

KORNEL RATAJCZAK

Aparat własnego projektu o okrężnym obiegu gazów do znieczulania wziewnego dużych zwierząt

Klinika Chirurgiczna Instytutu Patologii i Terapii Zwierząt Wydziału Weterynaryjnego AR,
Pl. Grunwaldzki 51, 50-366 Wrocław

Potrzeba ograniczenia zużycia anestetyków wziewnych w znieczuleniu dotchawiczym dużych zwierząt skłania do podawania mieszaniny tlenowo-anestetycznej za pomocą układów ze zwrotnym oddychaniem. Aparaty do znieczulenia, produkowane fabrycznie dla potrzeb medycznych, posiadają elementy rurowe układu anestetycznego przystosowane swym przekrojem wewnętrznym (2—2,5 cm) i pojemnością do objętości oddechowej (500 ml) i światła tchawicy dorosłego człowieka. Zastosowanie tych urządzeń u konia lub krowy jest niewskazane. Zwierzęta te posiadają objętość oddechową około 10-krotnie większą, co powoduje w nieprzystosowanym do tego aparacie wzrost prędkości przepływu gazów. Przepływ gazów będzie przybierał wtedy charakter burzliwy (turbulentny). Wskutek tego wzrosną opory przepływu wzmagające, zwłaszcza przy długotrwałej anestezji z oddechem własnym, wysiłek oddechowy zwierzęcia. W związku ze zbyt małą pojemnością komory pochłaniacza wychwytywanie CO₂ będzie również niedostateczne.

Metoda znieczulenia z oddechem zwrotnym wyróżnia się tym, że gazy oddechowe z anestetykiem przy wydechu wracają do układu anestetycznego (oddechowego) aparatu w całości (układ zamknięty) lub tylko częściowo (półzamknięty) i są z dwutlenku węgla oczyszczane w pochłaniaczu. Aparaty do znieczulenia pracujące na tej zasadzie posiadają bądź jednodrogowy (wahadłowy), bądź okrężny obieg gazów. W Polsce aparat jednodrogowy do anestezji dużych zwierząt skonstruował i zastosował Modrakowski w 1965 r. (4). Urządzenia systemu jednodrogowego zwane również typem „tam i z powrotem” są proste w budowie, ponieważ nie wymagają obecności zastawek kierunkowych. Niemniej posiadają szereg cech, które czynią je mniej praktycznymi w znieczuleniach do dłużej trwających zabiegów chirurgicznych. Dwukrotne przejście gazów oddechowych przez pochłaniacz wywołuje ich silne nagrzanie i nawilżenie. Z uwagi na konieczność ograniczenia przestrzeni beżużytecznej pochłaniacz winien być umieszczony jak najbliższej głowy, co stwarza niebezpieczeństwo zapylenia płuc sproszkowanymi cząstkami wapna sodowanego. Ze względu na swoisty kształt aparat „tam i z powrotem” jest mało operatywny w użyciu, trudno przesuwalny i nieustawny, zajmując miejsce na stole operacyjnym w okolicy głowy.

Konstrukcja zastawkowego aparatu pracującego na zasadzie okrężnego obiegu gazu eliminuje wyżej wymienione niedogodności. W kraju do tej pory nie dysponujemy tego typu urządzeniem przeznaczonym dla dużych zwierząt. Niektóre zagraniczne ośrodki kliniczne posiadają aparaty z systemem okrężnym wykonane najczęściej indywidualnie, we własnym zakresie (5, 6, 8). W ostatnim czasie firma Dräger (RFN) oferuje na zamówienie aparaturę dla koni i bydła, jednakże cena jednostkowa takiego urządzenia jest bardzo wysoka.

Biorąc pod uwagę potrzeby w zakresie anestezji dużych zwierząt podjęto w klinice opracowanie własnego modelu pracującego na zasadzie okrężnego obiegu gazów, dążąc przy tym do wyeliminowania niedogodności eksploatacyjnych aparatów będących w użyciu do tej pory. W projekcie konstrukcji założono, że powinna ona spełniać następujące warunki:

- zmniejszyć do koniecznego minimum opory przepływów gazów,
- umożliwić wykonanie znieczulenia podtlenkiem azotu,
- zapewniać prowadzenie oddechu kontrolowanego,
- ułatwiać demontaż aparatu na prostsze elementy *).

Budowa aparatu

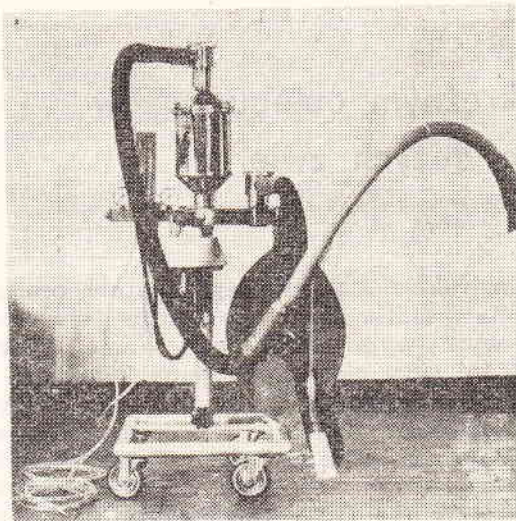
Zasadniczymi elementami aparatu z okrężnym obiegiem gazów są (ryc. 1, 2):

- układ anestetyczny, na który kolejno składają się: rurka dotchawicza, łącznik „Y”, węże faliste, zastawki kierunkowe, pochłaniacz, worek oddechowy,
- parownik,
- źródło gazów (butle z tlenem i podtlenkiem azotu),
- urządzenie nośne (wózek).

Układ anestetyczny. Podstawę konstrukcyjną układu w zaprojektowanym modelu stanowi korpus mosiężny ustawiony swą osią długą w położeniu poziomym. Korpus mocuje i łączy wszystkie pozostałe części układu. Na nim zamontowane zostały ponadto gniazda podłączenia dopływu gazów z butli, manometry, wpust i wypust gazów dla parownika oraz pompa szybkiego przepływu. Dla maksymalnego obniżenia oporów przepływu wszystkie elementy układu anestetycznego, przez które przepływają wdychane i wydychane gazy, posiadają przekrój wewnętrzny światła o średnicy 45 mm.

Rurka dotchawicza. Zastosowano fabrycznie produkowane katetery dotchawicze z mankietem uszczelniającym. Średnica światła używanych przez nas rurek wynosi 20, 25, 30 i 35 mm.

*) Antóniemu Kasprzakowi i Adamowi Marcinko za pomoc w realizacji prototypu urządzenia autor składa wyrazy wdzięczności.



Ryc. 1. Aparat o okrężnym obiegu gazów

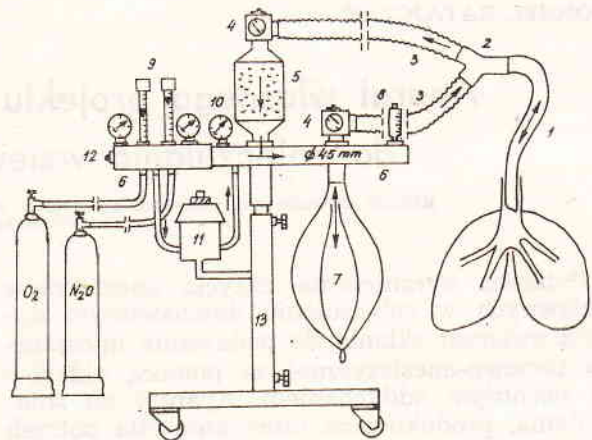
Węże faliste łączące za pośrednictwem tubusa i łącznika „Y” narząd oddechowy z układem anestetycznym, wykonane zostały z gumy wzmocnionej szkieletem drucianym. Falisty kształt i metalowe zbrojenie zabezpieczają, przy przypadkowym zagięciu węży, przed zamknięciem jego światła. Złącze „Y” wykonane z PCW łączy parzyste węże z rurką dotchawiczą. Dalsze końce węży zakładane są na otwory wlotów zastawek.

Zastawki kierunkowe warunkują okrężny obieg gazów. Gazowa mieszanina wydychana „plynie” jedynie tylko z węży falistych przez zastawkę wydechową do pochłaniacza, a dalej do worka oddechowego. W czasie wdechu gazy zgromadzone w worku, dzięki pracy zastawki wdechowej, zasysane są drugim przewodem rurowym do płuc. Obudowa zastawki wytoczona została z bloku mosiężnego. Także pozostałe detale metalowe aparatu wykonano z mosiądzu, jako stopu najbardziej obojętnego chemicznie na skład obecnych w mieszaninie anestetycznej gazów. Zastawki są typu dyskowego. Krążek dysku, tj. okrągłą płytkę szklaną, umieszczono w łożu z pręcików metalowych ograniczających zakres jej ruchów. Pokrywy zastawek wytoczono z pleksiglasu. Ich przejrzystość pozwala śledzić ruchy dysków, a tym samym kontrolować rytm czynności oddechowej zwierzęcia.

Pochłaniacz. Aby gazy wydychane mogły być skutecznie oczyszczone z CO_2 , komora pochłaniacza powinna posiadać pojemność zbliżoną do objętości oddechowej zwierzęcia (koń 3500–6000 ml, krowa 3000–4000 ml). W przypadku mojego modelu zastosowano pochłaniacz o objętości 6000 ml mieszczący 8 kg wapna sodowanego. Taka masa absorpcyjna może związać około 900 l CO_2 . Koń, krowa w przybliżeniu wydają 3 l CO_2 /min., a więc zawartość wapna wystarcza na około 300 minut znieczulenia prowadzonego w układzie zamkniętym.

Worek oddechowy posiada objętość 30 l zbliżoną do pojemności życiowej płuc dużych zwierząt. Ręczne uciskanie worka przy zupełnie szczelnym obwodzie oddechowym aparatu (zamknięty wentyl nadciśnienia) wywołuje wzrost ciśnienia gazów do 25 cm H_2O . Taka wartość umożliwia rozprężenie płuc, a więc wspomaganie własnych oddechów zwierzęcia, a także prowadzenie przez krótki czas oddechu kontrolowanego.

Wentyl nadciśnienia przeciwdziała balonowatemu rozdymaniu worka, co może mieć miejsce przy dostarczaniu gazów w większej ilości (wysokie przepływy) niż ta, jaką zwierzę przyswaja w ciągu minuty. Jeśli wentyl nadciśnienia ustawiony jest na wartość



Ryc. 2. Rysunek ideowy aparatu: 1 — rurka dotchawicza, 2 — łącznik „Y”, 3 — węże faliste, 4 — zastawki kierunkowe, 5 — pochłaniacz, 6 — korpus układu anestetycznego, 7 — worek oddechowy, 8 — wentyl nadciśnienia, 9 — manometry i przepływomierze dla O_2 i N_2O , 10 — manometr układu anestetycznego, 11 — parownik, 12 — urządzenie szybkiego przepływu, 13 — wózek z teleskopowym wysięgnikiem

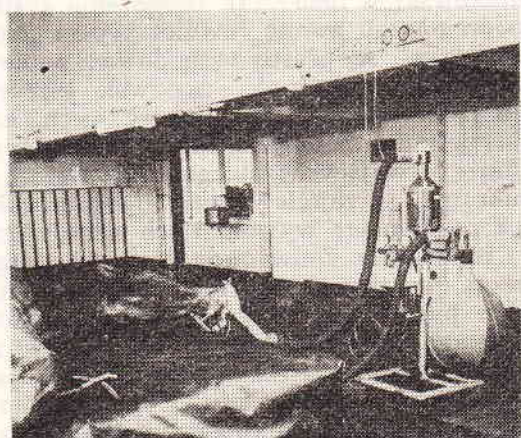
„zero”, nadmiar gazów mogących wywołać w układzie wzrost ciśnienia powyżej atmosferycznego, jest usuwany w każdym wydechu do atmosfery.

Parownik termostabilny produkcji NRD (VEB „Medi”) zamocowano uchwytem do wysięgnika teleskopowego wózka. Parownik umieszczono poza układem anestetycznym aparatu. Stężenia par uzyskiwane w parowniku wynoszą 0,25–5,0 vol%.

Do wyposażenia dodatkowego aparatu należą przepływomierze, manometry z zaworami bezpieczeństwa i urządzenie szybkiego przepływu (bypass). W konstrukcji wykorzystano typowe przepływomierze wirnikowe mierzące przepływ na minutę w zakresie: dla O_2 0,5–12 l, dla N_2O 0,5–20 l.

Urządzenie szybkiego przepływu o wydajności 30 l/min umożliwia przed rozpoczęciem znieczulenia szybkie napełnienie worka oddechowego tlenem.

Butle z tlenem i podtlenkiem azotu nie umieszczono bezpośrednio przy aparaturze znieczulającej, lecz zainstalowano poza blokiem operacyjnym. Stamtąd gazy, pod zredukowanym do 4 atm. ciśnieniem, doprowadzane są rurkami miedzianymi do konsoli zamocowanej na ścianie w sali operacyjnej. Przed znie-



Ryc. 3. Anestezja konia; w głębi widoczna konsola centralnego doprowadzenia tlenu i podtlenku azotu

czuleniem aparat podłącza się przewodami polietylenowymi do gniazd konsoli. Zaopatrzenie końcówek przewodów podłączeniowych w odrębne dla każdego gazu, nie zamiennie złącza eliminuje całkowicie pomyłkowe wprowadzenie, np. podtlenku azotu w miejsce tlenu. Dzięki systemowi centralnej dystrybucji gazów obniżony został wydatnie ciężar własny aparatu znieczulającego, czym polepszone jego manewrowość względem stołu operacyjnego. Instalacja centralnego doprowadzenia gazów podwyższa również bezpieczeństwo pracy i rozwiązuje problem pustych butli w obejściu chirurgicznym (ryc. 3).

Układ nośny składa się z osadzonej na czterech kółkach ramy o wymiarach 50×50 cm oraz z teleskopowo wysuwającej się rury wysięgnika. Do wysięgnika zamocowany jest korpus aparatu. Zależnie od wysokości położenia stołu operacyjnego można również zmieniać wysokość umieszczenia aparatu.

Opisywane urządzenie znieczulające zarejestrowano w Urzędzie Patentowym PRL pod numerem W-66688 w dniu 24.IV.1981 r.

Technika znieczulenia

Anestezję przedstawionym aparatem prowadzono u koni i bydła poddawanych w tut. Klinice zabiegom chirurgicznym. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń przyjęto następujący schemat postępowania anestezjologicznego. Przedznieczulenie wykonywano pochodnymi fenotiazyny w zalecanych przez producenta dawkach i atropiną (podskórnie 30 mg). Położenie na stole następowało bądź w sposób mechaniczny za pomocą pęt, bądź farmakologicznie poprzez podanie dożylnie 10% gwajamaru (dawki wg efektu działania). Następnie wykonywano wlew 10% wodnika chlorału w ilości 10—15 g. Płytki sen podstawowy i relaksacja związana z działaniem gwajamaru w sposób dostateczny tłumili odruchy obronne (kaszel, połykanie, ściskanie żuchwy), umożliwiając bezpieczne i atraumatyczne wprowadzenie rurki dotchwiczej (1, 2, 3).

Po połączeniu układu anestetycznego z narządem oddechowym osiągnano znieczulenie chirurgiczne dwoma sposobami z wyboru.

Metoda wysokich przepływów. Do układu półzamkniętego dostarczano tlen i podtlenek azotu w stosunku 1:2 z parami halotanu o stężeniu 5 vol%. Ogólny przepływ gazów zbliżony był wtedy do wentylacji minutowej zwierzęcia (7—10 l O₂/min. i 14—29 l N₂O/min.) i wynosił 21—30 l. Stan tolerancji chirurgicznej, którego m.in. objawem był zanik odruchu powiekowego uzyskiwano po 3—5 min. Zużycie halotanu wynosiło 2—4 ml/min.

Metoda niskich przepływów. Do układu zamkniętego dostarczano tylko tlen z parami halotanu o stężeniu 5%. Przepływ tlenu wynosił 1,5—3 l, tzn. sięgał wartości minutowego zużycia tego gazu przez organizm. W ten sposób uzyskiwano stan niewrażliwości na ból w okresie około 10 minut. Metoda pozwalała na oszczędniejsze użycie halotanu (0,7—1 ml/min).

Kontynuacja znieczulenia odbywała się również metodą niskich przepływów w układzie zamkniętym, przy czym koncentrację halota-

nu ustawiano na wartość 1—2 vol% (minutowe zużycie halotanu około 0,7 ml).

Dopływ anestetyku wyłączano najczęściej już w trakcie szycia powłok skórnych. Wyciągnięcie rurki z tchawicy następowało dopiero po powrocie odruchów połykania i kaszlu. Przed ekstubacją usuwano tamponem lub odsysano wydzieliny płynne z jamy ustnej i umieszczano głowę poniżej tułowia. Czas powrotu świadomości wynosił 5—10 minut od momentu zaprzestania podawania mieszaniny anestetycznej. Zwierzęta wstawały zwykle samodzielnie po następnych 10 minutach.

Omówienie

Przeprowadzone do tej pory próby znieczuleń pozwalają stwierdzić, iż przedstawiony aparat spełnia postawione przed jego realizacją założenia. Kształt urządzenia i umieszczenie go na wózku ułatwia posługiwanie się nim. Węże faliste o długości 1,5 m pozwalają na ustawienie aparatu w pewnym oddaleniu od stołu operacyjnego oraz swobodne ułożenie zwierzęcia w dowolnej pozycji. W ten sposób aparatura nie przeszkadza zespołowi operacyjnemu w pracy. Staje się to szczególnie przydatne podczas zabiegów w okolicy głowy oraz przy operacjach w grzbietowym ułożeniu pacjenta. Budowa aparatu umożliwia jego demontaż na prostsze elementy konstrukcyjne, co usprawnia ich mycie, odkażanie, jak również i transport, gdy istnieje potrzeba wykorzystania urządzenia poza kliniką.

Aparaturowa przestrzeń bezużyteczna to objętość gazów mieszcząca się w drogach oddechowych i układzie anestetycznym do miejsca, w którym ustaje zwrotne wdychanie dwutlenku węgla. W przypadku aparatu o okrężnym obiegu gazów punkt ten znajduje się na wysokości rozwidlenia łącznika „Y”. Można więc stwierdzić, biorąc pod uwagę mniejszą objętość tubusa w stosunku do objętości gardzieli, jamy ustnej i nosowej, iż po zaintubowaniu zwierzęcia aparaturowa przestrzeń bezużyteczna nie przewyższa fizjologicznej.

Opór przepływu powietrza oddechowego pochłania 30% pracy wydatkowanej na naturalne, spokojne oddychanie. W czasie anestezji, gdy funkcja oddychania zostaje w pewnym stopniu zawsze upośledzona działaniem anestetyku, niezwykle istotne jest, by aparat nie wzmacniał dodatkowo wysiłku oddechowego zwierzęcia. Jak wynika z przeprowadzonych pomiarów aparaty dla dużych zwierząt winny posiadać niezweńczający się w żadnym punkcie układ anestetyczny o przekroju 4—5 cm (7). W tym celu w omawianym aparacie zredukowano do koniecznego minimum długość układu i zapewniono optymalny przekrój (4,5 cm) wszystkich przewodów, złączy i zastawek pracujących w obwodzie anestetycznym.

W moim modelu zabezpieczono podłączenie dla podtlenku azotu wychodząc z założenia, iż

użycie tego gazu rozszerza możliwość wyboru metod anestezjologicznych i zwiększa sterowność znieczulenia. Podtlenek azotu, jako anestetyk bezpieczny, o słabym oddziaływaniu analgetycznym i silnych właściwościach hipnotycznych, staje się szczególnie przydatny w sytuacjach, kiedy pożądanym jest wykonanie znieczulenia płytkiego, nie obciążającego pacjenta i dającego szansę na jego szybkie wybudzenie po skończonym zabiegu.

Prowadzone w czasie anestezji obserwacje nie wykazały objawów klinicznych, które mogłyby świadczyć o obciążającym wpływie urządzenia na organizm znieczulonego zwierzęcia. Niemniej konieczne wydaje się przeprowadzenie szczegółowych badań określających poziom wentylacji pacjenta oraz stan narządu krążenia i równowagi kwasowo-zasadowej podczas anestezji. Wyniki tych doświadczeń staną się przedmiotem osobnej publikacji.

Wnio ski

1. Wykonany aparat o okrężnym obiegu gazów, przeznaczony dla dużych zwierząt, pozwala na dogodne sterowanie poziomem i czasem trwania znieczulenia ogólnego wziewnego, co ma zasadniczy wpływ na bezpieczeństwo postępowania anestezjologicznego.

2. Klinicznie stwierdza się, że proponowany układ anestetyczny nie wpływa depresyjnie na wentylację i czynność narządu krążenia.

3. Parametry konstrukcyjne i kształt urządzenia oraz zastosowany system centralnej dystrybucji gazów w sposób znamieny upraszczają czynności związane z prowadzeniem u dużych zwierząt znieczulenia ogólnego zarówno w warunkach sali operacyjnej, jak i poza kliniką.

Piśmiennictwo

1. *Badura R., Modrakowski A.*: Medycyna Wet. 18, 734, 1962.
2. *Badura R., Modrakowski A.*: Medycyna Wet. 19, 556, 1963.
3. *Eisenmenger E.*: Wien. tierärztl. Mschr. 53, 644, 1968.

HOLDSWORTH R. J.: Pomiar progesteronu bezpośrednią metodą radioimmunologiczną w płazmie i próbkach pełnej krwi konserwowanej bydła. (Measurement of progesterone in bovine plasma and preserved whole blood samples by a direct radioimmunoassay). Br. vet. J. 136, 135—140, 1980 (2).

Porównanie wyników określania poziomu progesteronu metodą ekstrakcji i bezpośrednią metodą radioimmunologiczną wykazało występowanie bardzo ścisłej korelacji mimo że wyniki uzyskane w ostatniej metodzie były nieco wyższe (met. ekstrakcji $2,5 \pm 0,5$ ng/ml, met. radioimmunologiczna $3,5 \pm 0,6$ ng/ml). Przechowywanie pełnej krwi w temperaturze pokojowej lub 4°C przez 12—24 godziny przed oddzieleniem plazmy powoduje 20—70% obniżenie poziomu progesteronu w płazmie. Stosując zhemolizowaną krew, poziom progesteronu w płazmie wynosił $4,4 \pm 0,4$ ng/ml, we krwi $5,2 \pm 0,4$ ng/ml.

G.

4. *Modrakowski A.*: Medycyna Wet. 22, 450, 1966.
5. *Skarda R.*: Schweiz. Arch. Tierheilk. 116, 507, 1974.
6. *Weaver B. M. Q.*: Vet. Rec. 72, 1121, 1960.
7. *Westhues M., Fritsch R.*: Die Narkose der Tiere. Verlag P. Parey, Berlin, Hamburg, 1961.
8. *Zetner K.*: Wien. tierärztl. Mschr. 60, 127, 1973.

Adres autora: dr Kornel Ratajczak, Pl. Grunwaldzki 51, 50-366 Wrocław.

Ратайчак К. — Прибор собственного проекта с окружающей циркуляцией газов для ингаляционной анестезии крупных животных.

Выполненный по собственному замыслу прибор, предназначенный для лошадей и крупного рогатого скота, позволяет удобно управлять уровнем и длительностью общей анестезии. В предлагаемом устройстве ограничены сопротивление течению через упрощение строения, уменьшение длины и выбор соответствующих размеров отверстий трубопроводов системы анестезии. Прибор приспособлен к анестезии галотаном и недокисью азота. Строение прибора делает возможным его демонтаж на более простые конструктивные элементы, что облегчает их мойку, дезинфекцию как и транспорт, когда окажется потребность в использовании устройства вне клиники. Благодаря применению центральной дистрибуции газов уменьшен собственный вес прибора, а через удаление газобаллонов повышена безопасность труда при операции.

Ratajczak K. — The apparatus for inhalation anaesthesia of large animals with indirect gas circulation of the own project.

The apparatus for inhalation anaesthesia in horses and cattle constructed on the basis of the author's project enables a convenient control of the level and time of general anaesthesia. In the apparatus passage resistances were decreased by a simplification of a construction, shortening of the length and by assortment of a proper cross-section of the ducts of an anaesthetic set. The apparatus was adopted for halothane and nitrite suboxide anaesthesia. It can be dismantled or a simpler elements which render efficient their washing, disinfection and transport, especially when it is necessary to use the apparatus outside of a clinic. The introduction of a central distribution of gases enables a decrease of the weight of the apparatus. Elimination of gas tanks from an operation theatre increases a labour safety.

CABELLO G.: Poziom kortyzolu i aldosteronu w płazmie cieląt zdrowych oraz cieląt z biegunką. (Plasma cortisol and aldosterone levels in healthy and diarrhoeic calves). Br. vet. J. 136, 160—167, 1980 (2).

Poziom kortyzolu i aldosteronu określono w płazmie 10 cieląt zdrowych oraz 13 cieląt które przeżyły biegunkę. Poziom kortyzolu w płazmie obniżał się wraz z wiekiem cieląt od $5,50 \pm 1,01$ ug/100 ml osiągając u cieląt 20 dniowych wartość $0,75 \pm 0,28$ ug/100 ml. U cieląt z objawami biegunki osiągał on znacznie wyższe wartości. Natomiast poziom aldosteronu w płazmie cieląt zdrowych wykazywał odwrotnie proporcjonalną zależność do zawartości sodu. Po początkowym wzroście u cieląt w wieku 1—3 dni obniżał się on do 20 dnia życia. U cieląt z objawami biegunki silny wzrost poziomu aldosteronu w płazmie wystąpił w wieku 3—11 dni.

G.