

PATOLOGIA I TERAPIA

KORNEL RATAJCZAK

Próba zastosowania cewnika Swana–Ganza (CSG) w badaniach hemodynamicznych koni

Katedra i Klinika Chirurgii Wydziału Weterynaryjnego AR,
Pl. Grunwaldzki 51, 50-366 Wrocław

Hemodynamika jest dziedziną diagnostyki analizującą dane uzyskane drogą cewnikowania wnętrza serca i dużych naczyń. Posługuje się angiografią dla oceny zmian morfologicznych układu kardiowaskularnego i badaniem parametrów przepływu krwi, będących źródłem poznania stanu czynnościowego krążenia. Podstawowymi wskaźnikami hemodynamicznymi są krzywe przebiegu wysokości ciśnień oraz wartości utlenowania krwi. Prekursorem cewnikowania był Forssmann, który w 1929 r. wprowadził sobie samemu cewnik urologiczny przez żyłę łokciową do prawego przedsionka, dokumentując to zdjęciem rentgenowskim (2). Courmand i Richards w latach 40-tych poprzez swoje prace nadali znaczenia praktycznego tej metodzie badawczej (1). Trud tych trzech lekarzy w 1956 r. uhonorowano nagrodą Nobla. W tym okresie wprowadzano cewnik do serca kontrolując jego drogę fluoroskopia. Uproszczenie postępowania dokonało się w 1970 r. za sprawą zastosowanego CSG (10). Istotnym *novum* był tu mankiet z lateksu na szczycie cewnika, który po napełnieniu powietrzem przybierał kształt balonu o średnicy ok. 1 cm. Dzięki niemu CSG unoszony z prądem krwi w kierunku serca, przepływa przez jego jamy docierając do tętnicy opłucnej. Charakterystycznie różny dla każdego z tych miejsc kształt krzywej ciśnienia wyświetlany na monitorze pozwala zidentyfikować aktualne położenie CSG (ryc. 1). Anestezjologia weterynaryjna, a także leczenie dotyczące zwierząt w stanach zagrażających życiu cechuje się stosowaniem leków o silnym i gwałtownym działaniu np. halotan, katecholaminy, płynoterapia. Rozwój elektroniki otwiera nowe możliwości kontrolowania ich wpływu na czynności biologiczne, stwarzając szanse coraz to bardziej racjonalnego postępowania le-

karskiego. Wychodząc z tych przesłanek podjęto próbę określenia przydatności badań hemodynamicznych koni wykonywanych sprzętem dostępnym w kraju. W dotychczas publikowanych studiach zagranicznych na ten temat posługiwano się cewnikami tradycyjnymi (rentgenoskopia) lub specjalnie wydłużonymi CSG (3, 6). Nieosiągalność tych technik skłoniła nas do wykorzystania typowego (110 cm) CSG używanego w medycynie u ludzi. Celem pracy było ustalenie metodycznych warunków katetyzacji i pomiarów ciśnień wewnątrzsercowych koni tym cewnikiem oraz ocena wiarygodności otrzymanych wyników.

Materiał i metody

Badania wykonano u 8 zdrowych klinicznie koni w wieku 3–6 lat, o m.c. 350–420 kg, w znieczuleniu chirurgicznym, leżących w pozycji bocznej lewej. Zwierząt nie karmiono 12 godz. przed zabiegiem, przyjmowania wody nie ograniczono. Postępowanie anestezjologiczne (dawki w g/50 kg m.c.): premedykacja — combelen i.m. 0,005, atropina s.c. 0,0005, kładzenie farmakologiczne — 10% roztwór gwajamaru i.v. 5,0, po położeniu intubacja i podłączenie do aparatu anestezjologicznego o określonym obiegu gazów, znieczulenie w układzie zamkniętym — halotan 5 vol% + O₂ 3 l/min., po ustąpieniu oczopląsu anestezji na poziomie III/1 podtrzymywano halotanem 2 vol% + O₂ 3 l/min. (7).

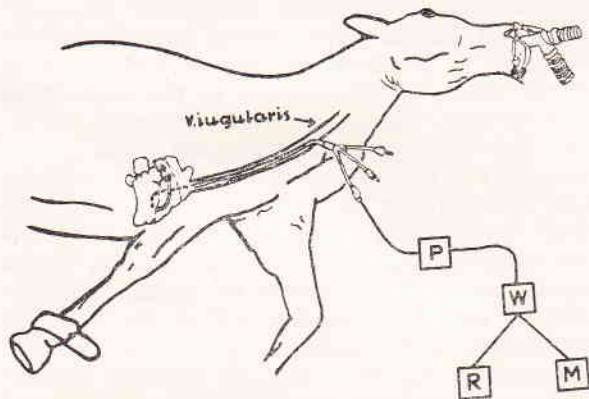
Do badań użyto CSG F8 z 3 przewodami (F-my Edwards Laboratories). Pierwszy kończąc się na szczycie CSG, wypełniony płynem, przekazywał mechaniczny sygnał zmiany ciśnień przetwarzany w przetworniku na sygnał elektryczny wyświetlany na monitorze (TEMED) i jednocześnie zapisywany na papierze rejestratora (RFT 6 NEK) w postaci krzywej. Drugi przewód służył do napełnienia powietrzem balonika umieszczonego 2 mm od szczytu. Trzeci otwierając się 30 cm od szczytu może być wykorzystywany do badań OCZ lub wstrzykiwania zimnego płynu przy



oznaczeniach rzutu serca (ryc. 2) (5, 11). CSG wprowadzono do prawej żyły jarzmowej przez światło igły ϕ 2,5 mm wklutej przezskórnio u nasady szyi. Następnie nadmuchiwało balonik (1 ml powietrza ze strzykawki) ułatwiający przesunięcie CSG przez prawe serce. W czasie jego „wędrówki” prowadzono ciągłą rejestrację ciśnień prawego krążenia i Ekg (III odprowadzenie kończynowe). Jednocześnie kontrolowano ciśnienie systemowe przez skatetyzowaną metodą Seldingera (9) t. szyjną. Przed pomiarem cechowano rejestrator, a przetwornik umieszczano w niezmiennym położeniu. Z wysokości wychyleń krzywej wyliczano wartości w mm Hg ciśnień skurczowych i rozkurczowych przy położeniu szczytu CSG w prawej komorze i tętnicy płucnej oraz średnich skurczowo-rozkurczowych w prawym przedsionku i w pozycji zaklinowania. Te dwie ostatnie wartości wyliczano ze wzoru: ciśnienie skurczowe $+ 2 \times$ rozkurczowe/3. W ciągu 30 min. znieczulenia pomiary powtórzono 5-krotnie w odstępach 6 min. wyliczając z nich średnie statystyczne i odchylenie standardowe testem t-Studenta.

Wyniki i omówienie

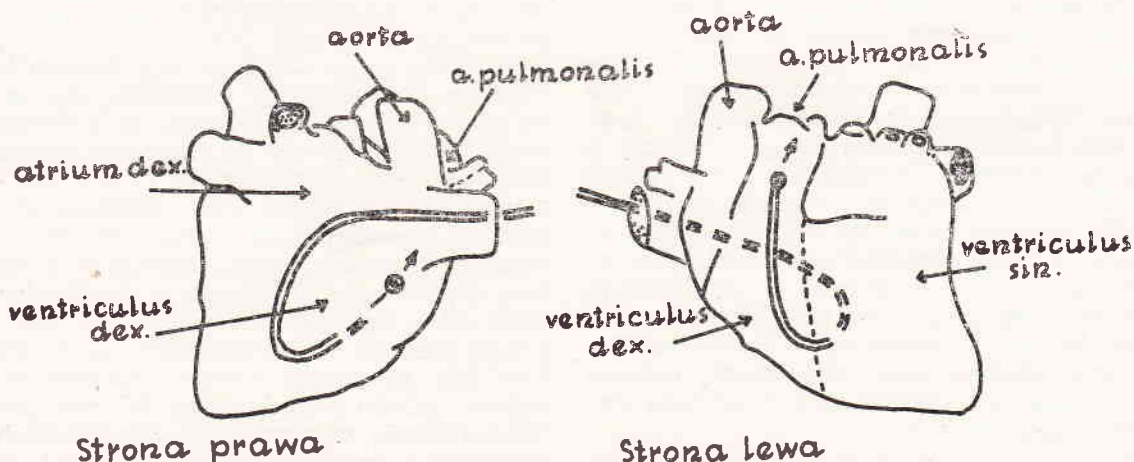
Katetyzacja cewnikiem sterowanym w drodze do serca pod kontrolą Rtg jest u dużych zwierząt możliwa do przeprowadzenia tylko w ośrodkach dysponujących wysokowydajnym sprzętem rentgenowskim ze wzmacniaczem elektronicznym obrazu i kamerą TV. Skopia nawet w tak dobrze wyposażonej pracowni jest

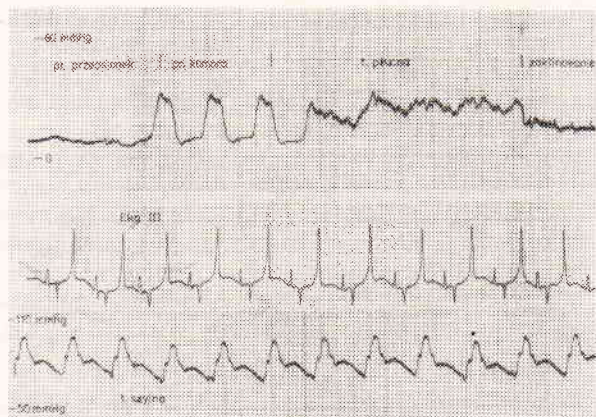


Ryc. 3. Szkic sytuacyjny katetyzacji CSG

jednak zabiegiem złożonym z uwagi na potrzebę zapewnienia personelowi właściwej ochrony radiologicznej oraz konieczność unieruchomienia zwierzęcia, co dodatkowo ogranicza swobodę prowadzenia pomiarów w różnych sytuacjach patofizjologicznych. Metoda ta wymaga dużego treningu od lekarza badającego, gdyż wiąże się ze żmudnymi manewrami, których konsekwencją bywają często opisywane powikłania w postaci zapętleń cewnika oraz zaburzeń rytmu (przedwczesne pobudzenie nadkomorowe, komorowe, migotanie przedsionków, blok) (1).

Z zebranych przez nas doświadczeń wynika, że te niedogodności eliminuje sterowany prądem krwi CSG. Długość typowego cewnika medycznego we wszystkich przypadkach okazała się być wystarczająca dla osiągnięcia serca dorosłego konia, pod warunkiem wejścia nim przez żyłę jarzmową w maksymalnie kaudalnym miejscu tzn. w pobliżu *apertura thoracis cranialis* (ryc. 3). Duży przekrój *v. jugularis* u konia pozwalał na inflację balonika już w jej wnętrzu, a nie dopiero w naczyniach klatki piersiowej, jak to ma miejsce u ludzi. Dzięki temu od samego początku silny prąd krwi napierający na balonik, pełniący rolę żagla ciągnącego i sterującego cewnik, wspomagał manualne jego wprowadzanie. Szczyt cewnika bez jakichkolwiek manipulacji wchodził w ciąg około 5 sek. do prawego przedsionka, a potem do komory (ryc. 4). Na monitorze w miejsce linii izoelektrycznej pojawiła się krzywa o niskich wychyleniach ciśnień przedsionkowych, a chwilę potem fala o dużej amplitudzie świadcząca o obecności cewnika w komorze (ryc. 5). W ok. 20% prób doświadczono trudności w wyjściu z komory dalej do t. płucnej, prawdopodobnie na skutek zaczepienia szczytu cewnika o ściankę wsierdzia lub zastawkę półksiężycowatą. W tej sytuacji zmieniano położenie CSG wycofując go ok. 5 cm, wypuszczano powietrze, po czym ponownie napełniano balonik. Zacewnikowanie t. płucnej objawiało się „podkasa-





Ryc. 5. Zapis na papierze rejestratora: u góry — ciśnienie prawego krążenia, pośrodku — Ekg, u dołu — ciśnienie systemowe

nym” wykresom tzn. ciśnieniem skurczowym zbliżonym do komorowego, a rozkurczowym znacznie podwyższonym (ryc. 1, 5). Z tego miejsca cewnik najczęściej już samoczynnie, w ciągu kilkunastu sekund, wpływał do jednego z rozgałęzień pnia płucnego i zaklinowywał się w kapilarach. W zapisie tego ciśnienia spotykaliśmy często *artefactum* w formie pogrubionej linii z niskim woltażem. Miało to miejsce wtedy, gdy nie mogąc uzyskać zaklinowania wykonywano w t. płucnej deflację, a po wprowadzeniu CSG głębiej powtórnie balonik wypełniano. Prawdopodobnie w tym momencie znajdując się w małym naczyniu zniekształcał się tak znacznie, że przesłaniał otwór końcowy. Pozytcję zaklinowania osiągnano przeciętnie w ciągu 20—30 sek., licząc od wprowadzenia do żyły, przy wykorzystaniu 80—90 cm długości cewnika.

Zapis Ekg nie ujawnił podczas badania zaburzeń rytmu, co przypisać należy działaniu buforującego balonika rozkładającemu korzystnie siły wywierane na CSG i ograniczającemu tym drażnienie mięśnia sercowego przez szczyt cewnika. Wielorazowe używanie tego samego sprzętu spowodowało w kilku przypadkach pęknięcie balonika sterującego bez niekorzystnych następstw. Zatory powietrzne mogą mieć jednak miejsce w prawo-lewych przeciekach wewnątrzsercowych, przy podejrzeniu których wskazane jest używanie CO₂, gazu 20-krotnie łatwiej rozpuszczalnego w osoczu. Z uwagi na sprawny przebieg pomiarów przed wprowadzeniem CSG sprawdzano szczelność balonika, a następnie wypełniano przewód cewnika oraz komorę przetwornika fizjologicznym roztworem NaCl i zamykano je trójdrożnym kranikiem. Zapobiegało to wniknięciu krwi i niedrożnościom wywołanym skrzepami. Istotne było również przy wypełnianiu płynem staranne usunięcie pęcherzyków powietrza tłumiących sygnał ciśnienia.

CSG zaraz po wprowadzeniu go w światło żyły, podłączano do przetwornika, który przy-

Tab. 1. Średnie statystyczne ciśnień i odchyłen standardowych ($\pm$) w badaniach własnych (I), Milne (II) i Galla (III)

Oznaczone parametry	I		II		III	
	mmHg	$\pm$	mmHg	$\pm$	mmHg	$\pm$
RAMP	7,0	5,2	6,1	3,4	10,0	3,0
RVSP	41,2	6,8	45,8	5,7	49,0	5,1
RVDP	6,0	3,6	5,7	3,0	14,5	6,3
PASP	39,7	7,4	42,1	5,2	36,0	5,1
PADP	17,3	5,6	18,3	4,1	21,5	5,5
PAWP	12,2	7,0	8,7	2,9	—	—

Objaśnienia: RAMP — śr. pr. przedsionka, RVSP — skurczowe i RVDP — rozkurczowe pr. komory, PASP — skurczowe i PADP — rozkurczowe t. płucnej, PAWP — śr. zaklinowane.

pięty był do skóry na wysokości rękojeści mostka. To stałe umiejscowienie, zweryfikowane badaniami anatomo-topograficznymi odpowiadało poziomowi prawego przedsionka będącego zerowym punktem odniesienia dla pomiarów ciśnienia w pozycji leżącej bocznej konia (5). Wypełniony płynem system cewnika z przetwornikiem współpracował z opartym na własnym pomysłu układem przetwarzającym i rejestrującym sygnały. Składał się on z 2 elektromagnetów pełniących rolę wzmacniaczy, kardiomonitora 4-ścieżkowego oraz

Stan funkcjonalny serca modelują trzy momenty: obciążenie początkowe (proload) i końcowe (afterload) komory oraz kurczliwość mięśnia. Proload tzn. wyjściową długość kurczących się włókien obrazują ciśnienia w przedsionkach, również ciśnienie późnorozkurczowe (RVEDP). Wzrost RVEDP w zdrowym sercu świadczy o wzroście siły skurczu i objętości wyrzutowej. Może być jednak dowodem przeciążenia krążenia płynami, a także zgodnie z prawem Franka-Starlinga, objawem rozstrzeni czyli wzrostu objętości rozkurczowej wyrównawczo utrzymującej na dostatecznym poziomie siłę skurczu chorego serca. Obniżenie RVEDP występuje przy hipowolemii i niskim rzucie. Ciśnienie w t. płucnej daje wgląd w obciążenie końcowe prawej komory. Przy zaklinowaniu CSG w kapilarze szczelnie przylegający do jej ściany balonik blokuje wpływy ciśnienia t. płucnej pozwalając rejestrować ciśnienie kapilarne. Jego wykres wyglądem i wartością podobny jest do ciśnienia lewego przedsionka. Ta zbieżność pozwala więc z dużą dokładnością monitorować od strony prawej pracę lewego serca, a zwłaszcza ciśnienie napełniania lewej komory (4).

Przedstawione badania nie wyczerpują sposobów wykorzystania CSG. Oprócz analizy ilościowej i jakościowej krzywych ciśnień, służy on do pobierania prawdziwie mieszanej krwi żyłnej, za jaką uważa się tę pochodzącą z t. płucnej. Pomiar jej utlenowania jest podstawą do wyliczenia przecieku. Znajomość z kolei różnicy zawartości O_2 między krwią tętniczą a żylną umożliwia szacunkowe określenie tendencji zachowania się rzutu serca i dostawy O_2 do tkanek (8). Trójprzewodowy CSG wyposażony w czujnik termistotowy (ryc. 2) we współpracy ze specjalnym komputerem pozwala dokładnie zmierzyć rzut metodą termilucji (11).

Panuje opinia, iż badanie CSG, które zdobyło już popularność u człowieka, nie posiada bezwzględnych przeciwwskazań. Jego oryginalność polega nie tylko na dużym stopniu bezpieczeństwa i prostej technice, nieosiągalnej innymi metodami, ale także na różnorodności i dokładności uzyskiwanych *in vivo* danych. Mogą być one zarówno wykorzystane jako decydujące w ostatecznym ustaleniu rozpoznania schorzeń serca, jak i stanowić bazę informacji kierujących postępowaniem leczniczym. Z uwagi na swe atrybuty metodyczne, ten sposób badania stwarza nowe perspektywy śledzenia u zdrowych zwierząt zmian hemodynamicznych w spoczynku i po wysiłku oraz w trakcie interwencji służących egzaminowaniu nowych leków lub metod terapeutycznych.

Zebrane przez nas doświadczenia pozwalają uznać zespół wyników pozyskiwanych CSG za najprecyzyjniejsze obecnie dostępne kryterium oceny stanu funkcji krążeniowo-oddechowej koni. Ta forma diagnostyki z pewnością znajduje w najbliższym czasie zastosowanie w eksperymencie fizjologicznym oraz w nadzorze aneste-

zjologicznym zwierząt obciążonych dużym ryzykiem operacyjnym.

Wnioski

1. Krótki, medyczny CSG typu 8 F jest sprzętem w pełni wystarczającym do katetyzacji serca i t. płucnej dorosłych koni.

2. Diagnostyka CSG, z uwagi na nieinwazyjność postępowania i różnorodność uzyskiwanych danych hemodynamicznych stanowić może obecnie najprecyzyjniejszy sposób oceny funkcji krążenia i oddychania.

Piśmiennictwo

1. Cournaud A. F., Ranges H. S.: Proc. Soc. exp. Biol. Med. 46, 462, 1941.
2. Forssmann W.: Klin. Wschr. 8, 2085, 1929.
3. Gall C. M.: Praca magist. Ohio State University, Columbus, 1967.
4. Jurczyk W., Szulc W.: Anest. Inten. Ter. 14, 257, 1982.
5. Klein L., Sherman J.: J. Am. vet. med. Ass. 170, 216, 1977.
6. Milne D. W., Muir W. W., Skarda R. T.: Am. J. vet. Res. 36, 1431, 1975.
7. Ratajczak K.: Medycyna Wet. 37, 545, 1981.
8. Ratajczak K.: Mat. VIII Kongr. PTNW, Warszawa 1987.
9. Seldinger S. J.: Acta Radiol. 39, 368, 1953.
10. Swan H. J. C., Ganz W., Forrester J., Marcus H., Diamond G