

horses]. *Naukovij visnik Nacional'nogo agrarnogo universitetu – Scientific Bulletin of the National Agrarian University, Vol. 118*, 116–120 [in Ukrainian].

6. Gilger Brian C. (2005) *Equine Ophthalmology*. Copyright© Elsevier Saunders.
7. Sotnikova, L.F. (2003). Recidivirujushhie uveity loshadej [Recurrent uveitis of horses]. *Veterinarija – Veterinary Medicine*, 6, 9-11 [in Russian].
8. Borisevich, V.B., Borisevich, B.V., Petrenko, O.F., Petrenko, O.O., Borisevich Ju.B., Doroshhuk V.O. (2006). Veterinarno-medichna oftal'mologija [Veterinary-medical ophthalmology: tutorial]. Kyiv: Aristej [in Ukrainian].
9. Lavach, J.D. (1990) *Large Animal Ophthalmology*. St. Louis, Nosby.
10. Gellat, K.N. et al. (1999) *Veterinary ophthalmology*. 3-rd ed. Philadelphia: Lippincott, Williamsa Wilkins.
11. Gerhards, H. (2013) Periodicheskoe vospalenie glaz [Periodic eye inflammation]. *Pervyyi ukrainskiy konnyiy zhurnal «HORSES UKRAINE» – The first Ukrainian equestrian magazine «HORSES UKRAINE», 16(22)*, 72–73 [in Russian].
12. Mezhenskiy, A.O. (2009) *Oftalmoskopiya ochno go dna u koney: metodichni rekomendatsiyi [Ophthalmoscopy eye fundus of horses: guidelines]*. Kyiv [in Ukrainian].
13. Vlizlo, V.V., Fedoruk, R.S., Ratic, I.B. et al. (2012) *Laboratorni metody doslidzhen u biologiyi, tvarynnitstvi ta veterynarniy medytsini; dovidnyk [Laboratory methods of research in biology, animal husbandry and veterinary medicine; dictionary]*. Lviv: SPOLOM [in Ukrainian].
14. Kalashnik, I.O., Panko, I.S., Peredera, B.Ya., Rusino, O.F. et al. (1995) *Praktikum iz zahalnoyi ta spetsialnoyi hirurgiyi [Workshop on general and specialized surgery]*. Kyiv: «Urozhay» [in Ukrainian].
15. Galatyuk, A.E., Kanevskiy, A.I. (2001) Osobennosti infektsionnogo protsessa i diagnostika leptospiroza loshadey [Features of infectious process and diagnosis of leptospirosis of horses] *Materialyi vtoroy nauchno-prakticheskoy konferentsii po boleznyam loshadey – Materials of the second scientific conference by horses diseases*. (pp. 22 - 26). Moscow [in Russian].

УДК 619:617.7-02

МЕЖЕНСЬКИЙ А.О., канд. вет. наук, ст. наук. сп., e-mail: mezh-vet@i.ua
Державний науково-дослідний інститут з лабораторної діагностики та ветеринарно-санітарної експертизи

МЕЖЕНСЬКИЙ А.А., e-mail: andrey4egvet@gmail.com

ЖУРЕНКО О.В., канд. вет. наук, доц., e-mail: zhurenko_olena@nubip.edu.ua
Національний університет біоресурсів і природокористування України

ОСОБЛИВОСТІ ФІЗІОЛОГІЇ ЗОРУ В КОНЕЙ. ОГЛЯДОВА СТАТТЯ

У статті, на підставі вивчення та аналізу закордонних літературних джерел, подано уявлення щодо фізіології зору та його особливостей у коней. Показано, що очне яблуко коней має ряд анатомічних (великі розміри, значний діапазон меж розширення та звуження зіниці, наявність сохрога nigra) і фізіологічних особливостей та пристосувань, які дозволяють цьому виду тварин бачити об'єкти на різній відстані та за усіх освітлювальних обставин. Розкриті анатомо-фізіологічні особливості органу зору коней

необхідно обов'язково враховувати при офтальмологічному обстеженні та лікуванні тварин за очних хвороб.

Ключові слова: *коні, очі, фізіологія зору.*

Вступ. Розуміння процесу зору коней має важливе значення для лікаря ветеринарної медицини з цілого ряду причин. По-перше, у власників коней часто виникає необхідність в об'єктивній оцінці зорової функції у лошат, які можуть бути сліпі від народження, але при цьому здатні ходити на пасовище без шкоди для себе. По-друге, оцінка зору є обов'язковою при продажу коней з метою визначення придатності їх до конкретних цілей, частіше за все для використання у спорті. Крім того, для організації, проведення та контролю ефективності терапії очних хвороб коней лікар повинен також чітко розуміти як фізіологію зору, так і зорову поведінку коней.

Розуміння фізіології зору коней також дозволяє лікарю зробити більш точний прогноз до початку терапії і, відповідно, вибрати найбільш ефективний для конкретної патології метод лікування, щоб максимізувати ймовірність збереження ока та його зорових функцій. Після збереження очного яблука і досягнення відповідного результату для пацієнта, терапевтична стратегія лікаря повинна будуватися навколо тих методів, що дадуть змогу зберегти зір.

Очні розлади додають ще один рівень складності в оцінці зорових можливостей коней. Деякі очні хвороби не впливають на зір взагалі, в той час, як інші мають такий значний та глибокий вплив, що навіть втрачається здатність сприймати світло. Ззовні важкість захворювання та ступінь непрозорості складових зорового аналізатору (рогівка, кришталік, склоподібне тіло тощо) не завжди відповідає впливу розладу на зір тварини. Наприклад, очі зі значними очними розладами або великими катарактами по периферії кришталіка можуть зберігати нормальну зорову активність, а наявність невеликої осьової непрозорості в задній частині ядра кришталіка може значно погіршити гостроту зору. В деяких випадках перед лікарем може стояти завдання обстеження коней з метою встановлення, чи є очне захворювання основною причиною небажаних форм поведінки, таких як ухиляння від об'єктів або тряска головою.

Слід зазначити, що в Україні останнім часом не проводилися ґрунтовні наукові дослідження щодо вивчення особливостей фізіології зору в коней, а тому у вітчизняних спеціалізованих виданнях інформація з цих питань відсутня. Але, незважаючи на це, лікарі ветеринарної медицини України, що займаються лікуванням коней, повинні мати сучасне уявлення щодо фізіології зору та його особливостей у цього виду тварин, а також щодо впливу очних аномалій на їх зорову здатність і поведінку з врахуванням світових наукових досягнень у цьому напрямку.

Мета роботи. Сформулювати уявлення щодо фізіології зору та його особливостей у коней.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили шляхом вивчення та аналізу закордонних літературних джерел, присвячених вивченню фізіології зору та його особливостей у коней.

Результати досліджень та їх обговорення. Чисельними дослідженнями доведено, що у всіх видів тварин дані, отримані від зорової системи, займають провідне місце серед усієї інформації, отриманої із зовнішнього середовища за допомогою інших аналізаторів. При цьому більшість видів використовують ряд пристосувань, щоб швидше обробляти зображення в інформацію, яка може бути використана для корекції поведінки. Одним із таких пристосувань є «бачення» речей у контексті, а не як вони виглядають насправді. Доведено, що коні, як і люди, підлягають ілюзії Ponzo, в якій дві горизонтальні лінії одного і того ж розміру сприймаються мозком як дві різних розмірів (рис. 1) [1].

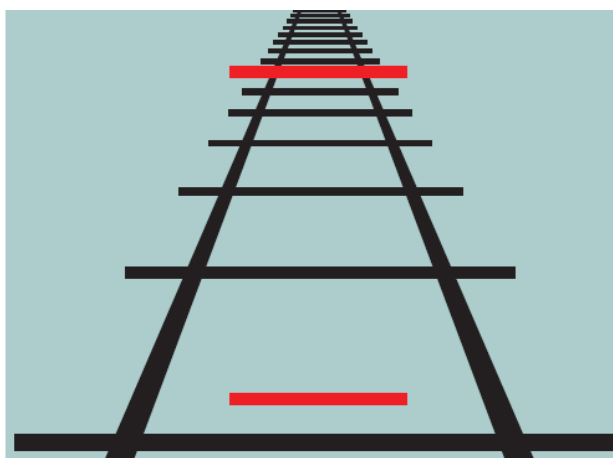


Рис. 1. Схема зорової ілюзії Ponzo

Крім того, цілком імовірно, що коні також сприймають світло і темряву у відносних, а не абсолютних величинах, що потенційно пояснює поведінку деяких тварин, таку як стійкість до перетину певних візуальних бар'єрів або вхід до причепів або стаєнь. Загалом ілюзії, такі як на рис. 1, розкривають розуміння того, як мозок обробляє зображення; об'єкти в навколишньому середовищі не можуть розглядатися, як вони є насправді, а тільки в контексті з навколишнім середовищем.

Очі часто порівнюють з камерою, що має оптичні елементи (рогівка і кришталік), яка здатна до зміни фокусу (кришталік) і має регульовану діафрагму (райдужка), яка допомагає регулювати кількість світла, що проходить на світлочутливий шар (сітківка), який захоплює зображення. Це пояснює лише початковий процес бачення, тому що існує активне маніпулювання зображенням, знятим з фоторецепторів, як в нервовій частині сітківки, так і у центральній нервовій системі.

Бачення – це складний процес, який залежить від світла з навколишнього середовища, що потрапляє в око і належним чином фокусується на сітківці [1, 2], зміни світлової енергії в хімічну, а потім в електричну енергію [3], розподіл цих відповідей на різні категорії

(яскравість, рух, розташування тощо) і передачі цієї інформації в мозок [4], обробки мозком цієї інформації, щоб зробити її корисною [5] і вибір відповідних ділянок зображення до уваги і подальших дій [2].

Втручання вершника в процес визначення об'єкту з метою привертання візуальної уваги, хоча коневі його явно видно, є частою причиною нещасних випадків, таких як біг в паркани або удар головою об двері стійла тощо. Акт бачення залежить не тільки від функціонування і здоров'я очей, але і від когнітивних процесів у мозку, які вирішують, яка інформація заслуговує на увагу.

Чисельні дослідження зорових шляхів багатьох видів тварин, у тому числі коней, свідчать, що інформація, яка надходить до очей, впорядковується за такими параметрами, як яскравість об'єкту та розмір, місце розташування його ребер, його «внутрішні» функції, текстура і контраст, напрямок руху, швидкість, загальна спрямованість на поверхню сітківки, форма, колір і багато інших параметрів. Найважливішим аспектом бачення є здатність ідентифікувати об'єкт окремо від його оточення.

Тварини з нормальним зором можуть «бачити» об'єкт, якщо він істотно відрізняється від свого об'ємного оточення в будь-якому з шести різних аспектів: яскравість, рух, глибина, текстура (пов'язані з гостротою зору), орієнтація або колір [6]. На основі яскравості, руху, глибини і текстури об'єкти приблизно однаково добре диференційовані, але поділ на основі кольору найбільш нелегкий [3, 6]. Насправді, повний опис того, наскільки добре кінь бачить, вимагає не тільки розуміння кожного з цих аспектів бачення, але також розуміння того, як мозок інтегрує складові частини в єдине сприйняття світу. На жаль, більшість зорових шляхів коней залишаються недостатньо вивченими.

Здатність сприймати світло є основним аспектом бачення. Очі більшості ссавців, у тому числі коней і людей, здатні виявляти фотони, розташовані тільки в крихітній частині електромагнітного спектра, як правило, між 380 і 760 нм [7–10]. Навіть у цій видимій області спектра не всі фотони сприймаються однаково добре, і конкретні фоторецептори, які оптимально налаштовані на конкретну довжину хвиль, нерівномірно розподілені по сітківці. З цих причин сприйняття світла залежить не тільки від кількості фотонів, «розсипаних» на сітківці, але й від спектрального складу світла, що потрапляє в око, і чутливості фоторецепторів очей на особливу довжину хвиль [3, 4]. Іншими словами, здатність виявляти світло у видимій частині спектру залежить від типу, щільності та просторового розподілу фоторецепторів на сітківці і буде змінюватися від виду до виду і навіть від індивідуума до індивідуума.

Термін «освітленість» означає яскравість об'єкту [6, 11]. Освітленість не є чисто фізичним явищем, тому що до сприйняття темно-синього і світло-жовтого світла може призвести потік світла з приблизно однаковою кількістю фотонів з різною довжиною хвиль, падаючих на сітківку. Яскравість також залежить від того, наскільки чутливі палички і колбочки фоторецепторів сітківки до довжини хвиль світла, що падають на сітківку [3,

11]. При яскравому світлі, коли колбочки фоторецепторів найбільш активні, очі коней, як правило, більш чутливі до довжин хвиль у жовтій частині видимого спектру. Світло у зеленому діапазоні видимого спектру розпізнається менш ефективно, з подальшим зменшенням чутливості до червоних і навіть ще меншою чутливістю до хвиль у синій області видимого спектру.

При тьмяному світлі, наприклад у сутінках, коли палички (фоторецептори) найбільш активні, світло у зелено-блакитній частині спектру сприймається оком краще (пік чутливості родопсину приблизно 500 нм). Тобто, жовтий лист може виглядати яскравіше, ніж зелений лист при достатньому освітленні, що сприяє до використання колбочок, які найбільш чутливі до жовтого (пік чутливості близько 545 нм). В умовах яскравого світла, коли колбочки є найбільш активними, зелений лист може здаватися яскравішим, ніж жовтий. Цей феномен називається ефектом Пуркін'є, який пояснює чому блакитні об'єкти світліші, а червоні виглядають більш темними в сутінках порівняно з денним світлом [12].

Інший спосіб оцінити різницю між яскравістю і кольором – видалити всю інформацію про колір з комп'ютерної програми і подивитися на картинку у відтінках сірого [11]. Коли це буде зроблено, то стає очевидним, що багато об'єктів можуть бути диференційовані на основі їх освітленості; колір при цьому менш важливий. Освітленість важлива, тому що глибину, тривимірність, рух (або відсутність цього) і просторову організацію має сприймати зорова система [4, 5, 11, 13].

Основне завдання зорової системи коней – адаптуватися до змін інтенсивності світла, від тьмяної зірки до яскравого сонячного світла на снігу [14, 15]. Доведено, що коні не помічають цієї величезної варіації в інтенсивності світла, тому, що об'єкти сприймаються в контексті їх оточення, а не в абсолютному вираженні. Деякі зорові механізми використовуються для пристосування до максимально широкого спектру освітлення, одним з них є феномен Пуркін'є (палички використовуються при тьмяному світлі, а колбочки при яскравому світлі) [3, 14, 16–18].

На додаток до переключення між паличками і колбочками є кілька інших механізмів адаптації до широкого діапазону інтенсивності освітлення, які відбуваються у реальному житті. Зміна розміру зіниці може швидко змінювати кількість світла, що потрапляє на сітківку, але цей механізм обмежує діапазон інтенсивності світла у тварин приблизно в 10 разів, у людини в 14 разів, а у коней у кілька разів більше, ніж у людей. Очі коня перевершують людські в цьому відношенні, тому що вони мають більший діаметр зіниці [19]. Інший, менш швидкий, але більш потужний механізм, включає в себе зміну нейронної обробки біполярних і гангліозних клітин сітківки. Ці клітини можуть отримати світлові сигнали від групи (просторове підсумовування) або окремих фоторецепторів (тимчасове підсумовування), це може сприяти адаптації у великому діапазоні [14].

Великий розмір очей коня також сприяє процесу зорової адаптації, тому що дозволяє світловому сигналу із сусідніх фоторецепторів

підсумовуватися, тим самим збільшуючи яскравість зображення. Спосіб підсумовування потенційно може призвести до втрати здатності ока виділяти деталь, але велике око коня компенсує це шляхом забезпечення більшого числа фоторецепторів [20].

Слід відмітити, що коні мають ряд пристосувань, що поліпшують зір в темряві, в людей цих пристосувань немає. Так, у коней очі одні з найбільших за розміром серед наземних хребетних, що дозволяє потрапити більшій порції світла через великі рогівку і зіницю [21, 22]. Надходження світла до ока коня також посилюється завдяки горизонтальному подовженню зіниці [23, 24] та її здатності розширюватися у 6 разів більше порівняно з розміром зіниці людини та у 3–3,5 рази більше, ніж у кішки або собаки [19, 25, 26].

Подовжена щілинна форма зіниці розповсюджена у видів тварин, які активні в денний і нічний час, оскільки при яскравому (денному) світлі ця форма закривається повніше, ніж кругла, тим самим краще захищає сітківку від надмірно яскравого світла [27, 28]. Зіниця коня розташована в передній частині вузлової точки оптичної системи ока і горизонтально видовжена, що при денному світлі забезпечує коням більш панорамний зір, ніж кругла зіниця з ідентичною площею поверхні у інших видів тварин [27]. Це дозволяє коням панорамно «сканувати» візуальний простір та разом з тим зменшувати різницю в яскравості світла між, наприклад, світлим небом і більш темною землею. Механізм функціонування пігменту родопсин у коней також дещо відрізняється від людського [29] і пігменту тварин інших видів, пристосованих до зору в темряві, його кількість постійно збільшується протягом часу, що кінь знаходиться в темряві [30–32]. Процес повної адаптації може зайняти близько 30 хвилин [18].

Зір коней в темряві також поліпшується за рахунок розташованого у верхній половині сітківки *tapetum lucidum* (далі – *t. lucidum* або світлий тапетум), що має приблизно трикутну форму та дає можливість фоторецепторам захопити більшу кількість фотонів [33–40]. Однак це збільшення захоплюючої здатності відбувається за рахунок зниження потенціальної гостроти зору тому, що сітківка не в змозі визначити чи фотон потрапив на фоторецептор під час першого проходу або відбився з іншої точки в просторі. У коней відображення здійснюється завдяки рівномірному діаметру колагенових фібрил в хоріоїдеї [34, 37, 39].

Колір *t. lucidum* формується у результаті фізичної взаємодії світла з волокнистою його частиною, а не завдяки кольоровим пігментам [34, 37, 39]. Жовтий або зелений колір *t. lucidum* свідчить про більшу кількість волокон в цій ділянці, в той час як темно-синій з фіолетовим відтінком навпаки вказує на протилежне. На відміну від волокнистої будови у більшості травоядних ссавців, *t. lucidum* хижаків зазвичай складається з клітинних елементів [33, 39–41]. У коней *t. lucidum* не є надзвичайно ефективним, як у деяких нічних хижаків. Наприклад, *t. lucidum* котів може відбивати у 130 разів більше світла ніж людей. Наявність різних компонентів (колагену, клітин і навіть кристалів у деяких видів), що створюють відбиваючий шар очного дна, поліпшує зір у темряві та дає підставу думати, що *t. lucidum* розвивався у кожному випадку

окремо і є прикладом «гонки озброєнь» між хижаками і жертвами, серед яких кожен шукає найефективніший спосіб виживання [22, 24, 33, 35–49].

Хоча зоровий аналізатор коней добре пристосований до темряви, він також має ряд особливостей, які покращують зір при яскравому світлі, тобто коні добре пристосовані до світлового способу життя. Наприклад, ядерна область кришталика містить жовті пігменти [42]. Ці пігменти здатні відфільтрувати хвилі світла більш короткої довжини (сині) так само, як жовто-тоновані окуляри людей, тим самим знижуючи відблиски при яскравому світлі і поліпшуючи контрастність деяких об'єктів на загальному плані [42, 43].

Жовтий пігмент також відфільтровує промені з більшою енергією (які можуть пошкоджувати сітківку), тим самим захищаючи подразливі фоторецептори нижньої частини сітківки при яскравому сонячному світлі [42, 43]. Наявність *corpora nigra* (виноградні зерна) у центрі верхнього краю райдужної оболонки покращує зір шляхом звуження зіниці, до того ж, вони виступають в якості внутрішнього козирку, який зменшує кількість світла, що надходить в око від сонця та зменшує кількість відблисків. Також наявні *corpora nigra* (у меншій кількості) на нижньому краї райдужної оболонки захищають очі від світла, відбитого від землі. При дуже яскравому світлі зіниця коня може стискуватися (звужуватися) до такого ступеня, що *corpora nigra* з обох боків дотикаються.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Очне яблуко коней має ряд анатомічних (великі розміри, значний діапазон меж розширення та звуження зіниці, наявність *сопрога nigra*) та фізіологічних особливостей і пристосувань, які дозволяють цьому виду тварин бачити об'єкти на різній відстані та за усіх освітлювальних обставин. Анатомо-фізіологічні особливості органу зору коней необхідно обов'язково враховувати при офтальмологічному обстеженні і лікуванні тварин за очних хвороб.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Timney B. Horses are sensitive to pictorial depth clues / B. Timney, K. Keil // Perception. – Vol. 25. – 1996. – P. 1121–1128.
2. Galambos R. How patterns of bleached rods and cones become visual perceptual experiences: a proposal / R. Galambos, G. Juhász // Proc Natl Acad Sci. – Vol. 98. – 2001. – P. 11702–11707.
3. Green D.G. Visual acuity, color vision, and adaptation / Green D.G. // Principles and practice of ophthalmology / In ed. D.M. Albert, F.A. Jakobiec. – Philadelphia: WB Saunders Co, 1994. – P. 172–177.
4. Livingstone M.S. Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, color, movement, and depth / M.S. Livingstone, D.H. Hubel // J Neurosci. – Vol. 7. – 1987. – P. 3416–3468.
5. Livingstone M. Segregation of form, color, movement and depth: anatomy, physiology, and perception / M. Livingstone, D. Hubel // Science. – Vol. 240. – 1988. – P. 740–749.
6. Regan D. Early visual processing of spatial form / Regan D. // Adler's physiology of the eye: clinical applications / In ed. P.L. Kaufman, A. Alm. – [10 edn]. – St Louis: Mosby, 2003. – P. 316–336.

7. Carroll J. Photopigment basis for dichromatic color vision in the horse / J. Carroll, C.J. Murphy, M. Neitz et al. // *J Vis.* – 2001. – Issue 1. – P. 80–87.
8. Hart N.S. Avian visual pigments: characteristics, spectral tuning, and evolution / N.S. Hart, D.M. Hunt // *Am Nat.* – Issue 169 (Suppl). – 2007. – P. 7–26.
9. Sakmar T.P. Color vision / Sakmar T.P. // *Adler's physiology of the eye: clinical applications* / In Ed. P.L. Kaufman, A. Alm. – [10 edn]. – St Louis : Mosby, 2003. – P. 16–36.
10. Ver Hoeve J.N. Horse sense: electrophysiologic measures of equine vision / J.N. Ver Hoeve, J. Neitz, C.J. Murphy // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – Issue 40. – 1999. – P. 22.
11. Livingstone M. Luminance and night vision / Livingstone M. // *Vision and art: the biology of seeing* / In Ed. M. Livingstone. – New York : Harry N. Abrams Inc, 2002. – P. 46–68.
12. Palmer D.A. Rod-cone mechanisms underlying the Purkinje shift / Palmer D.A. // *Nature.* – Vol. 262. – 1976. – P. 601–603.
13. Lu C. The interaction of color and luminance in stereoscopic vision / C. Lu, D.H. Fender // *Invest Ophthalmol.* – Vol. 11. – 1972. – P. 482–490.
14. Rodieck R.W. The first steps in seeing / Rodieck R.W. – Sunderland, Mass : Sinauer Associates, 1998. – P. 54–68.
15. Warrant E.J. Seeing better at night: life style, eye design and the optimum strategy of spatial and temporal summation / Warrant E.J. // *Vis Res.* – Vol. 39. – 1999. – P. 1611–1630.
16. Harman A.M. Horse vision and an explanation for the visual behavior originally explained by the “ramp retina” / A.M. Harman, S. Moore, R. Hoskins et al. // *Equine Vet J.* – Issue 31. – 1999. – P. 384–390.
17. Hebel R. Distribution of retinal ganglion cells in five mammalian species (pig, sheep, ox, horse, dog) / Hebel R. // *Anat Embryol.* – Issue 150. – 1976. – P. 45–51.
18. Wouters L. Ultrastructure of the pigment epithelium and the photoreceptors in the retina of the horse / L. Wouters, A. De Moor // *Am J Vet Res.* – Vol. 40. – 1979. – P. 1066–1071.
19. Davis J.L. The effect of topical administration of atropine sulfate on the normal equine pupil: influence of age, breed and gender / J.L. Davis, T. Stewart, E. Brazik et al. // *Vet Ophthalmol.* – Vol. 6. – 2003. – P. 329–332.
20. Roth L.S. The absolute threshold of colour vision in the horse / L.S. Roth, A. Balkenius, A. Kelber. – *PLoS One* 3:e3711. Epub, 2008. – P. 62–68.
21. Soemmerring D.W. De Ocularum hominis animaliumque sectione horizontali commentatio / Soemmerring D.W. – Gottingen: Vandenhoeck et Ruprecht, 1988. – P. 341–368.
22. Walls G.L. The vertebrate eye and its adaptive radiation / Walls G.L. – New York: Hafner Publishing, 1993. – P. 416–468.
23. Plummer C.E. Assessment of corneal thickness, intraocular pressure, optical corneal diameter, and axial globe dimensions in Miniature horses / C.E. Plummer, D.T. Ramsey, J.G. Hauptman // *Am J Vet Res.* – Vol. 64. – 2003. – P. 661–665.
24. Ramsey D.T. Corneal thickness, intraocular pressure, and optical corneal diameter in Rocky Mountain horses with cornea globosa or clinically normal corneas / D.T. Ramsey, J.G. Hauptman, S.M. Peterson-Jones // *Am J Vet Res.* – Vol. 60. – 1999. – P. 1317–1321.
25. Hammond P. The relationship between feline pupil size and luminance / P. Hammond, G.S. Mouat // *Exp Brain Res.* – Vol. 59. – 1985. – P. 485–490.
26. Miller P.E. Effects of topical administration of 0,5 % apraclonidine on intraocular pressure, pupil size, and heart rate in clinically normal dogs / P.E. Miller, M.J. Nelson, S.L. Rhaesa // *Am J Vet Res.* – Issue 57. – 1996. – P. 79–82.
27. Murphy C.J. On the gecko pupil and Scheiner's disc / C.J. Murphy, H.C. Howland // *Vis Res.* – Vol. 26. – 1986. – P. 815–817.
28. Schmidt-Morand D. Vision in the animal kingdom / Schmidt-Morand D. // *Vet Int.* – 1992. – Issue 1. – P. 3–32.
29. Findlay J.B. The structure of mammalian rod opsins / J.B. Findlay, P.F. Barclay, M. Brett et al. // *Vis Res.* – Vol. 24. – 1984. – P. 1501–1508.

30. Jacobs G.H. Photopigments of dogs and foxes and their implications for canid vision / G.H. Jacobs, J.F. Deegan 2nd, M.A. Crognale et al. // *Vis Neurosci.* – 1993. – Issue 10. – P. 173–180.
31. Kemp C.M. Rhodopsin levels in the central retina of normal miniature poodles and those with progressive rod-cone degeneration / C.M. Kemp, S.G. Jacobson // *Exp Eye Res.* – Vol. 54. – 1992. – P. 947–956.
32. Parkes J.H. Progressive rod-cone degeneration in the dog: characterization of the visual pigment / J.H. Parkes, G. Aquirre, J.H. Rockey et al. // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* – Vol. 23. – 1982. – P. 674–678.
33. Bernstein M.H. Electron microscopy of the tapetum lucidum of the cat / M.H. Bernstein, D.C. Pease // *J Biophys Biochem Cytol.* – 1999. – Issue 5. – P. 35–40.
34. Braekevelt C.R. Morphology of the tapetum fibrosum in the eye of domestic sheep / Braekevelt C.R. // *Can J Zool.* – Vol. 61. – 1983. – P. 1109–1115.
35. Coles J.A. Some reflective properties of the tapetum lucidum of the cat's eye / Coles J.A. // *J Physiol.* – Issue 212. – 1971. – P. 393–409.
36. Elliott J.H. Fluorescence in the tapetum of the cat's eye. Identification, assay and localization of riboflavin in the tapetum and a proposed mechanism by which it may facilitate vision / J.H. Elliott, S. Futterman // *Arch Ophthalmol.* – Vol. 70. – 1993. – P. 531–534.
37. Pedler C. The fine structure of the tapetum cellulosum / Pedler C. // *Exp Eye Res.* – 1995. – Issue 2. – P. 189–195.
38. Pirie A. Crystals of riboflavin making up the tapetum lucidum in the eye of a lemur / Pirie A. // *Nature.* – Vol. 183. – 1999. – P. 985–986.
39. Pirie A. The chemistry and structure of the tapetum lucidum in animals / Pirie A. // *Aspects of comparative ophthalmology* / In Ed. O. Graham-Jones. – Oxford: Pergamon Pres, 1996. – P. 16–68.
40. Weale R.A. The spectral reflectivity of the cat's tapetum measured in situ / Weale R.A. // *J Physiol.* – Issue 119. – 1993. – P. 30–42.
41. Ezeh P.I. Utilizing an optokinetic device in assessing the functional visual acuity of the dog / P.I. Ezeh et al. // *Prog Vet Neurol.* – Issue 1. – 1990. – P. 427–432.
42. Wolffsohn J.S. Contrast is enhanced by yellow lenses because of selective reduction of short-wavelength light / J.S. Wolffsohn, A.L. Cochrane, H. Khoo et al. // *Optom Vis Sci.* – Issue 77. – 2000. – P. 73–81.
43. Zigman S. The nature and properties of squirrel lens yellow pigment / S. Zigman, T. Paxhia // *Exp Eye Res.* – Vol. 47. – 1988. – P. 819–824.

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИИ ЗРЕНИЯ В ЛОШАДЕЙ. ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / Меженский А.А., Меженский А.А., Журенко Е.В.

*В статье, на основании изучения и анализа зарубежных литературных источников, сформулировано современное представление о физиологии зрения и его особенностях у лошадей. Показано, что глазное яблоко лошадей имеет ряд анатомических (большие размеры, значительный диапазон границ расширения и сужения зрачка, наличие *corpora nigra*) и физиологических особенностей и приспособлений которые позволяют этому виду животных видеть объекты на разном расстоянии и всех условиях освещения. Раскрытые анатомо-физиологические особенности органа зрения лошадей необходимо обязательно учитывать при офтальмологическом обследовании и лечении животных с глазными болезнями.*

Ключевые слова: лошади, глаза, физиология зрения.

PHYSIOLOGY FEATURES OF VISION IN HORSES. LITERATURE REVIEW /
 Mezhenkiy A.A., Mezhenkiy A.A., Zhurenko O.V.

Introduction. *Understanding of vision process of horses is important for the doctor of veterinary medicine, but in Ukraine in recent years there was not fundamental research on the physiology features of vision in horses, so there is lack local of specialized publications on these regarding this issue.*

The goal of the work. *To form the idea concerning physiology of vision and its features at horses.*

Materials and methods of research. *Research was conducted by the analysis of foreign literature devoted to the study of the physiology of vision and its features in horses.*

Results of research and discussion. *It is proved that the horses are succumbed to the Ponzo illusion, when two horizontal lines of the same size are perceived by the brain as two of different sizes. In addition, horses perceive light and darkness in relative rather than absolute terms that explains the behavior of some animals, such as resistance to crossing of certain visual barriers or entry into trailers or stables. The most important aspect of vision is the ability to identify an entity separate from its surroundings. The main task of horses vision system adaptation to light intensity changes so they have a number of devices improving vision in the dark. Horses eyes are one of the biggest among terrestrial vertebrates, which allows to get more light through large portions of the pupil. Light receipt ion in the eye is reinforced by horizontal elongation of the pupil and the horse pupil ability to increase in 6 times more compared to the size of the human pupil. Horses also have improved vision in the dark because of the retina tapetum lucidum.*

Conclusions and prospects for further research. *Eyeball of a horse has a number of anatomical and physiological characteristics and adaptations that allow this type of animal to be visually universal, have the ability to see in any light conditions. Anatomical and physiological features of the vision of horses must always be considered in the ophthalmologic examination and treatment of animals with eye diseases.*

Keywords: *horse, eye, physiology of vision.*

References

1. Timney B, Keil K: Horses are sensitive to pictorial depth clues, *Perception* 25:1121–1128, 1996.
2. Galambos R, Juhász G: How patterns of bleached rods and cones become visual perceptual experiences: a proposal, *Proc Natl Acad Sci* 98:11702–11707, 2001.
3. Green DG: Visual acuity, color vision, and adaptation. In Albert DM, Jakobiec FA, editors: *Principles and practice of ophthalmology*, Philadelphia:172–177, 1994, WB Saunders Co.
4. Livingstone MS, Hubel DH: Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, color, movement, and depth, *J Neurosci* 7:3416–3468, 1987.
5. Livingstone M, Hubel D: Segregation of form, color, movement and depth: anatomy, physiology, and perception, *Science* 240:740–749, 1988.
6. Regan D: Early visual processing of spatial form. In Kaufman PL, Alm A, editors: *Adler's physiology of the eye: clinical applications*, edn 10, St Louis:316–336, 2003, Mosby.
7. Carroll J, Murphy CJ, Neitz M, et al: Photopigment basis for dichromatic color vision in the horse, *J Vis* 1:80–87, 2001.
8. Hart NS, Hunt DM: Avian visual pigments: characteristics, spectral tuning, and evolution, *Am Nat* 169(Suppl):S7–S26, 2007.
9. Sakmar TP: Color vision. In Kaufman PL, Alm A, editors: *Adler's physiology of the eye: clinical applications*, edn 10, St Louis:16–36, 2003, Mosby.
10. Ver Hoeve JN, Neitz J, Murphy CJ: Horse sense: electrophysiologic measures of equine vision, *Invest Ophthalmol Vis Sci* 40:s22, 1999.

11. Livingstone M: Luminance and night vision. In Livingstone M, editor: Vision and art: the biology of seeing, New York:46–68, 2002, Harry N. Abrams Inc.
12. Palmer DA: Rod-cone mechanisms underlying the Purkinje shift, *Nature* 262:601–603, 1976.
13. Lu C, Fender DH: The interaction of color and luminance in stereoscopic vision, *Invest Ophthalmol* 11:482–490, 1972.
14. Rodieck RW: The first steps in seeing, Sunderland, Mass:54–68, 1998, Sinauer Associates.
15. Warrant EJ: Seeing better at night: life style, eye design and the optimum strategy of spatial and temporal summation, *Vis Res* 39:1611–1630, 1999.
16. Harman AM, Moore S, Hoskins R, et al: Horse vision and an explanation for the visual behavior originally explained by the “ramp retina,” *Equine Vet J* 31:384–390, 1999.
17. Hebel R: Distribution of retinal ganglion cells in five mammalian species (pig, sheep, ox, horse, dog), *Anat Embryol* 150:45–51, 1976.
18. Wouters L, De Moor A: Ultrastructure of the pigment epithelium and the photoreceptors in the retina of the horse, *Am J Vet Res* 40:1066–1071, 1979.
19. Davis JL, Stewart T, Brazik E, et al: The effect of topical administration of atropine sulfate on the normal equine pupil: influence of age, breed and gender, *Vet Ophthalmol* 6:329–332, 2003.
20. Roth LS, Balkenius A, Kelber A: The absolute threshold of colour vision in the horse, *PLoS One* 3:e3711. Epub 2008.
21. Soemmerring DW: De Ocularum hominis animaliumque sectione horizontali commentatio, *Vandenhoeck et Ruprecht*, 1988:341–368, Gottingen.
22. Walls GL: The vertebrate eye and its adaptive radiation, New York, 1993:416–468, Hafner Publishing.
23. Plummer CE, Ramsey DT, Hauptman JG: Assessment of corneal thickness, intraocular pressure, optical corneal diameter, and axial globe dimensions in Miniature horses, *Am J Vet Res* 64:661–665, 2003.
24. Ramsey DT, Hauptman JG, Peterson-Jones SM: Corneal thickness, intraocular pressure, and optical corneal diameter in Rocky Mountain horses with cornea globosa or clinically normal corneas, *Am J Vet Res* 60:1317–1321, 1999.
25. Hammond P, Mouat GS: The relationship between feline pupil size and luminance, *Exp Brain Res* 59:485–490, 1985.
26. Miller PE, Nelson MJ, Rhaesa SL: Effects of topical administration of 0.5 % apraclonidine on intraocular pressure, pupil size, and heart rate in clinically normal dogs, *Am J Vet Res* 57:79–82, 1996.
27. Murphy CJ, Howland HC: On the gecko pupil and Scheiner’s disc, *Vis Res* 26:815–817, 1986.
28. Schmidt-Morand D: Vision in the animal kingdom, *Vet Int* 1:3–32, 1992.
29. Findlay JB, Barclay PF, Brett M, et al: The structure of mammalian rod opsins, *Vis Res* 24:1501–1508, 1984.
30. Jacobs GH, Deegan JF 2nd, Crognale MA, et al: Photopigments of dogs and foxes and their implications for canid vision, *Vis Neurosci* 10:173–180, 1993.
31. Kemp CM, Jacobson SG: Rhodopsin levels in the central retina of normal miniature poodles and those with progressive rod-cone degeneration, *Exp Eye Res* 54:947–956, 1992.
32. Parkes JH, Aquirre G, Rockey JH, et al: Progressive rod-cone degeneration in the dog: characterization of the visual pigment, *Invest Ophthalmol Vis Sci* 23:674–678, 1982.
33. Bernstein MH, Pease DC: Electron microscopy of the tapetum lucidum of the cat, *J Biophys Biochem Cytol* 5:35–40, 1999.
34. Braekevelt CR: Morphology of the tapetum fibrosum in the eye of domestic sheep, *Can J Zool* 61:1109–1115, 1983.

35. Coles JA: Some reflective properties of the tapetum lucidum of the cat's eye, J Physiol 212:393–409, 1971.
36. Elliott JH, Futterman S: Fluorescence in the tapetum of the cat's eye. Identification, assay and localization of riboflavin in the tapetum and a proposed mechanism by which it may facilitate vision, Arch Ophthalmol 70:531–534, 1993.
37. Pedler C: The fine structure of the tapetum cellulosum, Exp Eye Res 2:189–195, 1995.
38. Pirie A: Crystals of riboflavin making up the tapetum lucidum in the eye of a lemur, Nature 183:985–986, 1999.
39. Pirie A: The chemistry and structure of the tapetum lucidum in animals. In Graham-Jones O, editor: Aspects of comparative ophthalmology, Oxford, 1996, Pergamon Pres.
40. Weale RA: The spectral reflectivity of the cat's tapetum measured in situ, J Physiol 119:30–42, 1993.
41. Ezeh PI, et al: Utilizing an optokinetic device in assessing the functional visual acuity of the dog, Prog Vet Neurol 1:427–432, 1990.
42. Wolffsohn JS, Cochrane AL, Khoo H, et al: Contrast is enhanced by yellow lenses because of selective reduction of short-wavelength light, Optom Vis Sci 77:73–81, 2000.
43. Zigman S, Paxhia T: The nature and properties of squirrel lens yellow pigment, Exp Eye Res 47:819–824, 1988.

УДК 636.09:636.4:579.62:311.42

НАПНЕНКО О.О., канд. вет. наук, e-mail: vetbiotk@i.ua

БОЖКО В.Б., e-mail: admin@biocontrol.com.ua

Державний науково-контрольний інститут біотехнології і штамів мікроорганізмів

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СВИНАРСТВА УКРАЇНИ ВАКЦИНАМИ ПРОТИ КЛАСИЧНОЇ ЧУМИ СВИНЕЙ

У статті наведено аналіз виробництва вакцин проти класичної чуми свиней (КЧС) в Україні та співвідношення об'ємів виробництва вакцини із зареєстрованою кількістю поголів'я свиней. За результатами проведеної роботи встановлено, що в Україні три підприємства виготовляють вакцини проти КЧС, які повністю задовольняють свинарство як за об'ємами виробництва, так і за якістю.

Ключові слова: вакцина, виробництво, класична чума свиней, свині, статистика.

Вступ. Епізоотичне благополуччя країни щодо КЧС досягається суворим виконанням протиепізоотичних заходів, серед яких поголівне щеплення усіх свиней проти цієї хвороби. Природним резервуаром та джерелом інфекції вірусу КЧС є дикі кабани. На території України з 1997 року епізоотій КЧС не було, проте, час від часу реєструють окремі спалахи хвороби, частіше серед диких кабанів [1, 2, 3].