

УДК 599.3:612.015.3:577.175

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.2.32>

МУЛЬТИФАКТОРНИЙ ХАРАКТЕР ПРОЦЕСУ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАРІННЯ У СОБАК: РОЛЬ ВОДНОГО ГОМЕОСТАЗУ

Осадча Ю.В. – д.с.-г.н., доцент

доцент кафедри прикладної біології, розведення та генетики тварин,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
orcid.org/0000-0003-4126-2456

Старіння у собак є складним, багатокомпонентним і генетично детермінованим біологічним процесом, що реалізується під впливом ендогенних і екзогенних чинників та супроводжується поступовими структурно-функціональними змінами на молекулярному, клітинному, тканинному й системному рівнях. Воно характеризується зниженням адаптаційного потенціалу організму, накопиченням ушкоджень макромолекул, порушенням регуляторних механізмів і зменшенням ефективності відновних процесів. Одним із фундаментальних компонентів підтримання гомеостазу є водний баланс, який забезпечує сталість внутрішнього середовища, оптимальний перебіг біохімічних реакцій, транспорт поживних речовин і метаболітів, електролітну рівновагу та належну клітинну сигналізацію.

У собак похилого віку регуляція гідратаційного статусу зазнає суттєвих змін, що пов'язано зі зниженням чутливості центрів спраги, віковими особливостями функціонування нирок, змінами активності ренін-ангіотензин-альдостеронової системи та секреції вазопресину. Порушення водного гомеостазу супроводжується коливаннями осмолярності плазми, зменшенням об'єму циркулюючої крові, розвитком оксидативного стресу та дисфункцією мітохондрій. Це зумовлює зниження енергетичного забезпечення клітин, активацію прозапальних сигнальних шляхів і посилення процесів клітинного старіння. У клінічному аспекті дегідратація негативно впливає на функціонування нирок, печінки, серцево-судинної та нервової систем, сприяє імунній дисрегуляції, саркопенії та розвитку когнітивної дисфункції.

Сучасні наукові підходи розглядають порушення водного балансу як інтегративний чинник вікових змін, що взаємодіє з епігенетичними модифікаціями, геномною нестабільністю, порушенням протеостазу та хронічним системним запаленням. Зміни внутрішньо- і позаклітинної гідратації впливають на біофізичні властивості мембран, активність ензимів і ефективність міжклітинної комунікації. У зв'язку з цим підтримання адекватного рівня гідратації розглядається як перспективний напрям профілактики вікових порушень і підвищення якості та тривалості життя собак, що потребує подальших експериментальних і клінічних досліджень.

Ключові слова: старіння собак, водний гомеостаз, когнітивний занепад, молекулярні біомаркери, імунна дисфункція, підтримка гідратації.

Osadcha Yu. V. Multifactorial Nature of the Physiological Aging Process in Dogs: The Role of Water Homeostasis

Aging in dogs is a complex, multicomponent and genetically determined biological process influenced by endogenous and exogenous factors, accompanied by gradual structural and functional alterations at the molecular, cellular, tissue, and systemic levels. It is characterized by a decline in adaptive capacity, accumulation of macromolecular damage, dysregulation of homeostatic mechanisms, and reduced efficiency of reparative processes. One of the fundamental components of physiological stability is water balance, which ensures the constancy of the internal environment, optimal progression of biochemical reactions, transport of nutrients and metabolites, maintenance of electrolyte equilibrium, and proper cellular signaling.



© Осадча Ю.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

In geriatric dogs, regulation of hydration status undergoes significant changes associated with decreased sensitivity of thirst centers, age-related alterations in renal function, and modifications in the activity of the renin–angiotensin–aldosterone system and vasopressin secretion. Disturbances of water homeostasis are accompanied by fluctuations in plasma osmolarity, reduced circulating blood volume, development of oxidative stress, and mitochondrial dysfunction. These changes lead to impaired cellular energy supply, activation of proinflammatory signaling pathways, and acceleration of cellular senescence. Clinically, dehydration adversely affects renal, hepatic, cardiovascular, and nervous system function, contributing to immune dysregulation, sarcopenia, and cognitive dysfunction.

Contemporary scientific approaches consider disturbances in water balance as an integrative factor of age-related changes that interacts with epigenetic modifications, genomic instability, impaired proteostasis, and chronic systemic inflammation. Alterations in intra- and extracellular hydration influence membrane biophysical properties, enzymatic activity, and the efficiency of intercellular communication. Therefore, maintaining adequate hydration is regarded as a promising strategy for the prevention of age-associated disorders and for improving the quality and longevity of life in dogs, warranting further experimental and clinical investigation.

Key words: dog aging, water homeostasis, cognitive decline, molecular biomarkers, immune dysfunction, hydration maintenance.

Актуальність теми дослідження. Старіння є складним мультифакторним біологічним процесом, що охоплює всі функціональні системи організму та супроводжується поступовим зниженням здатності підтримувати гомеостаз у відповідь на внутрішні й зовнішні стресори. Це призводить до прогресивного функціонального виснаження на молекулярному, клітинному, тканинному й органному рівнях [1,2]. У ході старіння спостерігаються зниження метаболічної активності, порушення імунної та гормональної регуляції, а також обмеження поведінкової пластичності, що ускладнює адаптацію та подовжує період відновлення після стресу, підвищуючи ризик патологічних станів [3–5]. Важливим чинником підтримання фізіологічної рівноваги є водний гомеостаз, порушення якого суттєво впливає на перебіг вікових змін. Особливу актуальність це має для собак як моделі вивчення старіння ссавців і об'єкта ветеринарної практики, що зумовлює необхідність комплексного дослідження ролі водного балансу у процесах фізіологічного старіння.

Постановка проблеми. Старіння у собак є мультифакторним процесом, що супроводжується поступовим зниженням функціональних можливостей організму на всіх рівнях його організації. Водночас роль водного гомеостазу в механізмах старіння залишається недостатньо вивченою. Порушення регуляції водного балансу на клітинному й тканинному рівнях може прискорювати розвиток інших ознак старіння та негативно впливати на функціонування життєво важливих систем, зокрема ниркової, печінкової, серцево-судинної й нервової. Зневоднення у старіючих собак асоціюється з когнітивним зниженням, метаболічними й імунними порушеннями та підвищеним ризиком хронічних захворювань [37]. Недостатність комплексних досліджень із урахуванням ролі водного гомеостазу зумовлює актуальність системного вивчення його впливу на процеси старіння з метою підвищення якості та тривалості активного життя собак.

Результати досліджень. Особливості старіння у собак. Недавні дослідження підкреслюють значний вплив віку на фізіологію та поведінку собак [6–8], що вимагає врахування вікових факторів у дослідженнях різних стадій розвитку тварин [9]. Собака є ефективною моделлю для вивчення тривалості активного життя (*health span*) людини, а зростання чисельності літніх собак та людей підкреслює її актуальність. Проте молекулярні аспекти старіння у собак досліджені недостатньо, тому пропонується розробка молекулярних біомаркерів для об'єктивного моніторингу фізіологічного старіння і відокремлення його від вікових поведінкових змін

[10]. Проект «Dog Aging Project» (DAP), що охоплює близько 50 000 собак, сприяв глибокому розумінню молекулярних, фізіологічних та екологічних факторів старіння у собак [11]. Нижче наведено ключові результати цих досліджень із прикладом їх значення для ветеринарії та трансляційної науки у кінології.

Creevy К.Е. та співавтори (2022) [12] окреслили цілі та методологію Dog Aging Project (DAP) для комплексного вивчення біологічних, поведінкових і екологічних чинників старіння собак з потенційною трансляційною цінністю для біомедицини людини. Bray Е.Е. і колеги (2022) [13] встановили зв'язок між дієтою та тривалістю життя собак, що відкриває шлях до науково обґрунтованих харчових рекомендацій. У подальшому дослідженні (2023) [14] вони довели позитивний вплив регулярної фізичної активності на зниження когнітивного занепаду у старіючих собак, акцентуючи важливість активного способу життя для підтримки функцій центральної нервової системи.

McCoу В.М. та співавтори (2023) [15] показали значний вплив екологічних умов і стилю життя на здоров'я та тривалість життя собак. Morrill К. та колеги (2022) [16] виявили, що порода пояснює лише незначну частку поведінкової варіабельності, наголошуючи на ролі середовищних і індивідуальних факторів. Fleming J.M. і співавтори (2019) [17] проаналізували причини смертності собак у Північній Америці (1984–2004), показавши залежність від віку, розміру і породи, що важливо для профілактики та лікування. Фармакологічні дослідження Urfer S.R. з колегами (2017) [18] продемонстрували безпечність короточасного застосування рапаміцину у середньовікових собак і позитивний вплив на серцево-судинну функцію, відкриваючи перспективи подовження періоду здорового життя. Результати DAP створюють основу для поглибленого вивчення старіння та розробки комплексних стратегій підтримки здоров'я собак. McKenzie В.А. та співавтори (2022) [19] ідентифікували потенційні молекулярні біомаркери старіння для моніторингу фізіологічного віку та розуміння взаємозв'язку молекулярних процесів із хронологічним віком [20,21].

За сучасними оцінками, близько 35 % популяції собак – віком понад сім років, і ця частка зростає завдяки розвитку ветеринарії [22]. Оцінка старіння у собак здебільшого базується на фенотипових та поведінкових показниках, які залежать від породи, маси тіла і способу життя [22]. Великі та гігантські породи старіють швидше і живуть у середньому 5–6 років, тоді як дрібні породи мають триваліший життєвий цикл – до 12 років і більше [23].

Загальні ознаки старіння у собак. До зовнішніх ознак старіння собак належать посивіння шерсті, погіршення стану покриву, зниження зору та слуху, а також млявість і поведінкові зміни, зокрема дратівливість [24]. Старіння супроводжується функціональними порушеннями нирок, печінки та серця, які погіршуються зневодненням [20,25–30]. З віком знижується ниркова функція, підвищується ризик хронічних захворювань, погіршується детоксикація печінки, а зменшення об'єму крові збільшує навантаження на серце. Вплив навколишнього середовища – стрес, фізична активність, харчування та соціалізація – взаємодіє з біологічними процесами запалення й оксидативного стресу, які сприяють старінню [31]. Негативні психологічні фактори посилюють запалення і когнітивний занепад, тоді як збалансований спосіб життя і правильне харчування можуть підтримувати імунітет і уповільнювати вікові зміни [32–34]. Управління цими чинниками допомагає зменшити ушкодження і сприяє здоровому старінню.

Ключові механізми старіння. Раніше вчені виділили дев'ять ключових ознак старіння, що описують його вплив на клітини і тканини тварин [35], які слугували

основою для організації біологічних змін, пов'язаних із цим процесом. Пізніше модель доповнили трьома додатковими ознаками, довівши їх загальну кількість до дванадцяти [36]. Ці ознаки включають епігенетичні зміни, нестабільність геному, укорочення теломер, втрату протеостазу, змінений метаболізм, дисфункцію мітохондрій, клітинне старіння, виснаження стовбурових клітин, порушену міжклітинну комунікацію, дисфункцію імунної системи, накопичення токсичних метаболітів і дисбіоз. Враховуючи сучасний розвиток досліджень, пропонується додати ще одну гіпотетичну ознаку – порушення водного гомеостазу, що відображає зниження здатності регулювати водний баланс у клітинах і тканинах. Ця ознака досі не була вивчена у собак та інших видів. Таким чином, основні характеристики старіння включають зміни у метилюванні ДНК і гістонів, підвищені ушкодження ДНК та мутації, укорочення теломер, порушення синтезу та згортання білків, зміни обміну речовин, зниження енергетичного балансу і збільшення оксидативного стресу, накопичення старіючих клітин із запальними факторами, ослаблення імунітету, зниження регенеративних здібностей стовбурових клітин, порушення клітинної сигналізації, накопичення токсичних відходів і зміну мікробіоти кишечника.

Ключові ознаки старіння у собак. Концепція порушеного водного гомеостазу полягає у поступовому зниженні здатності організму підтримувати та регулювати водний баланс у клітинах і тканинах. Це порушення прискорює розвиток інших ознак старіння, проте досі не було досліджено у собак чи інших видів. Старіння супроводжується епігенетичними змінами, що впливають на експресію генів через модифікації метилювання ДНК та гістонів, а також геномною нестабільністю – підвищеним ушкодженням ДНК і мутаціями. Укорочення теломер обмежує реплікацію клітин, а втрата протеостазу призводить до накопичення дефектних білків через порушення їх синтезу та згортання. Змінений метаболізм впливає на вироблення енергії і підтримання гомеостазу, а дисфункція мітохондрій знижує енергетичний потенціал і збільшує оксидативний стрес [37].

Клітинне старіння викликає порушення функцій тканин через накопичення старіючих клітин, що виділяють запальні фактори. Дисфункція імунної системи підвищує ризик інфекцій, виснаження стовбурових клітин знижує здатність до відновлення тканин, а порушена міжклітинна комунікація погіршує імунну відповідь. Накопичення токсичних метаболітів ушкоджує клітини, а дисбіоз – зміна кишкової мікробіоти – викликає запалення, порушення обміну речовин і захворювання шлунково-кишкового тракту [37]. Розширення цих ознак забезпечує більш глибоке розуміння процесу старіння та відкриває нові можливості для втручання і профілактики.

У старіючих тварин спостерігаються зміни у складі тіла: зменшується загальна маса клітин, внутрішньоклітинна вода та запаси білка, водночас збільшується жирові відкладення [38–44]. Зниження вмісту внутрішньоклітинної води пов'язане з погіршенням функції нирок, зменшенням м'язової маси і збільшенням жирової тканини, що містить менше води. Це порушує життєво важливі функції: зменшується об'єм клітин, що впливає на обмін речовин і нервову передачу [42]. Зневоднення погіршує баланс електролітів і сповільнює нервові сигнали, викликаючи когнітивні симптоми, подібні до тих, що спостерігаються у літніх людей [43–46]. У собак зневоднення призводить до летаргії, дезорієнтації та зниження розумової активності, посилюючи синдром когнітивної дисфункції [45,46]. Тому підтримка гідrataції є критичною для функціонування нервової системи у старіючих собак [47]. Втрата внутрішньоклітинної води також знижує здатність

організму регулювати температуру, підвищує ризик гіпертермії, викликає зменшення об'єму плазми та збільшує навантаження на серце. Травлення сповільнюється, а нирки стають менш ефективними у виведенні токсинів, підвищуючи ризик утворення каменів і пошкоджень [42]. Зневоднення також може послаблювати імунну систему, порушуючи метаболізм і функції імунних клітин [48,49].

Вода відіграє ключову роль у підтриманні фізіологічної рівноваги у собак протягом усього життя, а особливо у старшому віці. Вона є розчинником для метаболізму, транспортом поживних речовин і продуктів обміну, регулятором температури, структурним компонентом клітинних мембран, мастилом для тканин, посередником у передачі нервових сигналів і підтримує еластичність мембран. Розуміння цих функцій допомагає оцінити вплив порушень водного балансу на здоров'я старих собак [37].

Порушення функцій води у процесі старіння собак. Метаболічна роль: У процесі старіння роль води як розчинника та реагенту у метаболічних реакціях стає менш ефективною, що призводить до порушення ензиматичної активності та передачі нервових сигналів. Транспортна роль: Старіння знижує ефективність води у транспорті поживних речовин, гормонів і метаболітів, а також її здатність підтримувати функцію ниркового фільтрування. Регуляція температури: З віком здатність води підтримувати температуру тіла шляхом розподілу тепла через рідинні простори і випаровування через піт знижується. Структурна роль: Старіння призводить до зниження утримання води, що погіршує здатність підтримувати об'єм клітин і зберігати цілісність мембран, необхідну для функціонування клітин. Механічна функція: Зниження вмісту води з віком зменшує мастильну дію, що призводить до підвищеного ризику скутості суглобів і пошкодження тканин. Передача сигналів у нейронах: Втрата води, пов'язана зі старінням, порушує рухливість іонів, що веде до уповільнення когнітивних та рухових функцій. Еластичність та гнучкість мембран: З віком знижується еластичність мембран, що порушує структуру іонних каналів, перешкоджаючи нормальному потоку іонів і послаблюючи електричну сигналізацію [37].

Води в організмі, які порушуються під час старіння. Вода в організмі виконує важливі ролі у метаболізмі, транспорті поживних речовин, регуляції температури, підтримці структури клітин, механічному змащуванні тканин, передачі нервових сигналів і гнучкості мембран. З віком ці функції погіршуються, негативно впливаючи на фізіологію та здоров'я.

Метаболічно вода є розчинником і реагентом у реакціях, підтримуючи активність ензимів і передачу нервових імпульсів. Вона забезпечує транспорт поживних речовин, гормонів, метаболітів і виведення продуктів через нирки [50]. У старіючих собак зменшується внутрішньоклітинна і позаклітинна вода, що порушує ці процеси. Вода регулює температуру через потовиділення і розподіл тепла, але з віком ця здатність знижується, збільшуючи ризик теплового стресу. Структурно вона підтримує об'єм клітин, цілісність і гнучкість мембран, зокрема іонних каналів, що необхідні для міжклітинної комунікації і передачі сигналів. Механічно вода змащує суглоби, очі та слизові, захищаючи їх від ушкоджень [51]. У неврології вода – середовище для руху іонів (Na^+ , K^+ , Cl^-), що критично для нервової провідності [52–54]. У старих собак зневоднення викликає електролітний дисбаланс, уповільнює передачу сигналів і погіршує когнітивні функції, посилюючи симптоми когнітивної дисфункції. Таким чином, підтримання належної гідратації є ключовим для метаболічного, структурного і когнітивного здоров'я старіючих собак [55,56].

Висновки та перспективи подальших досліджень. Старіння у собак — мультифакторний процес із поступовим зниженням функцій на молекулярному, клітинному, тканинному та органному рівнях. Водний гомеостаз є ключовим для підтримки фізіологічної рівноваги, особливо в старшому віці. Порушення водного балансу прискорює когнітивний занепад, метаболічні порушення, імунодисфункцію та ризик хронічних захворювань, що обґрунтовує його розгляд як нової ключової ознаки старіння поряд із епігенетичними змінами, геномною нестабільністю і дисфункцією мітохондрій. Зниження внутрішньо- і позаклітинної води погіршує метаболізм, транспорт речовин, нервову передачу, клітинну структуру, терморегуляцію та імунну функцію. Підтримка адекватної гідратації важлива для когнітивного здоров'я, нормального функціонування органів і якості життя літніх собак. Результати Dog Aging Project підтверджують необхідність комплексного вивчення старіння з урахуванням молекулярних, екологічних і фізіологічних чинників.

Перспективи досліджень включають розробку молекулярних біомаркерів старіння, зокрема водного гомеостазу, аналіз механізмів порушень водного балансу на клітинному та тканинному рівнях, а також вплив підтримки гідратації на уповільнення старіння, когнітивне здоров'я і тривалість активного життя. Важливо дослідити взаємодію водного гомеостазу з іншими ознаками старіння — епігенетикою, імунною дисфункцією, оксидативним стресом — для створення комплексних профілактичних стратегій. Також потрібні ветеринарні рекомендації щодо підтримки водного балансу з урахуванням дієти, поведінки та середовища. Трансляційні дослідження, що порівнюють механізми старіння собак і людини, сприятимуть розробці нових методів підтримки здоров'я в старшому віці. Включення фізичної активності, харчування та стресу в моделі старіння допоможе комплексно впливати на водний гомеостаз і загальний стан літніх собак.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ruple A., MacLean E., Snyder-Mackler N., Creevy K. E., Promislow D. Dog models of aging. *Annual Review of Animal Biosciences*. 2022. Vol. 10. P. 419–439. doi:10.1146/annurev-animal-051021-080937
2. Vajányi D., Skurková L., Peřková B., Kottferová L., Kasičová Z., Simanová V., Kottferová J. Ageing canine companions: most common manifestations and the impact of selected factors. *Applied Animal Behaviour Science*. 2024. Vol. 271. P. 106164. doi:10.1016/j.applanim.2024.106164.
3. Kennedy B. K., Berger S. L., Brunet A. et al. Geroscience: linking aging to chronic disease. *Cell*. 2014. Vol. 159. P. 709–713. doi:10.1016/j.cell.2014.10.039
4. Saul D., Kosinsky R. L. Epigenetics of aging and aging-associated diseases. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. P. 401. doi:10.3390/ijms22010401
5. Adav S. S., Wang Y. Metabolomics signatures of aging: recent advances. *Aging and Disease*. 2021. Vol. 12. P. 646–658. doi:10.14336/AD.2020.0909
6. Azkona G., García-Belenguer S., Chacón G. et al. Prevalence and risk factors of behavioural changes associated with age-related cognitive impairment in geriatric dogs. *Journal of Small Animal Practice*. 2009. Vol. 50. P. 87–91. doi:10.1111/j.1748-5827.2008.00718.x
7. Watowich M. M., MacLean E. L., Hare B. et al. Age influences domestic dog cognitive performance independent of average breed lifespan. *Animal Cognition*. 2020. Vol. 23. P. 795–805. doi:10.1007/s10071-020-01385-0
8. Murray J. K., Kinsman R. H., Lord M. S. et al. “Generation Pup”: protocol for a longitudinal study of dog behaviour and health. *BMC Veterinary Research*. 2021. Vol. P. 17. P. 1–12. doi:10.3390/ani15172582

9. Harvey N. D. How old is my dog? Identification of rational age groupings in pet dogs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. P. 643085. doi:10.3389/fvets.2021.643085
10. Biomarkers of Aging Consortium; Moqri M., Herzog C. et al. Biomarkers of aging for the identification and evaluation of longevity interventions. *Cell*. 2023. Vol. 186. P. 3758–3775. doi:10.1016/j.cell.2023.08.003
11. Dog Aging Project. Available online. National Institute on Aging. 2024.
12. Creevy K. E., Akey J. M., Kaeberlein M. et al. An open science study of ageing in companion dogs. *Nature*. 2022. Vol. 602. P. 51–57. doi:10.1038/s41586-021-04282-9
13. Bray E. E., Zheng Z., Tolbert M. K. et al. Once-daily feeding is associated with better health in companion dogs. *GeroScience*. 2022. Vol. 44. P. 1779–1790. doi:10.1007/s11357-022-00575-7
14. Bray E. E., Raichlen D. A., Forsyth K. K. et al. Associations between physical activity and cognitive dysfunction in older companion dogs. *GeroScience*. 2022. Vol. 45. P. 645–661. doi:10.1101/2022.04.20.488879
15. McCoy B. M., Brassington L., Jin K. et al. Social determinants of health and disease in companion dogs. *Evolution, Medicine, and Public Health*. 2023. Vol. 11. P. 187–201. doi:10.1093/emph/eoad011
16. Morrill K., Hekman J., Li X. et al. Ancestry-inclusive dog genomics challenges popular breed stereotypes. *Science*. 2022. Vol. 376. P. eabk0639. doi:10.1126/science.abk0639
17. Fleming J. M., Creevy K. E., Promislow D. E. L. Mortality in North American dogs from 1984 to 2004. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2011. Vol. 25. P. 187–198. doi:10.1111/j.1939-1676.2011.0695.x
18. Urfer S. R., Kaeberlein T. L., Mailheau S. et al. A randomized controlled trial of rapamycin in middle-aged dogs. *GeroScience*. 2017. Vol. 39. P. 117–127. doi:10.1007/s11357-017-9972-z
19. McKenzie B. A. Comparative veterinary geroscience. *American Journal of Veterinary Research*. 2022. Vol. 83. P. ajvr.22.02.0027. doi:10.2460/ajvr.22.02.0027
20. McKenzie B. A., Chen F. L., Gruen M. E., Olby N. J. Canine geriatric syndrome. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 9. P. 853743. doi:10.3389/fvets.2022.853743
21. McKenzie B. A., Chen F., LaCroix-Fralish M. L. The phenotype of aging in the dog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2022. Vol. 260. P. 963–970. doi:10.2460/javma.22.02.0088
22. Montoya M., Morrison J. A., Arrignon F. et al. Life expectancy tables for dogs and cats. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023. Vol. 10. P. 1082102. doi:10.3389/fvets.2023.1082102
23. Salt C., Morris P. J., Wilson D. et al. Association between life span and body condition in neutered dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2019. Vol. 33. P. 89–99. doi:10.1111/jvim.15367
24. Willems A., Paepe D., Marynissen S. et al. Screening of healthy senior and geriatric dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2017. Vol. 31. P. 81–92. doi:10.1111/jvim.14587
25. Bellows J., Colitz C. M. H., Daristotle L. et al. Common physical and functional changes associated with aging in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2015. Vol. 246. P. 67–75. doi:10.2460/javma.246.1.67
26. Mosier J. E. Effect of aging on body systems of the dog. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1989. Vol. 19. P. 1–12. doi:10.1016/s0195-5616(89)50001-9
27. Cianciolo R. E., Benali S. L., Aresu L. Aging in the canine kidney. *Veterinary Pathology*. 2016. Vol. 53. P. 299–308. doi:10.1177/0300985815612153
28. Hoskins J. D. Liver disease in the geriatric patient. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2005. Vol. 35. P. 617–634. doi:10.1016/j.cvsm.2004.12.010.

29. Hamlin R. L. Geriatric heart diseases in dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2005. Vol. 35. P. 597–615. doi:10.1016/j.cvsm.2005.01.003
30. Fajemiroye J. O., Cunha L. C. D., Saavedra-Rodríguez R. et al. Aging-induced biological changes and cardiovascular diseases. *BioMed Research International*. 2018. Vol. 2018. P. 1–14. doi:10.1155/2018/7156435
31. McCune S., Promislow D. Healthy, active aging for people and dogs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2021. Vol. 8. P. 655191. doi:10.3389/fvets.2021.655191
32. Larsen J. A., Farcas A. Nutrition of aging dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2014. Vol. 44. P. 741–759. doi:10.1016/j.cvsm.2014.03.003
33. Stockman J. Nutrition and aging in dogs and cats. In: *Nutrition and Metabolism of Dogs and Cats*. Wu G. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. Springer Nature, Cham, Switzerland, 2024. Vol. 1446. P. 203–215. doi:10.1007/978-3-031-54192-6_9
34. Martínez De Toda I., Ceprián N., Díaz-Del Cerro E., De La Fuente M. The role of immune cells in oxi-inflamm-aging. *Cells*. 2021. Vol. 10. 2974. doi:10.3390/cells10112974
35. López-Otín C., Blasco M. A., Partridge L., Serrano M., Kroemer G. The hallmarks of aging. *Cell*. 2013. Vol. 153. P. 1194–1217. doi:10.1016/j.cell.2013.05.039
36. López-Otín C., Blasco M. A., Partridge L., Serrano M., Kroemer G. Hallmarks of aging: an expanding universe. *Cell*. 2023. Vol. 186. P. 243–278. doi:10.1016/j.cell.2022.11.001
37. Guelfi G., Capaccia C., Tedeschi M., Bufalari A., Leonardi L., Cenci-Goga B., Maranesi M. Dog aging: a comprehensive review of molecular, cellular, and physiological processes. *Cells*. 2024. Vol. 13(24). P. 2101. doi:10.3390/cells13242101.
38. Tvarijonaviciute A., Ceron J. J., Holden S. L., Cuthbertson D. J., Biourge V., Morris P. J., German A. J. Obesity-related metabolic dysfunction in dogs: a comparison with human metabolic syndrome. *BMC Veterinary Research*. 2012. Vol. 8. 147. doi:10.1186/1746-6148-8-147
39. Yordy J., Kraus C., Hayward J. J., White M. E., Shannon L. M., Creevy K. E., Promislow D. E. L., Boyko A. R. Body size, inbreeding, and lifespan in domestic dogs. *Conservation Genetics*. 2020. Vol. 21. P. 137–148. doi:10.1007/s10592-019-01240-x
40. Slupe J. L., Freeman L. M., Rush J. E. Association of body weight and body condition with survival in dogs with heart failure. *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2008. Vol. 22. P. 561–565. doi:10.1111/j.1939-1676.2008.0071.x
41. Jiménez A. G. Revisiting the hallmarks of aging in domestic dogs: current status of the literature. *GeroScience*. 2023. Vol. 46. P. 241–255. doi:10.1007/s11357-023-00911-5
42. Kavouras S. A., Anastasiou C. A. Water physiology: essentiality, metabolism, and health implications. *Nutrition Today*. 2010. Vol. 45. P. S27–S32. doi:10.1097/NT.0b013e3181fe1713
43. Bortner C. D., Cidlowski J. A. Ions, the movement of water and the apoptotic volume decrease. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*. 2020. Vol. 8. P. 611211. doi:10.3389/fcell.2020.611211
44. Grider M. H., Jessu R., Kabir R. Physiology, action potential. In: *StatPearls*. StatPearls Publishing, Treasure Island, FL, USA, 2024.
45. Denenberg S., Liebel F.-X., Rose J. Behavioural and medical differentials of cognitive decline and dementia in dogs and cats. *Canine and Feline Dementia*. 2017. Vol. 13. P. 13–58. doi:10.1007/978-3-319-53219-6_2
46. Wrightson R., Albertini M., Pirrone F., McPeake K., Piotti P. The relationship between signs of medical conditions and cognitive decline in senior dogs. *Animals*. 2023. Vol. 13. P. 2203. doi:10.3390/ani13132203
47. Alvarez L. X., Fox P. R., Van Dyke J. B., Grigsby P. Survey of referring veterinarians' perceptions of and reasons for referring patients to rehabilitation facilities. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 2016. Vol. 249. P. 807–813. doi:10.2460/javma.249.7.807

48. Dall'Ara P., Lauzi S., Turin L., Castaldelli G., Servida F., Filipe J. Effect of aging on the immune response to core vaccines in senior and geriatric dogs. *Veterinary Sciences*. 2023. Vol. 10. P. 412. doi:10.3390/vetsci10070412
49. Fujiwara M., Yonezawa T., Arai T., Yamamoto I., Ohtsuka H. Alterations with age in peripheral blood lymphocyte subpopulations and cytokine synthesis in beagles. *Veterinary Medicine Research Reports*. 2012. P. 79–84. doi:10.2147/VMRR.S32590
50. Serra-Prat M., Lorenzo I., Palomera E., Ramírez S., Yébenes J. C. Total body water and intracellular water relationships with muscle strength, frailty and functional performance in an elderly population. *Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2019. Vol. 23. P. 96–101. doi:10.1007/s12603-018-1129-y
51. Rondon-Berrios H., Berl T. Physiology and pathophysiology of water homeostasis. In: *Frontiers of Hormone Research*. Peri A., Thompson C. J., Verbalis J. G., eds. S. Karger AG, Basel, Switzerland, 2019. Vol. 52. P. 8–23. doi:10.1159/000493233
52. Chen M., Sepramaniam S., Armugam A., Choy M., Manikandan J., Melendez A., Jeyaseelan K., Cheung N. Water and ion channels in the initiation and progression of apoptosis in the central nervous system. *Current Neuropharmacology*. 2008. Vol. 6. P. 102–116. doi:10.2174/157015908784533879
53. Kimelberg H. K. Water homeostasis in the brain: basic concepts. *Neuroscience*. 2004. Vol. 129. P. 851–860. doi:10.1016/j.neuroscience.2004.07.033
54. Knepper M. A., Kwon T.-H., Nielsen S. Molecular physiology of water balance. *New England Journal of Medicine*. 2015. Vol. 372. P. 1349–1358. doi:10.1056/NEJMr1404726
55. Schlanger L. E., Bailey J. L., Sands J. M. Electrolytes in aging. *Advances in Chronic Kidney Disease*. 2010. Vol. 17. P. 308–319. doi:10.1053/j.ackd.2010.03.008.
56. Goggs R., De Rosa S., Fletcher D. J. Electrolyte disturbances are associated with non-survival in dogs: a multivariable analysis. *Frontiers in Veterinary Science*. 2017. Vol. 4. P. 135. doi:10.3389/fvets.2017.00135

Дата першого надходження статті до видання: 06.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026