

Automatyczne systemy wykrywania rui u krów jako narzędzie do poprawy zarządzania stadem

JĘDRZEJ M. JAŚKOWSKI, JULITA KMIECIK, ALEKSANDRA KIERBIĆ,
MAGDALENA HERUDZIŃSKA, MAGDALENA WOŻNA-WYSOCKA*

Centrum Weterynarii UMK, ul. Gagarina 7, 87-100 Toruń

*Zakład Biomedycyny Molekularnej, Instytut Chemii Bioorganicznej PAN, ul. Z. Noskowskiego 12/14, 61-704 Poznań

Otrzymano 22.11.2017

Zaakceptowano 27.02.2018

Jaśkowski J. M., Kmiecik J., Kierbić A., Herudzińska M., Woźna-Wysocka M.

Automatic systems of heat detection in cows as a tool for improving herd management

Summary

There are at least several ways of detecting bovine ovaries, which vary in accuracy, effort and cost associated with the implementation and operation of equipment designed for this purpose. Heat in cows can be most easily detected by systematic, thorough observation of individuals in the herd. Vaginal mucosal resistance measurements were also used, for example, the fitting of 'balloons' with paint at the base of the tail or on the back, temperature measurement in the vagina, milk and rumen, determination of progesterone in milk and blood. Currently, high-performance dairy herds are routinely introduced in controlled breeding programs, including timed artificial insemination (TAI) and automated estrus detection (AED) or activity monitoring system (AMS). Most of the commercially available heat detection devices are based on accelerometers or pedometers. These devices have the ability to detect heat in 81.4% to 91.3%. The sensitivity of heat detection was 58.9%, 63.3%, 56.7% and 35.9% respectively for accelerometers (Heatime), pedometers (SAE Afikim, Kibbutz Afikim, Israel), KaMaR markers and heat detectors (Scratchcard). When two of the three systems were combined (different combinations), the sensitivity increased to 75.9%. Similarly, after the combination of visual detection, the sensitivity increased to 96% and the specificity to 90% (visual observation and AMS). Activity monitoring systems are a good and proven tool for improving the management of cows. They respect the principles of well-being as an alternative to reproductive management based solely on traditional methods of detecting ovulation or hormone programs (TAI). It seems, however, that further improvement of the cows fertility in industrial cattle farms will be possible in the future not only using one modern heat detection system, but combining several different methods of heat detection and synchronization.

Keywords: automatic heat detection, cows

Istotnym elementem mającym wpływ na efektywność rozrodu w stadach bydła mlecznego jest inseminacja samicy we właściwym terminie. Średni współczynnik wykrywania rui w stadach mlecznych szacuje się na 50-92%, w zależności od zastosowanej metody (34). Ruja występuje co 18-24 dni u nieciążarnych, dojrzałych płciowo samic bydła i trwa średnio 9,5 h. Głównym jej objawem jest tzw. odruch tolerancji. Charakterystyczne dla okresu rujowego jest też zwiększenie aktywności fizycznej samicy, wypływ ciągłego, przezroczystego śluzu ze szpary sromowej, wzrost temperatury wewnętrznej ciała i obrzęk sromu (13, 27). Stwierdzenie wyżej wymienionych objawów umożliwia wykonanie unasienniania samicy w optymalnym terminie (40).

Wyróżnia się co najmniej kilka metod wykrywania rui u bydła, które różnią się dokładnością, nakładem pracy oraz kosztami związanymi z wdrożeniem i eks-

ploatacją stworzonych do tego celu urządzeń. Ruję u krowy najprościej wykryć można poprzez systematyczną, dokładną obserwację osobników w stadzie. Do tego celu wykorzystywano także pomiar oporności śluzu pochwowego, testy barwne np. montowanie „baloników” z farbą u podstawy ogona lub na grzbiecie, pomiar temperatury w pochwie, oznaczanie stężenia progesteronu w mleku i krwi oraz przez montowanie urządzeń do monitorowania aktywności i temperatury. Obecnie coraz częściej, z powodu presji ekonomicznej (wysokie koszty pracy), wprowadza się w stadach wysokowydajnych krów mlecznych programy rozrodu kontrolowanego, w tym ustaloną w czasie inseminację (TAI) (11, 22) oraz zautomatyzowane wykrywanie rui (AED – automatic estrus detection) lub zautomatyzowany system monitoringu ruchu (AMS – activity monitoring system lub automatic activity monitoring system (AAMS) (12, 16, 17, 29, 43, 44).

Każda z wymienionych metod poza zaletami, ma również wady, które wpływają na jej dokładność.

Tradycyjne metody wykrywania rui

Systematyczna obserwacja krów jest efektywną metodą wykrywania rui przy zachowaniu kilku warunków. Wykazano, że uzyskanie 86% wykrywalności wymaga 20-minutowego okresu obserwacji, który należy powtarzać regularnie, minimum 5 razy w ciągu doby (9). Wykrywalność na poziomie 92% uzyskiwano obserwując zwierzęta co 3 h (42). Ta intensyfikacja nadzoru wynika z wyraźnej tendencji do skracania się fazy rui właściwej. Obecnie w stadach krów o wysokiej wydajności czas trwania rui właściwej wynosi od 3 do 12 h (32). Dwukrotna obserwacja zwierząt w ciągu doby zapewnia wykrywalność rui na poziomie 34,3%, przy dokładności 75,1% (23, 33). Częstsza obserwacja krów powoduje – zwłaszcza w dużych stadach mlecznych – zwiększenie nakładu pracy i generuje wyższe koszty, związane z koniecznością zatrudnienia dodatkowego personelu (9, 14).

Dość powszechnie znane jest montowanie pojemników z farbą u nasady ogona lub na grzbiecie krowy, względnie naklejanie w tym miejscu ścieralnych pasków. Obskakiwanie goniącej się samicy przez inne osobniki spowodować może pęknięcie pojemnika z farbą i zabarwienie ogona, okolic odbytu lub grzbietu (22). Metoda ta nie jest wykorzystywana w wielkotowarowych stadach na dużą skalę. Wykazano, że w połączeniu z oceną wizualną można wykryć do 94% krów w rui (50). Bardziej zaawansowane metody opierają się na czujnikach wykrywających odruch tolerancji. Czujnik taki, w postaci elektronicznego detektora, montowany jest w okolicy krzyżowej kręgosłupa. Nacisk wywierany przez obskakującą krowę powoduje nagły wzrost ciśnienia w detektorze. Generowany sygnał przesyłany jest do systemu tylko w takiej sytuacji, w której co najmniej 3 razy w ciągu 4 h dojdzie do wykrycia odruchu tolerancji. Przy pomocy tej metody wykryć można nawet 91% rui (54). Inny system nie przesyła informacji do jednostki centralnej, ale posługuje się układem diod o trzech stopniach zaawansowania (1. krowa w fazie przedrujowej, 2. krowa w rui, 3. krowa w optymalnym momencie na inseminację) (54).

Dobrym narzędziem do wykrywania rui może być także pomiar stężenia progesteronu (P4) w osoczu krwi lub mleku (50). Jego poziom w mleku jest 4-5 razy wyższy niż w osoczu i zależy w dużym stopniu od zawartości tłuszczu znajdującego się w pobranej próbce. Podczas fazy poprzedzającej ruję notuje się spadek poziomu progesteronu z 10 do 2-3 ng/ml mleka (14). Przyjmuje się, że u krów będących w rui stężenie progesteronu w mleku wynosi < 2 ng/ml mleka (6). Donoszono o uzyskiwaniu 100% wykrywalności rui w oparciu o oznaczenie stężenia progesteronu w mleku (9). Należy jednak dodać, iż ilość wyników fałszywie dodatnich może się różnić nawet w granicach

26%, przy jednoczesnym braku wyników fałszywie ujemnych (9). Według niektórych autorów pomiar poziomu progesteronu w mleku ma umiarkowane znaczenie praktyczne w wielkotowarowych stadach krów mlecznych (50).

Według niektórych autorów produkcja mleka u samic w fazie *estrus* ulega obniżeniu o około 8% (26). Spadek produkcji mleka podczas rui nie jest zjawiskiem powszechnym i dotyczy 1/3 krów (46). Z tego powodu wykrywanie rui wyłącznie na podstawie krótkotrwałego obniżenia się produkcji nie jest szerzej wykorzystywane w praktyce (47).

Ostatnio wykazano, że psy potrafią wskazać samice w fazie *estrus* na podstawie zapachu mleka, śluzu pochwowego lub moczu (15). Dokładność w ten sposób wykrywanej rui oceniono na 80% (18). Szersze wykorzystanie tej metody jest jednak z wielu powodów mało realne.

W ostatnich latach rosnącą popularnością cieszą się programy „synchronizacja rui i owulacji” (Ovsynch). Zwykle w powiązaniu z programem Presynch, pozwalają one na ustaloną w czasie inseminację (TAI – time oriented insemination) i całkowite pominięcie obserwacji rui. Metoda ta przynosi dostrzegalne efekty w postaci zwiększenia wskaźnika ciąży, zarówno u samic wykazujących regularne cykle rujowe, jak i u samic z cyklami nieregularnymi. Wymaga ona jednak fachowego nadzoru i powoduje znaczące zwiększenie użycia hormonów w stadzie (50).

Ze względu na ograniczoną precyzję tradycyjnych metod wykrywania rui rosnącą popularnością zarówno w kraju, jak i za granicą cieszą się automatyczne, elektroniczne systemy wykrywania rui. Działają one często w sposób zintegrowany, przeprowadzając m.in. ciągłą rejestrację aktywności ruchowej samicy lub równoczesny pomiar kilku parametrów np. ciepłoty wewnętrznej i aktywności ruchowej żwacza.

Systemy wykrywania rui oparte na pomiarze temperatury

Podczas rui zmienia się nie tylko zachowanie zwierzęcia, wygląd jego narządów rodnych, ale także temperatura ciała oraz mleka (28, 50).

Wykorzystaniem pomiaru ciepłoty ciała krów do wykrywania rui interesowano się już na początku XX w. (20). Fizjologiczna ciepłota ciała krowy powinna wynosić około 38,5°C. Wykazano, że krótko przed wystąpieniem rui temperatura wewnętrzna obniża się, natomiast w czasie jej trwania wzrasta o 0,1 lub 0,5°C (14, 48). Wzrost ciepłoty ciała towarzyszyć może miejscowym oraz uogólnionym procesom zapalnym (np. *mastitis*), co zasadniczo obniża wiarygodność testu.

Pomiar ciepłoty wewnętrznej ciała można przeprowadzać za pomocą termometru w prostnicy lub pochwie, przy pomocy czujników termicznych umieszczonych w implantach lokowanych np. podskórnym w kanale słuchowym, wkładkach dopochwowych (Thermoclone SL), względnie w postaci

bolusów w żwaczu (4, 24, 25, 42, 45). Korzystanie z termometrów nie jest w dużych fermach krów rozwiązaniem satysfakcjonującym. Prostsze wydaje się korzystanie z miniaturowych czujników termicznych, uwzględniając fakt, że temperatura mierzona w odbytnicy jest o 1,1-1,6°C niższa od wskazywanej przez czujniki umieszczone w implantach (4, 25, 35). W fazie przedrujowej temperatura pochwowa wynosi $37,94 \pm 0,33^\circ\text{C}$, natomiast na 12 godzin przed owulacją $39 \pm 0,64^\circ\text{C}$ (2, 42). Wzrost temperatury podczas rui utrzymuje się przez 6,8 h. Pora roku nie miała istotnego wpływu na wartość pomiaru temperatury w pochwie podczas rui, co może świadczyć o przewadze rejestratorów intrawaginalnych nad pedometrami (w wysokich temperaturach otoczenia aktywność ruchowa krowy obniża się, co zmniejsza współczynnik wykrywania rui) (45). Tymczasem w przypadku czujników intrawaginalnych współczynnik wykrywania rui w ciągu roku utrzymywał się na poziomie $> 90\%$.

Należy podkreślić, że wzmożona lub zmniejszona aktywność ruchowa krów, pastwiskowy system utrzymania, czynniki atmosferyczne oraz lokalizacja implantu mają wpływ na wynik pomiaru ciepłoty wewnętrznej ciała (14, 25).

Ostatnie badania wskazują na możliwość wykrywania rui z użyciem kamery termowizyjnej (ocena temperatury sromu oraz śluzawicy), gdzie czułość tej metody wynosiła 75%, przy czym czułość oceny wizualnej objawów rujowych dokonywanej sześć razy dziennie wynosiła 67% (49). Jednakże zgodnie z badaniami przeprowadzonymi rok później, ze względu na niską swoistość testu, uznano że kamera termowizyjna nie jest odpowiednim narzędziem do precyzyjnego wykrywania rui (42).

Pewne nadzieje wiąże się z możliwością wykrywania rui podczas doju w oparciu o rejestrowane automatycznie wartości temperatur mleka spływającego z ćwiartek wymion za pomocą czujników zamontowanych w kubkach udojowych (25). W porównaniu ze średnią temperaturą mleka w ciągu całego cyklu, w czasie rui wzrasta ona w przedziale $0,1-0,5^\circ\text{C}$, a nierzadko przekracza 1°C (14, 20, 24). Tymczasem błąd pomiaru dla obecnie produkowanych czujników nie przekracza $0,1^\circ\text{C}$ (25). Na temperaturę mleka ma wpływ wiele czynników, a ich nieznanosć może prowadzić do nieprawidłowej interpretacji wyniku. U 90% krów utrzymywanych w systemie wolnostanowiskowym w czasie rui odnotowuje się wzrost temperatury mleka wynoszący $0,1-1^\circ\text{C}$, natomiast w systemie uwiązowym mleko 55% krów będących w rui zwiększyło swoją temperaturę o $0,4^\circ\text{C}$ (14, 25). W odniesieniu do temperatury mleka obserwuje dużą zmienność osobniczą; zaznacza się także wpływ czynników środowiska zewnętrznego, szczególnie wysokiej temperatury otoczenia, która u krów utrzymywanych w systemie pastwiskowym może spowodować podniesienie się temperatury mleka z udoju wieczornego w porównaniu z mlekiem z doju porannego nawet o po-

nad 1°C (21). Punktem krytycznym wydaje się także liczba pomiarów temperatury. Ustalono, że dwukrotny pomiar podczas doju porannego i wieczornego jest niewystarczający, by różnice w temperaturze pozyskanego mleka uznać za miarodajny wskaźnik rui (30).

Automatyczne systemy rejestrujące aktywność samic: aktywometry, pedometry

Systemy rejestrujące aktywność fizyczną krów wykorzystują zjawisko wzrostu ich ruchliwości podczas rui. Obserwacja ta została wykorzystana w wielu różnych typach systemów wykrywających ruję. Większość dostępnych na rynku urządzeń do wykrywania rui oparta jest na akcelerometrach lub krokomierniach. Urządzenia te posiadają zdolność wykrywania rui u 81,4% do 91,3% osobników (18, 19, 32, 36).

System wykorzystujący akcelerometry składa się z identyfikatora zwierzęcia oraz z nadajnika (kontrolera aktywności). Aktywność zwierzęcia jest monitorowana przez całą dobę oraz analizowana przez system zainstalowany na jednostkach centralnych w gospodarstwie. Każdy ruch zwierzęcia jest kontrolowany przez działający w trzech wymiarach akcelerometr. Uzyskane dane są przetwarzane i filtrowane dzięki specjalnemu algorytmowi. Dane są przesyłane za pośrednictwem czujnika podczerwieni dwukrotnie w ciągu doby do odbiornika. Powinien się on znajdować w takim miejscu, w pobliżu którego krowa przemieszcza się co najmniej dwa razy dziennie, np. przy wejściu do hali udojowej. Następnie wszystkie informacje są analizowane i przedstawiane w postaci wykresów słupkowych, prezentujących średnią aktywność osobnika w dwugodzinnych okresach (13, 18, 34). System taki umożliwia utworzenie bazy osobników w stadzie, z której – po analizie danych przeprowadzanej dwa razy dziennie – wskazywane są krowy do inseminacji (18). Mimo wielu zalet system posiada pewne mankamenty. Producenci, reklamując ponad 80% wykrywalność rui, nie udostępniają informacji na temat wyników fałszywie dodatnich (39). W celu ich wykluczenia niektórzy sugerują wspieranie systemu AMS innymi sposobami wykrywania rui (31). W przypadku czujników opartych na rejestrowaniu ruchu pewnym problemem jest także nieokreślony bliżej próg aktywności, indywidualny dla każdego zwierzęcia, przy którym zwiększenie ruchliwości jednoznacznie wskazuje na ruję. W efekcie miarodajność odczytów może być zaburzona. Nie zmienia to faktu, że wraz ze zdobyciem doświadczenia przez zarządzający stadem personel, system AMS umożliwia precyzyjne wyznaczenie terminu owulacji i inseminacji (48). Dokładność oraz niezawodność systemów monitorowania aktywności krów może zostać także zaburzona przez wpływ czynników higienicznych np. zbyt twarde podłoża, które mogą wpływać stale lub okresowo na wyrażanie zachowań rujowych (14, 34). Ważnym elementem wpływającym na wykrywalność rui przez systemy elektroniczne jest zdrowotność stada m.in. stan racic i stopień odżywie-

nia (1, 51). Stwierdzono zależność między liczbą dni ze wskaźnikiem wilgotności powietrza powyżej 72% (wskaźnik stresu cieplnego) a zmniejszeniem skuteczności automatycznych systemów monitorowania rui. Spowodowane jest to osłabieniem ekspresji zachowań rujowych, w tym zmniejszeniem aktywności fizycznej. Podobną sytuację notuje się w przypadku kulawizn (33).

Wykorzystanie wykrywania wzmożonej aktywności krów może być kompatybilne z systemem identyfikacji osobnika (np. kolczykiem, czipem). Komunikaty o zarejestrowanym wzroście aktywności mogą być wysyłane w postaci wiadomości tekstowej na telefon komórkowy.

Mimo wysokich kosztów wdrożenia systemu, wykrywalność rui może wzrosnąć do 82%, co wiąże się ze zmniejszeniem liczby inseminacji, zmniejszeniem czasu poświęcanego na obserwacje rui oraz skróceniem okresu międzyciążowego. Technologia ta jest stosunkowo łatwa w obsłudze, a w perspektywie dłuższego czasu opłacalna. Jej zaletą jest możliwość stałego monitoringu stada (51).

Z badań ankietowych przeprowadzonych w Niemczech wynika, że po wprowadzeniu systemu Heatime, 6,8% hodowców całkowicie zrezygnowało z hormonalnej indukcji rui, a 38,8% stwierdziło, że znacznie zmniejszyła się ilość stosowanych hormonów. Według 92,3% ankietowanych zarządzanie stadem stało się o wiele łatwiejsze, ale tylko 53,5% potwierdziło korzyści finansowe (34). Szczegółowe dane dotyczące skuteczności pojedynczych metod wykrywania rui przedstawia tab. 1.

Tab. 1. Porównanie skuteczności pojedynczych metod wykrywania rui

Metoda wykrywania rui	Wykrywalność rui (%)	Dokładność (%)	Swoistość (%)	Źródło
Dwukrotna obserwacja stada podczas doby	34,3	75,1	–	Michealis (2014)
	65,8	91,5	–	Rorie (2002)
Sześciokrotna obserwacja stada podczas doby	67	–	86	Thalukder (2014)
Połączenie pojemnika z farbą u nasady ogona i oceny wizualnej	< 94	–	–	Thakur (2013)
Czujnik wykrywający odruch tolerancji	< 91	–	–	Zimmerman (2016)
Rejestratory intrawaginalne	> 90	–	–	Sakatani (2016)
Kamera termowizyjna	75	–	57	Taluder (2014)
Oporność śluzu pochwowego	82	–	–	Rorie (2002)
Czujnik temperatury	56,7	–	–	Michealis (2014)
Akcelerometr	35,6	83,8	–	
	58,9	–	–	
	71	–	–	Valenza (2012)
Krokomierz	63,3	–	–	Michealis (2014)
	71	–	71	Chavallon (2014)
Aktywometr	82	–	–	Thakur (2013)
	67	–	61	Chavallon (2014)
	84	–	62	

Badania porównawcze różnych systemów detekcji rui

Najbardziej interesujących i miarodajnych informacji dostarczają badania porównawcze nad efektywnością wykrywania rui z wykorzystaniem różnych systemów jej monitorowania.

W przypadku systemu krokomierzy podczas rui notuje się 3- lub 4-krotny wzrost przemierzanej odległości. Początek zwiększonej aktywności można zauważyć 4 h przed rozpoczęciem rui. Urządzenie zamontowane na opasce w okolicy pęciny krowy lub w okolicy szyi jest zintegrowane z systemem identyfikacji zwierząt. Dane przesyłane były do jednostki centralnej 2-3 razy dziennie. Czułość wykrywania rui z wykorzystaniem systemu HeatWatch i na podstawie obserwacji krów wynosiła, odpowiednio, 87% i 54%. Częstość fałszywych rozpoznań zmniejszała się wraz z wzrostem aktywności osobnika (43).

W innych badaniach (rasa Hereford) porównywano obserwację rui z systemem opartym na aktywometrach (automatic activity monitoring systems, AAMS). Uzyskiwane wyniki potwierdzano poprzez badanie stężenia progesteronu. Systematyczna obserwacja rui (trzy razy dziennie) umożliwiała prawidłowe rozpoznanie rui z 77% czułością, natomiast system AAMS zwiększał ją do 90% przy swoistości testów równej, odpowiednio, 89% i 100%. Po połączeniu obu metod czułość wyniosła 96%, swoistość natomiast 90%. Dodatkowo wykazano że system AAMS odznaczał się wprawdzie bardzo wysoką swoistością, nie pozwalał jednak ostatecznie na wykrycie wszystkich samic wykazujących ruję. Mimo satysfakcjonujących wyników wadą systemów AAMS jest ich stosunkowo wysoki koszt. System ten ma również umiarkowaną wartość przy wykrywaniu tzw. cichych rui (7, 14, 37).

Mniej satysfakcjonujące rezultaty uzyskiwano w stadzie krów mlecznych, w którym porównano skuteczność akcelerometrów (automatic activity monitoring systems, AAMS) i oceny wizualnej. Potwierdzono wprawdzie wysoką wykrywalność rui przy użyciu akcelerometrów, jednak znacząco niższą niż deklarował produ-

cent. Mimo satysfakcjonujących wyników wadą systemów AAMS jest ich stosunkowo wysoki koszt. System ten ma również umiarkowaną wartość przy wykrywaniu tzw. cichych rui (7, 14, 37). Mniej satysfakcjonujące rezultaty uzyskiwano w stadzie krów mlecznych, w którym porównano skuteczność akcelerometrów (automatic activity monitoring systems, AAMS) i oceny wizualnej. Potwierdzono wprawdzie wysoką wykrywalność rui przy użyciu akcelerometrów, jednak znacząco niższą niż deklarował produ-

cent. Podczas wdrażania w stadzie systemu elektronicznej detekcji rui najbardziej problematyczne jest właściwe określenie progu aktywności, który definiuje okres charakterystyczny dla rozpoczęcia rui. W przypadku trafnie określonych progów aktywności można uzyskać 80% skuteczności wykrywania rui przy specyficzności od 90% do 100%. Tymczasem system AAMS prawidłowo wykrywał ruję tylko w 35,6% przypadków. Swoistość metody była wyższa i wyniosła 83,8%. Nie lepsze wyniki uzyskano, dokonując obserwacji krów (dwa razy dziennie). Czułość metody wyniosła 34,3%, natomiast swoistość – 75,1% (33).

Do interesujących wniosków prowadzą badania, w których porównywano efektywność wykrywania rui z wykorzystaniem kilku różnych systemów jej detekcji. W badaniach przeprowadzonych w dużej fermie bydła mlecznego porównano krokomiery, akcelerometry, znaczniki barwne (KaMaR) oraz czujniki temperatury, stosując jako metodę referencyjną pomiar stężenia progesteronu w mleku. Czułość wymienionych metod wynosiła, odpowiednio, 58,9%, 63,3%, 56,7% i 35,9% dla akcelerometrów (Heatime), krokomiery (SAE Afikim, Kibbutz Afikim, Israel), znaczników KaMaR i detektorów ciepła (Scratchcard). Kiedy połączono dwa z trzech badanych systemów (różne kombinacje), czułość wzrastała do 75,9% (33).

Zastosowanie akcelerometrów wydłużyło okres monitorowania zachowań rujowych bardziej niż przy tradycyjnej obserwacji stada, co pozostawiało więcej czasu na reakcję hodowcy (np. lepiej zaplanowana inseminacja). Wynika to z faktu, że monitoring za pomocą elektrycznego systemu odbywał się przez całą dobę, w przeciwieństwie do obserwacji stada ograniczającej się do krótkiej oceny wzrokowej przeprowadzanej maksymalnie kilka razy dziennie (13, 18).

Czułość oraz dodatnia wartość predykcyjna dla systemu krokomiery (Afitag) i dwóch aktywometrów (Heatime-RuminAct oraz HeatPhone), wyniosły, odpowiednio, 71% oraz 71% i 62% oraz 84% natomiast analogiczne parametry dla HeatPhone – 62% oraz 87% w badaniach przeprowadzonych w stadzie 63 krów rasy holsztyńskiej (7). Niezależnie od użytego systemu z najniższą czułością (23-40%) wykrywano pierwsze ruję po wycieleniu, co wiązano jest z mniejszą ekspresją zachowań rujowych. Natomiast satysfakcjonującą wykrywalność rui uzyskiwano od 50. dnia po porodzie (6). Wskazano także na wyższą wykrywalność rui w pierwszej niż w kolejnych laktacjach, co częściowo tłumaczono zmniejszającym się wraz z wiekiem stężeniem estradiolu we krwi.

Porównując trzy różne systemy detekcji rui w okresie letnim to od czerwca do sierpnia (HeatWatch®, ALPRO oraz ocena wizualna) największą wykrywalność rui uzyskano przy ocenie wizualnej. W badaniach tych jednak nie odniesiono się do metody referencyjnej, jaką mógłby być pomiar stężenia progesteronu. Mimo wysokiej wykrywalności z wykorzystaniem metody wzrokowej, notowano skrajnie niską skutecz-

ność inseminacji, co może sugerować błędne odczytywanie objawów rujowych (7). W trakcie doświadczenia obserwowano znaczący spadek wykrywalności rui (o co najmniej 40%), wskutek zmniejszenia natężenia zachowań rujowych w efekcie obniżenia produkcji ciepła. Niektóre doniesienia sugerują, że stres cieplny powoduje wzrost produkcji kortyzolu, co skutkuje zahamowaniem zachowań seksualnych (7, 13).

Przy zastosowaniu metody kombinowanej – czułość wzrosła do 48,2%, swoistość natomiast 75% (29).

W Izraelu, porównując system AAMS z TAI nie stwierdzano istotnych różnic w płodności krów (12, 19, 39, 48). Ostrożnie odnośnie wzajemnych przewag systemu TAI oraz AAMS w zarządzaniu rozrodem krów wypowiadają się Kanadyjczycy, którzy nie tylko nie notowali istotnych różnic w płodności, ale wręcz skrócenie okresu do zacielenia krów monitorowanych w systemie AAM (37). Podobnie AMS pozwalał w porównaniu do TAI na skrócenie średniego okresu do zacielenia (48). Brak szczególnych różnic podkreślają także badacze z Kentucky porównujący płodność krów, u których stosowano AAM (Automatic activity monitoring) wraz z ograniczoną do minimum ingerencją hormonalną (wyłącznie pojedyncze iniekcje GnRH lub PGs) lub poddanych synchronizacji rui i owulacji z TAI z wykorzystaniem systemu Presynch, Ovsynch i Resynch (12). W badaniach, w których porównywano skuteczność systemów AAM oraz synchronizacji rui metodą Presynch-Ovsynch zauważono również, że kulawizna znacząco wpływała na długość okresu międzyciążowego w systemach AAM. Badany automatyczny system detekcji rui był skutecznym narzędziem do wykrywania rui u krów o niskim BCS (5).

Połączenie kilku systemów monitorowania rui

W badaniach ankietowych przeprowadzonych w Kanadzie zauważono znaczny wzrost wykorzystania technologii AAM (24,9%) w stadach bydła mlecznego. Często (20,5%) był on połączony z innymi systemami wykrywania rui (10).

W Niemczech hodowcy przyznają, że równolegle do automatycznych systemów monitorowania rui nadal stosują jej wizualne wykrywanie. Połączenie systemu TAI oraz AAM pozwoliło przyspieszyć moment pierwszej inseminacji, co w porównaniu z wykorzystaniem samego protokołu TAI dało wynik lepszy o 8%. Jednocześnie koszt monitorowania pojedynczej krowy poprzez system AAM i zastosowanie TAI różni się jedynie o 4 \$ na sztuce bydła. Pamiętać jednak należy, że wdrożenie automatycznego systemu wykrywania rui wiąże się z wysokimi kosztami początkowymi (12).

Zastosowanie pedometrów i akcelerometru zwiększa wykrywalność rui powyżej 90%, przy odsetku sygnałów fałszywie dodatnich nie przekraczającym 10%. Jednym z dodatkowych atutów tej metody związanej jest również możliwość wczesnego wykrycia chorób zwierząt, przejawiających się m.in. zmniejszeniem

Tab. 2. Porównanie kilku jednocześnie ocenianych metod detekcji rui

Miary diagnostyczne	Metody detekcji rui										Autorzy		
	Dwukrotna obserwacja podczas doby	Trzykrotna obserwacja podczas doby	Czujnik temperatury	Akcelerometr	Krokomiernik	Aktywometr	Połączenie pojemnika z farbą u nasady ogona i oceny wizualnej	Połączenie dwukrotnej obserwacji rui z aktywowmetrem	Połączenie trzykrotnej obserwacji rui z aktywowmetrem	Oporność śluzu pochwowego		System HeatWatch wraz z aktywowmetrem	Połączenie dwukrotnej obserwacji rui z systemem HeatWatch
Wykrywalność rui (%) Dokładność (%)	34,4 75,1		56,7 -	35,6/58,9 83,3/-	63,3 -			48,2 75					Michealis (2014)
Czułość (%) Swoistość (%)		77 89											Nelson (2017)
Wykrywalność rui (%) Dokładność (%)	65,8 91,5									82 -	83-87 54-87	91,1 87,5	Rorie (2002)
Wykrywalność rui (%)							82	< 94					Thakur (2013)
Wykrywalność rui (%) Dokładność (%)					71	67/84 61/62							Chavallon (2014)

ruchliwości, co obserwuje się przy schorzeniach aparatu ruchu (3).

Połączenie AAMS z oceną wizualną powoduje wzrost wykrywalności rui (33). Zastosowanie obu systemów detekcji rui pozwoliło na znaczne skrócenie czasu obserwacji zwierząt oraz obniżenie liczby ingerencji hormonalnych (8, 13). Zwraca się jednak uwagę, że jeśli w stadzie zapewniona jest wysoka wykrywalność rui (95%) lub zachowana bardzo wysoka precyzja w przeprowadzaniu iniekcji hormonalnych programu TAI (Presynch-Ovsynch), wówczas użycie wyłącznie ED lub TAI może być bardziej opłacalne niż stosowanie obu z nich (20). Porównanie kilku, jednocześnie ocenianych metod detekcji rui przedstawia tab. 2.

Systemy wykrywania rui a badania behawioralne

W oparciu o detekcję rui z wykorzystaniem krokomierny poczyniono interesujące obserwacje behawioralne (41). W stadzie wyposażonym w system krokomierny analizowano liczbę kroków krów ocenianych w dwugodzinnych okresach, a następnie prezentowano wyniki w wyniku w programie komputerowym. Kiedy w stadzie ruję przejawiała więcej niż jedna krowa, wykrywalność rui wynosiła 95%. Liczba kroków w rui u pierwiastek była zdecydowanie wyższa niż u wieloródek. Równocześnie u pierwiastek okres zwiększonej ruchliwości trwał o 3 h dłużej. Owulacja występowała $29,3 \pm 3,9$ h od momentu wykrycia zwiększonej aktywności ruchowej. Najniższą liczbę kroków notowano w godzinach od 4 do 8 rano. W badaniach potwierdzono zadowalającą skuteczność metody w wykrywaniu rui (51%) przy wysokim odsetku prawidłowo rozpoznanych rui (ok. 83%) oraz niskim odsetku wyników fałszywie dodatnich (ok. 8%). Stwierdzono także, że o ile w jednym czasie więcej zwierząt przejawia ruję,

natężeniu ulegają nie tylko jej behawioralne oznaki, ale zwiększa się również ilość kroków (42).

Najwyższy odsetek rui rejestrowany przez system ALPRO (rejestracja wzrostu aktywności) miał miejsce w godzinach 18.00-6.00, co sugeruje, że krowy chętniej wykazują ruję, kiedy nie rozpraszają ich inne czynniki, takie jak np. karmienie czy dój (40). Coraz częściej też – w oparciu o akcelerometr i oryginalny trójosiowy algorytm – analizowane są zachowania zwierząt w stadzie obejmujące monitorowanie pozycji stojącej, leżącej i typowej dla pobierania paszy. Podobne badania biotelemetryczne mają za cel poprawę zdrowia i dobrostanu krów (53).

Reasumując: automatyzowane systemy monitorowania aktywności krów są dobrym i sprawdzonym narzędziem do poprawy zarządzania rozrodem krów. Są one respektującą zasady dobrostanu alternatywą dla zarządzania rozrodem opartym wyłącznie o tradycyjne metody wykrywania rui lub programy hormonalne (TAI). Wydaje się jednak, że dalsza poprawa płodności krów w wielu przemysłowych fermach bydła będzie w przyszłości możliwa, nie tyle na drodze wykorzystania jednego nowoczesnego systemu wykrywania lub kontroli rui, co łączenia kilku różnych metod jej detekcji i synchronizacji.

Piśmiennictwo

1. Andersson L. M., Okada H., Miura R., Zhang Y., Yoshioka K., Aso H., Itoh T.: Wearable wireless estrus detection sensor for cows. *Comput. Electron. Agr.* 2016, 127, 101-108.
2. Bobowiec R., Studziński T., Babiarz A.: Thermoregulatory effects and electrical conductivity in vagina of cow during oestrous cycle. *Arch. Exp. Vet. Med.* 1989, 44, 573-579.
3. Brehme U., Ahlers D., Laufeld P., Scheibl P., Scherping E., Werner D.: Brunsterkennung und Gesundheitsüberwachung mittels sensorgestützter Funkdatenlogger. *Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Beiträge zur 2001, 5, 44-49.*

4. Brehme U., Stollberg U., Holz R., Schleusener T.: ALT pedometer – New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Comput. Electron. Agr.* 2008, 62, 73-80.
5. Burnett T. A., Madureira A. M., Silper B. F., Fernandes A. C. C., Cerri R. L.: Integrating an automated activity monitor into an artificial insemination program and the associated risk factors affecting reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2017, 1006, 5005-5018.
6. Cavalieri J., Eagles V. E., Ryan M., Macmillan K. L.: Comparison of four methods for detection of oestrus in dairy cows with resynchronised oestrous cycles. *Aust. Vet. J.* 2003, 81, 422-425.
7. Chanvallon A., Coyral-Castel S., Gatien J., Lamy J. M., Ribaud D., Allain C., Clément P., Salvetti P.: Comparison of three devices for the automated detection of estrus in dairy cows. *Theriogenology* 2014, 82, 734-741.
8. DeJarnette J. M., Salverson R. R., Marshall C. E.: Incidence of premature estrus in lactating dairy cows and conception rates to standing estrus or fixed-time inseminations after synchronization using GnRH and PGF 2 α . *Anim. Reprod. Sci.* 2001, 67, 27-35.
9. Delwiche M., Tang X., BonDurant R., Munro C.: Estrus detection with a progesterone biosensor. *Transactions of the ASAE* 2001, 44, 2003-2008.
10. Denis-Robichaud J., Cerri R. L. A., Jones-Bitton A., LeBlanc S. J.: Survey of reproduction management on Canadian dairy farms. *J. Dairy Sci.* 2016, 99, 9339-9351.
11. Dolecheck K. A., Heersche G. Jr., Bewley J. M.: Retention payoff-based cost per day open regression equations: Application in a user-friendly decision support tool for investment analysis of automated estrus detection technologies. *J. Dairy Sci.* 2016, 99, 10182-10193.
12. Dolecheck K. A., Silvia W. J., Heersche G. Jr., Wood C. L., McQuerry K. J., Bewley J. M.: A comparison of timed artificial insemination and automated activity monitoring with hormone intervention in 3 commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 2016, 99, 1506-1514.
13. DuPonte M.: The basics of heat (estrus) detection in cattle. Cooperative Extension Service, College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Mānoa 2007.
14. Firk R., Stamer E., Junge W., Krieter J.: Automation of oestrus detection in dairy cows: a review. *Livest Prod Sci.* 2002, 75, 219-232.
15. Fischer-Tenhagen C., Wetterholm L., Tenhagen B. A., Heuwieser W.: Training dogs on a scent platform for oestrus detection in cows. *Appl Anim Behav Sci.* 2011, 131, 63-70.
16. Fricke P. M., Carvalho P. D., Giordano J. O., Valenza A., Lopes G. Jr., Amundson M. C.: Expression and detection of estrus in dairy cows: the role of new technologies. *Animal*. 2014, 8, 134-143.
17. Fricke P. M., Giordano J. O., Valenza A., Lopes G. Jr., Amundson M. C., Carvalho P. D.: Reproductive performance of lactating dairy cows managed for first service using timed artificial insemination with or without detection of estrus using an activity monitoring system. *J. Dairy Sci.* 2014, 97, 2771-2781.
18. Frinke P., Valenza A., Lopez Jr. G., Amundson M. C., Giordano J. O.: Assessment of an accelerometer system for detection of estrus and timing of artificial insemination in lactating dairy cows. *Ir. Vet. J.* 2014, 4, 130-138.
19. Galon N.: The use of pedometry for estrus detection in dairy cows in Israel. *J. Reprod. Dev.* 2010, 56, 48-52.
20. Galvão K. N., Federico P., De Vries A., Schuenmann A. M.: Economic comparison of reproductive programs for dairy herds using estrus detection, timed artificial insemination, or a combination. *J. Dairy Sci.* 2013, 96, 2681-2693.
21. Gil Z., Szarek J., Felenczak A., Nowak C.: Wykorzystanie pomiaru temperatury mleka jako niekonwencjonalnej metody wykrywania rui, schorzeń gruczołu mlekowego i innych chorób oraz ciąży u krów. *Med. Weter.* 2013, 49, 82-85.
22. Guliński P.: Cechy funkcjonalne i ich rola we współczesnej hodowli bydła. Cz. II. Komórki somatyczne mleka, płodność, kondycja, pokrój krów. *Przegląd Hodowlany* 2011, 79, 13-16.
23. Harris B. L., Hempstalk K., de le Rue B. T., Jago J. G., McGowan J. E.: Improving the power of activity-based heat detection using additional automatically captured data. *Proceeding New Zealand Society Animal Production*, Hamilton, New Zealand 2010, 299-302.
24. Ipema A. H., Goenze D., Hogewerf P. H., Houwers H. W. J., van Roest H.: Pilot study to monitor body temperature of dairy cows with a rumen boluss. *Comput. Electron. Agr.* 2008, 64, 49-52.
25. Jędrus A.: Ocena funkcjonalna nowych czujników temperatury mleka. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2015, 6, 23-25.
26. King J. O.: The effect of oestrus on milk production in cows. *Vet. Rec.* 1977, 101, 107-108.
27. Kozdrowski R., Twardoń J., Dejnek G. J., Dzięcioł M.: Wpływ nasilenia objawów rujowych oraz kondycji na wyniki unasienniania bydła. *Med. Weter.* 2006, 62, 969-1088.
28. Lehrer A. R., Lewis G. S., Azinbud E.: Oestrus detection in cattle: recent developments. *Anim. Reprod. Sci.* 1992, 28, 355-361.
29. Liu X., Spahr S. L.: Automated Electronic Activity Measurement for Detection of Estrus in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 1993, 76, 2906-2912.
30. McArthur A. J., Easdon M. P., Gregson K.: Milk temperature and detection of oestrus in dairy cattle. *J. Agr. Eng. Res.* 1992, 51, 29-46.
31. McGowan J. E., Burke C. R.: Validation of a technology for objectively measuring behavior in dairy cows and its application for oestrus detection. *Proceed Of the New Zealand Society of Animal Production* 2007, 67, 136-142.
32. Michaelis I.: Activity monitoring in dairy cattle: Evaluation of a technical estrus detection device. *Doctoral dissertation, Freie Universität, Berlin* 2016.
33. Michaelis I., Burfeind O., Heuwieser W.: Evaluation of oestrous detection in dairy cattle comparing an automated activity monitoring system to visual observation. *Reprod. Domest. Anim.* 2014, 49, 621-628.
34. Michaelis I., Hasenpusch E., Heuwieser W.: Estrus detection in dairy cattle: Changes after the introduction of an automated activity monitoring system? *Tierarztl. Prax.* 2013, 41, 159-165.
35. Mollenhorst E., Griffioen G., Nielen M., Werven van T.: The use of body temperature to detect estrus and predict optimal time of insemination. *The First North American Conference on Precision Dairy Management*, 2010.
36. Müller R., Schroder L.: A new method to measure behavioral activity levels in dairy cows. *Applied Behaviour Science* 2003, 83, 247-258.
37. Nelson S. T., Haadem C. S., Nødtvedt A., Hessele A., Martin A. D.: Automated activity monitoring and visual observation of estrus in a herd of loose housed Hereford cattle: Diagnostic accuracy and time to ovulation. *Theriogenology* 2017, 87, 205-211.
38. Neves R. C., Leslie K. E., Walton J. S., Leblanc S. J.: Reproductive performance with an automated activity monitoring system versus a synchronized breeding program. *J. Dairy Sci.* 2012, 95, 5683-9563.
39. Peralta O. A., Pearson R. E., Nebel R. L.: Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Anim. Reprod. Sci.* 2005, 87, 59-72.
40. Redden K. D., Kennedy A. D., Ingalls J. R., Gilson T. L.: Detection of estrus by radiotelemetric monitoring of vaginal and ear skin temperature and pedometer measurements of activity. *J. Dairy Sci.* 1993, 76, 713-721.
41. Roelofs J. B., Van Eerdenburg F., Soede N. M., Kemp B.: Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* 2005, 63, 1366-1377.
42. Roelofs J. B., Van Erp-van der Kooij E.: Estrus detection tools and their applicability in cattle: recent and perspectival situation. *Anim. Reprod.* 2015, 12, 498-504.
43. Rorie R. W., Bilby T. R., Lester T. D.: Application of electronic estrus detection technologies to reproductive management of cattle. *Theriogenology* 2002, 57, 137-148.
44. Roth H.: Automatisches Erkennen des Konzeptions-optimums bei Milchkühen mit Hilfe rechnergestützter Systeme zur Herdenüberwachung. *Landbauforsch. Voelkenrode, Sonderh.* 1987, 83.
45. Sakatani M., Takahashi M., Takenouchi N.: The efficiency of vaginal temperature measurement for detection of estrus in Japanese Black cows. *J. Reprod. Develop.* 2016, 62, 201-207.
46. Schofield S. A., Phillips C. J. C., Owens A. R.: Variation in the milk production, activity rate and electrical impedance of cervical mucus over the oestrous period of dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 1991, 24, 231-248.
47. Secchiari P., Romagnoli S., Mele M., Ferramosca R.: Use of a computerized pedometer for heat detection in dairy cows. *Zoot. Nutr. Anim.* 1998, 24, 119-124.
48. Stevenson J. S., Hill S. L., Nebel R. L.: Ovulation timing and conception risk after automated activity monitoring in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2014, 97, 4296-4308.
49. Suthar V. S., Burfeind O., Patel J. S., Dhami A. J., Heuwieser W.: Body temperature around induced estrus in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2011, 94, 2368-2373.
50. Talukder S., Kerrisk K. L., Ingenhoff L., Thomson P. C., Garcia S. C., Celi P.: Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system. *Theriogenology* 2014, 81, 925-935.
51. Kumar P., Rao S., Krishna T., Kumar N., Chaurasia S., Patel N. B.: Heat detection techniques in cattle and buffalo. *Veterinary World* 2013, 6, 363-369.
52. Valenza A. J., Giordano O., Lopes G. Jr., Vincenti L., Amundson M. C., Fricke P. M.: Assessment of an accelerometer system for detection of estrus and for treatment with gonadotropin-releasing hormone at the time of insemination in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2012, 95, 7115-7127.
53. Vazquez Diostado J. A., Barker Z. E., Hodges H. R., Amory J. R., Croft D. P., Bell N. J., Codling N. A.: Classification of behaviour in housed dairy cows using an accelerometer-based activity monitoring system. *Animal Biotelemetry* 2015, 3, 15.
54. Zimmermann L., Martin R., Zerbe H.: Automatisierte Fruchtbarkeits- und Gesundheitsüberwachung bei der Milchkühe. *Tierarztl. Prax.* 2016, 44, 242-251.