

ости цитохром-с-оксидазы митохондрий
астворов в раннем периоде ожоговой
8, с. 70—71.

Надійшла до редакції
14.X 1976 р.

Berezovskij,
Kul'baka

WITH BURN DISEASE
TICOTOXEMIA

(A) of arterial (a) and venous (v)
burnt persons with different area of
shown to decrease with an increase of
ence according to PO_2 in the intact
decrease is found in the arterio-
ving from the injured areas; a decrease
ncentrations of lactic and pyruvic acids
y of thermal injury. PaO_2 diminution
of oxygen utilization falls progressively
ion-economical respiration in the burnt
the burn disease is accompanied by
complicates the course of the main

УДК 812.03.00.02

Г. О. Бабенко, Я. І. Гонський, Ю. С. Падалака, Б. Ю. Самелюк

ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ОКИСЛЮВАЛЬНО-ВІДНОВНОЇ РІВНОВАГИ В ОРГАНАХ І ТКАНИНАХ БІЛИХ ЩУРІВ

Для оцінки вікових змін організму та його систем використовують різноманітні біохімічні константи, що відображають обмін білків, ліпідів, вуглеводів, води та інших мінеральних речовин [1, 2, 3, 8, 10, 11].

Велика кількість біохімічних показників та мінливість їх під дією ендогенних і екзогенних факторів, а також невисока специфічність є причиною дальших пошуків таких констант та синдромів, які характеризували б цілу групу біохімічних перетворень, були б високо специфічні та доступні при дослідженні.

В певній мірі цій вимозі відповідають такі константи, як окислювально-відновний потенціал (ОВП), PO_2 (напруження кисню), спонтанна хемілюмінесценція (СХЛ) та антиоксидна активність (АОА). Перші дві дають змогу оцінювати стан окислювально-відновних процесів та напрямок їх перебігу в тканинах та органах живого організму не вдаючись до вивчення окремих ферментативних реакцій. При дослідженні СХЛ та АОА можна характеризувати інтенсивність вільнорадикальних процесів в органах і тканинах.

Відзначені показники привернули увагу дослідників тільки в останньому десятиріччі. Вони є сумарними величинами багатьох простих фізіологічних та біохімічних реакцій, в основі яких лежать ферментативні та неферментативні (вільнорадикальні) процеси, на яких ґрунтуються всі прояви життя. Такі міркування стали для нас основним мотивом використання ОВП, PO_2 , СХЛ та АОА як найбільш загальних показників для оцінки стану окислювально-відновної рівноваги організму в процесі його індивідуального розвитку. Доцільність таких досліджень очевидна, оскільки літературних даних по вивченню розвитку і старіння організму з використанням згаданих показників обмаль.

Методика досліджень

Дослідження виконані на 229 лабораторних безпородних щурах-самцях таких вікових груп: 1, 3, 6, 12, 18, 24 місяці. ОВП і PO_2 досліджували прижиттєво в печінці, селезінці, нирках і м'язах. ОВП вимірювали потенціометрично [15], PO_2 — полярографічно [4]. При вимірюванні обох показників користувалися відкритими платиновими електродами з робочим діаметром 0,3 мм. Порівнювальним служив каломельний насичений електрод з площею в 200 раз більшою від площі платинового електрода.

СХЛ визначали на квантометричній установці, детектором якої служив ФЕУ-39А. АОА визначали на цій же установці з використанням методу електрохемілюмінесценції в системі цитрат-метанолу [13]. Ліпіди для дослідження АОА екстрагували за [18].

Результати досліджень

Результати досліджень, представлені в табл. 1, показують, що в різні періоди життя щурів ОВП в тканинах і органах змінюється. Виявлені зміни своєрідні для різних органів і тканин. В печінці ОВП в різні пе-

ріоди життя змінюється хвилеподібно: найбільша величина на 3 місяці, мінімальна — на 18. В нирках ОВП з віком зменшується (негативується) і тільки на 24 місяці він дещо зростає, однак залишається меншим від спостережуваного на перших місяцях життя. В селезінці ОВП з віком також знижується і тільки на 6 та 18 місяцях життя спостерігається тенденція до зростання. В м'язах від 3 до 24 місяців життя щурів ОВП підвищений в порівнянні з одномісячними тваринами.

Таблиця 1
Окислювально-відновні потенціали органів і тканин щурів різних періодів життя

Орган	Вік (у місяцях)	ОВП (—ме)	$\pm t$	n	p
Печінка	1	222,0	11,5	16	—
	3	206,0	6,6	11	<0,1
	6	218,0	6,8	10	<0,5
	12	213,5	3,3	10	<0,5
	18	248,0	9,5	10	<0,1
	24	233,5	18,0	10	<0,5
Селезінка	1	146,0	7,0	16	—
	3	178,9	7,7	11	<0,01
	6	176,7	3,1	10	<0,001
	12	188,0	7,5	10	<0,001
	18	183,0	8,0	11	<0,001
	24	199,0	5,4	11	<0,001
Нирки	1	155,6	7,5	16	—
	3	181,0	9,0	11	<0,05
	6	178,7	3,8	10	<0,01
	12	199,3	8,0	10	<0,001
	18	215,0	9,0	11	<0,001
	24	196,0	7,0	11	<0,001
М'язи	1	130,9	7,0	16	—
	3	108,9	5,0	11	<0,02
	6	115,7	2,6	10	<0,05
	12	110,0	6,0	10	<0,05
	18	112,5	4,0	11	<0,05
	24	108,6	5,0	11	<0,02

Отже, ОВП з віком тварин знижується в селезінці і нирках. В м'язах, починаючи з третього місяця, він зберігається на відносно підвищеному рівні.

Величина PO_2 (табл. 2) в печінці, селезінці, нирках і м'язах щурів з віком змінюється однотипно. Мінімальне значення PO_2 в досліджуваних тканинах і органах встановлено на першому місяці життя. В наступні місяці PO_2 зростає, досягаючи максимуму на 6 місяці. Від 6 до 24 місяця PO_2 в досліджуваних тканинах щурів знижується, але рівня одномісячного віку не досягає.

При дослідженні інтенсивності СХЛ гомогенатів печінки і мозку встановлено, що з віком вона значно змінюється (табл. 3). Максимальне спонтанне свічення гомогенату печінки виявлено нами на першому місяці життя щурів. На 3 місяці життя інтенсивність СХЛ знижена і до кінця першого року зберігається на цьому рівні. Інтенсивність СХЛ гомогенатів 18 і 24 місячних щурів зростає, залишаючись нижчою рівня пер-

1	618
3	233
6	237
12	226
18	285
24	263

шого місяця життя відрізняється від за спрямованістю, ніж у печінку вища, ніж Дані електроні зміни АОА пе

величина на 3 місяці, цується (негативується залишається меншим селезінці ОВП з віком я спостерігається тенденція шурів ОВП під-

Таблиця 1
різних періодів життя

n	p
16	—
11	<0,1
10	<0,5
10	<0,5
10	<0,1
10	<0,5
16	—
11	<0,01
10	<0,001
10	<0,001
11	<0,001
11	<0,001
16	—
11	<0,05
10	<0,01
10	<0,001
11	<0,001
11	<0,001
16	—
11	<0,02
10	<0,05
10	<0,05
11	<0,05
11	<0,02

сезінці і нирках. В м'язях на відносно підвищенні

нирках і м'язах шурів ння PO_2 в досліджувані місяці життя. В наступні 6 місяці. Від 6 до 24 ижується, але рівня од-

генатів печінки і мозку (табл. 3). Максимальне о нами на першому мі- ість СХЛ знижена і до Інтенсивність СХЛ гомо- чись нижчою рівня пер-

Таблиця 2
Напруження кисню в органах і тканинах шурів різних періодів життя

Орган	Вік (у місяцях)	PO_2 (мм рт. ст.)	$\pm t$	n	p
Печінка	1	20,3	1,3	9	—
	3	36,6	0,9	10	<0,001
	6	45,0	1,9	11	<0,001
	12	41,0	2,0	10	<0,01
	18	38,4	1,6	8	<0,001
	24	38,0	2,3	7	<0,001
Селезінка	1	18,0	0,7	9	—
	3	34,9	0,7	10	<0,001
	6	42,0	2,2	11	<0,001
	12	39,8	2,7	10	<0,001
	18	38,0	2,0	8	<0,001
	24	32,7	1,5	7	<0,001
Нирки	1	19,0	0,6	9	—
	3	38,1	1,0	10	<0,001
	6	43,0	2,0	11	<0,001
	12	40,4	2,1	10	<0,001
	18	33,0	2,2	8	<0,001
	24	32,0	1,8	7	<0,001
М'язи	1	16,0	0,83	9	—
	3	25,6	0,95	10	<0,001
	6	30,8	0,7	11	<0,001
	12	25,6	1,1	10	<0,001
	18	26,0	1,8	8	<0,01
	24	24,5	0,7	7	<0,001

Таблиця 3
Динаміка спонтанної хемілюмінесценції гомогенатів мозку і печінки різних періодів життя шурів

Вік (у місяцях)	Печінка				Мозок			
	СХЛ імп. за 10 с	$\pm t$	n	p	СХЛ імп. за 10 с	$\pm t$	n	p
1	618	50,3	9	—	299	15,0	10	—
3	233	15,0	10	<0,001	276	12,0	10	<0,5
6	237	13,7	10	<0,001	263	15,0	10	<0,5
12	226	9,4	10	<0,001	297	10,0	10	>0,5
18	285	19,6	8	<0,001	240	12,0	10	<0,01
24	263	6,0	10	<0,001	311	9,0	10	<0,5

шого місяця життя. Спонтанне свічення гомогенату мозку шурів значно відрізняється від спостережуваного в печінці як за інтенсивністю, так за спрямованістю вікових змін. В мозку воно більш як на порядок менше, ніж у печінці. На 1, 12, 24 місяцях інтенсивність СХЛ гомогенату мозку вища, ніж у тварин на 6 і 18 місяцях життя.

Дані електрохемілюмінесценції показали, що найбільш виражені зміни АОА печінки і мозку настають на протязі перших шести місяців

Таблиця 4
Динаміка антиоксидної активності ліпідів печінки і мозку щурів різних періодів життя

Вік (у місяцях)	Печінка				Мозок			
	$M\left(\frac{I_0}{I}\right)$	$\pm t$	n	p	$M\left(\frac{I_0}{I}\right)$	$\pm t$	n	p
1	1,88	0,1	8	—	3,95	0,14	8	—
3	2,65	0,12	8	$<0,001$	2,06	0,08	8	$<0,001$
6	1,98	0,11	8	$<0,5$	3,24	0,27	8	$<0,05$
12	2,07	0,09	8	$<0,05$	3,11	0,14	8	$<0,001$
18	1,97	0,05	8	$<0,5$	2,56	0,12	8	$<0,001$
24	1,86	0,25	8	$>0,5$	2,25	0,06	8	$<0,001$

Примітка. $\frac{I_0}{I}$ відношення інтенсивності хемілюмінесценції цитратметанолової системи до інтенсивності її після додавання в систему ліпідів.

життя (табл. 4). Максимальна АОА ліпідів мозку виявлена нами на першому місяці життя. Починаючи з шостого місяця і до кінця другого року АОА ліпідів мозку щурів знижується. АОА ліпідів печінки щурів досягла найвищого рівня на третьому місяці життя щурів. З цього часу і до 24 місяця життя АОА ліпідів печінки поступово знижувалась.

Обговорення результатів досліджень

Беручи до уваги, що збільшення (позитивація) ОВП вказує на переважання окислених компонентів, а зменшення (негативація) — нагромадження відновних, можна вважати, що з віком щурів у селезінці нирках нагромаджуються відновлені компоненти. Аналогічно в м'язах на першому році життя щурів нагромаджуються відновлені, а на другому році — окислені компоненти.

Р_О₂ в тканинах є сумарною величиною, яка характеризує співвідношення між надходженням кисню в тканини з кров'ю, проникненням його через клітинні мембрани і інтенсивністю використання його клітинними компонентами [5, 9, 12, 14]. На цій підставі зниження Р_О₂ в тканинах щурів, спостережуване на першому місяці життя, слід розцінювати, очевидно, як наслідок інтенсивного використання кисню в зв'язку з високим рівнем окисних процесів. Ця думка підтверджується даними досліджень ОВП в органах щурів першого місяця життя (переважання окислених компонентів).

Результати досліджень ОВП і Р_О₂ в селезінці, нирках і печінці свідчать, що з віком в організмі щурів інтенсивність окисних процесів знижується.

Одержані результати узгоджуються з літературними даними про зниження з віком рівня біологічного окислення і посилення гліколізу [16]. Дослідження СХЛ і АОА вказують, що найбільш інтенсивно здійснюються вільнорадикальні процеси в печінці першого і останніх місяців життя щурів. Таке положення впливає з відносно високого рівня СХЛ та зниженої антирадикальної активності ліпідів у печінці.

Аналогічне зростання вільнорадикальних процесів з паралельним зниженням АОА ліпідів з віком щурів відзначається в мозку. Ці дані підтверджують припущення [17], що в основі старіння організму лежать вільнорадикальні механізми і що з допомогою антиоксидантів можна регулювати процеси старіння.

Заслужують дослідження СХЛ і шується СХЛ на фоні (18—24 місяці) інтенсивності ОВП. Виходячи з того, що в ній відношення деякі відновники (фосфоліпіди) із змінною валентністю [6, 7], можна вважати, що в них процесів у пошкодженості СХЛ гомогенізація, але й іншими речовинами, взаємовідношення з процесами необхідні

1. ОВП і Р_О₂ в величину і залежать від віку.
2. Між ОВП і Р_О₂ в величину ОВП зафіксована навпаки, найбільша величина Р_О₂ і ОВП.
3. СХЛ гомогенізація інтенсивність СХЛ і Р_О₂.
4. АОА ліпідів і Р_О₂.

1. Бабенко Г. О. Про вікові зміни.— Тези доп. Укр. акад. наук, т. 2, 21. М., 1969.
2. Богацкая Л. Н., Пушкова Л. А. Обмен веществ у людей, т. 2, 21. М., 1969.
3. Буланкин И. Н., Пашин В. А. Проблемы геронтологии.
4. Березовский В. А. Метрического определения в биологических объектах.
5. Березовский В. А. Изучение тканей.— Полярск. К., «Наукова думка».
6. Бурлакова Е. Б. и др. Росте. М., «Наука», 1978.
7. Владимиров Ю. А. с образованием липидов, № 5, с. 836—838.
8. Голубицкая Р. И. Харьков. ун-та. Т. 5, № 1, с. 1—10.
9. Галушко Ю. С., Коваленко В. И. Организм при длительном кислородном голодании.
10. Збарский Б. И. Ам. мед. химии, 1949, № 1, с. 1—10.
11. Коркушко О. В., Коркушко О. В. Кислород в организме.— 392.
12. Коркушко О. В., Ивченко В. П. его определяющих, № 12, с. 1813—1818.
13. Петрусевиц Ю. М.,

Таблиця 4

і мозку шурів різних

Мозок			
$\frac{I_a}{I}$	$\pm t$	n	p
0,95	0,14	8	—
0,06	0,08	8	<0,001
0,24	0,27	8	<0,05
0,11	0,14	8	<0,001
0,56	0,12	8	<0,001
0,25	0,06	8	<0,001

ценції цитратметанолової системи

мозку виявлена нами на пер-
сяці і до кінця другого року
ліпідів печінки шурів досяг-
тя шурів. З цього часу і до
пово знижувалась.

досліджень

ивація) ОВП вказує на пе-
ення (негативація) — нагро-
з віком шурів у селезінці і
ненти. Аналогічно в м'язах,
ється відновлені, а на друго-

о, яка характеризує співвід-
ини з кров'ю, проникненням
ю використання його клітин-
ідставі зниження PO_2 в тка-
місяці життя, слід розціню-
икористання кисню в зв'язку
мка підтверджується даними
місяця життя (переважання

лезінці, нирках і печінці свід-
івність окисних процесів зни-

з літературними даними про
слення і посилення гліколізу
що найбільш інтенсивно здійс-
нці першого і останніх місяців
відносно високого рівня СХЛ
ліпідів у печінці.

них процесів з паралельним
дзначається в мозку. Ці дані
основі старіння організму ле-
опомогою антиоксидантів мож-

Заслужують на увагу дані, одержані при зіставленні результатів дослідження СХЛ і ОВП. В молодому віці до 12 місяців включно зменшується СХЛ на фоні відносного зростання ОВП. В похилому віці (18—24 місяці) інтенсивність СХЛ зростає при одночасному зменшенні ОВП. Виходячи з того, що зменшення ОВП в системі зв'язане з переважанням у ній відновлених компонентів, а також беручи до уваги, що деякі відновники (феноли, аміни, цистеїн, аскорбінова кислота, метали із змінною валентністю) можуть взаємодіяти з перекисними радикалами [6, 7], можна вважати, що посилення вільнорадикальних окислювальних процесів у похилому віці, яке проявляється підвищенням інтенсивності СХЛ гомогенатів, зв'язане не тільки зі зменшенням АОА ліпідів, але й іншими речовинами неліпідної природи. Для з'ясування їх ролі і взаємовідношення з іншими антиоксидантами та вільнорадикальними процесами необхідні спеціальні дослідження.

Висновки

1. ОВП і PO_2 в досліджуваних органах і тканинах мають неоднакову величину і залежать від віку.

2. Між ОВП і PO_2 виявлено обернену залежність: найбільша величина ОВП зафіксована в м'язах, найменша — в печінці. Величина PO_2 , навпаки, найбільша в печінці, найменша в м'язах. Нирки і селезінка за величиною PO_2 і ОВП займають середнє положення.

3. СХЛ гомогенатів печінки і мозку з віком змінюється. Найбільша інтенсивність СХЛ виявлена на 1 і 24 місяцях життя шурів.

4. АОА ліпідів з віком шурів знижується.

Література

1. Бабенко Г. О. Про роль мікроелементів у процесі індивідуального розвитку організмів.— Тези доп. VII з'їзду Укр. фізіол. т-ва, Київ, 1964, с. 22—23.
2. Бозацькая Л. Н., Пугина П. А., Полюхов А. Н. Возрастные особенности жироллипидного обмена у людей.— Материалы 9 конф. по возрастн. морфол. физиол. и биохимии, т. 2, 21. М., 1969, с. 100—101.
3. Буланкин И. Н., Парина Е. В. Возрастные изменения самообновления белков.— Вопросы геронтологии и гериатрии, Л., 1962, с. 9—13.
4. Березовский В. А. Электрохимические и биологические особенности хроноамперометрического определения кислорода.— Полярнографическое определение кислорода в биологических объектах, Киев, «Наукова думка», 1968, с. 98—125.
5. Березовский В. А. Напряжение кислорода как показатель функционального состояния ткани.— Полярнографическое определение кислорода в биологических объектах, К., «Наукова думка», 1968, с. 218—235.
6. Булакова Е. Б. и др. Биоантиоксиданты в лучевом поражении и злокачественном росте. М., «Наука», 1975, 145 с.
7. Владимиров Ю. А., Суслова Г. Б., Оленев В. И. Хемилюминесценция, сопряженная с образованием липидных перекисей в биологических мембранах.— Биофизика, 1969, 14, № 5, с. 836—838.
8. Голубицкая Р. И. Белковый состав органов и возраст.— Труды Зообиол. ин-та Харьков. ун-та. Т. 5, Харьков, 1938, с. 81—101.
9. Галушко Ю. С., Коваленко Е. А., Ниточкина И. А. О кислородном обеспечении организма при длительной гипокинезии.— Полярнографическое определение напряжения кислорода в биологических объектах, К., «Наукова думка», 1972, с. 28.
10. Збарский Б. И. Аминокислотный состав белков органов эмбриона человека.— Вопр. мед. химии, 1949, № 1, 2, с. 197—202.
11. Коркушко О. В., Кушенов Р. К., Купраш Л. П. Возрастные изменения содержания воды в организме.— Геронтология и гериатрия. Строение клетки. К., 1971, с. 385—392.
12. Коркушко О. В., Иванов Л. А. Об интенсивности тканевого дыхания и факторах, его определяющих, в пожилом и старческом возрасте.— Физиол. журн. СССР, 1970, 56, № 12, с. 1813—1819.
13. Петрусевиц Ю. М., Славинский Я. С. Определение активности биоантиоксидантов

- в системе цитрат-метанол методом электрохемилюминесценции.— Биопизика, 1969, 14, № 4, с. 750—752.
14. Райскина М. Е., Шаргородский Б. Н. Об ограниченных возможностях оценки окислительно-восстановительных процессов в сердце по PO_2 и необходимости одновременного измерения ОВП.— Полярографическое определение кислорода в биологических объектах. К., «Наукова думка», 1968, с. 255—261.
 15. Сумаруков Г. В. Окислительное равновесие и радиочувствительность организма. М., 1970, 143 с.
 16. Фролькис В. В. Регулирование, приспособление и старение. Л., «Наука», 1970, 176 с.
 17. Harman D., Pietta L. H. Free radical theory of aging: free radical reactions in serum.— J. Gerontol., 1966, 21, N 4, p. 560—565.
 18. Folch B. J., Lees M., Sloane-Stanley G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues.— J. Biol. Chem., 1957, 226, N 1, p. 497—510.

Івано-Франківський медичний
інститут

Надійшла до редакції
18.X 1976 р.

G. A. Babenko, Ja. I. Gonskij, E. S. Padalka,
B. Ja. Sameljuk

AGE PECULIARITIES OF REDOX EQUILIBRIUM IN ORGANS AND TISSUES OF ALBINO RATS

Summary

The redox potential (RP), oxygen pressure (PO_2), spontaneous chemoluminescence and the antioxidation activity (AOA) of lipoids in organs and tissues were studied in experiments with 1-, 2-, 6-, 12-, 18-, 24-months old rats. It is found that RP and PO_2 changed with age. There exists and inverse relationship between RP and pO_2 values: the tissues with the maximum PO_2 values possess the minimum RP value and vice versa.

The spontaneous chemoluminescence of the liver and brain homogenates representing the level of the free and radical oxidation processes changes with rats ageing. The maximum spontaneous chemoluminescence intensity was revealed in the 1st and 24th month of life. AOA in lipoids decreases with rats ageing.

Department of Medical Chemistry and Physics,
Medical Institute, Ivano-Frankovsk

ОСОБЛИВОСТІ ТА НИЗЬКОСТІ

Змінам тканинного них процесів в органах і такі дослідження, як пр делях патологічних про ляться питанням про ва нормального організму, внутрішніх та зовнішніх Виходячи з гетероген [2], ми почали вивчати стійкості тварин до впли гіпоксичної гіпоксії.

Досліди проведені на 1 та високостійких до гіпоксії лягали триразовому випробу інтервалом два-три тижні. Т «висоті» до появи першого дивіда до гіпоксії. Шурів, м виживання в межах $M \pm 33\%$ Тих же тварин, що після т показники ТВ, поділяли на вали для дальшої роботи. Досліджували тканини м'язів.

Споживання кисню і а бурга. Як інкубаційне серед мішкою глюкози. Величину ксичного газового середови чистого азоту з 5,9% CO_2 (або виділеного CO_2) за 1

Окислювальну і дегідр цитохромоксидази (ЦХО) і методом Штрауса [10], рез ка; білок визначали метод вали метод Нанікава-Тава, виражали умовними одиниц

Частина наших дослід в Приельбруссі; тварини пр

Результ

Досліди, проведен випробування під ваку споживанні кисню тка рин (рис. 1).