

dr hab. Sylwester Kowalik, prof. uczelni  
Katedra Fizjologii Zwierząt  
Wydział Medycyny Weterynaryjnej UP w Lublinie  
ul. Akademicka 12, 20-033 Lublin  
tel. 81 445 69 73

## RECENZJA

pracy doktorskiej lek. wet. Elżbiety Stefanik pt.:

### **„Charakterystyka aktywności mioelektrycznej wybranych mięśni szkieletowych koni ”**

przygotowanej w Katedrze Chorób Dużych Zwierząt i Klinice Instytutu Medycyny Weterynaryjnej SGGW w Warszawie pod kierunkiem promotora, dr hab. Małgorzaty Domino, prof. uczelni oraz promotora pomocniczego dr n. wet. Natalii Domańskiej – Kruppa.

Podstawę formalną recenzji stanowi uchwała Rady Dyscypliny Weterynarii SGGW w Warszawie (nr 12/WET-2024/2025) o powołaniu recenzentów pracy doktorskiej lek. wet. Elżbiety Stefanik pt.: „Charakterystyka aktywności mioelektrycznej wybranych mięśni szkieletowych koni” (pismo Biura Obsługi Nauki SGGW nr BON.5100.7.2025 z dnia 05.03.2025).

Praca doktorska lek. wet. Elżbiety Stefanik prezentuje wyniki przeprowadzonych badań z zakresu aktywności mioelektrycznej mięśni szkieletowych u koni przy użyciu metody elektromiografii powierzchniowej (sEMG). Ogólnie, metoda ta pozwala na ocenę potencjałów bioelektrycznych mięśni, generowanych zarówno w spoczynku jak również podczas aktywności skurczowej mięśni. Sygnały te zbierane są za pomocą elektrod powierzchniowych bez ingerencji w tkanki ciała. Nieinwazyjny i bezbolesny charakter sEMG sprawia, że jest to cenne narzędzie w monitorowaniu aktywacji mięśni szkieletowych w stanach fizjologicznych jak również patologicznych. W praktyce sEMG znajduje obecnie szereg zastosowań, min. do badania odruchów nerwowo-mięśniowych, określania wzorców ruchu czy aktualnego stanu mięśni, np. przy jej pomocy można odróżnić zaniki mięśniowe od osłabienia mięśni pochodzenia miopatycznego lub neurogenego. Metodę tę można również wykorzystać do monitorowania i wychwytywania różnic w kontroli motorycznej po interwencjach chirurgicznych, zabiegach terapeutycznych lub rehabilitacyjnych.

W naukach weterynaryjnych elektromiografia powierzchniowa, jako metoda badawcza oraz diagnostyczna, powoli znajduje zastosowanie, szczególnie w medycynie psów oraz koni. Świadczą o tym nieliczne jeszcze, w porównaniu do medycyny człowieka, publikacje. Pierwsze z nich pojawiły się na początku XX wieku a w ostatnich latach ich liczba sukcesywnie rośnie. Zastanawiające jest jednak to, iż większość autorów zwraca w swoich pracach uwagę na brak spójności uzyskiwanych wyników z wynikami innych badaczy. O ile brak spójności gatunkowej jest w miarę zrozumiały, to jak wytłumaczyć różnice w notowanych wynikach dla poszczególnych mięśni? Różnice na tyle istotne, że niemożliwym stało się do dziś stworzenie referencyjnych wzorców ich aktywności elektrycznej. Kolejnym problemem, który został dostrzeżony, to brak ujednoliconych schematów metodyczno-analitycznych, zapewniających porównywalność uzyskiwanych wyników przez poszczególne zespoły badawcze. Ograniczenia te są o tyle istotne, iż nie pozwalają na stworzenie wspólnych baz danych, gromadzących referencyjne sekwencje aktywności mioelektrycznej poszczególnych mięśni dla różnych gatunków zwierząt. Znalezienie zatem odpowiednich rozwiązań pozwalających





wystandaryzować stosowaną metodykę, tak by stworzyć wiarygodną bazę danych wartości referencyjnych aktywności mioelektrycznej mięśni szkieletowych, stanowi duże wyzwanie badawcze. Jest to szczególnie istotne, jeśli metoda sEMG ma być stosowana w badaniach klinicznych przypadków o cechach zaburzeń lokomotorycznych tła neurogennego lub miogennego.

Doktorantka podjęła takie wyzwanie i w swojej pracy przedstawiła wyniki szczegółowych badań nad możliwością zastosowania metody sEMG u koni. Jak wiadomo, konie ze względu na sposób użytkowania, są gatunkiem szczególnie predysponowanym do występowania urazów narządu ruchu, tj. układu kostno-stawowego, mięśni i ścięgien. Wiadomo, że w zależności od siły oddziaływania, pewne czynniki o charakterze traumatogennym mogą w sposób bezpośredni lub pośredni wywoływać negatywne oddziaływanie na organizm. W odpowiedzi, uruchamiane zostają mechanizmy obronne lub kompensacyjne, które prowadzą do zmian zarówno anatomicznych jak i fizjologicznych szeregu układów, w tym układu ruchu. W przypadku tkanki mięśniowej do zmian anatomicznych zaliczyć można hipertrofię lub hipotrofię, która w skrajnych przypadkach może przekształcić się w atrofię. W przypadku zmian o charakterze fizjologicznym trzeba wspomnieć o zaburzeniach dotyczących mechanizmu utrzymania prawidłowego tonusu mięśniowego, zaburzeniach kurczliwości wynikających ze zmian ilościowych lub jakościowych białek kurczliwych i/lub regulacyjnych miocytów, zmianach na poziomie płytek motorycznych, czy zmianach ilościowych jonów komórkowych, warunkujących pobudliwość miocytów. Jak wiadomo, tkanka mięśniowa jest tkanką, którą fizjologicznie cechuje min. pobudliwość oraz zdolność do przewodzenia fali pobudzenia. Metoda sEMG, zastosowane przez Doktorantkę, wykorzystuje te cechy, ponieważ powstające w mięśniach zjawiska elektryczne można rejestrować w postaci tzw. potencjałów bioelektrycznych, generowanych zarówno w spoczynku jak i podczas ruchu konia. Takie też uzasadnienie podjętych badań zostało przez Doktorantkę przedstawione a uzyskane wnioski są wynikiem zastosowania odpowiednio opracowanych metod.

Przedstawiona do oceny dysertacja ma charakter monografii, o układzie typowym dla tego typu prac. Składa się z 8 rozdziałów głównych, wśród których zawarte są liczne podrozdziały, które łącznie stanowią 191 stron maszynopisu. Całość pracy oparta jest na imponującej liczbie publikacji (213 pozycji), stanowiącej przegląd najnowszej literatury dotyczącej tematyki poruszanej przez Doktorantkę. Znakomitą część przytoczonego piśmiennictwa stanowią anglojęzyczne publikacje naukowe o charakterze prac oryginalnych.

Rozdział 1 to syntetyczne streszczenie pracy (w języku angielskim oraz polskim), zawierające krótki wstęp, cele pracy, opis metod badawczych oraz uzyskanych wyników. Zauważalny jest natomiast brak wniosków. Finalnie, Autorka zaznacza jedynie, iż przeprowadzone badania stanowią kontynuację międzynarodowych prac innych zespołów badawczych nad opracowaniem danych referencyjnych dla metody sEMG u koni.

W rozdziale 2, który stanowi wstęp do pracy, Doktorantka przedstawia możliwości wykorzystania metody sEMG w medycynie koni oraz problemy, z jakimi muszą się mierzyć zespoły badawcze stosujące tę metodę. Zwraca uwagę na to, iż często napotykane trudności wynikają z braku ujednoliconych standardów metodycznych, polegających min. na dość dowolnej lokalizacji elektrod względem badanych mięśni czy odpowiedniego, wystandaryzowanego sposobu przygotowania pola badawczego. Trzeba tu wspomnieć, iż w ostatnim zdaniu rozdziału, Autorka wspomina, iż jej praca i uzyskane wyniki „zapoczątkują proces międzynarodowej standaryzacji protokołu badania sEMG u koni” ale wcześniej, w streszczeniu, pada stwierdzenie, że wyniki te stanowią już „kontynuację” takich prac. Jest to pewna niekonsekwencja, bo albo praca jest częścią wielu badań, na wynikach których powstanie standardowy protokół badawczy albo dopiero stworzy podwaliny pod taki protokół. Kolejny komentarz dotyczy użytego przez Autorkę sformułowania, iż „w medycynie



weterynaryjnej brakuje standardowych metod rozmieszczanie elektrod”. Metoda jest jedna – sEMG, natomiast myślę, że brakuje pewnej standaryzacji w sposobie przygotowania pola oraz lokalizacji mocowania elektrod uwzględniającą topografię badanego mięśnia.

Rozdział 3, który stanowi przegląd piśmiennictwa jest bardzo rozbudowany, składa się bowiem z 14 podrozdziałów, zawiera 9 tabel oraz 2 ryciny. Zamieszczenie tabel oraz rycin w tej części pracy znacznie ułatwiło rozeznanie się w poruszanych w poszczególnych podrozdziałach zagadnieniach. Na pochwałę zasługuje ich czytelność oraz wyczerpująca zawartość merytoryczna. Rozdział rozpoczyna opis budowy aparatu ruchu u konia, w którym pojawiła się pewna fizjologiczna nieścisłość. Otóż trzeba pamiętać, iż skurczem mięśniowym nazywamy nie tylko zmianę długości mięśnia ale też każdą zmianę jego napięcia, nawet bez zmiany długości. Uwaga ta dotyczy zdania, w którym Autorka podaje, iż skurcz mięśnia powoduje jego skrócenie. Jako fizjolog jednak czuję się zobowiązany o tym wspomnieć.

W dalszej części pracy Doktorantka zamieszcza informacje na temat dostępności mięśni do badania elektromiograficznego, z uwzględnieniem regionów ciała, takich jak okolica głowy i szyi, tułowia oraz kończyn. Następnie następuje zwięzły opis wybranych metod, jakimi można posiłkować się w badaniach strukturalnych oraz funkcjonalnych mięśni szkieletowych u konia. Spośród kilku wymienionych, autorka skupia się głównie na badaniach ultrasonograficznych oraz elektromiograficznych. Szczególnie szczegółowo opisywana jest metodyka oraz przydatność wspomnianych badań oraz możliwości ich zastosowania w praktyce klinicznej u koni, co jest logiczne gdyż to właśnie one znajdują zastosowanie w części metodycznej prowadzonych badań. Na podkreślenie zasługuje nie tylko ilość cytowanych prac ale szczególnie trafnie wybrane treści jakie przytacza Autorka, pochodzące z aktualnych danych literaturowych, co świadczy o gruntownym zapoznaniu z problematyką postawionego przez sobą zadania badawczego.

Z obowiązku recenzenta wspomnę, iż w części dotyczącej mięśni głowy pada stwierdzenie, iż obustronny skurcz mięśni żwaczy powoduje „obniżenie żuchwy”, a powinno być „uniesienie żuchwy”. W części dotyczącej badania USG wybranych mięśni znajduje się stwierdzenie, iż głowica typu microconvex dostarcza obrazy w postaci „wynika koła”, a powinno być „wycinka koła”. Z kolei w podrozdziale dotyczącym możliwości zastosowania USG w pomiarach strukturalnych mięśni znajduje się zdanie, które nie jest precyzyjne z fizjologicznego punktu widzenia. Mianowicie, pada sformułowanie, iż maksymalna siła generowana przez mięsień jest wprost proporcjonalna do jego pola przekroju. Trzeba jednak pamiętać, iż istnieją 2 przekroje mięśnia, anatomiczny oraz fizjologiczny. W przypadku mięśni obłych w zasadzie anatomiczny jest równy fizjologicznemu, ponieważ przekrój jest prostopadły do wszystkich jego włókien mięśniowych. W przypadku mięśni pierzastych, przekrojów prostopadłych do włókien mięśniowych może być kilka i dlatego oceniając przekrój fizjologiczny bierze się pod uwagę sumę powierzchni przecinających wszystkie włókna mięśniowe mięśnia. Z kontekstu wynika, że Autorka brała pod uwagę raczej przekrój anatomiczny. W podrozdziale dotyczącym badań sEMG wybranych mięśni szkieletowych, Autorka wspomina o acetylocholinie, jako o „bodźcu fizjologicznym” dla mięśni szkieletowych i jest to poniekąd prawda, ale może lepiej byłoby ją określić mianem transmittera lub mediatora płytki motorycznej? Mechanizm działania troponiny, białka regulującego skurcz mięśniowy, jest również nieco nieprecyzyjnie przedstawiony. Jej jednostka C, po połączeniu z jonami wapnia, nie „uwalnia aktyny” a zamienia jedynie konformację przestrzenną, polegającą na uniesieniu cząsteczek tropomiozyny i odsłonięciu na filamentach aktynowych miejsc wiążących główki miozyny, co prowadzi do skurczu. W kolejnym zdaniu sugeruję zastąpienie określenia „cząsteczki” na „filamenty” miozyny i aktyny.

W kolejnym rozdziale Doktorantka przedstawia własne hipotezy badawcze oraz formułuje podstawowe cele pracy. Hipotezy pracy są zgodne z tematem proponowanych badań i świadczą



o wnikliwym zapoznaniu się Doktorantki z problematyką poruszanego zagadnienia. Na ich podstawie, Autorka sformułowała 3 główne cele pracy.

Jedyna w tym miejscu uwaga dotyczy numeracji rozdziału, mamy tu bowiem powtórzenie nr 3, a rozdział o tym numerze przedstawiony był uprzednio. Zatem, o czym już nie będę wspominał, numeracja poszczególnych kolejnych rozdziałów powinna zostać zmieniona.

Rozdział 4 dotyczy materiału oraz metod, zastosowanych w badaniu. Liczba koni, poddanych badaniom, wynosząca 8 osobników, jest wystarczająca w tego typu badaniach. Pozwala na uzyskanie odpowiedniej ilości danych, które można ze sobą swobodnie konfrontować. Pozwala też na wykonanie wiarygodnych analiz statystycznych. Trzeba również podkreślić, iż wybrane konie stanowiły grupę jednorodną rasowo, przez co ich masa ciała oraz wzrost były porównywalne. Jest to istotne w badaniach, w których porównuje się cechy funkcjonalne wybranych struktur anatomicznych u poszczególnych osobników w grupie. Jak bowiem wiadomo, o czym Autorka wspomina w przeglądzie piśmiennictwa, wielkość mięśni czy grubość skóry, tkanki podskórnej oraz tłuszczowej może mieć kluczowe znaczenie w jakości uzyskiwanych wyników w tego typu badaniach. Stąd, ujednolicenie grupy badawczej ma uzasadnienie. Jednak jak wiadomo, rasa konik polski jest zaliczana do ras koni małych, o wzroście do 140 cm i wadze nie przekraczającej 400 kg, zatem czy można się spodziewać, że zaproponowane standardy znajdą przełożenie w badaniach koni o większej masie ciała lub stopniu otluszczenia? Czy uzyskane wzorce elektromiograficzne będą porównywalne ze wzorcami np. koni wielkopolskich?

Wartym podkreślenia jest również fakt, iż szczegółowe badania przeprowadzono aż na 19 mięśniach powierzchniowych konia, co pokrywa w zasadzie w całości 2 duże okolice ciała, a mianowicie okolice kończyny piersiowej oraz miednicznej. W okolicy kończyny piersiowej były to: m. podobojczykowy, m. nadgrzebieniowy, m. podgrzebieniowy, m. naramienny, m. trójęłowy ramienia, m. dwujęłowy ramienia, m. prostownik promieniowy nadgarstka, m. prostownik wspólny palców, m. prostownik boczny palców, m. prostownik łokciowy nadgarstka oraz m. zginacz łokciowy nadgarstka. W okolicy kończyny miednicznej badano: m. piszczelowy doczaszkowy, m. prostownik długi palców, m. dwujęłowy uda, m. czworogłowy uda, m. napinacz powięzi szerokiej, m. pośladkowy powierzchowny, m. pośladkowy średni, m. półścięgnisty, m. półbłoniasty. Jeśli celem Autorki pracy jest późniejsze wprowadzenie metody sEMG do diagnostyki schorzeń ortopedycznych koni to wybór mięśni do badań nie mógł być lepszy.

Na uwagę zasługuje zastosowanie przez Doktorantkę bardzo rygorystycznego, bo aż 8 etapowego, protokołu przygotowania pola do badań szczegółowych. W dostępnej literaturze, pojawiały się informacje, iż odpowiednie przygotowanie pola do badań sEMG może mieć kluczowe znaczenie w powtarzalności uzyskiwanych wyników. Mając na uwadze liczbę cytowanych prac w tym zakresie, jestem przekonany, iż Doktorantka wyciągnęła odpowiednie wnioski ze spostrzeżeń innych autorów i opracowując własny protokół, uwzględniła te doświadczenia oraz uwagi, tak by maksymalnie zminimalizować ryzyko wystąpienia artefaktów w sygnałach elektromiograficznych.

Przed badaniem sEMG, Doktorantka wykonała badanie USG wybranych 19 mięśni powierzchownych celem dokładnego rozpoznania ich lokalizacji oraz oceny strukturalnej. Było to konieczne, aby precyzyjnie umiejscowić elektrody pomiarowe do kolekcjonowania danych elektromiograficznych. Jest to zasadne, ponieważ dane literaturowe i w tej kwestii nie są zgodne. Część zespołów badawczych lokowała bowiem elektrody mniej więcej w połowie długości mięśnia lub nawet rozmieszczała je w sposób przypadkowy. Zastosowane przez Doktorantkę uprzednie badanie USG pozwoliło wyeliminować taką przypadkowość. Dokładne położenie badanych mięśni, ich przebieg anatomiczny, lokalizację oraz liczbę elektrod przedstawiono na 19 rycinach, co istotnie wpływa na zrozumienie podłoża metodycznego pracy. Dodać należy, iż każda rycina przedstawia dokładne



położenie każdego z badanych mięśni nie tylko na badanym koniu ale również na schemacie oraz preparacie anatomicznym.

W kolejnym podrozdziale pracy, znajduje się opis analizy sygnałów elektromiograficznych włącznie z kryteriami ich identyfikacji. Wspomniano, iż do analiz sygnału użyto filtra średnioprzepustowego, o częstotliwości odcięcia 40-450Hz. O ilości zgromadzonych danych świadczyć może fakt, iż dla każdego pęczka aktywności aż 6 cech parametrycznych sygnału sEMG w dwóch domenach, czasu oraz częstotliwości. I były to: amplituda, RMS, czas trwania, iEMG, MF oraz SNR.

Ostatni podrozdział dotyczy analiz statystycznych, które zostały przeprowadzone przez właściwie dobrane metody statystyczne.

Liczba uzyskanych wyników jest imponująca, przez co nie dziwi, iż ten rozdział pracy przedstawiony jest na 46 stronach maszynopisu. Zawiera 19 rycin oraz 57 tabel. Zapewne ze względu na ilość wyników oraz w trosce o zachowanie klarowności ich prezentacji, szczegółowy ich opis został przedstawiony w podrozdziałach. W pierwszym z nich, Autorka skupia się na prezentacji optymalnej lokalizacji elektrod dla każdego z badanych mięśni. Lokalizacja ta była wypadkową rejestrowanych zapisów sygnału elektrycznego wg ustalonych wcześniej kryteriów identyfikacji pęczków aktywności dla badanych mięśni. Jeśli zapisany przez elektrodę sygnał spełniał te kryteria, lokalizacja tej elektrody lub grupy elektrod, została uznana za optymalną. Podparciem opisu wyników, są ryciny oraz tabele, w których prezentowane są warunki uzyskiwania zapisów, takie jak grubość skóry czy grubość mięśnia w miejscu lokalizacji poszczególnych elektrod. Takie dane przedstawiono oddzielnie dla każdego z badanych mięśni, co zdecydowanie podnosi czytelność analizy uzyskanych wyników.

W części drugiej rozdziału, Doktorantka porównuje cechy sygnału elektromiograficznego uzyskanego w trakcie ruchu konia, w trzech podstawowych chodach, mianowicie w stępie, kłusie oraz galopie. Dane przedstawione są w formie zarówno krótkich opisów jak również tabelarycznie, osobno dla każdego z badanych mięśni. Wykazano, iż istnieją różnice w parametrach zapisów sEMG podczas zmiany chodu koni. Szczególnie wyższe wartości większości parametrów notowano w kłusie oraz galopie w porównaniu do stępu. Dotyczyło to wszystkich badanych mięśni. Analizując te wyniki, nasuwa się wniosek, iż podczas wdrażania metody sEMG do badań klinicznych, należy zwrócić szczególną uwagę na warunki, w jakich odbywa się badanie. Tutaj rodzi się kolejne pytanie, mianowicie czy nie należałoby opracować nie jedną ale kilka baz danych wzorców elektromiograficznych mięśni z uwzględnieniem chodu konia, w jakim badania będą prowadzone? Wydaje się to o tyle trudne, że podczas ruchu musimy uwzględniać znacznie więcej parametrów badania, chociażby jego prędkość oraz czas trwania (czy należy również uwzględnić rolę zmęczenia mięśniowego?). Do tego zakładać należy, większą możliwość wystąpienia artefaktów w uzyskiwanych zapisach związanych z niekontrolowanymi przesunięciami elektrod na skórze. Z takimi i innymi trudnościami spotkali się autorzy cytowanych przez Autorkę publikacji. Dlatego trzeba docenić starania i zaangażowanie Doktorantki w pozyskiwaniu wzorców elektromiograficznych poszczególnych mięśni podczas badań dynamicznych z zastosowaniem opracowanej przez siebie metody.

Rozdział 6 to dyskusja nad uzyskanymi wynikami, którą Doktorantka poprowadziła w sposób podobny do poprzednich rozdziałów. Mianowicie, zaproponowała podział na szereg podrozdziałów, w których porusza istotne kwestie jakie pojawiły się w pracy. Tytułem krótkiego wstępu Autorka opisuje możliwości zastosowania badawczego oraz klinicznego metody sEMG w medycynie koni. Zwraca również uwagę na problemy metodologiczne z jakimi zmagają się autorzy prac, jakie powstają w tym obszarze badań. W dalszej części dyskusji, Autorka podnosi rolę istotności ujednolicenia standardów metodycznych w badaniach sEMG u koni. Powołuje się przy tym na liczne dane



literaturowe, z których wynika, iż obecnie takiego „złotego standardu” brakuje. W zasadzie każdy z ośrodków zajmujących się tego typu badaniami wypracował własne standardy, które jak się okazuje, nie są ze sobą porównywalne. Zatem zaproponowane przez Doktorantkę metody oraz uzyskane wyniki mają szansę w przyszłości dać podwaliny pod standaryzację metody sEMG, podobną jaka istnieje już od lat w medycynie człowieka. Jednakże aby do tego doszło, trzeba szeroko rozpropagować wyniki tej pracy na forum międzynarodowym.

W kolejnych podrozdziałach Doktorantka porównuje oraz interpretuje zapisy elektromiograficzne z poszczególnych badanych mięśni do zapisów uzyskanych przez innych autorów. Punktuje jednocześnie potencjalne przyczyny różnic w uzyskanych wynikach lub nawet niepowodzeń w rejestracji elektromiogramów. Trzeba wspomnieć, iż dostępne dane literaturowe, na które powołuje się Autorka w tej części pracy, dotyczą jedynie 14 mięśni. Zatem pozostałe 5, mianowicie m. podobojczykowy, m. nadgrzebieniowy, m. dwugłowy ramienia, m. prostownik łokciowy nadgarstka oraz m. półbłoniasty zostały przez Doktorantkę po raz pierwszy poddane tego typu badaniom, co niewątpliwie przyczyni się do rozwoju metody sEMG u koni.

W kolejnej części dyskusji, Autorka porównuje wpływ lokalizacji elektrod na jakość uzyskiwanych zapisów elektromiograficznych badanych mięśni powierzchniowych koni. Na podstawie opracowanej metody własnej typuje najlepszą lokalizację elektrod dla poszczególnych mięśni. Lokalizacja ta zostaje zaproponowana na podstawie jakości uzyskanych zapisów elektromiograficznych z poszczególnych części badanych mięśni. Metodyczne części dostępnych prac sugerują, aby elektrody lokalizować w połowie długości badanego mięśnia. Badania Doktorantki częściowo zaprzeczyły tym informacjom, wykazując iż lokalizacja elektrod powinna uwzględniać budowę anatomiczną mięśni. O ile dla mięśni jednobrzuscowych np. m. prostownika promieniowego nadgarstka, m. prostownika wspólnego palców czy m. piszczelowego doczaszkowego lokalizacja w połowie długości została potwierdzona, to już dla mięśni wielobrzuscowych takich jak m. pośladkowy czy m. czworogłowy uda, umiejscowienie elektrod nie jest już tak oczywiste. Należy podkreślić, iż aż w 9 przypadkach, optymalna lokalizacja elektrod znajdowała się poza środkiem anatomicznym mięśni. Wszystkie komplikacje metodyczne wynikające z natury anatomicznej tych mięśni zostały przez Doktorantkę dostrzeżone i szczegółowo omówione, co uwiarygadnia otrzymane wyniki. Ponadto, pięć mięśni zostało przez Doktorantkę przebadanych pod kątem optymalnej lokalizacji elektrod po raz pierwszy w tego typu badaniach.

Analizując cechy sygnału elektromiograficznego, Doktorantka zauważa, iż różnice w jego jakości wynikają głównie z metodyki badań. Dane literaturowe zawierają znaczące różnice nie tylko w metodyce gromadzenia zapisów elektromiograficznych ale również w zakresie ich późniejszego przetwarzania. Niestety, jedynie nieliczne prace poświęcają temu zagadnieniu szczególną uwagę. Doktorantka zatem proponuje aby standaryzacja badań sEMG polegała również na ujednoliceniu metody przetwarzania uzyskanych sygnałów elektromiograficznych. W swojej pracy, zaproponowała np. zastosowanie tylko jednego rodzaju filtra środkowoprzepustowego, o częstotliwości 40-450Hz, którym filtrowano sygnały pochodzące ze wszystkich trzech chodów konia. Innowacyjność tej metody polega na wyeliminowaniu stosowania różnych rodzajów filtrów, dolno-, średnio- lub górnoprzepustowych, stosowanych zamiennie w różnych chodach koni przez różne zespoły badawcze. Sygnały poddawane tego typu filtracji okazały się ostatecznie nieporównywalne, co wyklucza utworzenie na ich podstawie grupy sygnałów referencyjnych.

Niewątpliwie wartościową częścią dyskusji jest podrozdział poświęcony ograniczeniom oraz perspektywom rozwoju badań sEMG u koni. O ile perspektywa i kierunek rozwoju badań elektromiograficznych jest jednoznaczny, wynikający z istotnej przydatności metody w badaniach klinicznych i diagnostyce schorzeń podłoża nerwowo-mięśniowego, o tyle ograniczenia



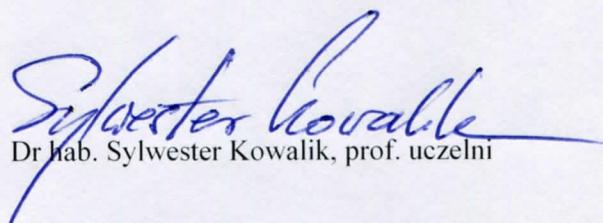
stanować będą nie lada wyzwaniem. Aby temu sprostać, konieczne są ujednolicenia standardów zarówno metodycznych jak i analitycznych, na co zwraca po raz kolejny uwagę Doktorantka w podsumowaniu pracy.

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz wykonanych analizach zgromadzonych danych, Doktorantka finalnie sformułowała trzy celne wnioski, które są spójne z założeniami pracy. Potwierdziła, iż charakterystyka sygnału sEMG zależy od lokalizacji elektrod, optymalna lokalizacja elektrod powinna uwzględniać cechy anatomiczno-strukturalne badanego mięśnia oraz sygnał sEMG wykazuje pewną zmienność dla poszczególnych mięśni, zależną od rodzaju chodu badanego konia.

W świetle przedstawionej analizy, nieliczne uwagi, spostrzeżenia czy sugestie nie mają na celu umniejszenia merytorycznej wartości przedstawionej do oceny dysertacji. Na podkreślenie i docenienie zasługuje doskonałe przygotowanie teoretyczne oraz umiejętność praktycznego zastosowania wiedzy w zakresie planowania oraz prowadzenia badań naukowych, krytycznej interpretacji uzyskanych wyników oraz ich przedstawienia w czytelnej formie. Mam nadzieję, że wyniki te zostaną wkrótce opublikowane w stosownych czasopismach naukowych. W kontekście wymogów ustawowych stawianym pracom doktorskim, które obejmują oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz ogólną wiedzę kandydata z danego zakresu, uważam, iż przedstawiona do oceny praca spełnia te wymagania w całej rozciągłości.

Reasumując zatem stwierdzam, iż przedstawiona do oceny praca doktorska Pani lek. wet. Elżbiety Stefanik pt.: „Charakterystyka aktywności mioelektrycznej wybranych mięśni szkieletowych koni” spełnia w całej rozciągłości warunki i wymagania stawiane pracom doktorskim, określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2024 poz. 1571 z późn. zm.). Może zatem stanowić podstawę do nadania stopnia naukowego doktora. W związku z powyższym przedstawiam Wysockiej Radzie Dyscypliny Weterynarii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie Pani lek. wet. Elżbiety Stefanik do dalszych etapów postępowania mającego na celu nadanie stopnia naukowego doktora.

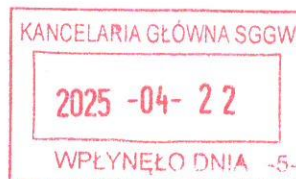
W związku z istotnym wkładem przedmiotu badań prezentowanej rozprawy doktorskiej dla rozwoju nauk weterynaryjnych, wysokim poziomem innowacyjności oraz aplikacyjności wyników a także wysokim poziomem prezentowanej wiedzy teoretycznej oraz praktycznej Autorki, wnoszę o wyróżnienie pracy stosowną nagrodą.



Dr hab. Sylwester Kowalik, prof. uczelni

Lublin, 16.04.2025

Dr hab. Sylwester Kowalik, prof. uczelni  
Katedra Fizjologii Zwierząt  
Wydział Medycyny Weterynaryjnej  
UP W Lublinie



**Biuro Obsługi Nauki SGGW**

Szanowni Państwo,

przesyłam recenzję pracy doktorskiej Pani lek. wet. Elżbiety Stefanik pt.:  
„Charakterystyka aktywności mioelektrycznej wybranych mięśni szkieletowych koni”.

Z poważaniem,

