

УДК 619:616.61-002.151/.155.194-008.6:6367

## Стан еритроцитопоезу у службових собак за фізичного та емоційного навантаження

Головаха В.І. , Мостовий Є.В. , Піддубняк О.В. , Кюрчев О.М.\*

\* кінолог-інструктор КСУ

Білоцерківський національний аграрний університет

 БНАУ, м. Біла Церква, Соборна площа, 8/1. E-mail: ovpidubnyak73@ukr.net



Головаха В.І., Мостовий Є.В., Піддубняк О.В., Кюрчев О.М. Стан еритроцитопоезу у службових собак за фізичного та емоційного навантаження. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2020. № 1. С. 80–87.

Golovaha V.I., Mostoviy Ye.V., Piddubnyak O.V., Kyurchjev O.M. Stan erytrocytopoezu u sluzhbovyh sobak za fizychnogo ta emocijnogo navantazhennja. Naukovyj visnyk veterinaryarnoi medycyny, 2020. № 1.PP. 80–87.

Рукопис отримано: 14.02.2020р.

Прийнято: 28.02.2020р.

Затверджено до друку: 21.05.2020р.

doi: 10.33245/2310-4902-2020-154-1-80-87

Під час досліджень вивчено показники еритроцитопоезу у службових собак за фізичних навантажень. Дослідження проводили на собаках породи бельгійська вівчарка (малінуа) віком 1,5–2 роки, які виконували вправи з міжнародної програми Mondioring, що включали фізичні та емоційні навантаження для підготовки собак для ЗСУ, прикордонних військ та національної поліції. Кров відбирали у тварин до тренування (у спокої) та після процесу тренування (тривав 2 години). Встановлено, що у 62,5 % тварин виявили тенденцію до підвищення загальної кількості еритроцитів та їх популяцій – „старих” і „зрілих”. Такі зміни у собак під час фізичних вправ є показником більш інтенсивного дозрівання „молодих” еритроцитів у периферичній крові, елімінації „зрілих” клітин із депо, підвищеної опірності бішару їх мембран та інтенсифікації процесів приєднання і віддачі кисню еритроцитами.

Щодо вмісту гемоглобіну в крові та гематокритної величини, то ці показники у 75,0 % собак після фізичних вправ мали тенденцію до підвищення. Однак, індекси „червоної” крові (*MCH* і *MCV*) мали тенденцію до зниження, що вказує на посилення процесів адаптації еритроцитів до фізіологічної гіпоксії під час фізичного навантаження та появу в кров'яному руслі великої кількості ненасичених мікроцитарних форм еритроцитів, зокрема „старих” популяцій. За дослідження ферумотрансферинового комплексу слід відмітити, що у 87,5 % тварин кількість Феруму, ЗФЗЗ та рівень трансферину підвищилися, що пов'язано з викидом у кров'яне русло резервних запасів Феруму для утворення гемоглобіну та адекватною спроможністю гепатоцитів синтезувати трансферин під час фізичного навантаження.

**Ключові слова:** собаки, фізичне навантаження, еритроцити, гемоглобін, гематокритна величина, кислотна резистентність еритроцитів, Ферум, трансферин, ферумотрансфериновий комплекс.

**Постановка проблеми.** Фізична підготовка є найважливішою характеристикою для собак службових порід, оскільки вона дає змогу підтримувати високий рівень їх активності, а також увагу та ефективність нюху [1, 2]. Усі ці елементи пов'язані з перебігом метаболічних процесів, у регуляції яких бере участь еритроцитопоез, оскільки від його функціонального стану залежить здоров'я і результативність службових собак [3, 4]. Регулярні фізичні навантаження поліпшують функції серцево-судинної системи, підвищують енергетичний метаболізм і антиоксидантний захист, забезпечують м'язову силу і фізичну витривалість [5].

Вивчення перебігу функціональних і метаболічних процесів є надзвичайно важливим за процесів, які індукуються за різних фізичних навантажень у собак службових порід [6].

За фізичного навантаження у тварин розвивається тканинна гіпоксія, тому необхідно вивчати функціональний стан еритроцитопоезу, який бере участь у забезпеченні тканин киснем [7]. Моніторинг здоров'я тварин під час дослідження крові дозволяє виявити патологічний стан на ранніх його стадіях, оскільки кров є первинною ланкою відображення метаболічних розладів в організмі [8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під час інтенсивних фізичних навантажень еритроцити стають більш уразливими до окиснювального пошкодження внаслідок дії активних форм кисню, високої концентрації поліненасичених жирних кислот і гемму Феруму [9].

Виявлено, що в собак відбуваються індуковані зміни між балансом окислювальної та антиокислювальної систем, залежно від типу вправ, їх інтенсивності та тривалості, стану підготовки, умов навколишнього середовища, а також наявних захворювань [10, 11].

Останні дані свідчать, що у собак породи німецька вівчарка за субмаксимальних вправ (їх використовували для виявлення наркотичних засобів) підвищувався вміст креатинкінази (КК;  $p < 0,001$ ), аспартатамінотрансферази (AsAT,  $p < 0,05$ ) та неестерифікованих жирних кислот (NEFA;  $p < 0,01$ ), що вказує про пошкодження м'язів і зниження клітинного енергетичного метаболізму [12].

Також науковці проводили дослідження щодо змін гематологічних і біохімічних показників в упряжних собак (гонки на санках на великій відстані – 600 км). Фізичний стан собак на фініші відображає зміни фізіологічної адаптації, досягнутої під час виконання витривалості, однак зміни, що спостерігалися у собак, яких вилучили з перегонів, можуть вказувати на патологічні стани. За результатами досліджень встановлено, що у вилучених з перегонів собак спостерігається вірогідне збільшення кількості нейтрофілів, С-реактивного білка, азоту сечовини крові та співвідношення Натрій/Калій, Фосфору, активності AsAT, АлАТ, лужної фосфатази та креатинкінази; вірогідне зниження кількості еритроцитів, гематокриту, вмісту гемоглобіну, загального білка, альбумінів, глобулінів, креатиніну, Калію та Кальцію [13].

Тому метою досліджень було вивчення показників еритроцитопоезу у службових собак під час фізичних навантажень.

**Матеріал і методи.** Дослідження проводили на собаках породи бельгійська вівчарка (малінуа) віком 1,5–2 роки ( $n=8$ ). Собаки харчувалися сухими кормами преміум класу. Тварини виконували вправи з міжнародної програми Mondioring, які включали фізичні та емоційні навантаження для підготовки собак для ЗСУ, прикордонних військ та поліції. Кров відбирали у тварин до тренування (у спокої) та після процесу тренування (тривав 2 години).

Програма Mondioring складається з трьох частин: перша включає навантаження «робота по слухності»: рух поруч, комплекс вправ (сидіти, лежати, стояти), відсутність провідни-

ка, апортування, висилка вперед. Даний розділ потребує від собак значної концентрації уваги, при цьому фізичне навантаження незначне.

Друга частина – стрибки. В період проведення навантаження собаки виконували лише безопорний стрибок – це фізичні навантаження середнього ступеня.

Третя частина тренування – «кусачки». Під час проведення фізичного навантаження собаки виконували вправи для розвитку ігрової мотивації. Суть її полягала в досягненні стану збудження на прив'язі, за якого тварини виконували відкус. Під час отримання необхідного збудження собака постійно натягувала прив'язь із метою отримання здобичі, за рахунок чого піддавалася потужним фізичним навантаженням. Після відкусу навантаження переходило на м'язи щелеп і собака заспокоювалася. Загальний процес тренування тривав близько двох годин.

У крові визначали загальну кількість еритроцитів, вміст гемоглобіну, гематокритну величину, індекси “червоної” крові – вміст гемоглобіну в еритроциті (MCH) та середній об'єм еритроцита (MCV) гематологічним аналізатором Mindray BC-2800 Vet. Популяційний склад еритроцитів визначали методом фракціонування в градієнті густини сахарози за І. Сізовою [14]; кислотну резистентність еритроцитів – за А.І. Терським та І.І. Гітельзоном [15]. У сироватці крові визначали вміст Феруму, загальну та ненасичену ферумозв'язувальну здатність сироватки крові (ЗФЗЗ, НФЗЗ), рівень трансферину та насиченість його ферумом (ферозинний метод).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Встановлено, що кількість еритроцитів у собак до фізичного навантаження в середньому становила  $6,4 \pm 0,27$  Т/л. Приблизно такі ж значення кількості еритроцитів були і в собак після тренування ( $6,5 \pm 0,30$  Т/л; табл. 1). Однак, якщо проаналізувати детальніше, то у 62,5 % тварин виявили тенденцію до підвищення кількості еритроцитів.

Для більш детального вивчення функціонального стану еритроцитів, визначали їх плавучість у градієнті густини сахарози, що дає змогу дослідити не тільки кількісний склад “червоних” клітин, але й дати ґрунтовну характеристику його якісним компонентам, а саме співвідношенню популяцій еритроцитів у периферичній крові собак під час фізичного навантаження. Кількість „старих” і „зрілих” форм еритроцитів у собак після тренування вірогідно не змінилася (табл. 1), однак у 85,7 % тварин виявили тенденцію до збільшення цих популяцій еритроцитів у периферичній крові.

Таблиця 1 – Показники еритроцитів і їх популяційного складу в службових собак (n=8)

Період дослідження	Біометричний показник	Еритроцити, Т/л	Популяційний склад еритроцитів, у проц.		
			„старі”	„зрілі”	„молоді”
До тренування	Lim	5,22–7,26	7,1–26,1	28,8–48,9	43,1–54,5
	M ± m	6,4±0,27	15,8±2,75	37,0±3,37	47,2±1,64
Після тренування	Lim	5,06–7,20	2,8–32,6	30,9–59,7	28,7–57,9
	M ± m	6,5±0,30	16,7±4,58	41,5±3,82	41,9±3,92

Що стосується „молодих” червонокривців, то їх кількість мала тенденцію до зниження і в середньому становила до та після тренування 47,2±1,64 і 41,9±3,92 % відповідно (p<0,5; табл. 1).

Вивчення популяційного складу еритроцитів периферичної крові наочно демонструє фізико-хімічні властивості їх мембран, тому дослідження динаміки кислотної резистентності „червоних” клітин до гемолізу в собак до та після фізичного навантаження є прямим свідченням насиченості ліпідними компонентами їх мембран та здатності протистояти зовнішнім і внутрішнім чинникам.

Аналіз графічного зображення кислотної стійкості еритроцитів у собак до фізичних вправ указує на те, що час основного піку настав на 3,5 хв; висота його складала 16 %. Повний гемоліз еритроцитів завершувався на 7 хв (рис. 1). Слід зазначити, що дана еритрограма була пологою та помірноплинною (гемоліз „старих” і „зрілих” форм еритроцитів відбувався за однаковий час із „молодими”). Однак, еритрограма собак після навантаження

має суттєві відмінності. Вона зміщена праворуч, повний час гемолізу був 7,8 хв, основний пік складав 26,0 % клітин, що на 10 % більше, ніж у собак до навантаження та зміни його конфігурації (він став гострим). Ліва частина графіка сягала 4,8 хв (проти 3,8 хв у собак до навантаження), що свідчить про збільшення кількості „старих” і „зрілих” форм еритроцитів за рахунок їх викиду із депо. Однак, права частина еритрограми була швидкоплинною і сягала 2,8 хв (проти 3,8 хв у собак до навантаження), що вказує на зменшення елімінації в кров’яне русло „молодих” популяцій, які є недостатньо зрілими і не здатні повноцінно виконувати процеси трансфузії газів.

В основі дихальної функції крові лежить функціонування основного гемопротеїну еритроцита – гемоглобіну, вміст якого в крові собак до тренування в середньому становив 145,25±3,61 г/л. Такі ж величини виявили і під час дослідження рівня гемоглобіну у собак після фізичного навантаження (p<0,5; табл. 2). Однак, у 75,0 % тварин виявили підвищення цього показника, що, напевно, вказує на посилену ро-

**% гемоліза**

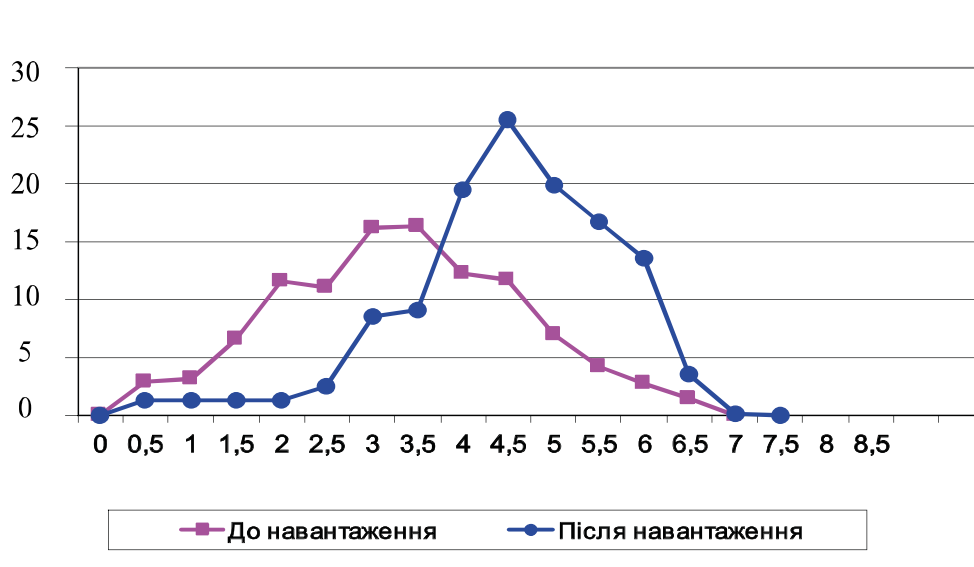


Рис. 1. Еритрограми у собак до та після навантаження.

боту кісткового мозку та інтенсивне утворення гемоглобіну за фізіологічної гіпоксії.

Для оцінки загального об'єму формених елементів крові, основну частку яких складають еритроцити, визначали гематокритну величину. Цей показник у собак до та після тренування вірогідно не відрізнявся (табл. 2). Однак, за детального аналізу отриманих даних, у 75,0 % тварин після тренування виявили підвищення гематокритної величини.

Про інтенсивність дозрівання еритроцитів та насичення їх гемоглобіном в кістковому мозку свідчать індекси "червоної" крові – *MCH* і *MCV*. У собак обох груп вони були в середньому однаковими (табл. 2;  $p < 0,5$ ). Проте, у 62,5 % дослідних собак виявили тенденцію до зниження цих коефіцієнтів, що вказує на посилення процесів адаптації клітин "червоної" крові до фізіологічної гіпоксії під час фізичного навантаження та появу в кров'яному руслі великої кількості ненасичених мікроцитарних форм еритроцитів, зокрема „старих” популяцій.

Стабільність метаболічних процесів і забезпечення механізмів оксигенації в організмі залежить від роботи ферумотрансферинового комплексу, основним компонентом якого є Ферум. Рівень його в сироватці крові у собак до тренування в середньому становив  $28,8 \pm 2,13$  мкмоль/л. Подібні ж величини цього мікроелемента були і після фізичних вправ ( $p < 0,5$ ; табл. 3). Однак, слід зазначити, що у 87,5 % тварин кількість Феруму

підвищилася, що, можливо, є закономірним явищем, яке пов'язане з викидом у кров'яне русло резервних запасів Феруму для утворення гемоглобіну (у тварин після тренування вміст кров'яного пігменту підвищився на 4,2 %).

Іншим інформативним тестом, який характеризує метаболізм Феруму в організмі тварин, є загальна ферумозв'язувальна здатність сироватки крові (ЗФЗЗ). У собак до тренування середнє значення ЗФЗЗ становило  $70,5 \pm 1,29$  мкмоль/л. Після фізичного навантаження цей показник мав тенденцію до підвищення ( $p < 0,5$ ; табл. 3), що вказує на адекватну відповідь депо трансферину (печінки) на посилену потребу в цьому протеїні.

Ненасичена (латентна) ферумозв'язувальна здатність сироватки крові (свідчить про резервні запаси вільного Феруму) у собак в спокої становила  $41,7 \pm 1,62$  мкмоль/л. Такі ж середні її значення були після тренування ( $p < 0,5$ ; табл. 3), що вказує на стабільність ферумотрансферинового комплексу та процесів трансформації молекули Феруму в організмі тварин цієї групи.

Важливим індикатором стану обміну Феруму є вміст трансферину та насиченість його цим мікроелементом. Рівень цього протеїну в сироватці крові собак до тренування в середньому становив  $3,15 \pm 0,05$  г/л, після нього середня величина теж не змінилася. Однак, у 85,7 % тварин виявили тенденцію до підвищення трансферину в крові (табл. 4).

Таблиця 2 – Показники «червоної» крові у собак (n=8)

Період дослідження	Вміст гемоглобіну, г/л	<i>MCH</i> , п/г	Гематокритна величина, %	<i>MCV</i> , мкм <sup>3</sup>
До тренування	120,0–154,0	18,3–26,8	30,0–48,0	45,9–79,6
	$145,25 \pm 3,61$	$23,1 \pm 1,26$	$41,5 \pm 2,07$	$64,6 \pm 4,07$
Після тренування	126,0–179,0	19,4–28,6	32,0–53,0	59,7–84,8
	$151,4 \pm 5,79$	$23,5 \pm 1,31$	$43,4 \pm 3,82$	$66,9 \pm 2,86$

Таблиця 3 – Показники ферумотрансферинового комплексу в сироватці крові у собак до та після навантаження (n=8)

Період дослідження	Ферум, мкмоль/л	ЗФЗЗ, мкмоль/л	НФЗЗ, мкмоль/л
До тренування	23,2–38,4	64,7–76,2	33,6–50,6
	$28,8 \pm 2,13$	$70,5 \pm 1,29$	$41,7 \pm 1,62$
Після тренування	25,0–45,3	65,9–82,6	26,5–55,1
	$32,9 \pm 3,30$	$75,2 \pm 2,60$	$41,6 \pm 3,06$

Таблиця 4 – Показники трансферину в сироватці крові у собак до та після навантаження (n=8)

Період дослідження	Біометричний показник	Вміст трансферину, г/л	Насиченість трансферину Ферумом, у проц.
До тренування	Lim	2,89–3,38	32,0–52,5
	$M \pm m$	$3,15 \pm 0,05$	$40,7 \pm 2,56$
Після тренування	Lim	2,94–3,69	31,8–59,7
	$M \pm m$	$3,4 \pm 0,12$	$44,9 \pm 5,17$



Таку ж тенденцію мала і насиченість цього протеїну Ферумом. Цей коефіцієнт у собак до експерименту в середньому становив  $40,7 \pm 2,56$  %. У наступний період дослідження (після навантаження) у тварин він не змінювався (табл. 4), що, напевно, пов'язано зі збільшенням рівня Феруму в сироватці крові за рахунок транспорту його з депо.

**Обговорення.** Еритроцитопоез є унікальним механізмом і функціональною системою, яка займає провідну ланку в забезпеченні тканинного дихання та стабільності метаболічних процесів в організмі. Система еритрону – це популяція всіх еритроїдних клітин організму, які знаходяться на різних стадіях розвитку (проліферації, диференціації, дозрівання та руйнування) [16].

Вивчення фізіології та патофізіології гемопоезу, і його функціональної одиниці – еритроцита дає змогу конкретизувати закономірності змін клітинного гомеостазу і дослідити локальні механізми його регуляції. Еритрон має високу метаболічну активність, безпосередньо бере участь у транспортуванні кисню, диоксиду карбону (вуглекислого газу) та деяких біологічно активних речовин, регуляції кислотно-основної рівноваги і водно-електролітного балансу [17]. Тому система еритроцитопоезу однією із перших реагує на виникнення гіпоксичного стану за фізичних навантажень у тварин, зокрем у собак [18].

Очікувати високих результатів у кінології можна лише після оцінки стану еритроцитопоезу не тільки у спокої тварин, але й після фізичного навантаження, оскільки механізми адаптації “червоних” клітин до максимальних стресових навантажень і швидкість відновлення їх функцій впливають на стан здоров'я та результативність тварин [19]. Під час оцінки еритроцитопоезу слід враховувати як загальноприйняті показники, так і фізико-хімічні властивості еритроцитів (плавучість, кислотну резистентність) та механізми його регуляції (ферумо-трансфериновий комплекс), оскільки фізичні можливості та результативність їх залежать від перебігу метаболічних процесів у клітинах червоної крові. А поява патологічних змін в системі еритрону негативно впливає на процеси тканинного дихання в організмі та зумовлює зниження м'язової активності під час фізичних навантажень [20].

Таким чином, за нашими дослідженнями, у собак під час фізичних вправ відбуваються зміни популяційного складу еритроцитів (тенденція до збільшення відносної кількості „старих” і „зрілих” та зменшення „молодих”), що є, напевно, показником більш інтенсивного до-

зрівання „молодих” еритроцитів в периферичній крові та елімінації „зрілих” клітин із депо. Підтвердженням цього є зміна кислотної резистентності еритроцитів за рахунок підвищеної опірності бішару їх мембран та інтенсифікації процесів приєднання і віддачі кисню „червоними” клітинами, що сприяє їй швидкому “старінню”. Ці процеси пов'язані з регуляторними механізмами, що забезпечують мікроелементи, зокрема кобальт, завдяки якому в клітинах еритроїдного паростка кісткового мозку каталізуються процеси дозрівання еритроцитів.

Що стосується вмісту гемоглобіну в крові та гематокритної величини, то ці показники у 75,0 % собак після фізичного навантаження мали тенденцію до підвищення. Однак, індекси “червоної” крові (*MCH* і *MCV*) мали тенденцію до зниження, що вказує на посилення процесів адаптації еритроцитів до фізіологічної гіпоксії під час фізичного навантаження та появу в кров'яному руслі великої кількості ненасичених мікроцитарних форм еритроцитів, зокрема „старих” популяцій. При дослідженні ферумотрансферинового комплексу слід відмітити, що у 87,5 % тварин кількість Феруму, ЗФЗ та рівень трансферину підвищилися, які пов'язані з викидом у кров'яне русло резервних запасів Феруму для утворення гемоглобіну та адекватну спроможність гепатоцитів синтезувати трансферин під час фізичних вправ.

**Висновки.** Таким чином, у собак породи бельгійська вівчарка під час фізичних навантажень за програмою *Mondioring* встановили у 62,5 % тварин тенденцію до збільшення загальної кількості еритроцитів за рахунок викиду з депо „старих” і „зрілих” їх популяцій, підвищену опірність бішару мембран еритроцитів та інтенсифікацію процесів приєднання і віддачі кисню, у 75 % собак – підвищення рівня гемоглобіну, що вказує на посилену роботу кісткового мозку, інтенсивне утворення його за фізіологічної гіпоксії та викидом у кров'яне русло у 87,5 % дослідних тварин резервних запасів Феруму.

**Відомості про дотримання етичних норм.** Експериментальні дослідження проводили із дотриманням вимог Закону України № 3447 – IV від 21.02.06 р. “Про захист тварин від жорстокого поводження” та узгоджують-ся з основними принципами “Європейської конвенції з захисту хребетних тварин, що використовуються для експериментальних та наукових цілей” (Страсбург, 1986), декларації “Про гуманне ставлення до тварин” (Гельсінкі, 2000) і Національного конгресу з біоетики “Загальні етичні принципи експериментів на тваринах” (Київ, 2001).

**Відомості про конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Catherine O'Brien, Larry G. Berglund. Predicting recovery from exertional heat strain in military working dogs. *Journal of Thermal Biology*. 2018. Vol. 76. P. 45–51. Doi: doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.07.001
- Gazit I., Terkel J. Explosives detection by sniffer dogs following strenuous physical activity. *Applied Animal Behaviour Science*. 2003. Vol. 81. Issue 2. P. 149–161. Doi: doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00274-5
- Apparent total-tract macronutrient digestibility, serum chemistry, urinalysis, and fecal characteristics, metabolites and microbiota of adult dogs fed extruded, mildly cooked, and raw diets / Kiley M. Algya et al. *Journal of Animal Science*. 2018. Vol. 96. Issue 9. P. 3670–3683. Doi: doi.org/10.1093/jas/sky235
- Monitoring changes in body surface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use of infrared methodology / M. Rizzo et al. *Journal of Thermal Biology*. 2017. Vol. 69. P. 64–68. Doi: doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.06.007
- Effects of weight loss on heart rate normalization and increase in spontaneous activity in moderately exercised overweight dogs / J.C. Bouthegourd et al. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*. 2009. Vol. 4. P. 153–164.
- Головаха В.І., Анфьорова М.В., Піддубняк О.В., Дубовий А.А. Лікування гепатоанемічного синдрому у службових собак. *Наук. вісник вет. медицини. Біла Церква*, 2015. Вип. 2 (122). С. 42–49.
- Анфьорова М.В., Головаха В.І., Піддубняк О.В., Тишківський М.Я. Зміни властивостей еритроцитів у собак. *Наук. вісник Львів. нац. ун-ту вет. медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького*. Львів, 2016. Т. 18. № 3 (71). Ч. 2. С. 3–6.
- Changes of erythropoiesis indices in dogs with babesiosis / V.I. Holovakha et al. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2018. № 9(3). P. 379–383. Doi: https://doi.org/10.15421/021856
- Stohrer M., Hammer B., Hammer R., Brincker B., Stangassinger M. Oxidative stress following extreme physical stress. Part I: Genesis, clinical relevance and studies on vitamin E-supplemented sled dogs. *Tierärztliche Praxis Ausgabe Kleintiere Heimtiere*. 2002. Vol. 30. Issue 4. P. 266–273.
- Клініко-гематологічний статус у собак и кошек при atopическом дерматите / В.И. Головаха и др. *Ученые записки УО ВГАВМ. Витебск*, 2018. Т. 54. Вип. 4. С. 40–44.
- Безух В.М., Піддубняк О.В. Клініко-гематологічний статус собак за отруєння зоокумарином. *Наук. вісник вет. медицини. Біла Церква*. 2015. Вип. 15 (118). С. 10–13.
- Benefits of dietary supplements on the physical fitness of German Shepherd dogs during a drug detection training course / L.A. Menchetti et al. *Public Library of Science*. Vol. 14. Issue 6. 2019. Doi: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218275
- Haematological and serum biochemical values in Norwegian sled dogs before and after competing in a 600 km race / T.H.A. Jahr et al. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2019. Vol. 61. Issue 1. Article 20.
- Сизова И.А., Каменская В.В., Федяков В.И. Безаппаратурный способ фракционирования красных клеток крови в градиенте плотности сахарозы. *Изв. Сиб. отд. АН СССР*. 1980. Т. 3. №15. С. 119–122.
- Методи лабораторної клінічної діагностики хвороб тварин / В.І. Левченко та ін.; за ред. В.І. Левченка. Київ: Аграрна освіта, 2010. 437 с.
- Эмерсон С.Дж. Гемопоз. Развитие клеток крови [в кн.: Шиффман Ф.Дж. Патология физиология крови]. М., Спб.: БИНОМ–Невский диалект, 2000. С. 17–42.
- Effect of dietary (n-9), (n-6) and (n-3) fatty acids on membrane lipid composition and morphology of fat erythrocytes / A. Escudero et al. *Biochimica et Biophysica Acta-lipids and Lipid Metabolism*. 1998. Vol. 1394. Issue 1. P. 65–73. Doi: https://doi.org/10.1016/S0005-2760(98)00095-2
- Roy J. Shephard Peptic Ulcer and Exercise. *Sports Medicine*. 2017. Vol. 47. Issue 1. P. 33–40.
- Immunometabolic parameters in overweight dogs during weight loss with or without an exercise program / A.D. Vitger et al. *Domestic Animal Endocrinology*. 2017. Vol. 59. P. 58–66. Doi: https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2016.10.007
- Serum biochemical, blood gas and antioxidant status in search and rescue dogs before and after simulated fieldwork / J.W.A. Spoo et al. *Veterinary Journal*. Vol. 2015. Issue 1. P. 47–53. Doi: https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.07.002

#### REFERENCES

- Catherine, O'Brien, Larry, G. Berglund. (2018). Predicting recovery from exertional heat strain in military working dogs. *Journal of Thermal Biology*. Vol. 76, pp. 45–51. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.07.001
- Gazit, I., Terkel, J. (2003). Explosives detection by sniffer dogs following strenuous physical activity. *Applied Animal Behaviour Science*. Vol. 81, Issue 2, pp. 149–161. Available at: https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00274-5
- Kiley, M. Algya., Tzu-Wen, L. Cross., Kristen, N. (2018). Leuck. Apparent total-tract macronutrient digestibility, serum chemistry, urinalysis, and fecal characteristics, metabolites and microbiota of adult dogs fed extruded, mildly cooked, and raw diets. *Journal of Animal Science*. Vol. 96, Issue 9, pp. 3670–3683. Available at: https://doi.org/10.1093/jas/sky235
- Rizzo, M., Arfuso, F., Alberghina, D., Giudiceb, E., Ganesella, M., Piccionea, G. (2017). Monitoring changes in body surface temperature associated with treadmill exercise in dogs by use of infrared methodology. *Journal of Thermal Biology*. Vol. 69, pp. 64–68. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.06.007
- Bouthegeourd, J.C., Kelly, M., Clety, N., Tardif, S., Smeets, D. (2009). Effects of weight loss on heart rate normalization and increase in spontaneous activity in moderately exercised overweight dogs. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*. Vol. 4, pp. 153–164.

6. Holovakha, V.I., Anforova, M.V., Piddubniak, O.V., Dubovyi, A.A. (2015). Likuvannia hepatoanemichnoho syndromu u sluzhbovykh sobak [Treatment of hepatoanemic syndrome in service dogs]. *Nauk. visnyk vet. Medytsyny [Scientific Bulletin of Veterinary Medicine]*. Bila Tserkva, Vol. 2 (122), pp. 42–49.
7. Anforova, M.V., Holovakha, V.I., Piddubniak, O.V., Tyshkivskiy, M.Ia. (2016). Zminy vlastyvosti erytrotytiv u sobak [Changes in erythrocyte properties in dogs]. *Nauk. visnyk Lviv. nats. un-tu vet. medytsyny ta biotekhnolohii im. S.Z. Hzhyskoho [Scientific Bulletin Stepan Gzhyskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv]*. Lviv, Vol. 18, no. 3 (71), Part 2, pp. 3–6.
8. Holovakha, V.I., Piddubnyak, O.V., Bakhur, T.I., Vovkotrub, N.V., Antipov, A.A., Anfirova, M.V., Gutyj, B.V., Sliyinska, L.G., Kurdeko, O.P., Macynovich, A.O. (2018). Changes of erythropoiesis indices in dogs with babesiosi. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. no. 9(3), pp. 379–383. Available at: <https://doi.org/10.15421/021856>
9. Stohrer, M., Hammer, B., Hammer, R., Brincker, B., Stangassinger, M. (2002). Oxidative stress following extreme physical stress. Part 1: Genesis, clinical relevance and studies on vitamin E-supplemented sled dogs. *Tierarztliche Praxis Ausgabe Kleintiere Heimtiere*. Vol. 30, Issue 4, pp. 266–273.
10. Holovakha, V.Y., Sliusarenko, A.A., Svyrskaia, N.M., Mostovaia, A.V., Sliusarenko, S.V., Pyddubniak, O.V., Tushkivskiy, M.Ia. (2018). Klynyko-hematolohycheskyi status u sobak y koshek pry atopycheskom dermatyte [Clinical and hematological status in dogs and cats with atopic dermatitis]. *Uchenue zapysky UOV HAVM [Scientific notes UOV GAVM]*. Vytebsk, Vol. 54, Issue 4, pp. 40–44.
11. Bezukh, V.M., Piddubnyk, O.V. (2015). Kliniko-hematolohichnyi status sobak za otruiennia zookoumarinom [Clinical-hematological status of dogs for zoocoumarin poisoning]. *Nauk. visnyk vet. Medytsyny [Scientific Bulletin of Veterinary Medicine]*. Bila Tserkva, Vol. 15 (118), pp.10–13.
12. Menchetti, L.A., Guelfi, G.A., Speranza, R.B., Carotenuto, P.B., Moscati, L.C., Diverio, S.A. Benefits of dietary supplements on the physical fitness of German Shepherd dogs during a drug detection training course. *Public Library of Science*. Vol. 14, Issue 6, June 2019. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218275>
13. Jahr, T.H.A., Fergestad, M.E.B., Brynildsrud, O.C., Brun-Hansen, H.A., Skancke, E.A. (2019). Haematological and serum biochemical values in Norwegian sled dogs before and after competing in a 600 km race. *Acta Veterinaria Scandinavica*. Vol. 61, Issue 1, Article 20.
14. Syzova, Y.A., Kamenskaia, V.V., Fediakov, V.Y. (1980). Bezapparaturnyj sposob frakcionirovanija krasnyh kletok krovi v gradiente plotnosti saharozy [A non-apparatus method for fractionation of red blood cells in a sucrose density gradient]. *Yzv. Syb. otd. AN SSSR [News Sib. Dep. USSR Academy of Sciences]*. Vol. 3, no. 15, pp. 119–122.
15. Levchenko, V.I., Holovakha, V.I., Kondrakhin, I.P. (2010). Metody laboratornoi klinichnoi diahnozyky khvorob tvaryn [Methods of laboratory clinical diagnosis of animal diseases]. Kyiv: Agricultural Education, 437 p.
16. Jemerson, S.Dzh. (2000). Gemopojez. Razvitie kletok krovi [v kn.: Shiffman F.Dzh. Patofiziologija krovi] [The development of blood cells [in the book: Shiffman F.J. Pathophysiology of blood]]. Moscow, St. Petersburg: BINOM – Nevsky dialect. pp. 17–42.
17. Escudero, A., Montilla, J.C. Garcia, J.M. Sanchez-Quevedo, M.C. Periago, J.L., Hortelano, P., Suarez, M.D. (1998). Effect of dietary (n-9), (n-6) and (n-3) fatty acids on membrane lipid composition and morphology of fat erythrocytes. *Biochimica et Biophysica Acta-lipids and Lipid Metabolism*. Vol. 1394, Issue 1, pp. 65–73. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0005-2760\(98\)00095-2](https://doi.org/10.1016/S0005-2760(98)00095-2)
18. Roy, J. (2017). Shephard Peptic Ulcer and Exercise. *Sports Medicine*. Vol. 47, Issue 1, pp. 33–40.
19. Vitger, A.D., Stallknecht, B.M., Miles, J.E., Hansen, S.L., Vegge, A., Bjornvad, C.R. (2017). Immunometabolic parameters in overweight dogs during weight loss with or without an exercise program. *Domestic Animal Endocrinology*. Vol. 59, pp. 58–66. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2016.10.007>
20. Spoo, J.W.A., Zoran, D.L.B., Downey, R.L.C., Bischoff, K.D., Wakshlag, J.J.E. (2015). Serum biochemical, blood gas and antioxidant status in search and rescue dogs before and after simulated fieldwork. *Veterinary Journal*. Vol. 206, Issue 1, pp. 47–53. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.07.002>

#### Состояние эритроцитопоза у служебных собак при физической и эмоциональной нагрузке

Головаха В.И., Мостовой Е.В., Пиддубняк О.В., Кюрчев А.Н.

Во время исследований изучены показатели эритроцитопоза у служебных собак при физической нагрузке. Исследования проводили на собаках породы бельгийская овчарка (малинуа) в возрасте 1,5–2 года, которые выполняли упражнения по международной программе Mondioring, включавшая физические и эмоциональные нагрузки для подготовки собак для ВСУ, пограничных войск и национальной полиции. Кровь отбирали у животных до тренировки (в покое) и после процесса тренировки (длится 2 часа). Установлено, что у 62,5 % животных выявили тенденцию к повышению общего количества эритроцитов и их популяций – "старых" и "зрелых". Такие изменения у собак во время физических упражнений является показателем более интенсивного созревания "молодых" эритроцитов в периферической крови, элиминации "зрелых" клеток из депо, повышенной сопротивляемости поверхности их мембран и интенсификации процессов присоединения и отдачи кислорода эритроцитами.

Относительно содержания гемоглобина в крови и гематокритной величины, то эти показатели у 75,0 % собак после физических упражнений имели тенденцию к повышению. Однако, индексы "красной" крови (МСН и МСВ) имели тенденцию к снижению, что указывает на усиление процессов адаптации эритроцитов к физиологической гипоксии во время физической нагрузки и появление в кровяном русле большого количества ненасыщенных ми-

критических форм эритроцитов, в частности "старых" популяций. При исследовании ферумотрансферринового комплекса следует отметить, что у 87,5 % животных количество Ферума, ОФСС и уровень трансферрина повысились, что связано с выбросом в кровяное русло резервных запасов Ферума для образования гемоглобина и адекватной способностью гепатоцитов синтезировать трансферрин во время физической нагрузки.

**Ключевые слова:** собаки, физическая нагрузка, эритроциты, гемоглобин, гематокритная величина, кислотная резистентность эритроцитов, Ферум, трансферрин, ферумотрансферриновый комплекс.

#### The state of erythrocytopoiesis in dogs in physical and emotional load

Holovakha V., Mostovoy E., Pidubnyak O., Kurchev O.

In our studies, we examined the indices of erythrocytopoiesis in service dogs for physical activity. The studies were conducted on 1.5–2 years old Belgian Shepherd (Malinois) dogs who performed exercises from the international Mondioring program, which included physical and emotional training to train dogs for the Armed Forces, Border Troops and National Police. Blood was collected from animals before training (at rest) and after the training process (lasting 2 hours). It was

found that 62.5 % of animals showed a tendency to increase the total number of erythrocytes and their populations – "old" and "mature". Such changes in dogs during exercise are indicative of more intense maturation of "young" erythrocytes in the peripheral blood, elimination of "mature" cells from the depot, increased resistance to the membrane of their membranes, and intensification of the processes of erythrocyte attachment and delivery.

With regard to hemoglobin content in the blood and hematocrit, these figures in 75.0 % of dogs after exercise tended to increase. However, red blood indices (MCH and MCV) tended to decrease, indicating an increase in the erythrocyte adaptation processes to physiological hypoxia during exercise and the appearance of a large number of unsaturated microcytic forms of erythrocytes in the bloodstream in particular. In the study of the ferumotransferrin complex, it should be noted that in 87.5 % of the animals, the amount of ferum, TIBC and transferrin levels increased, which are related to the release into the bloodstream of the reserve reserves of the ferrum for hemoglobin formation and adequate ability of hepatocytes to synthesize during transplantation.

**Key words:** dogs, physical activity, erythrocytes, hemoglobin, hematocrit, acid resistance of erythrocytes, ferrum, transferrin, ferumotransferin complex.



Copyright: © Головаха В.І., Мостовий Є.В., Піддубняк О.В. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Головаха В.І.

ID <https://orcid.org/0000-0001-5937-5075>

Мостовий Є.В.

ID <https://orcid.org/0000-0002-2996-5936>

Піддубняк О.В.

ID <https://orcid.org/0000-0001-9071-2041>