
ИЗМЕНЕНИЯ В СИСТЕМЕ КРОВИ ПРИ СТРЕССЕ

Е.Д. Сотникова

Кафедра анатомии, физиологии и хирургии животных
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

В работе приведены результаты исследований гематологических показателей у собак при стрессе в экспериментальных условиях. Выявлено, что иммобилизационный и болевой стресс-факторы вызывают в составе крови ряд изменений, которые можно рассматривать как проявление стресс-реакций: увеличение количества лейкоцитов и эритроцитов, сегментоядерных нейтрофилов, уровня глюкозы, снижение содержания лимфоцитов, цветового показателя, а также выход лейкоцитарных индексов за пределы физиологической нормы — признаки напряженности, неполноценности реакции организма.

Проблема стресса в настоящее время приобрела одно из первостепенных значений. Согласно концепции Г. Селье [6] стресс-реакция, сформировавшаяся в ходе эволюции, является важнейшим звеном приспособления организма к факторам окружающей среды. Такое приспособление становится возможным при развитии адекватных метаболических и морфофункциональных изменений в ответ на действие стресса, приводящих к повышению неспецифической и специфической резистентности организма, т. е. к его адаптации.

В случае чрезмерного интенсивного или неадекватно длительного воздействия стресс-реакция может явиться источником тканевых и органных повреждений [5]. В настоящее время доказана роль стрессов в качестве главного этиологического фактора в развитии многих заболеваний.

Для населения городов большое значение приобретает содержание и лечение домашних животных, в том числе собак. Травмы, хирургические вмешательства, ряд заболеваний сопровождаются болью, необходимостью применения иммобилизации, что вызывает стресс-реакции у животных.

Неспецифические реакции, свойственные для всех видов стрессов, — это, главным образом, реактивность гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы и вегетативных функций, в частности сердечно-сосудистой системы и кроветворения [4; 6; 7].

Г. Селье определил «стресс» (от англ. stress — напряжение) как неспецифическую реакцию организма, развивающуюся под воздействием различных причинных факторов. Все экзогенные и эндогенные факторы, создающие повышенные требования к организму, получили название стрессоров. Несмотря на их разнообразие, организм отвечает стереотипной формой биохимических, функциональных и структурных изменений, адаптацией к новым ситуациям. Г. Селье установил, что при воздействии стрессоров (физическая нагрузка, какой-либо яд, тревожное состояние или конфликт) организм отвечает неспецифическими реакциями защиты: учащается пульс, повышается артериальное давление, в крови увеличивается содержание гормонов-кортикостероидов.

Выявление закономерностей развития стресса и адаптационных возможностей организма животных — одна из актуальных проблем в ветеринарии. В этой связи особое значение приобретает поиск методов диагностики стресса, одновременно отвечающих требованиям оперативности, надежности и простоте.

Физико-химические свойства крови отражают состояние всего организма в целом, так как имеют тесную связь с его различными функциями.

Активизация коры надпочечников как центра стрессовых реакций сопровождается многочисленными изменениями в составе крови. Многими исследователями эти изменения были приняты в качестве критериев (лейкоциты, эозинофилы, лимфоциты, сахар крови, вязкость крови) оценки стрессового состояния животных, которые дают возможность выявить стрессовое влияние на их организм различных факторов и определить интенсивность и продолжительность стрессового состояния. При выявлении стрессов по оценке исследуемых данных критериев на основе интенсивного и постоянного реактивного ответа первое место занимают эозинофильные и нейтрофильные лейкоциты [8]. Лейкоцитарные индексы, основанные на определении соотношения клеток белой крови в лейкоцитарной формуле, открывают возможность проведения оперативной диагностики стресса [1; 2].

Так как в течение стресс-реакций важную роль играют сменяющие друг друга гранулоцитарные и агранулоцитарные лейкоциты крови, то для экспресс-определения реактивности организма на раздражение, воспаление используется индекс сдвига лейкоцитов крови (ИСЛК) [9]. Немаловажную роль для выяснения наличия интоксикационных процессов в организме, особенно при хронических стрессах, играет определение лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ), также основанного на анализе лейкоцитарной формулы крови. О.П. Григорова [3] утверждает, что дифференциальная формула лимфоцитов служит критерием функционального состояния лимфоцитарной системы и показателем реактивности организма. Изменение величины лимфоцитарного индекса (ЛИ) находится в связи с направлением обмена веществ в организме (сдвиг в сторону ацидоза или алкалоза).

Цель исследований — изучение изменений основных гематологических показателей при воздействии стрессоров на животных.

Объекты и методы исследований. Объектами исследования являлись собаки, подобранные по принципу аналогов: беспородные самцы 2—3-летнего возраста, массой 10—15 кг. В качестве стресс-факторов использовали иммобилизацию путем фиксации собак в спинном положении в течение двух часов и болевое воздействие путем наложения закрутки на лапу в течение 15-ти минут. Кровь от животных получали и исследовали сразу после воздействия стрессорами, утром натощак (опыт). Контролем служили показатели крови этих же собак в нормальном физиологическом состоянии (до воздействия стресс-факторами).

Морфологический анализ крови включал определение числа эритроцитов в камере Горяева ($\times 10^{12}/л$), числа лейкоцитов в камере Горяева ($\times 10^9/л$), дифференциальный подсчет лейкоцитов (лейкограмма) в мазках крови, окрашенных по методу Романовского-Гимза, а также гемоглобина с использованием гемометра Сали ГС-3, цветового показателя общепринятым методом, вязкости крови при

помощи вискозиметра ВК-4. Биохимический анализ крови включал фотоэлектроколориметрическое определение глюкозы глюкозооксидазным методом с использованием стандартного набора реактивов «Новоглюк». Математически по лейкограмме определяли следующие индексы:

— лейкоцитарный индекс интоксикации Каль-Калифа:

$$\text{ЛИИ} = 2\Pi + C / ((M + L) \cdot \text{Ч} (\text{Э} + 1)),$$

где Π , C , L , M , Э — содержание палочкоядерных, сегментоядерных нейтрофилов, лимфоцитов, моноцитов и эозинофилов;

— лимфоцитарный индекс по Шаганину:

$$\text{ЛИ} = L/N,$$

где L , N — процентное количество лимфоцитов и сегментоядерных нейтрофилов;

— индекс сдвига лейкоцитов крови по И.И. Яблучанскому:

$$\text{ИСЛК} = (\text{Э} + B + H) / (M + L),$$

где Э , B , H , M , L — процентное отношение содержания эозинофилов, базофилов, нейтрофилов, моноцитов и лимфоцитов.

Результаты исследований и их обсуждение. После обездвиживания в крови животных происходили значительные изменения (табл. 1). Так, количество лейкоцитов увеличивалось на 69,0% ($P < 0,001$), эритроцитов — на 20,7% ($P < 0,001$). В результате роста числа эритроцитов в периферической крови повышался и гемоглобин на 3,5% ($P < 0,001$). Однако наблюдалось падение цветового показателя на 8,5% ($P < 0,001$), что говорит о недостаточной насыщенности эритроцитов гемоглобином. Вязкость крови повысилась на 33,3% ($P < 0,001$), уровень глюкозы возрос на 37,5% ($P < 0,001$), что является важным признаком начала развития стресс-реакций.

Таблица 1

Изменения физико-химических показателей крови при иммобилизационном и болевом стрессах ($M \pm m$)

Показатели	До стресса	Иммобилизац. стресс	Разница, %	Болевой стресс	Разница, %
Лейкоциты, $\times 10^9/\text{л}$	$10,0 \pm 0,3$	$16,9 \pm 0,5$	+69,0***	$20,8 \pm 0,8$	+108,0***
Эритроциты, $\times 10^{12}/\text{л}$	$5,8 \pm 0,1$	$7,0 \pm 0,2$	+20,7***	$7,9 \pm 0,2$	+36,2***
Гемоглобин, г/л	$117,1 \pm 0,5$	$121,2 \pm 0,6$	+3,5***	$124,3 \pm 0,7$	+6,1***
Вязкость, усл. ед.	$4,8 \pm 0,1$	$6,4 \pm 0,2$	+33,3***	$7,0 \pm 0,2$	+45,8***
Цветовой показатель, усл. ед.	$0,94 \pm 0,01$	$0,86 \pm 0,01$	-8,5***	$0,75 \pm 0,01$	-20,2***
Глюкоза, ммоль/л	$4,8 \pm 0,1$	$6,6 \pm 0,2$	+37,5***	$7,1 \pm 0,2$	+47,9***

Примечание: P — достоверность различий двух средних величин по критерию Стьюдента: * — $P < 0,05$; ** — $P < 0,01$; *** — $P < 0,001$ (здесь и далее).

В лейкограмме (табл. 2) были отмечены следующие изменения: количество базофилов снижалось на 20,0% ($P < 0,01$), эозинофилов — на 79,2% ($P < 0,001$). Наряду со снижением палочкоядерных нейтрофилов на 18,1% ($P < 0,001$) увели-

чивалось число сегментоядерных на 28,7% ($P < 0,001$). Количество лимфоцитов резко снижалось на 43,1% ($P < 0,001$).

Данные изменения числа эозинофилов, лимфоцитов и сегментоядерных нейтрофилов в крови выходили за пределы физиологической нормы, что свидетельствует, по утверждению ряда авторов [2], о развитии острого стресса, а изменения лейкоцитарных индексов показывают степень выраженности данного процесса (табл. 2). Так, ЛИ снижался на 55,6% ($P < 0,001$), ЛИИ возрос на 385,2% ($P < 0,001$), что говорит о высокой степени развития интоксикационных процессов в организме. ИСЛК увеличился на 109,1% ($P < 0,001$). Такое резкое изменение реактивности организма в ответ на действие иммобилизационного стрессора является неблагоприятным признаком.

Таблица 2

Изменения лейкограммы и лейкоцитарных индексов при иммобилизационном и болевом стрессах

Показатели	До стресса	Иммобилиз. стресс	Разница, %	Болевой стресс	Разница, %
Базофилы, %	$0,5 \pm 0,02$	$0,4 \pm 0,01$	-20,0**	$0,2 \pm 0,01$	-60,0***
Эозинофилы, %	$2,4 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,02$	-79,2***	$0,3 \pm 0,02$	-87,5***
Нейтрофилы, %	П	$2,2 \pm 0,08$	-18,1**	$1,6 \pm 0,06$	-27,3***
	С	$60,5 \pm 1,7$	$77,8 \pm 2,1$	+28,6***	$83,0 \pm 2,3$
Лимфоциты, %	$34,1 \pm 1,0$	$19,4 \pm 0,8$	-43,1***	$15,1 \pm 0,6$	-55,7***
Моноциты, %	$1,2 \pm 0,05$	$1,3 \pm 0,07$	+8,3	$1,4 \pm 0,08$	+16,7
ЛИ, ед.	$0,54 \pm 0,03$	$0,24 \pm 0,01$	-55,6***	$0,18 \pm 0,02$	-66,7***
ЛИИ, ед.	$0,54 \pm 0,06$	$2,62 \pm 0,1$	+385,2***	$4,02 \pm 0,2$	+644,4***
ИСЛК, ед.	$1,86 \pm 0,1$	$3,89 \pm 0,2$	+109,1***	$5,16 \pm 0,2$	+177,4***

Примечание: П — палочкоядерные нейтрофилы, С — сегментоядерные нейтрофилы; ЛИ — лимфоцитарный индекс, ЛИИ — лейкоцитарный индекс интоксикации, ИСЛК — индекс сдвига лейкоцитов крови.

При воздействии болевым стресс-фактором также отмечались выраженные сдвиги в составе крови: происходило увеличение числа лейкоцитов на 108,0% ($P < 0,001$), эритроцитов — на 36,2% ($P < 0,001$), вязкости крови — на 45,8% ($P < 0,001$), концентрация гемоглобина увеличилась на 6,1% ($P < 0,001$), при этом цветовой показатель снижался на 20,2% ($P < 0,001$), уровень глюкозы возрастал на 47,9% ($P < 0,001$) (табл. 1).

В лейкограмме наблюдалось снижение числа базофилов на 60,0% ($P < 0,001$), эозинофилов — на 87,5% ($P < 0,001$). Количество палочкоядерных нейтрофилов уменьшалось на 27,3% ($P < 0,001$), а сегментоядерных, наоборот, возрастало на 37,2% ($P < 0,001$). Число лимфоцитов уменьшалось на 55,7% ($P < 0,001$) (табл. 2). Данные изменения лейкоцитарной формулы выходили за пределы физиологической нормы, что, так же как и при иммобилизационном стрессе, свидетельствует о развитии острого стресса [2].

Изменения лейкоцитарных индексов показывают степень выраженности данного процесса (табл. 2). ЛИ снижался на 66,7% ($P < 0,001$), ЛИИ увеличивался на 644,4% ($P < 0,001$), ИСЛК возрастал на 177,4% ($P < 0,001$), что свидетельст-

ует о высокой степени развития интоксикационных процессов, резком изменении реактивности организма в ответ на действие болевого стрессора и является неблагоприятным признаком.

Таким образом, иммобилизационный и болевой стресс-факторы вызывают в составе крови ряд изменений, которые можно рассматривать как проявление стресс-реакций: рост числа лейкоцитов и эритроцитов, увеличение количества сегментоядерных нейтрофилов, снижение содержания лимфоцитов, повышение уровня глюкозы.

Кроме того, по количеству клеток белой крови можно косвенным методом оценивать функциональное состояние желез внутренней секреции. Так, снижение числа базофилов указывает на снижение тиреоидной активности щитовидной железы, а падение количества эозинофилов говорит об усилении деятельности коры надпочечников. Данные изменения, произошедшие за столь короткий срок, возможны только в условиях стресса в первую его фазу — мобилизации. Падение ЛИ также характерно для стресса.

Необходимо учитывать и то, что количество лейкоцитов превышало норму. Кроме того, несмотря на увеличение эритроцитов концентрация гемоглобина возрастала в значительно меньшей степени. Это говорит о снижении насыщенности эритроцитов гемоглобином, что отразилось в падении цветового показателя. Все это, а также выход количественного состава сегментоядерных нейтрофилов, лимфоцитов, ЛИИ и ИСЛК за пределы физиологической нормы — признаки напряженности, неполноценности реакции организма.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Авылов Ч.* Влияние стресс-факторов на резистентность организма свиней // *Ветеринария с.-х. животных*. — 2006. — № 3. — С. 46—47.
- [2] *Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А.* Адаптационные реакции и резистентность организма. — Ростов-на-Дону: Наука, 1990.
- [3] *Григорова О.П.* Лимфоидная реакция как один из показателей реактивности организма в динамике инфекционного процесса // *Охрана материнства*. — Труды 4 Всесоюз. конф. врачей-лаборантов. — 1963. — № 10. — С. 50—55.
- [4] *Крыжановский Г.Н., Магаева С.В., Макаров С.В.* Нейроиммунопатология. — М.: Медицина, 1997.
- [5] *Меерсон Ф.З.* Адаптационная медицина: механизмы и защитные эффекты адаптации. — М.: Нурохиа Медикал LTD, 1993.
- [6] *Селье Г.* Очерки об адаптационном синдроме. — М.: Медгиз, 1969.
- [7] *Федоров Б.М.* Стресс и система кровообращения. — М.: Медицина, 1990.
- [8] *Пиенникова М.Г., Бондаренко Н.А., Шимкович М.В.* Различия в поведении и устойчивости к язвенному поражению желудка при стрессе у крыс линии Август и Вистар, адаптированных и не адаптированных к гипоксии // *Бюл. эксперим. биологии и мед.* — 1999. — Т. 128. — № 12. — С. 638—641.
- [9] *Яблучанский Н.И., Пилипенко В.А., Кондратенко П.Г.* Индекс сдвига лейкоцитов крови как маркер реактивности организма при остром воспалении // *Лаб. дело*. — 1983. — № 1. — С. 60—61.

CHANGES IN BLOOD SYSTEM AT STRESS

E.D. Sotnikova

Department of anatomy, physiology of animals and surgery
Russian People's Friendship University
Miklucho-Maklay str., 8/2, Moscow, Russia, 117198

In work results of researches of indicators of blood at dogs are resulted at stress in experimental conditions. It is taped, that an immobilisation and painful stresses-factors cause a number of changes which can be surveyed as implication of stresses-reactions as a part of blood: augmentation of quantity of leucocytes and erythrocytes, segmented neutrophils, glucose level, depression of the maintenance of lymphocytes, a colour indicator, and also an exit of leukocytic indexes for limits of physiological norm — signs of intensity, inferiority of reaction of an organism.