

Зміни газообміну у собак різного типу нервової системи при фізичному навантаженні

Т. О. Дзгоєва

До числа досліджень, виконуваних у лабораторії, керованій академіком АН УРСР Р. Є. Кавецьким, і спрямованих на вивчення ролі типологічної характеристики нервової системи в індивідуальних особливостях компенсаторних реакцій організму, входить і ця робота.

Наша мета полягала у визначенні змін газообміну, які спостерігаються у собак різного типу нервової системи при дозованому фізичному навантаженні. Нас цікавило питання, чи підтвердяться у даній постановці досліду закономірності, встановлені у раніше проведених дослідженнях?

Керуючись даними літератури з питання про здатність фізичного навантаження викликати великі зрушення у внутрішньому середовищі і тим самим забезпечувати найбільшу мобілізацію регулюючих механізмів тіла, покликаних зберігати нормальну життєдіяльність організму, ми й застосували його в наших дослідах, прагнучи одержати відповідь на питання, що нас цікавить.

Відомо, що при повторному застосуванні одного й того ж навантаження фізіологічні зрушення, які настають під впливом роботи в тренуваному організмі, виявляються меншими, ніж у нетренованому, поступово стабілізуючись на певному рівні і складаючи основу тренування, на що вказують дослідження Палладіна, Палладіної і Персової, Владимірова, Дмитрієвої, Уринсона.

В зв'язку із сказаним вище, а також з нашими раніше одержаними даними, ми припускали, що процеси пристосування до штучно створених умов у піддослідних тварин відбуватимуться по-різному і певним чином позначатимуться на газообміні, на його відновному періоді і на швидкості вироблення натренованості. Такі наші вихідні думки, якими ми керувалися, починаючи це дослідження.

Питання про вплив фізичного навантаження на обмін речовин в літературі добре висвітлене. Відомо, що під час м'язової діяльності обмін дуже зростає і залежно від величини навантаження може підвищуватися на 80—100—400% від вихідного рівня. Величезне значення для кількості витраченої енергії на виконувану роботу має натренованість до даного виду м'язової діяльності. Під впливом тренування витрачання енергії на виконувану роботу зменшується, що пов'язано із зміною біохімічної адаптації м'язових груп, що вступають у роботу, з дальшою зміною (в процесі тренування) величини дихання і кровообігу (Крепс, Владиміров та ін.).

Дослідження газообміну при фізичному навантаженні різної інтенсивності показали, що газообмін підвищується не тільки під час вико-

нання роботи, а й залишається підвищеним деякий час після її закінчення. Ці явища, що дістали назву періоду відновлення після м'язової роботи, розглядають як наслідок біохімічних змін при скороченні м'язів. Завдяки цим біохімічним змінам організм дістає змогу виконувати ще більші фізичні навантаження. Загальні закономірності, які лежать в основі перебудови організму при фізичному навантаженні, відкриті І. П. Павловим (1890) на прикладі експериментів із слинною залозою і докладно вивчені Г. В. Фольбортом. Вони зводяться до тісної взаємозалежності процесів виснаження і відновлення, конкретні прояви якої різноманітні.

Праці, де б це питання було висвітлене в нашій постановці, нам не відомі. Особливо нас цікавив відновний період.

У дослід були взяті шість собак-дворян, самців п'яти-шести років з уже відомою типологічною характеристикою. Визначення типологічної характеристики провадилось у камері умовних рефлексів за малим стандартом слинно-харчової методики, запропонованою Трошихіним і Колесниковим. У відповідності з результатами вироблення умовних рефлексів і проведених випробувань за вказаним стандартом тварини були поділені на такі групи. Два собаки — Нальот і Рижий — представники сильного урівноваженого типу нервової системи, Рекс і Сірий — сильного неурівноваженого типу, Джім і Джек — представники дуже слабого типу нервової системи.

У всіх досліджуваних собак були вивчені: рівень основного обміну в умовах тривалого спокійного лежання (протягом 10 год.), його коливання і деякі реакції газообміну. Таким чином, всі тварини були добре знайомі з умовами досліду, за винятком бігу. До бігу у третбані тварин привчали поступово, дуже обережно, причому швидкість була не більша, як 2 км на годину і навіть менша. Гірше за всіх і повільніше до третбану при звичувалися Джім і Джек (тварини дуже слабого типу нервової системи) і в кінцевому підсумку вони все ж бігали погано, дуже лякалися, лягали на полотно і своєю вагою зупиняли третбан. Тому без лямок жодного разу не вдалося провести дослід.

Після того як собаки при звичувалися до бігу у третбані без лямок, тваринам давали навантаження — біг з швидкістю 6 км на годину і zaraz же після закінчення бігу приступали до дослідження газообміну. Першу пробу повітря набирали безпосередньо після бігу, наступні — через кожні 15 хв. (двічі), через 30 хв. (двічі), а потім кожної години. Починали дослід о 9-й годині ранку, закінчували о 4-й годині дня (щоб уникнути нашарування на результати дослідів підвищення обміну, зв'язаного із звичайною щоденною годівлею у кінці робочого дня). Для аналізу проби повітря користувалися апаратом Холдена.

Треба відзначити, що собаки Нальот і Рижий (сильного урівноваженого типу нервової системи) перше навантаження у 6 км/год перенесли значно легше (добре бігали, мали бадьорий вигляд навіть у кінці годинного бігу), ніж собаки Рекс і Сірий (сильного неурівноваженого типу нервової системи), у яких зовнішні ознаки втоми були виражені різкіше. Картина зовнішньої втоми у якійсь мірі відбилася і на показниках газообміну. У собаки Нальота обмін підвищився на 80—160% у порівнянні з вихідним рівнем, але через 2 год. після фізичного навантаження обмін знизився до вихідних величин і залишився нормальним як у день застосування навантаження, так і наступного дня. В дальших дослідях процент підвищення газообміну був таким самим і вже майже протягом години повертався до норми. У цього собаки триразове застосування дозованого фізичного навантаження не викликало явних ознак натренованості. Підвищення газообміну в усіх дослідях було приблизно однакове. Інтервали між дослідями у всіх тварин були однакові (див. таблицю).

У собаки Рижого у перших двох дослідях обмін підвищився так само, як у Нальота, з поверненням до норми через 2 год., але третє застосування цього ж навантаження підвищило обмін тільки на 40—50% проти вихідного рівня з поверненням до норми через годину. Дані останнього дослідів свідчать про те, що у собаки виробляється натренованість до даного навантаження (див. таблицю).

Зміна газообміну після фізичного навантаження

Клічка собаки	Вік, роки	Типологічна характеристика	Вихідний обмін, см ³		Дата досліду	Через 5 хв.		Через 20 хв.		Через 35 хв.		Через 65 хв.		Через 95 хв.		Через 155 хв.		Через 215 хв.		Через 275 хв.		Через 335 хв.					
			O ₂	CO ₂		O	O ₂	O	O ₂	O	O ₂	O	O ₂	O	O ₂	O	O ₂	O	O ₂	O	O ₂	O	O ₂	O	O ₂		
Рижий	19—20	сильний урівноважений	94	85	12.XII 1956 р. 22.V 1957 р. 29.V 1957 р.	181	154	128	130	125	121	92	87	77	73	82	71	67	66								
						233	184	298	234	205	173	93	73	80	73	102	108	94	85	86	101	95					
						110	97	164	133	122	103	94	84	95	83	102	89	100	86	76	105	91					
Нальот	24—25	те ж	95 79	81 72	19.XII 1956 р. 24.IV 1957 р. 20.V 1957 р.	245	200	268	235	169	160	136	109	133	118	134	126	126	112								
						221	194	191	186	246	200	161	148	132	125	77	76	79	74	77	76	79	74				
						281	257	310	285	330	276	148	138	138	122	112	104	114	104	105	97	95	91				
Рекс	24—25	сильний неурівноважений	117 96	87 70	14.XII 1956 р. 21.V 1957 р. 31.V 1957 р.	200	200	270	177	189	177	151	170	157	135	103	95	84	71								
						227	208	301	255	330	255	87	75	92	79	59	55	104	98	100	92						
						141	115	132	91	124	92	127	110	120	93	10	84	88	75								
Сірий	18—19	те ж	100 82	88 76	8.XII 1956 р. 17.XII 1956 р. 23.X 1957 р. 24.X 1957 р.	213	132	100	59	70	61	92	89	95	90	107	94	105	91								
						131	97	125	101	95	87	10	86	73	65	94	84	82	74	77	68	83	81				
						150	130	150	145	168	150	84	82	99	89	84	76	101	93	97	78	100	82				
Джім	24	слабкий урівноважений	79 82	60 68	29. I 1957 р. 5.II 1957 р. 14.II 1957 р.	197	214	183	223	146	206	144	183	168	133	138	93	102									
						231	254	244	283	148	177	191	252	132	171	107	117	101	110	85	110	99	98				
						2.5	245	257	291	259	293	261	261	208	235	136	162	88	141	109	96	103	98				
Джек	27	слабкий неурівноважений	111 97	102 84	8.V 1957 р. 14.V 1957 р. 11.VI 1957 р.	232	278	250	299	232	278	298	292	305	267	132	125	97	95								
						288	250	264	235	285	246	274	227	305	268	106	93	111	104	113	111	58	104				
						174	133	216	165	242	198	201	181	194	174	162	125										

У Рекса (сильний неурівноважений тип нервової системи) в першому досліді різко виражена зовнішня втома супроводжувалася різким зменшенням газообміну. Через 30 хв. після закінчення навантаження при спокійному лежанні обмін підвищився порівняно з даними, одержаними зараз же після навантаження, на 80—160%. Газообмін знижувався повільно, досяг вихідних величин через три з половиною години і продовжував знижуватися до кінця робочого дня — до четвертої години (див. таблицю і рис. 1). Обмін був зниженим і наступного дня з тенденцією до нормалізації. У другому досліді результати першого

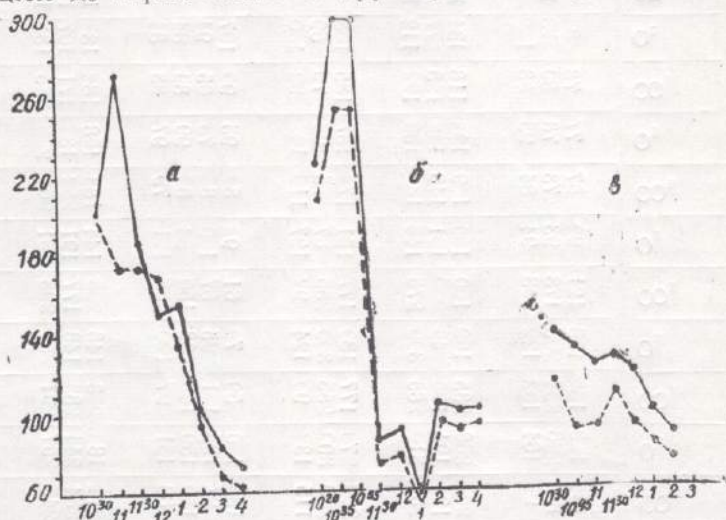


Рис. 1. Собака Рекс — сильного типу нервової системи. Дні дослідів:

а — 14.XII 1956 р.; б — 21.V 1957 р.; в — 31.V 1957 р. Навантаження — біг із швидкістю 6 км на годину на протязі 60 хв.
Суцільна лінія — поглинання кисню; пунктирна — виділення вуглекислоти.

досліді повторились. Фізичне навантаження, застосоване втретє, підвищило обмін лише на 20% (див. таблицю і рис. 1).

У Сірого (сильний неурівноважений тип нервової системи) в першому досліді при різко вираженій зовнішній втомі обмін підвищився всього на 50—110%, але через 30 хв. після навантаження обмін знизився і став менше вихідного рівня з наступним поверненням до норми і залишався на цьому рівні до кінця досліді і наступного дня (див. таблицю).

В дальших дослідях з таким самим навантаженням собака бігав дуже бадьоро, без ознак втоми, і газообмін після навантаження мало змінювався в порівнянні з іншими собаками сильного типу нервової системи. Явища натренованості у цього собаки були краще виражені, ніж у інших собак сильного типу (див. таблицю).

Собаки Джім і Джек дуже слабого типу нервової системи дуже довго (два-три місяці) привчалися до бігу в третбані, але все ж не вдалося примусити їх бігати без лямок (тварини лягали на полотно третбана). Внаслідок цього в бігу брали участь лише задні лапи, і бігали тварини усього тільки 25—30 хв., після чого просто падали від втоми з різко вираженою задишкою. В зв'язку з цим нам жодного разу не вдалося дати цим двом собакам повне навантаження. Незважаючи на це, зрушення в газообміні у цих тварин були більш значними і тривалими, ніж у собак сильного типу нервової системи.

Крім того, під час досліді двічі-тричі на протязі 25-хвилинного

бігу доводилося робити перерви по 2—3 хв. Необхідно відзначити й те, що перед нашими дослідками інший співробітник лабораторії (Красновська) досліджувала у цих тварин дихання, швидкість кровоструменя та інші тести при тому ж фізичному навантаженні. Отже, на відміну від інших піддослідних тварин Джим і Джек у багато разів частіше одержували таке навантаження, але, незважаючи на це, ніяких явищ натренованості у них ми не спостерігали, а навпаки, обмін у них підвищувався на 180—250% проти вихідного рівня (див. таблицю і рис. 2).

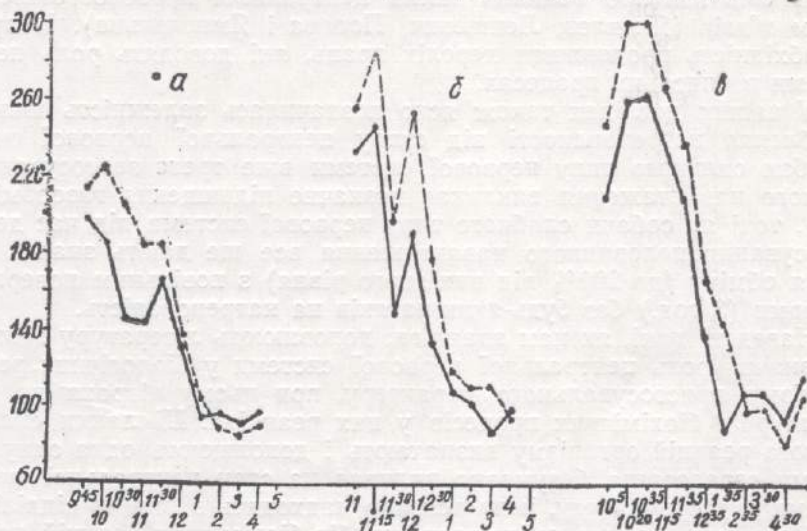


Рис. 2. Собака Джим — слабого типу вищої нервової системи. Дні дослідів: а — 29.1 1957 р. — навантаження — біг із швидкістю 4 км на годину на протязі 25 хв.; б — 5.11 1957 р. і 14.11 1957 р. — навантаження — біг із швидкістю 6 км на годину на протязі 25—30 хв.

В усіх дослідках з навантаженням газообмін різко підвищувався, а відновний період тривав 3—4 год. (див. таблицю).

З викладених вище даних легко простежити досить чітку різницю змін газообміну після фізичного навантаження у собак сильного і слабого типів нервової системи.

Так, у собак слабого типу нервової системи, незважаючи на положинне навантаження (біг з швидкістю 6 км на годину протягом 20—25 хв.), відзначались більш виражене підвищення газообміну (180—250%), значно триваліший відновний період (3—4 год.) і відсутність ознак натренованості навіть після багаторазового застосування навантаження (10 разів). Водночас у собак сильного типу нервової системи при повному навантаженні (біг з швидкістю 6 км на годину протягом 60 хв.) ми констатували при короткому відновному періоді (1—2 год. в основному) більш низький показник підвищення газообміну (60—180%) і вже при третьому застосуванні навантаження спостерігалися явища натренованості (за винятком Нальота), що проявилось у незначному і нетривалому підвищенні газообміну при повній відсутності зовнішніх ознак втоми.

Аналізуючи одержані дані і літературні вказівки, слід визнати велику роль нервової системи у змінах, що настають в організмі під впливом фізичного навантаження. Про те, що біохімічні зміни, які лежать в основі перебудови організму при навантаженнях, не обмежуються тільки м'язами, а відбуваються і в центральній нервовій системі, свідчать дослідження багатьох авторів. Так, Александровичу і Верболю-

вичу (1948) вдалося показати, що в скелетному м'язі після деаферентації при експериментальному тренуванні біохімічні зміни виражені менше, ніж в умовах збереженої аферентної іннервації. Веселкін (1938) довів, що в скелетних м'язах при порушенні симпатичної іннервації порушуються також обмінні процеси. Трошанова (1951—1952) показала, що при частковому або повному перерізання блукаючого нерва порушується нормальний перебіг окисних процесів у м'язі серця.

Передстартове підвищення вмісту молочної кислоти в крові спортсменів свідчить про великий вплив центральної нервової системи на хімізм м'язів (Яковлев, Лешкевич, Попова і Ямпольська). Навряд чи є необхідність продовжити перелік праць, які доводять роль нервової системи в описаних процесах.

У наших дослідках також ясно позначилась залежність швидкості вироблення натренованості від стану центральної нервової системи. У собак сильного типу нервової системи вже третє застосування дозованого навантаження викликає незначне підвищення газообміну (до 50%), тоді як собаки слабого типу нервової системи під час десятого застосування половинного навантаження все ще дають значне підвищення обміну (до 200% від вихідного рівня) з повільним поверненням до норми (3 год.) без будь-яких натяків на натренованість.

Наведені дані, як нам здається, доповнюють літературу з питання про значну роль центральної нервової системи у біологічних реакціях організму пристосувального характеру, при цьому нітрохи не принижуючи ролі біохімічних процесів у цих реакціях. Ці ланки складного ланцюга реакцій організму визначають і доповнюють одна одну. Зміна хімізму середовища безумовно впливає на стан центральної нервової системи і, в свою чергу, імпульси, що надходять з вищих відділів нервової системи, можуть змінювати перебіг біохімічних реакцій на периферії.

Від працездатності вищих відділів центральної нервової системи, від їх функціонального стану залежать і адаптаційні можливості організму.

Цілком очевидно, що як швидкість вироблення натренованості, так і весь перебіг реакцій газообміну на навантаження перебувають у прямій залежності від функціонального стану вищих відділів центральної нервової системи, від типологічної характеристики тварин.

ЛІТЕРАТУРА

- Александрович В. В., Верболович П. А., Бюлл. експер. биол. и мед., 25, 1948, с. 349.
 Веселкин В. М., Труды ЛНИИФК, 3, 1939.
 Владимиров Г. Е., Дмитриев Г. А., Уринсон А. П., Физиол. журн. СССР, 16, 1933.
 Павлов И. П., Врач, № 7, с. 153; № 9, с. 210; № 10, 1890.
 Палладин А. В., Палладина Л. И., Персова, Zschr. physiol. chemie, 236, 268, 1931.
 Трошанова Е. С., Бюлл. експер. биол. и мед., 32, 1951, с. 283.
 Трошанова Е. С., Укр. біохім. журн., 24, 1952, с. 312.
 Фольборт Г. В., Русск. физиол. журн., 7, 1924, с. 113.
 Фольборт Г. В., в сб.: «Врачебный контроль в процессе спортивного совершенствования», изд-во «Физкультура и спорт», 1952.
 Фольборт Г. В., в сб.: «Физиология процессов истощения и восстановления», Харьков, 1941.
 Яковлев Н. Н., Лешкевич Л. Г., Попова Н. К., Ямпольская Л. И., Укр. біохім. журн., 24, № 4, 1952, с. 464.

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця
 Академії наук УРСР,
 лабораторія компенсаторних і захисних функцій

Надійшла до редакції
 2. VIII 1958 р.

Изменения газообмена у собак разного типа нервной системы при физической нагрузке

Т. А. Дзгоева

Резюме

Наша задача при постановке исследований заключалась в выявлении закономерностей газообмена у собак различного типа нервной системы при дозированной физической нагрузке.

Руководствуясь литературными данными и результатами наших прежних опытов, мы исходили из того, что процессы приспособления к создаваемым искусственно условиям у подопытных животных будут протекать различно и будут определенным образом отражаться на обмене, на длительности его восстановительного периода и на скорости выработки тренировки.

В опыт были взяты 6 собак-самцов, дворняг в возрасте пяти-шести лет (колебания в возрасте небольшие), с уже известной типологической характеристикой. Оценка свойств нервной системы была сделана на основании скорости выработки условных рефлексов, испытания кофеином, переделки сигнальных значений ассоциированной пары условных раздражителей, удлинения действия дифференцировочного раздражителя и выработки запаздывающего на 3 мин. условного рефлекса. В результате испытаний животные были отнесены — Налет и Рыжий к сильному уравновешенному типу нервной системы, Джим и Джек к слабому типу, а Рекс и Серый к сильному неуравновешенному типу. Предварительно у всех животных были изучены обмен в норме, его колебания при длительном (10 часов) лежании и некоторые реакции газообмена. Всем животным давали нагрузку — бег в течение часа со скоростью 6 км в час. К бегу в третбане собак приучали очень осторожно. Медленнее и хуже к бегу приучались собаки слабого типа Джим и Джек. В конечном итоге они все же бегали плохо, часто ложились на полотно третбана и своим весом останавливали его; поэтому опыт проводили всегда в лямках. Первую пробу воздуха брали сразу после нагрузки, последующие — через каждые 15 мин. (два раза), через каждые 30 мин. (два раза), а потом через каждый час. Для анализа проб воздуха пользовались аппаратом Холдена.

На основе полученных результатов (см. таблицу) мы пришли к следующим выводам. У собак слабого типа нервной системы (Джим, Джек) при беге в течение 20—25 мин. со скоростью 6 км в час отмечалось выраженное повышение газообмена (180—250%), длительный восстановительный период (3—4 часа), отсутствие признаков тренировки несмотря на многократное применение нагрузки (10 раз).

У собак же сильного типа нервной системы (Рыжий, Серый, Налет, Рекс) при нагрузке в виде бега со скоростью 6 км в час в течение 60 мин. при более коротком восстановительном периоде (1—2 часа) наблюдался более низкий процент повышения газообмена и уже при третьем применении нагрузки отмечались признаки тренированности, что выразилось в незначительном и непродолжительном повышении газообмена при полном отсутствии внешних признаков усталости (см. таблицу и рис. 1, 2).

Таким образом, установлена зависимость скорости выработки тренировки от состояния центральной нервной системы: у собак сильного типа нервной системы уже третье применение дозированной нагрузки вызывает небольшое повышение газообмена (до 50%), в то время как у собак слабого типа десятое применение половинной нагрузки приво-

дит к такому же повышению обменных процессов, как и первое (до 200% и выше от исходного уровня при лежании).

Приведенные данные, как нам кажется, дополняют литературу, указывающую на немаловажную роль центральной нервной системы в биологических реакциях организма приспособительного характера, при этом не умаляется роль биохимических процессов в этих реакциях. От работоспособности высших отделов центральной нервной системы, от их функционального состояния зависят и адаптационные возможности организма. Не вызывает сомнения и то, что как скорость выработки тренировки, так и все течение реакции на нагрузку находятся в прямой зависимости от функционального состояния высших отделов центральной нервной системы.

Change in Gas Metabolism in Dogs of Various Nervous System Types with Physical Load

Т. А. Dzgoieva

Summary

The author studied the question of whether there exists a relationship between the response of the organism to physical load and the type of nervous system of the animal. The state of the animal was judged by the changes in gas metabolism. The investigation was carried out on dogs of about the same age (5—5.5 years), male mongrels. Nalyot, Ryzhy, Sery, Rex were representatives of the strong type of nervous system. Jim and Jack, of the weak type. In all the animals the type was determined in a conditioned reflex chamber by the standard proposed by Kolesnikov and Troshikhin. Haldane's apparatus was employed for analysis of tests. Before the investigation was begun, normal metabolism and the gas metabolism response to various stimuli were studied in all animals. The dogs of strong type received a load — running at a speed of 6 km per hour — in the course of 60 minutes, while the weak type animals received this load for 20—25 minutes.

On the basis of the results, the following conclusions were drawn. See table and figs. 1, 2.

The animals of weak nervous system type (Jim, Jack), on running for 20—25 minutes, showed a pronounced rise in gas metabolism (180—250 per cent), a long recovery period (3—4 hours), absence of signs of training on repeated spells of running (10 times).

In dogs of the strong nervous system type (Ryzhy, Sery, Nalyot, Rex), who ran for a whole hour, there was a shorter period of recovery (1—2 hours) and a lower rise in gas metabolism. The third spell of running already sets up a transient and slight rise in metabolism (up to 50 per cent and lower) with complete absence of external signs of fatigue.