УДК 619:611.71/.73:616-073.75:636.1
DOI 10.37000/abbsl.2026.120.03

Андрій Лазоренко,
кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри ветеринарії та тваринництва
Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля,
м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-0916-3901
e-mail: lazorenkoandrej@gmail.com

Ірина Бондаренко,
кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри нормальної і патологічної морфології та судової ветеринарії
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса, Україна,
ORCID ID 0000-0002-1019-3446
e-mail: bondarenkoirina173@gmail.com

РЕНТГЕНОМОРФОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ АНАТОМІЇ КОПИТ КОНЕЙ ВЕРХОВИХ ТА РИСИСТИХ ПОРІД

Анотація

Рентгеноморфометричні параметри клінічно здорових коней мають істотну варіабельність залежно від маси тварини та породи, що потребує додаткового дослідження серед окремих порід для уникнення діагностичних помилок за оцінки кутових та морфологічних параметрів.

Метою досліджень було обґрунтувати та впровадити комплексну систему рентгеноморфометричної оцінки дистального відділу кінцівок коней верхових та рисистих порід для встановлення референтних анатомо-топографічних параметрів копитної кістки відносно рогового чохла та розробки критеріїв ранньої діагностики ортопедичного дисбалансу за ламініту. Виконання рентгенограм здійснювали із використанням мобільного рентгенівського апарату типу «Арман-10ЛУ», в наступному режимі: фокусна відстань 60 см, робоча напруга на рентгенівській трубці – 70-90 кВ, експозиція 6-10 мАс.

Рентгенівські знімки отримували із використанням рентгенівських касет із синьочутливим підсилюючим екраном СРВ розміром 24×30 см виробництва «Agfa, Бельгія» та плівок відповідного розміру «ОНІКО РП-У, Україна».

Обробку рентгенівських плівок проводили із використанням проявника G 150 «Agfa, Бельгія» та фіксажу G 354 «ОНІКО, Україна». Вивчення рентгенограм здійснювали із використанням однокадрового негатоскопу OSD-HD301, (OSD, Китай). Окрім плівкових рентгенограм, виконували й цифрову рентгенографію із використанням бездротової пласкопанельної DR-панелі (детектору) з технологією йодиду цезію (CsI), виробництва фірми «VetiPad M1», Китай.

Незважаючи на те, що дистальна фаланга коней і листочки копита є біомеханічно та фізіологічно інтегрованими, дислокаційні та структурні зміни дистальної фаланги недостатньо описані при ламініті. Тому рентгеноморфометричні дослідження дозволять оптимізувати схему класифікації ламініту, яка може бути застосована до широкого спектру ламінітних уражень.

За вихідні, референтні параметри нами було обрано морфометричні розрахунки рентгенограм копит передніх (n=18) та задніх (n=18) кінцівок коней, без ортопедичної патології верхових та рисистих порід різного віку та статі.

Отриманий цифровий матеріал оброблено методами варіаційної статистики із використанням параметричного критерію Стьюдента та дискримінантного аналізу.

Рентгеноморфометричні показники клінічно здорових коней верхових та рисистих порід мають чіткі порідні варіабельності з чітко визначеними референтними лімітами, які слід враховувати при проведенні рентгеноморфометричних розрахунків за аналізу просторових взаємовідносин між копитною капсулою та кістковими структурами пальця в умовах ортопедичної патології.

Морфометрична диференціація копит коней відбувається переважно за рахунок просторової геометрії кутів, а не зміни лінійних розмірів. Ключовими дискримінаційними ознаками грудних та тазових кінцівок є кутові характеристики, що відображають функціональну спеціалізацію: адаптацію грудних кінцівок до амортизації, а тазових - до локомоторного поштовху.

Перспективами подальших досліджень, є рентгеноморфометричні розрахунки ступеня порушення просторових взаємовідносин між копитною капсулою та кістковими структурами пальця при оцінці ламінітних уражень, медіо-латерального дисбалансу коней.

Ключові слова: *Рентгенодіагностика, анатомія копит коней, морфометрія, ламініт.*

Вступ. Ламініт є системною патологією з вираженим деструктивним проявом у дистальному відділі кінцівок коней. В основі патогенезу захворювання лежить деструкція листочкового шару - високоспеціалізованої фіброзно-епітеліальної структури, яка забезпечує механічне зчеплення та анатомічну фіксацію дистальної фаланги всередині копитної капсули [1,2]. Деградація дермо-епідермального комплексу призводить до втрати стабільності кістки, її ротації або дистального опускання під дією маси тіла тварини та натягу сухожилка глибокого пальцевого згинача [3,4]. Зазначені анатомічні зміни супроводжуються гострим больовим синдромом і часто спричиняють незворотну втрату локомоторної функції, що загрожує життю тварини [2-4].

Етіологія ламініту є багатофакторною і включає метаболічні, системні запальні, травматичні та судинні патогенетичні тригери.

Для верифікації просторового розташування дистальної фаланги відносно копитної капсули застосовують комплексну клініко-рентгенологічну діагностику. Радіографія є обов'язковим методом дослідження у кожному випадку з підозрою на ламініт, оскільки вона дозволяє об'єктивно оцінити цілісність рогового чохла, верифікувати факт та вектор зміщення кістки, а також виявити остеолітичні процеси у копитній кістці [5,6].

Цей метод є ключовим інструментом для визначення стадії патології, ступеня її хронізації, тяжкості перебігу та моніторингу прогресування процесу. Разом з тим, рентгенографія має певні діагностичні обмеження: вона не забезпечує прямої візуалізації стану пальцевого мікроциркуляторного русла та периваскулярних тканин дистальної фаланги [6,7]. Крім того, тривалий час клінічним стандартом вважалося виконання латеро-медіальної (бокової) проекції. Проте, зважаючи на складний об'ємний характер морфологічних деформацій при ламініті, які включають капсульну ротацію, ротацію кістки, її

асиметричне заглиблення, а також медіо-латеральний дисбаланс, ізольована візуальна оцінка рентгенограм є недостатньою [4,5]. Для повноцінного документування просторових архітектонічних порушень дистального відділу пальця доцільно впроваджувати математичні розрахунки рентгеноморфометричних показників.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Рентгеноморфометричний аналіз дистального відділу кінцівок коней є фундаментальним інструментом у сучасній ветеринарній ортопедії. Об’єктивна кількісна оцінка просторових взаємовідносин між копитною капсулою та кістковими структурами пальця дозволяє не лише діагностувати субклінічні патології, а й прогнозувати перебіг важких ортопедичних захворювань [8].

Рентгенологічні дослідження копит коней вважаються основними діагностичними методами візуалізації при оцінці стану коней з ламінітом. Знання референтних анатомічних показників породи дозволяє оцінити ступінь та тяжкість радіологічних змін, пов'язаних з ламінітом [9].

Стандартизованою основою при проведенні рентгенологічного дослідження є виконання латеро-медіальних та дорсо-пальмарних рентгенограм із обов'язковим застосуванням рентгеноконтрастних маркерів з детальним описом ключових морфометричних констант, таких як дистанція від розгинального відростку копитної кістки до вінчика, кут зачепного кінця копитної кістки з грунтом та товщина дорсальної стінки, які досі використовуються як визнані клінічні орієнтири [10].

Дослідження інших авторів, доповнило цю базу біомеханічним обґрунтуванням, продемонструвавши безпосередній зв'язок між порушенням паралельності дорсальної стінки копита і третьої фаланги та перевантаженням сухожилкового-зв’язкового апарату [3].

Зазначені параметри морфометричних промірів є змінними та можуть залежати від індивідуальних відмінностей, включаючи породу або розмір коня [10,11].

Сучасні останні дослідження спрямовані на встановлення референтних значень для різних порід, оскільки універсальний підхід часто призводить до помилкової діагностики.

Отже, для проведення рентгеноморфометричних вимірів величин щодо кутів та положення дистальної фаланги, необхідно орієнтуватись на певні анатомічні референтні значення клінічно здорових коней в межах окремих порід. Попередні дослідження проводилися на різних породах коней, таких як чистокровні [12], ганноверські [13], арабські [8,12] та поні [13].

Дослідженнями встановлено стійку позитивну кореляцію між більшістю лінійних вимірів копита та висотою тварини в холці, які доводять, що копита поні є відносно більшими порівняно з масою тіла, ніж у чистопородних верхових коней. Крім того, виявлено асиметрію: у 72% випадків ліві передні копита виявилися довшими за праві [14].

За даними інших дослідників, нормальні параметри товщини дорсальної стінки та кутів фаланг у чистопородних арабських коней мають виражену однорідність, а статистично значущих відмінностей між лівою та правою кінцівками в межах норми виявлено не було [8]. Аналогічні дослідження балансу копита на туркменських конях показали, що показник дистанції від розгинального відростку копитної кістки до вінчика має пряму позитивну кореляцію з живою масою тварини, а кутові параметри суттєво варіюють залежно від віку (коні віком до 3 років мають більш крутий кут дистальної фаланги [11].

Окрему увагу науковців привернули ваговозні породи коней. У інших дослідженнях, було доведено, що класичні референтні інтервали для легких порід коней непридатні для важковозів. Дослідники розрахували специфічне співвідношення товщини дорсальної стінки до довжини копитної кістки, яке в нормі у важковозів становило 0,33 (варіюючи від 0,28 до 0,39), що значно перевищує стандартний показник легких коней та повинно застерігати від хибного діагностування ламініту в клінічно здорових коней великих порід [15].

Таким чином, рентгеноморфометричні параметри клінічно здорових коней мають істотну варіабельність залежно від маси тварини та породи, що потребує додаткового дослідження серед окремих порід для уникнення діагностичних помилок за оцінки кутових та морфологічних параметрів.

Мета. Обґрунтувати та впровадити комплексну систему рентгеноморфометричної оцінки дистального відділу кінцівок коней верхових та рисистих порід для встановлення референтних анатомо-топографічних параметрів копитної кістки відносно рогового чохла та розробки критеріїв ранньої діагностики ортопедичного дисбалансу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Клінічні дослідження передбачали збір анамнестичних даних, огляд тварини, вимірювання температури тіла, частоти серцевих скорочень, дихальних рухів та ортопедичне обстеження, що включало в себе визначення постанови кінцівок, наявність чи відсутність кульгання, характер спирання кінцівки, місцевої температури, пульсації пальцевих артерії, зовнішній огляд копита (наявність деформацій, тріщин, розседин рогу), в тому числі й зі сторони підошви, пальпацію м’якушних хрящів, перкусію, дослідження пробними копитними щипцями.

Рентгенологічні дослідження включали в себе виконання оглядових рентгенограм в латеро-медіальній, а в окремих випадках, для оцінки стану м’якушних хрящів і остеопатичних змін дистальної фаланги, додатково у прямій проекціях та проведення рентгеноморфометричних розрахунків з метою деталізації глибини дислокаційних змін копитної кістки по відношенню до окремих елементів рогової капсули копита за ламінітів.

Підготовка копита до рентгенологічного дослідження передбачала очищення копита від грунту, підстилкового матеріалу, видалення заломленого, сухого рогу та обрізання надмірно об’ємної стрілки, розчищення бокових та міжстрілкової борозенок.

Надалі, копито розміщували на дерев'яному блоці близько 7 см висотою та достатньою шириною, щоб на ньому вільно могло розміщуватись копито своєю підошовною поверхнею. Також використовувався прямий рентгеноконтрастний маркер із металевого дроту довжиною 40 мм, який розміщувався на передній копитній стінці, по серединній лінії після попереднього зняття лущення коронарного шару рогу копитним рашпілем для щільного прилягання.

Виконання рентгенограм здійснювали із використанням мобільного рентгенівського апарату типу «Арман-10ЛУ» виробництва АТ «Актюбрентген, м. Актобе, Казахстан», в наступному режимі: фокусна відстань 60 см, робоча напруга на рентгенівській трубці – 70-90 кВ, експозиція 6-10 мАс.

Рентгенівські знімки отримували із використанням рентгенівських касет із синьочутливим підсилюючим екраном СРВ розміром 24×30 см виробництва «Agfa, Бельгія» та плівок відповідного розміру «ОНІКО РП-У, Україна».

Обробку рентгенівських плівок проводили із використанням проявника G 150 «Agfa, Бельгія» та фіксажу G 354 «ОНІКО, Україна». Вивчення рентгенограм здійснювали із використанням однокадрового негатоскопу OSD-HD301, (OSD, Китай). Окрім плівкових рентгенограм, виконували й цифрову рентгенографію із використанням бездротової пласкопанельної DR-панелі (детектору) з технологією йодиду цезію (CsI), виробництва фірми «VetiPad M1», Китай.

Незважаючи на те, що дистальна фаланга коней і листочки копита є біомеханічно та фізіологічно інтегрованими, дислокаційні та структурні зміни дистальної фаланги недостатньо описані при ламініті. Тому рентгеноморфометричні дослідження дозволять оптимізувати схему класифікації ламініту, яка може бути застосована до широкого спектру ламінітних уражень, рис. 1,2.

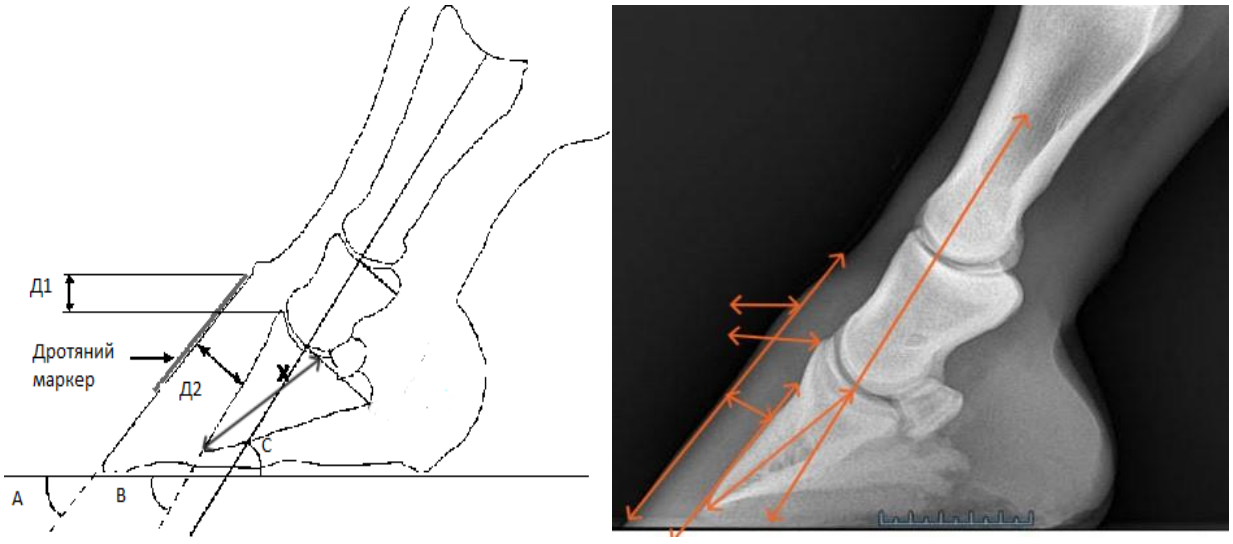

Рис. 1,2. Вихідні дані для рентгеноморфометричних розрахунків

Рентгеноморфометричні розрахунки проводили шляхом визначення наступних величин:

Д1 – дистанція від розгинального відростку копитної кістки до вінчика;

Д2 – товщина стінки в середній її частині;
Д3 – Довжина дистальної фаланги;
А – кут зачепа з грунтом;
В – кут зачепного кінця копитної кістки з грунтом;
С – кут пальцевої осі з грунтом;
D – різниця кутів (В-С);
Е – різниця кутів (В-А).

За вихідні, референтні параметри нами було обрано морфометричні розрахунки рентгенограм копит передніх (n=18) та задніх (n=18) кінцівок коней, без ортопедичної патології верхових та рисистих порід різного віку та статі.

Отриманий цифровий матеріал оброблено методами варіаційної статистики із використанням параметричного критерію Стьюдента та дискримінантного аналізу.

Для виявлення анатомо-рентгенологічних особливостей будови дистального відділу кінцівок коней верхових та рисистих порід було проведено порівняльний аналіз морфометричних параметрів копит грудних та тазових кінцівок. Комплексна оцінка включала 8 ключових ознак, серед яких 3 лінійні показники (Д1, Д2, Д3) та 5 кутових характеристик (кути А, В, С, D, Е). Результати статистичної обробки біометричних даних наведено в таблиці 1.

Таблиця 1.

Рентгеноморфометричні дані копит клінічно здорових коней верхових та рисистих порід, (n=18)

Показник		Грудна кінцівка	Тазова кінцівка	*p*<	+/-
Д1, мм	M±m	6,22±0,49	6,56±0,53	нд	+0,34
	lim	3,0-10,0	3,0-10,0		
Д2, мм	M±m	20,39±0,62	19,44±0,41	нд	-0,95
	lim	16,0-25,0	16,0-22,0		
Д3, мм	M±m	6,27±0,31	5,97±0,47	нд	-0,30
	lim	6,0-7,6	5,8-7,5		
Кут А,^{0}	M±m	49,06±0,51	53,11±0,72	0,001	+4,05
	lim	45,0-52,0	48,0-57,0		
Кут В,^{0}	M±m	50,67±0,49	55,22±0,74	0,001	+4,55
	lim	48,0-54,0	50,0-61,0		
Кут С,^{0}	M±m	48,94±0,62	52,94±0,65	0,001	-4,0
	lim	45,0-55,0	50,0-58,0		
Кут D,^{0}	M±m	2,18±0,26	2,76±0,34	нд	+0,58
	lim	0-4,0	0-4,0		
Кут Е,^{0}	M±m	2,21±0,37	2,86±0,40	нд	+0,65
	lim	0-5,0	0-5,0		

Проведений біометричний аналіз вказує на наявність глибокої диференціації між рентгенологічною архітектонікою копит грудних та тазових кінцівок, яка переважно виражається в трансформації їх кутових параметрів. Найбільш виражені та статистично вірогідні зміни виявлено за показниками кутів А та ($p<0,001$). Встановлено, що середнє значення кута А на тазових кінцівках становить 53,11±0,72°, що на 4,05° перевищує аналогічний показник грудних кінцівок (49,06±0,51°). Подібна закономірність виявляється і щодо кута В, який в копитах тазових кінцівок є вірогідно більшим на 4,55° (55,22±0,74° проти 50,67±0,49° для грудних кінцівок, відповідно). Зрушення міжгрупових меж лімітів (для кута А: 45,0–52,0° у грудних проти 48,0–57,0° у тазових) додатково вказує на постійний характер виявленої відмінності. Статистично вірогідна різниця зафіксована також, для кута С ($p<0,001$), проте цей параметр демонструє зворотну тенденцію - його значення зменшується на тазових кінцівках на 4,0° порівняно з грудними, рисунок 3.

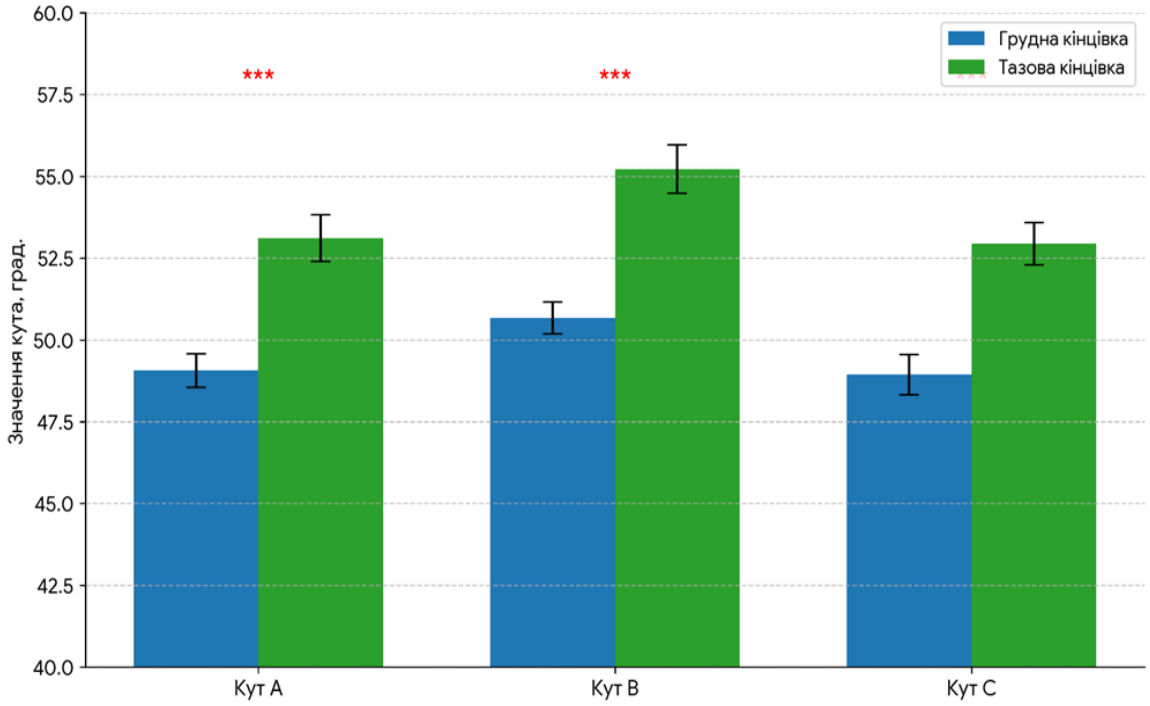

Рис. 3. Порівняльна характеристика кутових параметрів грудної та тазової кінцівок. *Дані представлені як M ± m. Ознакою *** відмічено статистично значущі відмінності між кінцівками при p < 0,001 (за результатами дисперсійного аналізу).*

Описані перетворення кутових характеристик (збільшення кутів А, В та зменшення кута С) мають чітке біомеханічне обґрунтування. Більш крутий нахил стінок тазових копит забезпечує оптимальний кут атаки та жорсткість конструкції, необхідну для реалізації пружньо-ресорного імпульсу під час локомоції. Натомість менші кути нахилу грудних копит роблять їх більш

пологими, що суттєво підвищує їх ресорні (амортизаційні) властивості, мінімізуючи ударні навантаження, оскільки саме на передні кінцівки припадає до 60% статичної ваги тіла тварини. На противагу кутовим параметрам, лінійні розміри копит (Д1, Д2, Д3) не виявили статистично значимої різниці між досліджуваними групами. Зокрема, середня ширина/довжина Д1 на тазових кінцівках має лише слабку тенденцію до збільшення (+0,34 мм), тоді як показники Д2 та Д3 демонструють мінімальне непереконливе зниження (на -0,95 мм та -0,30 мм відповідно). Повна симетричність варіаційних лімітів лінійних ознак (наприклад, для Д1 в обох випадках мінливість обмежена діапазоном 3,0–10,0 мм) вказує на те, що лінійні проміри є відносно стабільними константами екстер'єру коней верхових та рисистих порід, які відображають загальні розміри тварини, а не функціональну специфіку кінцівки.

Показники **кута D** (2,76 ± 0,34°) та **кута E** (2,86 ± 0,40°) на тазових кінцівках мають помірну тенденцію до зростання порівняно з грудними (+0,58° та +0,65°), проте через високий рівень індивідуальної варіативності та широкі межі розподілу від 0 до 4,0–5,0°, ці розбіжності не досягають критерію статистичної достовірності.

Дискримінантний аналіз додатково, з високою вірогідністю (86,7%) продемонстрував наявність істотних кутових відмінностей копит грудних та тазових кінцівок коней з розподілом на анатомічні групи.

Параметри Д1, Д2 та Д3 мають значно менший вплив на дискримінацію порівняно з кутовими характеристиками, що свідчить про те, що передні та задні копита відрізняються передусім своєю формою та нахилом (кутами), а не лінійними лінійними розмірами, рисунок 4.

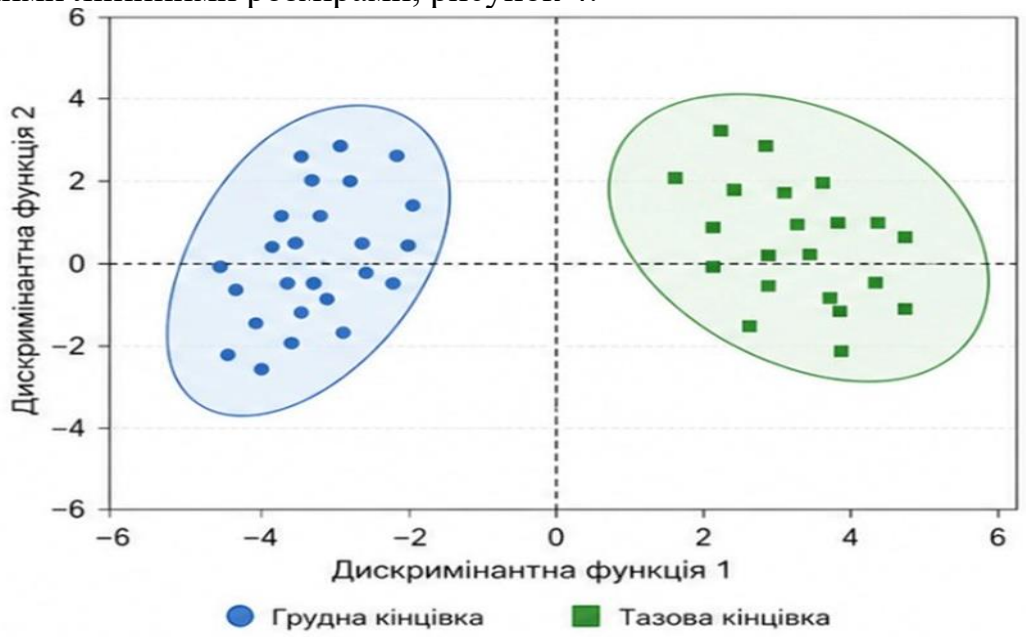

Рис.4. Дискримінантний графік розсіювання рентгеноморфометричних параметрів копит грудної та тазової кінцівок.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Рентгеноморфометричні показники клінічно здорових коней верхових та рисистих порід мають чіткі порідні варіабельності з чітко визначеними референтними лімітами, які слід враховувати при проведенні рентгеноморфометричних розрахунків за аналізу просторових взаємовідносин між копитною капсулою та кістковими структурами пальця в умовах ортопедичної патології.
2. Морфометрична диференціація копит коней відбувається переважно за рахунок просторової геометрії кутів, а не зміни лінійних розмірів. Ключовими дискримінаційними ознаками грудних та тазових кінцівок є кути A, B та C ($p<0,001$), що відображає функціональну спеціалізацію: адаптацію грудних кінцівок до амортизації, а тазових - до локомоторного поштовху.

Перспективами подальших досліджень, є рентгеноморфометричні розрахунки ступеня порушення просторових взаємовідносин між копитною капсулою та кістковими структурами пальця при оцінці ламінітних уражень, медіо-латерального дисбалансу коней.

Автори підтверджують відсутність потенційного чи наявного конфлікту інтересів, який міг би вплинути на результати дослідження та публікації

Список використаної літератури

1. Orsini, J.A. (2014). Science-in-brief: Equine laminitis research: milestones and goals. Equine Vet. J., 46(5), 529–33. doi: 10.1111/evj.12301.
2. Yang, Q. & Lopez M.J. (2021). The Equine Hoof: Laminitis, Progenitor (Stem) Cells, and Therapy Development. Toxicol Pathol, 49(7), 1294–1307. doi: 10.1177/0192623319880469.
3. Sherlock, C. & Parks, A. (2013). Radiographic and radiological assessment of laminitis. Equine Vet. Education, 25(10), 524–535. doi: 10.1111/eve.
4. Skelton, G., Acutt, E., Stefanovski, D. & Andrew van Eps. (2024). Evaluation of digital radiographic measurements for the diagnosis of acute laminitis. Equine Vet. J., 57(4), 931–942. doi: 10.1111/evj.14436
5. Dyson, S.J., Tranquille, C.A., Collins, S.N., Parkin, T.D. & Murray, R.C. (2011). An investigation of the relationships between angles and shapes of the hoof capsule and the distal phalanx. Equine Vet J., 43, 295–301. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00162.x.
6. Engiles, J.B., Galantino-Homer, H.L., Boston, R., McDonald, D., Dishowitz, M. & Hankenson, K.D. (2015). Osteopathology in the Equine Distal Phalanx Associated With the Development and Progression of Laminitis. Vet Pathol., 52(5), 928–944. doi: 10.1177/0300985815588604.
7. Reiser, V., Reiser, A. & Licka, T.F. (2023). Radiological features of arterial channels in the equine third phalanx measured using a novel customized software represent changes of laminitis. Am J Vet Res., 85(1), 1–10. doi: 10.2460/ajvr.23.07.0150.
8. Vosugh, D., Nazem, M.N. & Hooshmand, A.R. (2017). Radiological anatomy of distal phalanx of front foot in the pure Iranian Arabian horse. Folia Morphol., 76, 4, 702–708. doi: 10.5603/FM.a2017.0028.
9. Jacquinet, G., Rowan, C., Ryan, J., Vinardell, T., Thompson, I.R. & Johnson, J.P. (2024). Radiological measurements of the feet of normal Straight Egyptian Arabian horses in Qatar. J Equine Vet Sci, 137:105072. doi: 10.1016/j.jevs.2024.105072.

10. Cripps, P.J. & Eustace, R.A. (1993). Radiological measurements from the feet of normal horses with relevance to laminitis. Equine Vet J., 31(5):427–432. doi: 10.1111/j.2042-3306.1999.tb03844.x.
11. Khaledi, K.A., Mirshahi, A., Sardari, K., Azizzadeh, M. & Ghasemi, S. (2024). Radiographic assessment of normal parameters of forelimb distal phalanx in Turkmen horses. Vet Res Forum, 15(1), 43–47. doi: 10.30466/vrf.2023.562962.3653.
12. Riedesel, E.A. (2013). The equine phalanges. In: Thrall DE, editor. Textbook of veterinary diagnostic radiology. 6th ed. St. Louis, USA: Elsevier Saunders, pp. 446–449.
13. Gündemir, O., Szara, T., Pazvant, G., Dilek, O.E., Sokol, D. & Perez, W. (2021). Radiogrametric analysis of the thoracic limb phalanges in Arabian horses and Thoroughbred horses. Animals (Basel), 11(8):2205. doi: 10.3390/ani11082205.
14. Thieme, K., Ehrle, A. & Lischer, C. (2015). Radiographic measurements of the hooves of normal ponies. Vet J., 206(3), 332–337. doi: 10.1016/j.tvjl.2015.10.005.
15. Larsen, C.D., Wilkinson, T.E., Roberts, G.D., Guess, S.C., Mattoon, J.S. & Sanz, M.G. (2023). Radiographic analysis of the dorsal hoof wall thickness in clinically normal draft horses. Am J Vet Res., 85(1), 1–4. doi: 10.2460/ajvr.23.06.0145.

Lazorenko Andrii,
Associate Professor, Department of Veterinary Medicine and Animal Husbandry
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine,
ORCID ID 0000-0002-0916-3901
e-mail: lazorenkoandrej@gmail.com

Bondarenko Iryna,
Associate Professor, Department of Normal and Pathological Morphology and Forensic Veterinary Medicine
Odesa State Agrarian University, Odesa, Ukraine,
ORCID ID 0000-0002-1019-3446
e-mail: bondarenkoirina173@gmail.com

X-RAY MORPHOMETRIC ANALYSIS OF THE HOOF ANATOMY OF HORSES OF EQUINE AND TROOPING BREEDS

Abstract

X-ray morphometric parameters of clinically healthy horses have significant variability depending on the mass of the animal and breed, which requires additional research among individual breeds to avoid diagnostic errors when assessing angular and morphological parameters.

The aim of the research was to substantiate and implement a comprehensive system of X-ray morphometric assessment of the distal limb of horses of riding and trotting breeds to establish reference anatomical and topographic parameters of the hoof bone relative to the horny cover and develop criteria for early diagnosis of orthopedic imbalance in laminitis. The radiographs were performed using a mobile X-ray apparatus of the "Arman-10LU" type, in the following mode: focal length 60 cm, operating voltage on the X-ray tube - 70-90 kV, exposure 6-10 mAs.

X-ray images were obtained using X-ray cassettes with a blue-sensitive CPB intensifying screen measuring 24×30 cm manufactured by Agfa, Belgium and films of the corresponding size by ONIKO RP-U, Ukraine.

X-ray films were processed using the G 150 developer by Agfa, Belgium and the G 354 fixer by ONIKO, Ukraine. The radiographs were studied using a single-frame negative scope OSD-HD301, (OSD, China). In addition to film radiographs, digital radiography was also performed using a wireless flat-panel DR panel (detector) with cesium iodide (CsI) technology, manufactured by VetiPad M1, China.

Despite the fact that the distal phalanx of horses and hoof leaflets are biomechanically and physiologically integrated, dislocation and structural changes of the distal phalanx are not sufficiently described in laminitis. Therefore, X-ray morphometric studies will allow us to optimize the laminitis classification scheme, which can be applied to a wide range of laminitis lesions.

As the initial, reference parameters, we chose morphometric calculations of radiographs of the hooves of the fore (n = 18) and hind (n = 18) limbs of horses without orthopedic pathology of riding and trotting breeds of different ages and sexes.

The obtained digital material was processed by methods of variational statistics using the parametric Student's t-test and discriminant analysis.

X-ray morphometric indicators of clinically healthy horses of riding and trotting breeds have clear breed variability with clearly defined reference limits, which should be taken into account when conducting X-ray morphometric calculations by analyzing the spatial relationships between the hoof capsule and bone structures of the finger in conditions of orthopedic pathology.

Morphometric differentiation of horse hooves occurs mainly due to the spatial geometry of the angles, rather than changes in linear dimensions. The key discriminatory features of the thoracic and pelvic limbs are angular characteristics that reflect functional specialization: the adaptation of the thoracic limbs to shock absorption, and the pelvic limbs to locomotor thrust. Prospects for further research include X-ray morphometric calculations of the degree of disruption of the spatial relationship between the hoof capsule and the bone structures of the toe when assessing laminitis lesions, medio-lateral imbalance in horses.

Keywords: *X-ray diagnostics, anatomy of horse hooves, morphometry, laminitis.*

References

1. Orsini, J.A. (2014). Science-in-brief: Equine laminitis research: milestones and goals. Equine Vet. J., 46(5), 529–33. doi: 10.1111/evj.12301.
2. Yang, Q. & Lopez M.J. (2021). The Equine Hoof: Laminitis, Progenitor (Stem) Cells, and Therapy Development. Toxicol Pathol, 49(7), 1294–1307. doi: 10.1177/0192623319880469.
3. Sherlock, C. & Parks, A. (2013). Radiographic and radiological assessment of laminitis. Equine Vet. Education, 25(10), 524–535. doi: 10.1111/eve.
4. Skelton, G., Acutt, E., Stefanovski, D. & Andrew van Eps. (2024). Evaluation of digital radiographic measurements for the diagnosis of acute laminitis. Equine Vet. J., 57(4), 931–942. doi: 10.1111/evj.14436
5. Dyson, S.J., Tranquille, C.A., Collins, S.N., Parkin, T.D. & Murray, R.C. (2011). An investigation of the relationships between angles and shapes of the hoof capsule and the distal phalanx. Equine Vet J., 43, 295–301. doi: 10.1111/j.2042-3306.2010.00162.x.
6. Engiles, J.B., Galantino-Homer, H.L., Boston, R., McDonald, D., Dishowitz, M. & Hankenson, K.D. (2015). Osteopathology in the Equine Distal Phalanx Associated With the Development and Progression of Laminitis. Vet Pathol., 52(5), 928–944. doi: 10.1177/0300985815588604.
7. Reiser, V., Reiser, A. & Licka, T.F. (2023). Radiological features of arterial channels in the equine third phalanx measured using a novel customized software represent changes of laminitis. Am J Vet Res., 85(1), 1–10. doi: 10.2460/ajvr.23.07.0150.
8. Vosugh, D., Nazem, M.N. & Hooshmand, A.R. (2017). Radiological anatomy of distal phalanx of front foot in the pure Iranian Arabian horse. Folia Morphol., 76, 4, 702–708. doi: 10.5603/FM.a2017.0028.
9. Jacquinet, G., Rowan, C., Ryan, J., Vinardell, T., Thompson, I.R. & Johnson, J.P. (2024). Radiological measurements of the feet of normal Straight Egyptian Arabian horses in Qatar. J Equine Vet Sci, 137:105072. doi: 10.1016/j.jevs.2024.105072.
10. Cripps, P.J. & Eustace, R.A. (1993). Radiological measurements from the feet of normal horses with relevance to laminitis. Equine Vet J., 31(5):427–432. doi: 10.1111/j.2042-3306.1999.tb03844.x.

11. Khaledi, K.A., Mirshahi, A., Sardari, K., Azizzadeh, M. & Ghasemi, S. (2024). Radiographic assessment of normal parameters of forelimb distal phalanx in Turkmen horses. Vet Res Forum, 15(1), 43–47. doi: 10.30466/vrf.2023.562962.3653.
12. Riedesel, E.A. (2013). The equine phalanges. In: Thrall DE, editor. Textbook of veterinary diagnostic radiology. 6th ed. St. Louis, USA: Elsevier Saunders, pp. 446–449.
13. Gündemir, O., Szara, T., Pazvant, G., Dilek, O.E., Sokol, D. & Perez, W. (2021). Radiogrametric analysis of the thoracic limb phalanges in Arabian horses and Thoroughbred horses. Animals (Basel), 11(8):2205. doi: 10.3390/ani11082205.
14. Thieme, K., Ehrle, A. & Lischer, C. (2015). Radiographic measurements of the hooves of normal ponies. Vet J., 206(3), 332–337. doi: 10.1016/j.tvjl.2015.10.005.
15. Larsen, C.D., Wilkinson, T.E., Roberts, G.D., Guess, S.C., Mattoon, J.S. & Sanz, M.G. (2023). Radiographic analysis of the dorsal hoof wall thickness in clinically normal draft horses. Am J Vet Res., 85(1), 1–4. doi: 10.2460/ajvr.23.06.0145.

Стаття надійшла до редакції 12.07.2026
Стаття пройшла рецензування 09.08.2026
Стаття опублікована 30.09.2026