Возраст	Коэффициент O/N на обычном корму	Коэффициент O/N на безазоти- стом корму	О т н о ш е н и е
			O/N на безазотистом корму O/N на обычном корму
3—16 дней	1,50	3,79	2,53
1 месяц	1,48	2,46	1,66
3—5 месяцев	1,19	2,12	1,78
1—2 года	1,21	2,19	1,81
3—3 $\frac{1}{2}$ года	1,18	1,87	1,59
8 лет	1,71	2,04	1,78

И для морских свинок наиболее высокий окислительный коэффициент наблюдается у молодых животных в возрасте от 3 до 16 дней (3,79); затем к 1 месяцу он резко снижается (до 2,46), к 3—5 месяцам—до 2,12 и практически не изменяется до 1—2 лет, после чего, к 3 $\frac{1}{2}$ годам, падает до 1,87, а к 8 годам повышается до 2,04. Таким образом возрастные изменения коэффициента O/N как на обычном, так и на безазотистом кормах совершенно аналогичны.

Абсолютное количество $Vakat-O$ с возрастом изменяется так: наибольшее количество $Vakat-O$ в мг наблюдается в возрасте от 3 до 16 дней (996,9), к 1 месяцу оно незначительно снижается (926,4), а к 3—5 месяцам снижается более резко (715,5 мг) и продолжает падать до 3 $\frac{1}{2}$ лет (389,3), после чего немного повышается к 8 годам (429,1 мг). На безазотистом корму абсолютное количество $Vakat-O$ в мг у морских свинок уменьшается, но не так резко, как у крыс. В возрасте 3—16 дней оно равно 817,4 мг, затем непрерывно уменьшается к 3 $\frac{1}{2}$ годам (в 1 месяц—503,5, в 3—5 месяцев—369,5, в 1—2 года—353,7, в 3—3 $\frac{1}{2}$ года—241,1) и остается практически неизменным (248,6 мг) до 8 лет.

К сожалению, исследовать достаточное количество морских свинок старше 3 $\frac{1}{2}$ лет не было возможности. Приведенные данные, касающиеся 8-летних животных, получены в результате исследования только одного животного, поэтому для большей уверенности в полученной нами закономерности необходимы дальнейшие исследования.

3. Возрастные изменения окислительного коэффици-

циента $Vakat-O:N$ у собак. Опыты ставились на собаках в возрасте от 1 месяца до $13\frac{1}{2}$ лет. Полученные данные приведены в табл. 8.

Таблица 8
Возрастные изменения коэффициента $Vakat-O:N$ и абсолютного количества $Vakat-O$ у собак

Возраст животного	Вес животного 2		Vakat-O мг за сутки на 1 кг веса		Коэффициент Vakat-O:N	
	до опыта	после опыта	на обыч- ном корму	на без- азотистом корму	на обыч- ном корму	на без- азотист. корму
1 месяц (5 шт.)	960,0	740,0	1241,2	642,0	2,23	3,02
Среднее	—	—	1241,2	642,0	2,23	3,02
$2\frac{1}{2}$ месяца (3 шт.)	1066,0	1000,0	2688,7	578,9	3,21	2,44
Среднее	—	—	2688,7	578,9	3,21	2,44
5 месяцев	3400,0	3200,0	1500,2	540,6	1,87	2,43
Среднее	—	—	1500,2	540,6	1,87	2,43
1 год	7300,0	6800,0	369,8	341,6	1,17	1,44
2 года	9600,0	9000,0	618,4	226,3	1,11	1,59
3 „	23600,0	20400,0	474,1	224,2	1,05	1,62
Среднее	—	—	487,4	264,0	1,11	1,45
10 лет	13600,0	14200,0	613,2	329,6	1,24	1,94
13 „	17200,0	16700,0	711,6	335,6	1,41	(0,88)
$13\frac{1}{2}$ лет	21600,0	22100,0	371,2	292,7	1,03	1,50
Среднее	—	—	565,3	319,3	1,27	1,90

На обычном корму (хлеб + молоко) у собак, так же как у крыс и морских свинок, высокий коэффициент наблюдается в молодом возрасте (1 месяц) и равен 2,23; к $2\frac{1}{2}$ месяцам он повышается до 3,21, затем довольно резко падает к 5 месяцам (1,87) и продолжает падать к 1—3 годам (1,11), а в старости (к 10— $13\frac{1}{2}$ годам) незначительно растет (1,27).

На безазотистом корму коэффициент $Vakat-O:N$ возрастает, но меньше, чем у морских свинок,— всего в 0,76—1,5 раза (табл. 9). Более высокий коэффициент наблюдается в возрасте 1 месяца (3,02), затем он падает к 1—3 годам (1,45), а к 10— $13\frac{1}{2}$ годам снова повышается до 1,90.

Таблица 9
Соотношение между величинами коэффициента $Vakat-O:N$ на обычном и безазотистом кормах у собак

Возраст	O/N на обычном корму	O/N на безазоти- стом корму	О т н о ш е н и е
			$\frac{O/N \text{ на безазотистом корму}}{O/N \text{ на обычном корму}}$
1 месяц	2,23	3,02	1,35
$2\frac{1}{2}$ месяца	3,21	2,44	0,76
5 месяцев	1,87	2,43	1,30
1—3 года	1,11	1,45	1,31
10— $13\frac{1}{2}$ лет	1,27	1,90	1,50

Таким образом у собак наблюдаются такие же закономерности изменения коэффициента $Vakat-O:N$ с возрастом, как у белых крыс и морских свинок, т. е. в молодом возрасте у всех животных найден более высокий коэффициент, чем в среднем, а к старости он незначительно повышается.

Абсолютное количество $Vakat-O$ в мг на обычном корму с возрастом изменяется так: в 1 месяц оно равно 1241,2 мг, к $2\frac{1}{2}$ месяцам повышается до 2688,7 мг, затем понижается к 5 месяцам (1500,2 мг) и еще резче—к 1—3 годам (487,4 мг), а к 10—13 $\frac{1}{2}$ годам повышается до 565,3 мг.

На безазотистом корму наибольшее количество $Vakat-O$ наблюдается в 1 месяц (642,0 мг), после чего оно начинает постепенно снижаться до 5 месяцев (в $2\frac{1}{2}$ месяца—578,9 мг, в 5 месяцев—540,6 мг), затем более резко снижается к 1—3 годам (264,0 мг), а к 10—13 $\frac{1}{2}$ годам опять немного повышается (до 319,3 мг). Таким образом у собак абсолютное количество $Vakat-O$ изменяется совершенно параллельно изменениям коэффициента $Vakat-O:N$.

Выводы

Сопоставляя данные по изучению окислительного коэффициента $Vakat-O:N$ у всех трех изученных видов животных (табл. 10), можно отметить следующее:

Таблица 10

Окислительный коэффициент $Vakat-O:N$ у белых крыс, морских свинок и собак в различные возрасты

Белые крысы			Морские свинки			Собаки		
Возраст животного	Коэффициент $Vakat-O:N$		Возраст животного	Коэффициент $Vakat-O:N$		Возраст животного	Коэффициент $Vakat-O:N$	
	на обыч. ном корму	на без-азотист. корму		на обыч. ном корму	на без-азотист. корму		на обыч. ном корму	на без-азотист. корму
15—20 дней	2,64	10,78	3—16 дней	1,56	3,47	1 месяц . . .	2,23	3,02
1 месяц . .	1,59	8,41	1 месяц . . .	1,50	2,33	$2\frac{1}{2}$ месяца . .	3,21	2,44
3 месяца . .	1,13	5,11	3—5 месяцев	1,19	2,12	5 месяцев . .	1,87	2,43
6 месяцев .	1,03	5,30	1—2 года . .	1,13	2,17	1—3 года . . .	1,11	1,45
1 год	0,88	5,66	3—3 $\frac{1}{2}$ " . .	1,25	1,81	10—13 $\frac{1}{2}$ лет .	1,27	1,90
2 года . . .	1,06	5,77	8 лет	2,43	2,21			

1. При питании обычной пищей у всех животных наиболее высокий коэффициент наблюдается в молодом возрасте: у белых крыс в 15—30 дней, у морских свинок от 3 дней до 1 месяца, а у собак—до $2\frac{1}{2}$ месяцев. После этого к среднему возрасту коэффициент у всех видов падает: у крыс—до 1 года, у морских свинок—до 3 $\frac{1}{2}$ лет, а у собак до 1—3 лет. К старости же коэффициент у всех видов животных немного повышается.

При кормлении безазотистой пищей наблюдается аналогичная закономерность возрастных изменений коэффициента, но на более высоком уровне.

Такого рода изменения окислительного коэффициента, очевидно, свидетельствуют о том, что в очень раннем возрасте и в старости с мочой выделяются относительно большие количества недоокисленных продуктов. На основании этого можно говорить о недостаточно совершенной окислительной способности организма в эти возрасты.

Плохую окислительную способность в молодом и старом возрастах можно отчасти объяснить недостаточным окислением белковых веществ, как это показывают некоторые мочевые коэффициенты. Согласно данным Bödtker'a (1896) и Львова (1910), коэффициент Robin'a ($\frac{N \text{ мочевины}}{N \text{ общий}}$) у человека более низкий в молодом возрасте, затем увеличивается к среднему возрасту, а к старости опять уменьшается. Это значит, что в молодом и старом возрастах мочевины как основного конечного продукта белкового обмена выделяется меньше, следовательно, белковые вещества в эти возрасты окисляются неполностью.

Несовершенное окисление белковых веществ в молодом и старом организмах подтверждается также возрастными изменениями аммиачного и аминокислотного коэффициентов. Sammerer (1902) и Львов (1910) нашли, что у человека аммиачный коэффициент ($\frac{N \text{ аммиака}}{N \text{ общий}}$)

очень высок у детей в возрасте 5 месяцев, затем постепенно падает к 25—35 годам, а к старости опять повышается. Повышенное количество аммиака в моче у детей может рассматриваться как компенсаторное явление. В молодом организме, где интенсивно проходят процессы роста, очень сильны гликолитические (аноксобиотические) процессы, что показано многими авторами (Ch. Tomija—1934, J. Hawkins—1928, Th. Breheme, P. György и Keller—1928, Warburg, Posener и Negelein—1924). В связи с этим образуется большое количество кислых продуктов обмена, которые и обезвреживаются аммиаком.

Вместе с тем можно полагать, что в молодом организме синтез мочевины из аммиака еще очень слаб. Увеличенное количество аммиака в моче старых людей указывает уже, несомненно, на ослабевающую способность окислять белковые вещества, а также на возможное увеличение аноксибиотических процессов. Наличие ацидотического обмена веществ в молодом и старом организмах подтверждается исследованиями А. В. Нагорного и А. А. Рубановской (1936), согласно которым в раннем и позднем периодах жизни уменьшается Ph крови, а также исследованиями С. Т. Новикова (1938), который установил, что щелочные резервы в раннем и старческом возрастах уменьшаются. По данным Göbel'я (1922) и Львова (1910), у человека в детском и пожилом возрастах выделяется много недоокисленных продуктов белка в виде аминокислот. Аминокислотный коэффициент ($\frac{N \text{ аминокислот}}{N \text{ общий}}$)

очень высокий у детей, затем значительно понижается к взрослому состоянию, а к старости опять повышается. Такие же возрастные изменения коэффициентов Robin'a, аммиачного и аминокислотного найдены и для белых крыс (А. В. Нагорный и С. П. Зелинский—1938).

Подтверждением наших выводов могут служить отчасти и возрастные изменения редоксипотенциала как показателя общей окислительной способности данной ткани. Этот показатель для мозга кроликов, начиная от их рождения, увеличивается до 50—80-дневного возраста, после чего сильно уменьшается (Розенфельд и Гольдман, 1939). В мышцах и крови белых крыс Eh также увеличивается до определенного возраста (2 месяца), а затем непрерывно падает (И. Д. Шуменко—1941).

2. При кормлении безазотистой пищей окислительный коэффициент Vakal-O:N повышается по сравнению с нормой у всех трех

видов животных, но в неодинаковой мере: сильнее всего—у белых крыс (в 4,08—6,43 раза), меньше—у морских свинок (в 1,59—2,53 раза) и менее всего—у собак (в 0,76—1,50 раза).

3. Повышение коэффициента $Vakat-O:N$ на безазотистом корму является, с одной стороны, результатом „физиологической“ дизокидационной карбонурии, обусловленной родом питания, лишенного белков и богатого углеводами и жирами. Вследствие этого количество недоокисленных продуктов в моче будет довольно большое (за счет углеводов и жиров), в то время как азота выделяется мало. С другой стороны, возможно, что белковые вещества, или же продукты их обмена, способствуют нормальному окислению углеводов и жиров, исключение же их из пищи влечет за собой увеличение количества недоокисленных продуктов в моче, а следовательно, и коэффициента $Vakat-O:N$.

4. Довольно сильное снижение абсолютного количества $Vakat-O$ при исключении из пищи белков свидетельствует, повидимому, о том, что белки принимают большое участие в образовании недоокисленных продуктов (табл. 11).

Таблица 11

Возрастные изменения абсолютного количества $Vakat-O$ на обычном и безазотистом кормах у белых крыс, морских свинок и собак (в мг на 1 кг веса за 24 часа)

Белые крысы			Морские свинки			Собаки		
Возраст	Обычная пища	Безазотистая пища	Возраст	Обычная пища	Безазотистая пища	Возраст	Обычная пища	Безазотистая пища
15—20 дней	2995,6	1591,8	3—16 дней	996,9	817,4	—	—	—
1 месяц	3243,5	1600,1	1 месяц	926,4	503,5	1 месяц	642,0	1241,2
3 месяца	1801,9	865,3	3—5 месяцев	715,5	369,5	2½ месяца	678,9	2688,7
6 месяцев	1524,2	861,9	1—2 года	454,1	353,7	5 месяцев	540,6	1500,2
1 год	1179,6	831,9	3—3½ года	389,3	241,1	1—3 года	264,0	487,4
2 года	1156,7	712,4	8 лет	429,1	248,6	10—13½ лет	319,3	565,3

5. Абсолютное количество $Vakat-O$ не может служить индикатором для выявления качества окислительных способностей организма, так как изменения его с возрастом не совсем параллельны изменениям окислительного коэффициента.

6. Одинаковая закономерность изменения коэффициента $Vakat-O:N$ как на обычном, так и на безазотистом корму говорит о том, что нет принципиальной разницы между окислением веществ при обычной и безазотистой пище; это подтверждает мнение Liebig'a (1842), что в организме всегда разрушаются вещества, входящие в состав протоплазмы, а не непосредственно попадающие из пищеварительного канала.

ЛИТЕРАТУРА

- Вигдорович, Б. И.—Окислительные процессы при различных видах лихорадки. Арх. пат. анат. и пат. физиол., т. II, вып. 5, стр. 18, 1936.
 Корнеев, А. С.—Сравнительная оценка методов определения недоокисленных продуктов мочи. Труды Крымск. мединститута им. Сталина, т. V, 1938.
 Корнеев, А. С.—Окислительный коэффициент мочи у кролика в связи с возрастом. Труды Крымск. мединститута им. Сталина, т. V, 1938.
 Львов, С. В.—К вопросу об азотистом обмене у стариков. (Диссертация). СПб, 1910.

- Нагорный, А. В.—Проблема старения и долголетия. Изд. Харьковск. гос. университета, 1940.
- Нагорный, А. В. и Зелинский, С. П.—Вік і хімічний склад сечі. Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ, т. 5, 1938.
- Нагорный, А. В.—Активна реакція органів тваринного організму різного віку. Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ, т. 3, 1936.
- Нагорный, А. В. и Рубановская, А. А.—До питання про зміни концентрації водневих іонів у крові з віком. Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ, т. 3, 1936.
- Новиков, С. Т.—Про деякі фізико-хімічні зміни у тваринному організмі в пост-ембріональному житті. Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ, т. 7, 1938.
- Розенфельд, Л. Е. и Гольдман, С. С.—До вивчення оксидативних процесів у центральній нервовій системі в онтогенезі. Повідомлення II. Зміни вмісту глутатіону, аскорбінової кислоти і величини редокспотенціала. Біохім. журн., т. XIV, № 3, стор. 459, 1939.
- Синицын, С. Н.—Окислительные процессы в различных возрастах (углерод, азот и C/N мочи). Бюлл. эксп. биол. и мед., т. VII, вып. 5, стр. 450—452, 1939.
- Шуменко, И. Д.—Возрастные изменения окислительно-восстановительного потенциала (Eh) в мышцах и крови белых крыс. Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ, т. 10—11, 1941.
- Ackermann, D.—Über den Quotienten N:C einiger harnfähiger Stoffe. Klin. Wochenschr., Nr. 19, s. 849, 1926.
- Bickel, A.—Das Wesen der Avitaminose. Biochem. Zeitschr., Bd. 146, 1924.
- Bickel, A. u. Kauffmann-Cosla—Weitere Untersuchungen über den Stoffwechsel bei der Avitaminose. Bioch. Zeitschr., Bd. 166, Heft 4, 1925.
- Bickel, A.—Exp. Untersuchungen über die Stellung des Diabetes im System der dysoxydativen Carbonurie. Klin. Wochenschr., Nr. 28, 1925.
- Bickel, A. u. Kauffmann-Cosla—Zur pathol. Physiol. u. Klinik der dysoxydativen Carbonurie. Virchow's Arch., Bd. 259, s. 186, 1926.
- Bickel, A.—Exp. Untersuchungen über das Verhältnis des Kohlenstoffquotienten zum Oxydationsquotienten des Harnes. Bioch. Zeitschr., Bd. 199, s. 195, 1928.
- Bickel, A.—Труди всеоюзного съезда патологов, 1929.
- Bickel, A.—Доклад на съезде терапевтов в Ленинграде, октябрь, 1932.
- Bickel, A.—Новые данные суммарного анализа мочи. „Врачебное дело“ № 6—7, 1933.
- Breheme, Th., György, P. u. Keller, W.—Über Stoffwechseleigentümlich. des wachsenden Organismus. Jahrb. f. Kinderheilk., Bd. 120, 3, Folg. Bd. 70, 1928.
- Cammerer, W.—Die stickstoffhaltigen Bestandteile im menschlichen Urin und die sogenannte Azidose. Monatschr. Kinderheilk., Bd. 2, 1904.
- Cammerer, W.—Analysen von menschlichen Urin. Zeitschr. f. Biol., Bd. 45, s. 1, 1904.
- Göbel—Über die Aminosäurefraktion im Säuglingsharn. Zeitschr. f. Kinderheilk., Bd. 34, s. 104, 1922.
- Hawkins, J.—Der Stoffwechsel von Lebergewebe von Ratten verschiedenen Alters. Berichte über die ges. Physiol., Bd. 46, 1928.
- Kanitz, H. R.—Vakat-Sauerstoffbestimmung als Mikrometode. Bioch. Zeitschr. Bd. 249, 1932.
- Müller, H.—Über den Oxydationsquotienten des Harnes. Klin. Wochenschr., Nr. 48, 1926.
- Müller, H.—Über den Oxydationsquotienten. Bioch. Zeitschr., Bd. 186, 1927.
- Müller, H.—Die Bestimmung des Oxydationsquotienten im Harn. Bioch. Zeitschr. Bd. 213, Heft 1—6, 1929.
- Osuka, T.—Über die Beeinflussung des Kohlenstoff und Oxydationsquotienten des Harnes durch enterale Zufuhr von Aminosäuren. Bioch. Zeitschr., Bd. 246, Heft 1—3, s. 104, 1932.
- Rubner, M.—Calorimetrische Untersuchungen. Zeitschr. f. Biol., 21, 250, 1885.
- Spiro, K.—Zur Lehre vom Kohlenhydratstoffwechsel. Beitr. z. Chem. Phys. und Pathologie, 10, 277, 1907.
- Strebing, R.—Bestimmung des Sauerstoffgehaltes organischer Substanzen. Zeitschr. f. anal. Chemie. Bd. 58, s. 97, 1919.
- Voit Carl—Über Zersetzungsvorgänge der stikstoffhaltigen Stoffe im Tierkörper. Zeitschr. f. Biol., I, 69, 109, 283, 1865.
- Warburg, O., Posener, K., Negelein, E.—Über den Stoffwechsel der Carcinomzelle. Biochem. Zeitschr., Bd. 152, 1924.

AGE CHANGES OF THE OXIDATION COEFFICIENT O/N
IN VARIOUS ANIMALS

G. A. GORBUNOVA

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

With the aim of solving the question about the degree of completeness of oxidation processes at various stages of individual development there has been studied the coefficient Vak_{at}-O:N in albino rats, guinea pigs and dogs beginning with the first days of life and ending with old age. The determination of the oxidation coefficient has been carried out both at a mixed and at a protein-free diet.

Vak_{at}-O was determined by the method of Müller—Kanitz, nitrogen—by the micro-kjeldal-method.

On basis of the obtained data the following conclusions are reached at:

1. At a mixed diet the oxidation coefficient has the greatest value in very young age, then it decreases, but increases again in extreme old age (table 10).
2. At a protein-free diet the value of the oxidation coefficient is considerably larger, but the character of the age changes remains the same as at a mixed diet.
3. On basis of age changes of the oxidation coefficient the conclusion can be made that in young and old age there eliminate in the urine relatively large quantities of underoxidized products, a phenomenon which is being confirmed by the age changes of the coefficients of Robin, of the ammoniacal and of the amino-acid ones, as well as of the redoxipotential.
4. The absolute quantity of Vak_{at}-O at a mixed diet increases in albino rats up to one month, and in dogs—up to 2,5 months, after which there takes place a rapid decrease up to extreme old age. In guinea pigs the amount of Vak_{at}-O decreases, beginning since the day of birth (table 12).
5. At a protein-free diet the quantity of Vak_{at}-O is almost twice less, but the direction of the age changes has the same character as at a mixed diet. The sharp decrease of the absolute amount of Vak_{at}-O at a protein-free diet proves that the products of proteic disintegration constitute a quite considerable part of the under-oxidized substances in the urine.

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНОГО ОБМЕНА У МОРСКИХ СВИНОК

В. И. МАХИНЬКО и В. К. СТЕПАНЧЕНКО

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

Предыдущими исследованиями, проведенными в нашей лаборатории, было установлено, что у белых крыс продукция углекислоты, количество азота мочи, точно так же, как и величина тканевого дыхания ряда органов, возрастают, начиная от рождения, достигают максимума в возрасте 1 месяца и после этого медленно убывают к старости.

Задачей настоящего исследования было выяснить закономерности возрастных изменений основного обмена у морских свинок, которые резко отличаются характером своего развития от многих животных, в том числе и от белых крыс. Отличия эти заключаются в том, что детеныши морских свинок рождаются почти совершенно развитыми, с открытыми глазами, способными поддерживать температуру своего тела; тело морских свинок при рождении покрыто шерстью и они уже через несколько часов после рождения могут самостоятельно питаться.

Вполне естественно было допустить, что возрастные изменения процессов обмена происходят у морских свинок иначе, чем это установлено для крыс. Для проверки этого положения были поставлены опыты по определению интенсивности газообмена у морских свинок следующих возрастов: у молодняка от 1 до 7—14 дней, молодых животных 1—2 и 3 месяцев и, наконец, взрослых животных 10—14 месяцев, 2¹/₂, 3¹/₂ и 8 лет.

Опыты по определению величины газообмена производились в незамкнутом аппарате Гальдена спустя 12—18 часов после последнего приема пищи. У одной серии животных газообмен исследовался после предварительного пребывания животных на пище с достаточным содержанием белка, у другой—после белкового голодания в течение 5—7 дней. Интенсивность газообмена выражалась количеством углекислоты, выделенной животным на 1 кг веса тела за 1 час. Опыты ставились в летние месяцы 1938 года при температуре 22—27° С.

В табл. 1 и 2 сведены результаты опытов по газообмену.

Таблица 1

Интенсивность газообмена у морских свинок

Возраст животных	Вес животных г		Продукция CO ₂ г на 1 кг за 1 час	Продукция H ₂ O г на 1 кг за 1 час
	до опыта	после опыта		
1/2 дня	52,0	52,0	2,704	2,003
1 день	49,8	49,7	2,300	1,062
1 "	74,9	74,8	2,577	0,516
2 дня	83,47	83,17	2,120	1,631
2 "	61,62	61,45	2,661	2,475
1 день	79,50	79,40	3,590	0,364
2 дня	53,5	53,3	2,681	0,011
Среднее	—	66,75	2,667	1,374
5 дней	16,5	46,5	5,728	2,812
5 "	46,5	46,5	3,036	0,864
5 "	86,5	86,1	2,022	1,646
5 "	86,5	86,0	2,144	1,568
5 "	61,4	61,1	5,800	2,068
5 "	61,5	61,3	2,830	1,164
5 "	78,0	77,7	3,000	2,343
6 "	77,5	77,0	3,000	0,890
6 "	86,5	86,3	2,403	0,769
7 "	92,72	92,53	1,825	0,434
Среднее	—	86,69	2,533	1,209
1 месяц	160,55	159,15	1,579	0,727
1 "	112,35	112,05	1,875	1,208
1 "	178,2	178,02	1,920	1,008
1 "	192,4	191,95	2,072	1,454
1 "	193,75	193,63	1,647	1,189
1 1/2 месяца	229,50	229,15	1,261	1,010
1 месяц	148,1	148,1	2,526	2,168
1 "	126,15	125,85	1,602	1,425
Среднее	—	167,24	1,810	1,148
2 месяца	527,0	526,65	0,906	0,499
2 "	496,10	495,85	1,096	0,443
2 "	769,75	769,05	0,005	0,308
2 "	694,95	694,65	0,823	0,293
2 "	719,45	719,25	0,514	0,319
2 "	602,45	602,15	0,509	0,353
2 "	714,95	714,45	0,448	0,298
2 "	601,8	601,20	1,054	0,295
2 "	738,15	737,85	0,970	0,322
2 "	505,52	505,02	1,107	0,645
4 "	401,00	400,65	0,725	0,301
Среднее	—	613,95	0,818	0,368
2 года	595,25	594,95	0,534	0,313
2 1/2 "	757,5	757,0	0,419	0,285
2 1/2 "	765,25	763,25	0,476	0,214
3 "	651,25	651,00	0,632	0,396
3 "	641,25	641,05	0,451	0,358
3 1/2 "	656,55	656,25	0,681	0,217
Среднее	—	677,25	0,540	0,306
8 лет	751,65	751,25	0,847	0,443
8 "	752,25	751,95	0,678	0,274
Среднее	—	751,60	0,762	0,358

Таблица 2

Возрастные изменения интенсивности газообмена у морских свинок
(Средние данные)

	В о з р а с т в д н я х					
	1—2	5—6	30—40	60	800—900	2800
Продукция CO_2 г на 1 кг веса за 1 час	2,667	2,533	1,810	0,818	0,540	0,752
Продукция H_2O г на 1 кг веса за 1 час	1,374	1,209	1,148	0,368	0,306	0,358

Как видно из табл. 2, продукция углекислоты на 1 кг веса тела за 1 час у животных после предварительного пребывания их на пище с достаточным содержанием белка (хлеб) в молодом возрасте держится на довольно значительной высоте, а затем медленно убывает до 2 месяцев. Значительное понижение продукции углекислоты отмечается в возрасте 2 месяцев, после чего продолжается медленное падение интенсивности газообмена к старости. Повышенные цифры продукции углекислоты у животных 8 лет (два повторных опыта), по всей вероятности, являются случайными; проверить их не удалось из-за гибели животного.

Выделение воды на 1 кг веса тела за 1 час также непрерывно убывает с возрастом.

Таким образом из этих опытов следует, что в постэмбриональном периоде интенсивность метаболизма у морских свинок непрерывно ослабевает с возрастом.

В ряде работ А. В. Нагорный развивает мысль о том, что для каждого вида животных интенсивность метаболизма в онтогенезе описывает кривую с максимумом в определенном периоде жизни. Для ряда животных такие максимумы были установлены в постэмбриональном периоде (А. В. Нагорный—1940).

Для морских свинок мы не получили максимума в постэмбриональном периоде. Принимая во внимание специфический ход развития этих животных, можно предположить, что максимум интенсивности метаболизма у них приходится на эмбриональный период. Доказательством этому могут служить данные Bohr'a, исследовавшего газообмен морских свинок на различных стадиях беременности и после родов.

На основании своих исследований Bohr выяснил газообмен эмбрионов различного возраста и получил следующие данные:

Вес эмбриона г	24	36	39	62
CO_2 г на 1 кг за 1 час	0,490	1,149	0,906	0,956

Судя по весу, Bohr имел дело с эмбрионами 44—60-дневного возраста.

Таким образом у морских свинок в раннем эмбриональном периоде мы имеем сравнительно низкие цифры продукции углекислоты. К концу беременности (на 66—68-й день) интенсивность энергетического обмена растет, достигает максимума в последние дни эмбрионального развития или даже к моменту родов, а далее непрерывно убывает, как это и показано нашими исследованиями.

AGE CHANGES OF BASAL METABOLISM IN GUINEA PIGS

V. I. MAKHINKO and V. K. STEPANCHENKO

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

In this work are given the results of investigations on age changes of basal metabolism in guinea pigs of the following age: in young animals from 1 to 7–14 days old, young animals 1–2 and 3 months old, and finally adult animals 10–14 months, $2\frac{1}{2}$ – $3\frac{1}{2}$ and 8 years old.

The experiments for determining the values of respiration metabolism were carried out in a non-closed apparatus of Haldane within 12–18 hours after the last intake of food.

On basis of the obtained data the conclusion can be made that in guinea pigs, in distinction from albino rats and some other animals, the intensity of basal metabolism uninterruptedly decreases beginning since birth up to old age.

On basis of theoretical premises and utilizing Bohr's data on the intensity of respiration metabolism of guinea pig embryos of various age one ought to suppose that on the age metabolic curve of guinea pigs, just the same as in other animals, there exists a maximum, and that this maximum coincides with the last days of embryonal development (66–68 days) or even with the moment of birth.

ВЛИЯНИЕ ТИРЕОИДЕКТОМИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ МЕТАБОЛИЗМА ЖИВОТНЫХ В РАЗЛИЧНЫЕ ВОЗРАСТЫ

Е. К. ОКОНЕВСКАЯ

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

Как показали работы нашей лаборатории, интенсивность метаболизма у животных различного возраста различна.

Какие факторы обуславливают возрастные различия метаболизма, до сих пор окончательно не установлено. Однако огромное значение щитовидной железы в процессах обмена животного организма позволяло думать, что известную роль тут играет и эта железа.

Настоящая работа и ставила своей целью выяснить роль щитовидной железы в возрастных изменениях метаболизма, так как вопрос этот почти совершенно не освещен.

Морфологические исследования, посвященные этому вопросу, охватывают исследования веса и внутренней структуры щитовидной железы. У человека до определенного возраста, по R. Rössle и F. Roulet (1932)—до 41—50 лет, по Wegelin'у (1923)—до 60 лет, происходит непрерывное увеличение веса железы, а затем наступает постепенное снижение веса.

Аналогичные, в общем, закономерности в изменении веса щитовидной железы человека с возрастом отмечают также Kolnitz, Harry и Roe E. Remington (1933). Исследовав вес 150 желез, они обнаружили, что он быстро увеличивается до 20 лет, достигает максимума в среднем возрасте, а после этого падает.

Исследования внутренней структуры и активности щитовидной железы в онтогенезе человека также немногочисленны.

Vogeler (1931) избрал в качестве критерия активности железы то наименьшее количество порошка ее (приготавливаемого во всех случаях одинаковой обработкой свежей железы), которое должно быть скормлено головастикам для того, чтобы вызвать едва заметное ускорение их метаморфоза.

На основании результатов своей работы Vogeler пришел к выводу, что активность щитовидной железы в онтогенезе испытывает значительные колебания и дает три максимума разной величины: первый, сравнительно небольшой,—к моменту рождения, второй—между 20—30

годами, третий—к 60—80 годам. В глубокой старости, т. е. в возрасте 60—80 лет активность щитовидной железы сильно возрастает, достигая почти такой же высокой степени, как в возрасте 20—30 лет.

К аналогичному выводу приходят на основании своих исследований G. C. Dogliotti и G. Nizzi-Nutti (1936). По их данным, микроскопическое строение щитовидной железы людей старше 65 лет напоминает строение ее в раннем возрасте и в период полового созревания.

Работ по морфологическому изучению щитовидной железы животных проводилось мало. А. Hammar (1932) нашел, например, что щитовидная железа кролика растет до 10 месяцев (0,155 г), затем вес ее резко падает к 12 месяцу их жизни (0,135 г) и постепенно снижается к старости; в возрасте 42 месяцев вес железы составляет 0,127 г. В процентах к весу тела вес железы, по данным А. Hammar'a, увеличивается до 3—5 месяцев, а затем начинает уменьшаться.

Donaldson (1924), изучавший изменения веса щитовидной железы у крыс различного возраста, отмечает его непрерывное увеличение на протяжении 255 дней жизни животного. Результаты исследований Donaldson'a приведены в табл. 1.

Таблица 1

Возрастные изменения веса щитовидной железы у белых крыс

Возраст в днях	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	85	91	180	255
Вес железы мг.	2,6	4,2	5,2	6,7	8,5	10,3	12,5	14,8	17,1	19,7	22,3	24,8	26,2	36,9	40,4

Г. П. Литовченко (1941), изучавшая гистологическое строение щитовидной железы белых крыс различного возраста, нашла, что с возрастом количество фолликулов увеличивается, кровоснабжение железы и вакуолизация коллоида усиливаются. Количество коллоида, судя по диаметру фолликулов, не подвергается существенным изменениям уже с 2—2½-месячного возраста.

Описанную картину в структуре щитовидной железы белых крыс в онтогенезе Г. П. Литовченко рассматривает как доказательство того, что секреция гормона этой железы с возрастом увеличивается и ее активность, следовательно, растет.

При химическом исследовании щитовидной железы в онтогенезе оказалось, что количество содержащегося в ней иода увеличивается с возрастом (Zupz). Сопоставив скорость нарастания веса железы человека с возрастом по данным Wegelin'a и скорость нарастания в ней иода по данным Zupz'a, можно прийти к заключению, что с возрастом происходит обогащение фолликулов щитовидной железы иодом.

Физиологические исследования щитовидной железы, проведенные, главным образом, методом экстирпации ее и последующего определения газообмена, показали, что в условиях атиреоза интенсивность обмена у животных снижена (М. Г. Закс—1937, А. Ющенко—1907).

На существование возрастных различий в значении щитовидной железы как регулятора интенсивности метаболизма указывают работы некоторых исследователей, изучавших обмен у животных различного веса.

Так, А. v. Arvay (1929), изучивший газообмен у трех крыс-тиреоидектомиков, весящих 220—240 г, следовательно, в возрасте 360—600 дней, нашел следующее (табл. 2).

Таблица 2

Изменение интенсивности газообмена у белых крыс
после экстирпации щитовидной железы

Дата опыта	Изменение обмена (в %) по сравнению с предоперационным	Дата опыта	Изменение обмена (в %) по сравнению с предоперационным
23/III	Экстирпация щитовидной железы	2/V—	Даны внутрь препараты щитовидной железы
25/III	— 1,6	9/V	
27/III	— 11,5	3/V	— 16,3
30/III	— 17,6	6/V	— 2,4
3/IV	— 21,4	9/V	+ 7,1
5/IV	— 28,0		
7/IV	— 35,0		

Как видно из табл. 2, экстирпация щитовидной железы у белых крыс вызывает прогрессивное снижение обмена, достигающее через две недели после операции 35%.

C. Demaria Massey (1927) у крыс такого же веса, а следовательно, и такого же возраста, получил после тиреоидэктомии снижение, не превышающее 25—29%.

По данным X. Chachowitsch'a (1929), у крыс весом 42—59 г, следовательно, в возрасте 30—50 дней, общий обмен снижается через 25 дней после тиреоидэктомии в среднем на 43,9%, а у крыс весом 120—125 г, т. е. в возрасте приблизительно 80—100 дней, при таких же условиях—на 48,3%.

Общие выводы, которые могут быть сделаны на основании приведенных литературных данных, сводятся в общем к тому, что щитовидная железа является весьма важным регулятором интенсивности метаболизма в животном организме. Но какую роль играет эта железа у животных различного возраста, исходя только из этих данных, сказать нельзя, так как систематического изучения обмена в условиях атиреоза и гипертиреоза у животных различного возраста не производилось.

Точно также не ясны и возрастные изменения функциональных свойств самой щитовидной железы.

Методика и постановка опытов

Значение щитовидной железы в возрастных изменениях метаболизма изучено нами путем определения интенсивности газообмена животных в условиях атиреоза.

Подопытными животными были белые крысы четырех возрастных групп: 10—15 дней, 30—40 дней, 75—90 дней, 365—520 дней.

Начиная с 2½—3-месячного возраста, в отдельном опыте находилось всегда одно животное; более молодые крысы брались обычно попарно.

Газообмен у животных определялся всегда после предварительного голодания в течение 4—20 часов (в зависимости от возраста животных) в незамкнутой системе Haldane'a при 28—30° С.

При наших исследованиях мерой влияния щитовидной железы на интенсивность газообмена считалась степень снижения или повышения количества углекислоты, выделенной животным в условиях гормональной недостаточности. Последняя достигалась двусторонней экстирпацией щитовидной железы. Операция проводилась всегда в

стерильных условиях под эфирным или уретановым наркозом, путем вылушживания железы препаровальной иглой без перевязки сосудов.

Так как активность щитовидной железы обнаруживает сезонные изменения (Войткевич—1936), опыты проводились нами по возможности в одно время года, главным образом—в весенне-летний период и лишь частично осенью.

Постановка опытов была такова. У группы животных одного возраста, находящихся на одинаковой (хлебо-молочной) диете, два-три раза в течение 3—10 дней определялся основной обмен. После этого у них удалялась щитовидная железа.

На 3—4-й, 6—7-й, и 8—11-й день после операции у животных опять определялся основной обмен. Изменение его вычислялось по разности между средним значением основного обмена в до- и послеоперационный периоды.

Параллельно с определением интенсивности газообмена у крыс-тиреоидектомиков было проведено наблюдение за изменением их веса.

Изменение веса у крыс, тиреоидектомированных в различные возрасты

Животные взвешивались обычно накануне или в день операции, а затем на 3—4-й, 6—7-й и 8—11-й день после нее. Изменение веса каждого отдельного животного вычислялось по сравнению с его предоперационным весом, принятым за 100%.

Контролем для каждой группы животных служили животные того же возраста и, по возможности, одного помета с тиреоидектомиками. Они подвергались аналогичному оперативному вмешательству, но без удаления щитовидной железы.

Вычислив изменение веса всех крыс каждой возрастной группы в условиях атиреоза в процентах к их весу перед операцией, мы взяли затем среднее этих данных для 3—4-го, 6—7-го и 8—11-го дня после операции. Полученные при этом результаты приведены в табл. 3, 4, 5 и 6 в виде средних величин по каждому возрасту.

Таблица 3.

Изменение веса у крыс, тиреоидектомированных в возрасте 10—15 дней

	До операции	На 3—4-й день после операции	На 6—7-й день после операции	На 8—11-й день после операции
Тиреоидектомики:				
Вес в г	31,2	36,3	45,0	49,3
То же в % к предоперационному весу	100,0	116,6	144,2	158,0
Нормальные животные:				
Вес в г	30,2	40,7	52,0	61,0
То же в % к предоперационному весу	100,0	134,7	172,1	202,0
Степень отставания в росте тиреоидектомиков в г	—	4,4	7,0	152,7
То же в %	—	— 18,1	— 27,9	— 44,0

Таблица 4

Изменение веса у крыс, тиреоидэктомированных в возрасте 30—40 дней

	До операции	На 3—4-й день после операции	На 6—7-й день после операции	На 8—11-й день после операции
Тиреоидэктомиики:				
Вес в г	55,1	60,7	65,0	69,0
То же в % к предоперационному весу	100,0	110,1	117,9	125,2
Нормальные животные:				
Вес в г	45,9	64,6	65,0	78,6
То же в % к предоперационному весу	100,0	140,7	141,6	171,2
Степень отставания в росте тиреоидэктомиков в г	—	4,1	0,0	9,6
То же в %	—	— 30,6	— 23,7	— 46,0

Таблица 5

Изменение веса у крыс, тиреоидэктомированных в возрасте 75—90 дней

	До операции	На 3—4-й день после операции	На 6—7-й день после операции	На 8—11-й день после операции
Тиреоидэктомиики:				
Вес в г	147,6	138,3	143,8	145,0
То же в % к предоперационному весу	100,0	93,7	97,4	98,2
Нормальные животные:				
Вес в г	217,3	230,6	230,1	235,0
То же в % к предоперационному весу	100,0	106,1	106,0	108,1
Степень отставания в росте тиреоидэктомиков в г	—	92,3	86,3	90,0
То же в %	—	— 12,4	— 8,6	— 9,9

Таблица 6

Изменение веса у крыс, тиреоидэктомированных в возрасте 365—520 дней

	До операции	На 3—4-й день после операции	На 6—7-й день после операции	На 8—11-й день после операции
Тиреоидэктомиики:				
Вес в г	180,8	170,4	172,6	169,2
То же в % к предоперационному весу	100,0	94,2	95,4	93,5
Нормальные животные:				
Вес в г	224,9	219,0	227,5	221,3
То же в % к предоперационному весу	100,0	97,3	102,0	98,4
Степень отставания в росте тиреоидэктомиков в г	—	48,6	54,9	52,0
То же в %	—	— 3,1	— 6,6	— 4,9

Из приведенных таблиц видно, что вес тиреоидектомиков в возрасте 10—15 дней составляет на 8—11-й день после операции 158%, предоперационного веса, в возрасте 30—40 дней—125%, в 75—90 дней—98%, а в возрасте 365—520 дней—лишь 93,5%. Соответствующие данные для нормальных животных такого же возраста гораздо выше и составляют: 202, 171, 108,1 и 98,4%. Это свидетельствует о том, что нарастание веса у крыс-тиреоидектомиков по сравнению с таковым у нормальных животных происходит замедленно во все возрасты.

Поскольку увеличение веса животного, безусловно, зависит от его ассимиляторных способностей, мы должны сделать вывод, что последние находятся в зависимости от деятельности щитовидной железы.

Из наших данных можно также заключить, что влияние щитовидной железы на способность организма увеличивать свой вес является наибольшим в период наиболее интенсивного роста. По мере затухания процессов роста роль железы в регуляции веса крыс падает. На это указывает уменьшение разности между скоростью увеличения веса нормальных и тиреоидектомированных животных: в возрасте 10—15 дней разность эта составляет на 8—11-й день после операции 44,0%, в возрасте 30—40 дней—46,0%, в возрасте 75—90 дней—9,9%, а у годовичных крыс она снижается до 4,9%.

На громадное значение щитовидной железы в процессах роста указывают также и наблюдения за изменением веса крыс, тиреоидектомированных в возрасте 4—11 дней и доживших до 6 месяцев (табл. 7).

Таблица 7

Возрастные изменения веса крыс, тиреоидектомированных в возрасте 4—11 дней¹

Возраст в днях																	
4—11			30—40					75—90					156—160				
Вес в день операции г			Вес в г		Вес в % к первоначальному весу			Вес в г		Вес в % к первоначальному весу			Вес в г		Вес в % к первоначальному весу		
Тиреоидек- томики	Нормальн. животные		Тиреоидек- томики	Нормальн. животные	Тиреоидек- томики	Нормальн. животные	Разность	Тиреоидек- томики	Нормальн. животные	Тиреоидек- томики	Нормальн. животные	Разность	Тиреоидек- томики	Нормальн. животные	Тиреоидек- томики	Нормальн. животные	Разность
16,6	14,3		25,3	46,3	152	323	171	75,4	178,4	454	1247	793	105,8	180,9	637	1265	627

К сказанному необходимо добавить, что крысы-тиреоидектомики отличались от нормальных крыс своего возраста не только пониженным весом, но также и большей вялостью, плохим аппетитом, выпадением шерсти; многие из них впадали иногда в судорожное состояние, предшествующее часто их гибели, и в то же время обнаруживали необычный для их возраста высокий обмен.

Наблюдение за изменением веса белых крыс в условиях атиреоза дает возможность считать установленным следующее:

1. Наличие щитовидной железы является необходимым условием

¹ В таблице приведены для каждого возраста средние величины.

не только для нормального развития и роста животных, но и для восстановления веса, утерянного вследствие операции.

2. Влияние щитовидной железы на способность организма увеличивать свой вес является наибольшим в период наиболее интенсивного роста.

К старости, по мере замедления процессов роста, роль щитовидной железы как регулятора в накоплении организмом живой массы падает.

Изменение интенсивности газообмена у крыс, тиреоидэктомированных в различные возрасты

Результаты, полученные нами при изучении интенсивности газообмена у крыс различного возраста в условиях атиреоза, представлены в табл. 8, 9, 10, 11.

Первая графа таблиц содержит данные, полученные при определении газообмена у отдельных крыс перед операцией, вторая—их средние. В третьей графе приведены результаты опытов по определению газообмена после тиреоидэктомии: первая числовая величина—результат определения газообмена на 3—4-й день, вторая—на 6—7-й день, третья—на 8—11-й день, четвертая—на 12—13-й день после тиреоидэктомии. В четвертой графе приведены средние числовых величин третьей графы, а в пятой—разность между интенсивностью газообмена до и после операции, выраженная в процентах по отношению к газообмену в предоперационный период.

Таблица 8

Влияние тиреоидэктомии на интенсивность газообмена у крыс в возрасте 10—15 дней (CO_2 в г на 1 кг веса тела за 1 час)

До операции		После операции		Изменение в %
1	2	3	4	5
2,81	2,79	2,36	2,45	—10,9
2,86		2,35		
2,88		2,64		
2,63				
2,81	2,53	2,35	2,40	—5,3
2,23		2,40		
2,13		2,28		
2,96		2,59		
3,38	3,01	2,66	2,80	—6,9
2,65		2,84		
		2,80		
		2,92		
2,63	2,60	2,58	2,49	—4,6
2,57		2,62		
		2,37		
		2,41		
3,69	3,61	3,35	3,35	—7,2
3,53		3,38		
		3,27		
		3,40		
Среднее	2,90		2,69	—6,9

Таблица 9

Влияние тиреоидэктомии на интенсивность газообмена у крыс в возрасте 30—40 дней (CO_2 в г на 1 кг веса тела за 1 час)

До операции		После операции		Изменение в %
1	2	3	4	5
4,44	3,84	3,22	3,08	—19,7
3,81		3,12		
3,24		2,90		
3,87	3,78	3,56	3,11	—17,7
3,70		2,98		
		2,80		
3,76	3,84	3,64	3,25	—15,3
3,93		3,11		
		3,01		
3,01	3,63	3,47	3,23	—11,0
4,13		3,03		
3,75		3,20		
4,68	4,68	3,93	3,93	—16,0
3,60	3,60	3,41	3,41	—11,1
Среднее	3,89	—	3,33	—14,3

Таблица 10

Влияние тиреоидэктомии на интенсивность газообмена у крыс в возрасте 75—90 дней (CO_2 в г на 1 кг веса тела за 1 час)

До операции		После операции		Изменение в %
1	2	3	4	5
2,94	2,89	1,44	1,84	—36,3
2,84		2,60		
		1,49		
2,12	2,11	1,38	1,51	—28,4
2,10		2,12		
		1,05		
1,79	1,93	1,27	1,52	—21,2
2,08		1,94		
		1,37		
2,86	2,76	1,93	2,47	—10,5
2,66		2,75		
		2,49		
		2,69		
2,75	2,73	—	2,00	—26,7
2,72		2,20		
		1,93		
		1,89		
2,68	2,40	2,43	2,24	—6,4
2,22		2,60		
		2,13		
		1,81		
3,85	3,85	2,80	2,80	—27,2
2,29	2,29	1,83	1,83	—20,1
Среднее	2,62	—	2,06	—22,1

Таблица 11
Влияние тиреоидэктомии на интенсивность газообмена
у крыс в возрасте 365—520 дней (CO_2 в г на 1 кг веса тела
за 1 час)

До операции		После операции		Изменение в %
1	2	3	4	5
2,02 2,37	2,19	1,50 1,71 1,59 1,60	1,60	—26,9
2,50 1,82 1,96	2,09	1,56 1,29 1,49 1,44	1,44	—31,1
1,76 1,69	1,72	1,46 1,29 1,00 0,80 1,34	1,17	—31,9
1,63 1,59	1,61	1,51 1,29 1,06 0,93 1,40	1,24	—22,9
1,69 1,53	1,61	1,49 1,13 1,01 0,86 1,26	1,15	—28,5
1,45	1,45	1,13 1,09 0,96 1,08	1,06	—26,9
1,42	1,42	1,17 1,11 1,01 0,98	1,07	—24,6
Среднее	1,74		1,26	—27,5

Из приведенных таблиц видно, что:

- 1) максимум интенсивности обмена у тиреоидэктомиков, так же как и у нормальных животных, наблюдается в возрасте 30—40 дней;
- 2) экстирпация щитовидной железы у белых крыс влияет на изменение обмена различно в разные возрасты;
- 3) степень снижения газообмена через 10—13 дней после экстирпации щитовидной железы составляла в наших опытах в среднем 6,9% у крыс в возрасте 10—15 дней; затем она постепенно росла и к 1—1½ годам достигала 27% по сравнению с обменом у тех же животных перед операцией.

Сопоставляя полученные нами результаты по изучению газообмена у белых крыс с литературными данными по этому вопросу, мы видим, что они хорошо согласуются с результатами, полученными А. v. Arvay (1929) и С. Demaria Massey (1927). По сравнению с данными Х. Chachowitsch'a для крыс, весящих 120—125 г, они снижены.

Так как работами нашей лаборатории установлен параллелизм между изменениями общего газообмена и тканевого дыхания различных органов (А. А. Рубановская—1938), представляло интерес изучить последнее у тиреоидэктомированных животных. С этой целью у группы 6-месячных животных, подвергшихся удалению щитовидной железы в возрасте 4—11 дней, были определены основной обмен и тканевое дыхание мышц (табл. 12 и 13).

Таблица 12

Газообмен у 6-месячных тиреоидэктомиков, оперированных в раннем возрасте (CO_2 в г на 1 кг веса тела за 1 час)

	Возраст в днях	Среднее	Возраст в днях	Среднее
	30—40		150—160	
Тиреоидэктомтики	3,33	3,52	1,91	1,84
	3,36		1,96	
	3,62		1,84	
	3,13		1,68	
	3,36		1,78	
	4,20			
Нормальные животные	3,62	4,11		2,26
	3,73		1,87	
	3,01		1,85	
	4,84		2,41	
	4,88		2,29	
			2,67	
			2,45	
			2,37	
			2,55	
Изменение в %		—14,3		—18,00

Таблица 13

Тканевое дыхание мышц 6-месячных крыс-тиреоидэктомиков, оперированных в возрасте 4—11 дней

Тиреоидэктомтики		Нормальные животные	
O_2	Среднее	O_2	Среднее
1,17	1,21	1,64	1,64
1,23		0,97	
0,57	0,67	2,37	2,35
0,46		2,33	
0,97			
0,67			
0,73	0,69	2,49	2,58
0,55		2,67	
1,73			
0,77			
Общее средн.	0,85	—	2,19

При этом оказалось, что основной обмен тиреоидэктомиков снижен по сравнению с нормой в возрасте 30—40 дней на 14,3%, а в возрасте 6 месяцев—на 18,0%. Тканевое же дыхание мышц тиреоидэктомиков в возрасте 6 месяцев снижено на 61,2% по сравне-

нию с нормой. Заниженность эта указывает, с одной стороны, на то, что щитовидная железа, повидимому, принимает существенное участие в регуляции интенсивности метаболизма в мышцах, а с другой стороны,—что в организме животных есть и иные регуляторы метаболизма, компенсирующие недостаточность щитовидной железы. Объектом их воздействия являются, повидимому, не мышцы, а другие ткани. Так ли это—можно установить только после соответствующих специальных исследований.

Выводы

Анализируя результаты наших опытов по изучению газообмена, веса и, частично, тканевого дыхания мышц, можно сделать следующие выводы о роли щитовидной железы в онтогенезе.

1. Щитовидная железа является очень важным регулятором интенсивности метаболизма.

2. Участие щитовидной железы в регуляции интенсивности метаболизма неодинаково в различные возрасты.

Так как снижение газообмена, вызываемое экстирпацией щитовидной железы у крыс, тем больше, чем старше животное (6,9% в возрасте 10—15 дней и 27% в возрасте 1—1½ года), можно заключить, что роль щитовидной железы как регулятора интенсивности метаболизма увеличивается до этого возраста.

В пользу этого говорят также и данные морфологических и химических исследований щитовидной железы в онтогенезе (Г. П. Литовченко, Vogeler, Donaldson, Wegelin, Zunz и др.).

3. Наличие максимума в интенсивности метаболизма, наблюдаемое у крыс в месячном возрасте, нельзя, повидимому, объяснить непосредственно деятельностью щитовидной железы, так как максимум этот имеется и у тиреоидэктомиков. Кроме того и снижение газообмена после тиреоидэктомии в месячном возрасте не является наибольшим.

4. Снижение интенсивности метаболизма в онтогенезе, очевидно, нельзя объяснить физиологическим состоянием только одной щитовидной железы, ибо оно может быть охарактеризовано как состояние непрерывно возрастающей активности, т. е. гиперфункции, а не гипофункции.

ЛИТЕРАТУРА

Войткевич, А. А.—Биологическая активность щитовидных желез с различной гистологической структурой. Бюлл. эксп. биол. и мед., т. I, вып. 4, 1936.

Закс, М. Г.—Участие щитовидной железы в изменениях основного обмена при беременности. Физиол. журн. СССР, т. 22, вып. 5, 1937.

Литовченко, Г. П.—Возрастные изменения щитовидной железы. Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ, т. 10—11, 1941.

Махінько, В. И.—Вікові зміни газообміну в білих щурів і залежність цих змін від температури середовища. Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ, т. 5, стр. 138, 1938.

Нагорный, А. В.—Проблема старения и долголетия, 1940.

Рубановская, А. А.—Вікові зміни оксидативних процесів у тканинах. Праці Зоолого-біол. інституту ХДУ, т. V, 1938.

Тренделенбург, П.—Гормоны, т. II, 1936.

Ющенко, А. И.—Влияние тиреоидина, спермина, адреналина и удаления щитовидной железы и яичек на окислительные процессы, ядовитость мочи и дыхательный газообмен у животных. „Русский врач“, 1907.

Argy, A.—Die Wirkung von Thyroxin und Präphyson auf Grundumsatz und spezifisch-dynamische Wirkung nach Thyreoidextirpation und bei Avitaminose. Bioch. Zeitschr. 205, 434, 1929.

Chachowitsch, X.—Influence de la thyroïdectomie sur la métabolisme énergétique—C. r. Soc. Biol. 100, 1220, 1929.

Donaldson, H.—The Rat, Data and Reference Tables for the Albino Rat. Philadelphia, 1924.

Demaria C. Massey—Modification des échanges respiratoires, après ablations des thyroïdes ou des surrénales chez le Rat, C. r. Soc. Biol. 97, 405, 1927.

Dogliotti, G. и Nizzi-Nutti—Structural transformation of the thyroid in old age and their functional interpretation. Berichte über gesam. Physiol. und experim. Path. Heft 5—6, 1936.

Hammar, A.—Über die Wachstum und Rückgang, über die Standardisierung, Individualisierung und bauliche Individualtypen im Laufe des normalen Postfötallebens. Zeitschr. f. mikro-anatomische Forschung. Bd. XXIX, Heft 1—3, s. 1—539, 1932.

Kolnitz, Harry und Roe E. Remington—Chemical studies on 150 normal human thyroids from Charleston. Berichte über die gesam. Physiol. und experim. Path. Heft 5—6, 1934.

Rössle, R. u. Roulet, F.—Mass und Zahl in der Pathologie. Berlin und Wien. 66, 1932.

Vogeler, R.—Über die Abhängigkeit der Funktion der Schilddrüse vom Lebensalter und von krankhaften Zustände. Arch. Klin. Chir. B. 157, s. 704, 1931.

Wegelin, C. Handbuch. spez. Path. Anat., s. 1, 1923.

THE INFLUENCE OF THYROIDECTOMY ON THE CHANGE OF METABOLIC INTENSITY OF ANIMALS AT VARIOUS AGE

E. K. OKONEVSKAYA

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

This work had for its aim the elucidation of the importance of the thyroid gland in age metabolic changes. As experimental animals served albino rats of various age (from 10 to 520 days). The influence of the thyroid gland on age metabolic changes has been studied by means of determining respiration metabolism, weight and partially tissue respiration of muscles in normal animals and thyroidectomized ones. The respiration metabolism in animals was determined in Haldane's non-closed system after the eliminated CO₂. The tissue muscle respiration was investigated by Warburg's method.

1. By means of these experiments there has been established that the thyroid gland is a very important regulator of the metabolic intensity in ontogenesis, but its participation in the regulation of metabolism is unequal at various age periods. This follows from the fact that the decrease of metabolism conditioned by the extirpation of the thyroid gland in rats of various age is of different value. Being very inconsiderable at the age of 10—15 days (—6,9%), it then uninterruptedly increases up to 1—1½ years, constituting at that time—27% in comparison with the metabolism of animals prior to the operation.

2. One of the most important objects influenced by the thyroid gland are the muscles. This is shown by the great decrease of tissue respiration in rats thyroidectomized at the age of 4—11 days and which reached the age of 6 months. This decrease constitutes—61,2% as compared with the norm.

3. The occurrence of a maximum in the metabolic intensity observed in rats one month old cannot evidently be explained by the activity of the thyroid gland, because a) this maximum is also found in thyroidectomized rats, b) the decrease of metabolism is not the most considerable after thyroidectomy at the age of one month.

4. The thyroid gland is evidently also not responsible for the decrease of the metabolic intensity in ontogenesis, since its physiologic state may be characterized as a condition of increasing activity.

The thyroid gland participates not only in the regulation of the intensity of the dissimilatory phase, but also in the regulation of the assimilatory metabolic phase. Its importance in the regulation of assimilatory processes is the greatest during the first month of the animal's life, and then gradually diminishes. This is evident from our experiments on the study of the weight of rats thyroidectomized at various age. Meanwhile at the age of 10—40 days the weight of thyroidectomized rats in comparison with normal animals falls behind by 45%, at the age of 75—90 days it decreases to 9,9%, and in rats 1—1½ years old even to 4,9%.