

# Badanie ultrasonograficzne naczyń krwionośnych jąder ogiera\*

**Małgorzata A. Pozor**

z Katedry Nauk o Dużych Zwierzętach Wydziału Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Florydy w Gainesville (USA)

Możliwość zastosowania skutecznych metod zwiększenia produkcji nasienia u ogierów wzbudza duże zainteresowanie wśród hodowców koni. Wzrastają również oczekiwania na wprowadzenie nowych technik diagnostycznych i terapeutycznych do andrologii zwierząt domowych.

Odpowiednie ukrwienie jąder jest niezbędne do prawidłowego ich funkcjonowania. Każde niedokrwienie jądra ma poważny, negatywny wpływ na spermatogenezę oraz objętość gruczołu i może nieodwracalnie zmniejszyć produkcję nasienia w obydwóch jądrach – w jądrze bezpośrednio do-

tkniętym zaburzeniem i kontralateralnym (1, 2, 3, 4, 5, 6). Ostre i przewlekłe zaburzenia ukrwienia jąder u chłopców i mężczyzn są często diagnozowane i w wielu przypadkach skutecznie leczone z zachowaniem funkcji gruczołu. Żyłki powrózka nasiennego są najczęściej diagnozowaną u mężczyzn patologią związaną z zaburzeniem płodności (7, 8). Najczęściej identyfikuje się je u chłopców w okresie dojrzewania płciowego i skutecznie leczy metodami chirurgicznymi i farmakologicznymi (5, 6, 9, 10). Skręt powrózka nasiennego i urazy moszny wymagają natychmiastowej interwencji medycznej. Szybka diagnoza i odpowiednie leczenie pozwala często na zachowanie obydwu jąder (11, 12, 13, 14, 15, 16). W ostatnich latach wprowadzono nowe metody farmakologiczne, które mają

\* Referat wygłoszony 13 X 2005 r. w Krakowie podczas 17. spotkania lekarzy weterynarii Unii Europejskiej zajmujących się inseminacją.

## Evaluation of testicular vasculature in stallions

Pozor M. A. • Department of Large Animal Science, College of Veterinary Medicine, University of Florida, Gainesville, USA.

The long term goal of the current research is to find methods to improve testicular blood flow in stallions to increase testicular volume and sperm production and also to protect gonads from a permanent damage in the case of testicular insult such as trauma or torsion of spermatic cord. Adequate blood supply to the testes is crucial for their function. Every vascular trouble may significantly influence spermatogenesis and permanently impact sperm production in both – affected and contralateral testis. In humans, varicocele is the most frequent pathology associated with men infertility. This condition is identified in adolescent boys and usually successfully treated. Color Doppler ultrasound (CDU) has been successfully used in human andrology. The torsion of spermatic cord and various scrotal injuries and traumas which often occur in stallions require immediate medical assistance. With correct diagnosis and quick treatment both testes can be saved. Recently various methods of protecting gonads from detrimental effects of ischemia-reperfusion injuries are developed. Especially CDU is helpful in assessing the distribution of blood vessels in testes and in choosing the most appropriate method of treatment. In this article, different vascular disturbances of testes and routinely applied surgical/medical treatment in stallions are broadly described.

**Keywords:** colour Doppler, testes, stallion.

działanie osłonowe zapobiegające uszkodzeniom wywołanym niedokrwieniem i reperfuzją (17, 18, 19, 20, 21, 22).

Nasze badania wykazały, że u ogierów zaburzenia ukrwienia jąder również występują stosunkowo często (23). Jednak do tej pory nie ma informacji dotyczących możliwości skutecznego leczenia tych przypadków. W przypadkach skrętu powrózka nasiennego lub poważnych urazów moszny u ogierów wykonuje się natychmiastową jednostronną kastrację w celu zapobieżenia trwałemu uszkodzeniu pozostałego jądra (24, 25, 26).

Celem obecnie prowadzonych badań jest wprowadzenie metod, które poprawią ukrwienie jąder ogierów, doprowadzając do zwiększenia ich objętości i zwiększenia produkcji nasienia, jak również umożliwią zabezpieczenie tkanki jąder przed skutkami niedokrwienia.

### Znaczenie odpowiedniego ukrwienia jąder

Odpowiednie ukrwienie jest konieczne do funkcjonowania wszystkich narządów,

w tym jąder. Dziedziczna hipoplazja jąder u buhajów Nguni (*Bos indicus*) związana jest ze zmniejszeniem średnicy tętnicy jądrowej i przepływu krwi (27). Eksperymentalnie zmniejszony przepływ krwi do jąder buhajów również wywołał zmniejszenie objętości jąder i znacząco wpłynął na spermatogenezę (28). Różnego stopnia niedokrwienie jąder u tryków doprowadza do wystąpienia charakterystycznych zmian histopatologicznych często stwierdzanych w jądrach nieplodnych mężczyzn (29). Różne zmiany patologiczne, takie jak żyłaki lub skręt powrózka nasiennego, wpływają na ukrwienie jąder i ich funkcje. Żyłaki powrózka nasiennego u dojrzewających chłopców występują zwykle po lewej stronie i mają znaczący wpływ na objętość jąder (5, 6, 30). Chirurgiczne leczenie tej patologii pozwala na wyrównanie objętości obu jąder, mniejsze jądro dotknięte żyłakami zwiększa swoją objętość po zabiegu (6, 31). Znaczący skręt powrózka nasiennego powoduje ostre niedokrwienie jądra po stronie ipsilateralnej, jak również zaburzenie ukrwienia jądra kontralateralnego (1, 2, 3, 4).

### Badanie ukrwienia jąder u mężczyzn i ogierów

Ostatnio wprowadzono metody, które pozwalają na badanie naczyń krwionośnych i umożliwiają obiektywne mierzenie dopływu krwi do jąder ogierów. Kolorowa ultrasonografia dopplerowska (color Doppler ultrasound – CDU) jest metodą z wyboru stosowaną w tego typu badaniach. Kolorowa ultrasonografia dopplerowska jest z powodzeniem stosowana w andrologii ludzi do diagnozowania różnych patologii moszny, takich jak: żyłaki powrózka nasiennego, guzy nowotworowe jąder, zapalenie jądra i najądrza, skręt powrózka nasiennego i zawał jądra (32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39). Kolorowa ultrasonografia dopplerowska jest szczególnie przydatna do określenia dystrybucji naczyń krwionośnych w badanym narządzie i do zmierzenia prędkości przepływu krwi w naczyniach krwionośnych w różnych fazach pracy serca (prędkości w skurczu i rozkurczu; 40, 41). Bezpośredni odczyt prędkości przepływu krwi odbywa się na podstawie analizy widmowej dopplerowskiego sygnału prędkości przepływu krwi. Maksymalna prędkość w skurczu (peak systolic velocity – PSV) i końcowa prędkość w rozkurczu (end diastolic velocity – EDV) odczytywane są rutynowo podczas takiej analizy. Równocześnie przeprowadza się obliczenia dodatkowych parametrów, które związane są z plastycznością i opornością naczyń i otaczających tkanek. Wskaźnik oporności – resistive index (RI) =  $(PSV - EDV)/PSV$  oraz wskaźnik pulsacji – pulsatility index (PI) = (prędkość maksymal-

na – prędkość minimalna)/prędkość średnia są rutynowo obliczane podczas analizy widmowej prędkości przepływu krwi (40, 41). W przeciwieństwie do PSV i EDV, obliczane wskaźniki (RI i PI) są niezależne od wieku, masy ciała, wartości tętna oraz objętości jąder i dlatego znacząco zmieniają się w ich wielkości związane są zwykle z zaburzeniami naczyniowymi (42). Spośród tych dwóch wskaźników RI okazał się bardziej przydatny w interpretacji nieprawidłowych widm prędkości przepływu krwi (43). Wskaźnik ten ulega zmniejszeniu w przypadku stanu zapalnego, a zwiększa się w jądrach mężczyzn w podeszłym wieku, prawdopodobnie w związku ze zmianami zwyrodnieniowymi (44, 45). Zanik jąder u mężczyzn z zespołem Klinefeltera doprowadza do wysoce opornościowego przepływu krwi, co wyraża się wysokimi wartościami wskaźnika RI (46, 47). U ludzi i zwierząt występują postępujące zwyrodnienie mięszu, jak również arterioskleroza naczyń jąder (48, 49). Jednak nie wiadomo czy wysoce opornościowy przepływ krwi w jądrach w stanie atrofii jest związany głównie ze zmianami w ścianach naczyń lub czy jest to wtórny efekt zwłóknienia mięszu i zwyrodnienia hialinowego kanalików plemnikotwórczych (47). Zaobserwowano również, że RI, jak również PSV są znacząco skorelowane ze wskaźnikiem produkcji nasienia (sperm production rate score – SPRS), podczas gdy koncentracja FSH i objętość jąder nie mają takiej zależności (50). Ostatnio wprowadzono również dodatkowe parametry oceny perfuzji narządów. Po zmierzeniu średnicy tętnicy, która dostarcza krew do badanego narządu oraz średniej prędkości przepływu krwi (time averaged mean velocity – TAM), można przeprowadzić obliczenie przepływu krwi tętnicznej wyrażone w ml/min (total arterial blood flow = TABF =  $TAM \cdot A$ ; A = pole powierzchni przekroju tętnicy =  $\pi r^2$ ). I wreszcie obliczyć można objętość przepływu krwi tętnicznej przypadającej na 100 g tkanki (total arterial blood flow rate = TABF rate =  $TABF/V \cdot 100$ ; V = objętość badanego narządu). Obecność żyłaków powrózka nasiennego u mężczyzn znacząco wpływa na wartość TABF rate (52). Wskaźnik ten wydaje się najlepszym parametrem perfuzji, w związku z czym może być bardzo przydatny w diagnozowaniu wczesnych zmian patologicznych jąder związanych z zaburzeniami ich ukrwienia, a wpływających na ich objętość i produkcję nasienia. Z przedstawionych informacji wynika, iż kolorowa ultrasonografia dopplerowska powinna być wprowadzona do andrologii weterynaryjnej.

### Wyniki własnych badań

W ostatnich latach przeprowadziliśmy serię badań dotyczących naczyń krwio-

nośnych jąder ogierów, które wykazały, iż zastosowanie dostępnych metod oceny ukrwienia jąder ogierów ma znaczenie kliniczne.

### Anatomiczne badanie tętnic jądrowych u ogierów

Wstępne badania dotyczyły przebiegu naczyń tętniczych jąder. Dwoje magistrantów przeprowadziło badanie 187 jąder ogierów pozyskanych z rzeźni koni; 157 jąder (84%) miało jedno naczynie tętnicze doprowadzające krew do tego gruczołu, podczas gdy 26 (14%) miało dwie tętnice, jedną biegnącą po końcu ogonowym jądra i drugą tętnicę zlokalizowaną na powierzchni bocznej w  $\frac{1}{2}$  lub  $\frac{1}{3}$  części dogłowej jądra (53, 54). Tylko 4 spośród 187 jąder (2%) miało aż trzy naczynia tętnicze, jedno biegnące po końcu ogonowym jądra i dwa znajdujące się na powierzchni bocznej jądra. Zaobserwowano również, iż te dodatkowe naczynia tętnicze (biegnące po powierzchni bocznej) mają silny troficzny efekt na mięsz jądrowe. Wszystkie jądra z pojedynczą tętnicą jądrową a pozyskane od dojrzałych ogierów miały kształt elipsoidalny, podczas gdy jądra z podwójną lub potrójną tętnicą miały kształt gruszkowaty z wyraźnym wybruzzeniem na powierzchni bocznej, gdzie przebiegały dodatkowe

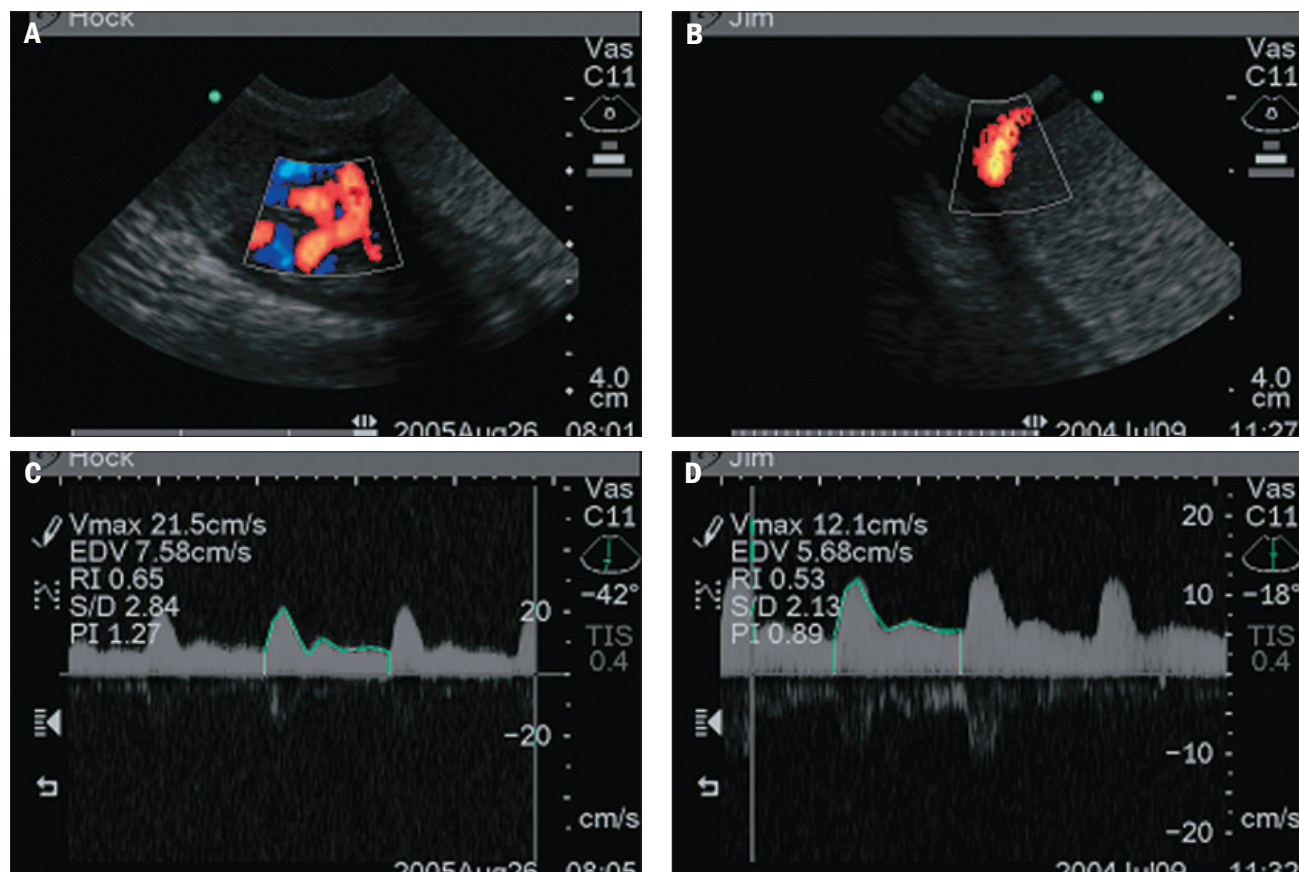


Ryc. 1. Badanie ogiera w warunkach terenowych z zastosowaniem przenośnego ultrasonografu

naczynia. Jądra kilkumiesięcznych ogierków z podwójnymi lub potrójnymi tętnicami jądrową nie posiadały wyraźnego wybruzzenia. Badania te wykazały również, że tętnica jądrową może ulec podziałowi na dwa lub trzy naczynia na różnej wysokości powrózka nasiennego, w części prostej lub skłębionej.

### Ultrasonograficzne badanie tętnic i żył jądrowych u ogierów

Badanie ultrasonograficzne naczyń krwionośnych przeprowadzono na grupie 17 dojrzałych płciowo ogierów (53). Wykonano pomiary średnicy tętnicy jądrowej i żyły centralnej. Wyniki tych pomiarów wynosi-



Ryc. 2. Badanie przepływu krwi przez tętnicę jądrową u ogiera: A – obraz ultrasonograficzny splotu wiciowatego (powrózek nasienny), B – obraz ultrasonograficzny części brzeżnej (koniec ogonowy), C – widmo prędkości przepływu krwi przez część skłębioną tętnicy jądrowej ogiera, D – widmo prędkości przepływu krwi przez część brzeżną tętnicy jądrowej ogiera



ły średnio: tętnica jądrowa w okolicy końca ogonowego jądra – 4,5 mm (2,5–5,3 mm). Zidentyfikowano również dodatkowe tętnice jądrowe biegnące po powierzchni bocznej jąder u czterech ogierów. Ich średnica była porównywalna do naczynia głównego (3,3; 3,3; 4,6 i 5,3 mm). Średnica żyły centralnej mierzona była w środkowym odcinku jąder. Zwykle lokalizowano ją w 1/3 górnej lub rzadziej w 1/2 części jądra. Średnica tego naczynia wynosiła 2,8 mm (1,8–5,4 mm). W kolejnym etapie badań przeprowadzono badanie ultrasonograficzne zewnętrznych i wewnętrznych narządów płciowych 100 ogierów używanych do rozrodu oraz 13 ogierów z zaburzeniami płodności (23). Szczególną uwagę zwracano na badanie naczyń tętnicznych oraz żylnych. W obydwóch grupach ogierów najczęściej identyfikowaną za pomocą ultrasonografu patologią były żyłki powrózka nasiennego (9% w grupie normalnych ogierów i 15% w grupie ogierów problematycznych). Na obrazie ultrasonograficznym żyłki powrózka nasiennego widoczne były jako nieechogeniczne, nieregularne miejsca, zwykle na obrzeżu powrózka nasiennego. Średni wymiar żyłaków wynosił 15,5 mm (8–24 mm). W jednym przypadku żyła centralna oraz mniejsze naczynia żyłne były wyraźnie powiększone, podczas gdy żyły w splocie wiciowatym nie wykazywały cech poszerzenia.

### Badanie naczyń krwionośnych jąder ogiera z zastosowaniem ultrasonografu

Początkowo do badań użyto ultrasonografu dopplerowskiego pracującego w odcieniach szarości (55). Zastosowanie tej techniki pozwoliło na przeprowadzenie analizy widma prędkości przepływu krwi w tętnicy jądrowej u 6 ogierów. Z użyciem tej techniki niemożliwa była jednak ocena dystrybucji małych naczyń w mięszu jądra i bardzo trudna była wizualizacja odpowiednio długiego odcinka tętnicy jądrowej konieczna do przeprowadzenia prawidłowej analizy obrazu. Późniejsze badania przeprowadzone na grupie 52 ogierów wykazały, że kolorowa ultrasonografia dopplerowska (CDU) jest pomocna w lokalizacji długiego odcinka tętnicy jądrowej i pomaga uzyskać poprawny kąt pomiędzy naczyniem krwionośnym i sygnałem ultrasonograficznym (insonacja). Kąt ten nie powinien wybiegać poza 30–60° (40, 41). Lepsza insonacja pozwoliła na przeprowadzenie dokładniejszych pomiarów przepływu krwi. Zastosowanie CDU umożliwiło też uwidocznienie drobnych naczyń krwionośnych mięszu jąder (56). Opisano charakterystykę widm prędkości przepływu krwi przez tętnicę jądrową ogiera oraz określono wartości parametrów przepływu (PSV, EDV, PI i RI). Badania te wykazały iż wiek ogierów, jak

również obecność niektórych nieprawidłowości jąder wpływa na wartości niektórych parametrów przepływu krwi (56).

### Wpływ czynników fizjologicznych na przepływ krwi przez tętnicę jądrową u ogierów

Nasze obecne badania dotyczą wpływu zmian sezonowych na przepływ krwi w tętnicy jądrowej u ogierów. Badania przeprowadzono na pięciu dojrzałych ogierach w zimie, na wiosnę oraz w lecie (Boyd i Pozor – dane nie opublikowane). Za pomocą podręcznego ultrasonografu dopplerowskiego określono wymiary jąder, zmierzono średnicę tętnicy jądrowej, przeprowadzono analizę widma prędkości przepływu oraz obliczono wskaźniki przepływu i perfuzji (ryc. 1 i 2). Badania te wykonywano zawsze w tym samym czasie (1–3 po południu), aby uniknąć wpływu pory dnia. Okazało się, że perfuzja jąder ogiera zwiększa się znacząco na wiosnę w porównaniu do okresu zimowego. Efekt ten zmniejsza się już w lipcu. Badania te pokazały również, że istnieje pozytywna korelacja pomiędzy koncentracją testosteronu a średnicą tętnicy jądrowej oraz z wskaźnikami perfuzji (TABF i TABF rate). Koncentracja estradiolu była skorelowana z EDV, PI, RI oraz z wiekiem zwierzęcia. Obecnie przeprowadzamy badania przepływu krwi przez tętnicę jądrową u ogierów w okresie jesiennym.

Interesujące są również wyniki wstępnych badań nad wpływem statusu społecznego na ukrwienie jądra ogierów. Okazało się, że istnieją znaczące różnice w parametrach przepływu krwi jądrowej pomiędzy ogierami haremowymi (ogierzy mające stały dostęp do klaczy uformowanych w grupie haremowej) oraz „kawalerskimi” (ogierzy nie mające dostępu do klaczy). Parametry te osiągają znacząco wyższe wartości w jądrach ogierów haremowych (Pozor i McDonnell – dane nie opublikowane). Badania te są kontynuowane.

### Podsumowanie

Istnieje duże zainteresowanie wśród hodowców koni skutecznymi metodami poprawy produkcji nasienia u ogierów, szczególnie u wartościowych osobników z obniżoną płodnością. Skoro produkcja nasienia związana jest bezpośrednio z objętością jąder, zwiększone ukrwienie jąder powinno doprowadzić do zwiększenia produkcji nasienia. Bardzo cenna może też okazać się możliwość zachowania uszkodzonego na skutek urazu jądra z zastosowaniem metod chirurgicznych lub farmakologicznych. Wypadki podczas krycia zdarzają się w hodowli koni, szczególnie u koni pełnej krwi angielskiej. Uraz moszny może spowodować bardzo poważne uszkodzenia jąder.

Ostatnio zaobserwowaliśmy, że taki uraz doprowadził do przerwania ciągłości więzadła własnego jądra, utworzenia krwiaka jamy pochwowej, co wpłynęło negatywnie na ukrwienie jądra kontralateralnego. Ukrwienie to wróciło do normy po usunięciu uszkodzonego jądra. U mężczyzn podobne lub nawet poważniejsze przypadki są leczone i często udaje się zachować obydwa jądra (12,13,14,15, 16). Zachowanie uszkodzonego jądra może mieć nawet lepszy efekt na funkcję obu jąder niż jego szybkie usunięcie (15). Naszym długoplanowym celem jest wprowadzenie podobnych metod do andrologii weterynaryjnej. Ostatnio opisane metody farmakologiczne poprawiają ukrwienie jąder i dzięki temu mają efekt osłonowy, opóźniając uszkodzenie obu jąder – jądra uszkodzonego oraz kontralateralnego. Dzięki temu można uzyskać wystarczająco dużo czasu do przeprowadzenia koniecznego zabiegu chirurgicznego.

Dlatego też dalsze badania nad wykorzystaniem takich technik jak kolorowa ultrasonografia dopplerowska do diagnozowania zaburzeń naczyniowych jąder powinny być nadal prowadzone. Równocześnie powinno się wprowadzić skuteczne metody zwiększenia produkcji nasienia u ogierów, oraz zbadać możliwości zastosowania metod chirurgicznych do zachowania uszkodzonych na skutek urazów jąder czy naprawy uszkodzenia naczyń moszny.

### Piśmiennictwo

- Oguzkurt P., Okur D. H., Tanyel F. C., Büyükpamukçu N., Hiçsönmez A.: The effects of vasodilation and chemical sympathectomy on spermatogenesis after unilateral testicular torsion: a flow cytometric DNA analysis. *Br. J. Urol.* 1998, **82**, 104–108.
- Viguera R. M., Reyes G., Rojas-Castaneda J., Rojas P., Hernandez R.: Testicular torsion and its effects on the spermatogenic cycle in the contralateral testis of the rat. *Laboratory Animals* 2004, **38**, 313–320.
- Tarhan F., Erbay E., Erdoğan E., Özgül, Kuyumcuoğlu U.: Effects of unilateral testicular torsion on the blood flow of contralateral testis. *Acan J Urol Nephrol* 2000, **34**, 229–232.
- Bergh A., Collin O., Lissbrant E.: Effects of acute graded reduction in testicular blood flow on testicular morphology in the adult rat. *Biol. Reprod.* 2001, **64**, 13–20.
- Kass E. J., Stork B. R., Steinert B. W.: Varicocele in adolescence induces left and right testicular volume loss. *BJU International* 2001, **87**, 499–501.
- Paduch D. A., Niedzielski J.: Repair versus observation in adolescent varicocele: a prospective study. *J. Urol.* 1997, **158**, 1128–1132.
- Redmon J. B., Carey P., Pryor J. L.: Varicocele – the most common cause of male factor infertility? *Hum. Reprod. Update* 2002, **8**, 53–58.
- Meacham R. B., Townsend R. R., Rademacher D., Drose J. A.: The incidence of varicoceles in the general population when evaluated by physical examination, gray scale sonography and color Doppler sonography. *J. Urol.* 1994, **51**, 1535–1538.
- McClure R. D., Khoo F. D., Jarvi K., Hricak H.: Subclinical varicocele: the effectiveness of varicocelectomy. *J. Urol.* 1991, **45**, 789–791.
- Cozzolino D. J., Lipshultz L. I.: Varicocele as a progressive lesion: positive effect of varicocele repair. *Hum. Reprod. Update* 2001, **7**, 55–58.
- Visser A. J., Heyns C. E.: Testicular function after torsion of the spermatic cord. *BJU International* 2003, **92**, 200–203.
- Garel L., Dubuis J., Azzie G., Filiatrault D., Grignon A., Yazbek S.: Preoperative manual detorsion of the sperma-

- tic cord with Doppler ultrasound monitoring in patients with intravaginal acute testicular torsion. *Pediatr. Radiol.* 2000, **30**, 41–44.
13. Blaivas M., Sierzenski P., Lambert M.: Emergency evaluation of patients presenting with acute scrotum using bedside ultrasonography. *Acad. Emerg. Med.* 2001, **8**, 90–93.
  14. Mohr A. M., Pham A. M., Lavery R. F., Sifri Z., Bargman V., Livingston D. H.: Management of trauma to the male external genitalia: the usefulness of American Association for the Surgery of Trauma organ injury scales. *J. Urol.* 2003, **170**, 2311–2315.
  15. Lin W. W., Kim E. D., Quesada E. T., Lipshultz L. I., Cornum M.: Unilateral testicular injury from external trauma: evaluation of semen quality and endocrine parameters. *J. Urol.* 1998, **159**, 841–843.
  16. Haas C. A., Brown S. L., Spirnak J. P.: Penile fracture and testicular rupture. *World J. Urol.* 1999, **17**, 101–106.
  17. Savaş C., Özgüner M., Özgüner F., Delibaş N.: The effect of chorionic gonadotropin treatment on the contralateral side in unilateral testicular function. *Int. Urol. Nephrol.* 2003, **35**, 237–245.
  18. Savaş C., Dindar H., Aras T., Yücesan S.: Pentoxifylline improves blood flow to both testes in testicular torsion. *Int. Urol. Nephrol.* 2002, **33**, 81–85.
  19. Savaş C., Dindar H., Bilgehan A., Ataoglu O., Yücesan S.: Pentoxifylline attenuates reperfusion injury in testicular torsion. *Scand. J. Urol. Nephrol.* 2002, **36**, 65–70.
  20. Palmer J. S., Cromie W. J., Plzak L. F., Lef A.: A platelet activating factor antagonist attenuates the effects of testicular ischemia. *J. Urol.* 1997, **158**, 1186–1190.
  21. Palmer J. S., Cromie W. J., Lee R. C.: Surfactant administration reduces testicular ischemia-reperfusion injury. *J. Urol.* 1998, **159**, 2136–2139.
  22. Tunçran A., Çayan S., Bozlu M., Yılmaz N., Acar D., Akbay E.: Protective effect of vascular endothelial growth factor on histologic changes in testicular ischemia-reperfusion injury. *Fertil. Steril.* 2005, **84**, 468–473.
  23. Pozor M.: Diagnostic applications of ultrasonography to stallion's reproductive tract. *Theriogenology* 2005, **64**, 505–509.
  24. Pascoe J. R., Ellenburg T. V., Culbertson M. R., Meagher D. M.: Torsion of the spermatic cord in a horse. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1981, **178**, 242–245.
  25. Threlfall W. R., Carleton C. L., Robertson J., Rosol T., Gabel A.: Recurrent torsion of the spermatic cord and scrotal testis in a stallion. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 1990, **196**, 1641–1643.
  26. Trotter G. W.: Unilateral castration. W: McKinnon A. O., Voss J. L.: *Equine Reproduction*. Lea & Febiger, Philadelphia 1993, s. 921–924.
  27. Kay G. W., Grobbelaar J., Hattingh J.: Heritable testicular hypoplasia in Nguni (Bos indicus) bulls: vascular characteristics and testosterone production. *J. Reprod. Fertil.* 1992, **96**, 537–547.
  28. Kay G. W., Grobbelaar J., Hattingh J.: Effect of surgical restriction of growth of the testicular artery on testis size and histology in bulls. *J. Reprod. Fertil.* 1992, **96**, 549–553.
  29. Markey C. M., Jequier A. M., Meyer G. T., Martin G. B.: Relationship between testicular morphology and sperm production following ischaemia in the ram. *Reprod. Fertil. Dev.* 1995, **7**, 119–128.
  30. Greenfield S. P., Seville P., Wan J.: Experience with varicoeles in children and young adults. *J. Urol.* 2002, **168**, 1684–1688.
  31. Lund L., Tang Y. C., Robuck D., Lee K. H., Liu K., Yeung C. K.: Testicular catch-up growth after varicocele correction in adolescents. *Pediatr. Surg. Int.* 1999, **15**, 234–237.
  32. Dubinsky T., Chen P., Maklad N.: Color-flow and power Doppler imaging of the testes. *World J. Urol.* 1998, **16**, 35–40.
  33. Herbener T. E.: Ultrasound in the assessment of the acute scrotum. *J. Clin. Ultrasound* 1996, **24**, 405–421.
  34. Górecka-Szyld B.: Assessing the value of colour Doppler ultrasound investigations in diagnostics of most frequently occurring diseases of scrotal pouch. *Ann. Acad. Med. Stetin* 1999, **45**, 227–237.
  35. Pavlica P., Barozzi L.: Imaging of the acute scrotum. *Eur Radiol* 2001, **11**, 220–228.
  36. Farriol V. G., Comella X. P., Agromayor E. G., Creixams X. S., Martinez de la Torre I. B.: Grey-scale and power Doppler sonographic appearances of acute inflammatory diseases of the scrotum. *J. Clin. Ultrasound* 2000, **28**, 67–72.
  37. Horstman W. G., Melson G. L., Middleton W. D., Andriole G. L.: Testicular tumors: Findings with color Doppler US. *Radiology* 1992, **185**, 733–737.
  38. Sriprasad S., Kooiman G. G., Muir G. H., Sidhu P. S.: Acute segmental testicular infarction: differentiation from tumour using high frequency colour Doppler ultrasound. *Brit. J. Radiol.* 2001, **74**, 965–967.
  39. Sidhu P. S.: Clinical and imaging features of testicular torsion: role of ultrasound. *Clin. Radiol.* 1999, **54**, 343–352.
  40. Nowicki A.: Ultrasound diagnostics. *Ultrasonografia Praktyczna*, Vol. XII, Gdansk 2000.
  41. Krzanowski M., Plichta A.: *Atlas of vascular ultrasonography*. Medycyna Praktyczna, Krakow 2000.
  42. Gumbsch P., Gabler C., Holtzmann A.: Colour-coded duplex sonography of the testes of dogs. *Vet Rec.* 2002, **151**, 140–144.
  43. Rifkin M. D., Needleman L., Pasto M., Kurtz A. B., Foy P. M., McGlynn E., Canino C., Pennell R. G., Goldberg B. B.: Evaluation of renal transplant rejection by duplex Doppler examination: value of the resistive index. *AJR* 1987, **148**, 759.
  44. Jee W. H., Choe J. K., Byun J. Y., Shinn K. S., Hwang T. K.: Resistive index of the intrascrotal artery in scrotal inflammatory disease. *Acta Radiol* 1997, **38**, 1026–1030.
  45. Wielgoś M., Bablok L., Fracki S., Marianowski L.: Doppler flow measurements in testicular artery of aging males. *Gin Pol* 1998, **69**, 537–540.
  46. Wielgoś M., Fracki S., Bablok L., Rokicki T., Marianowski L.: Testicular artery Doppler flow measurements in patients with the Klinefelter syndrome. *Med. Sci. Monit.* 1999, **5**, 1197–1199.
  47. Ekerhovd E., Westlander G.: Testicular sonography in men with Klinefelter syndrome shows irregular echogenicity and blood flow of high resistance. *J. Assit Reprod Genet* 2002, **19**, 517–522.
  48. El-Etreby M. F.: Morphological studies on the peripheral circulation of the genital organs in buffaloes with special reference to spontaneous arteriosclerosis in animals. *Zbl Vet Med, Reihe A* 1969, **16**, 865–893.
  49. Regadera J., Nistal M., Paniagua R.: Testis, epididymis, and spermatic cord in elderly men. *Arch Pathol Lab Med* 1985, **109**, 663–667.
  50. Biagiotti G., Cavallini G., Modenini G., Vitali G., Gianoroli L.: Spermatogenesis and spectral echo-colour Doppler traces from the main testicular artery. *BJU International* 2002, **90**, 903–908.
  51. Gordon S. J., Campbell S., Bhardwa J., Nargund V. H.: Spermatogenesis and spectral echo-colour Doppler traces from the main testicular artery. *BJU International* 2003, **90**, 897–898.
  52. Tarhan S., Gumus B., Gunduz I., Ayyildiz V., Goklan C.: Effect of varicocele on testicular artery blood flow in men: color Doppler investigation. *Scand. J. Urol. Nephrol.* 2003, **37**, 38–42.
  53. Pozor M., Kolonko D.: Morphological and clinical studies on testicular artery of the stallion. *Medycyna Wet.* 2000, **57**, 822–826.
  54. Harnik S.: *Investigations on the anatomical and clinical aspects of testicular vasculature in stallions*. Master Thesis, University of Agriculture, Krakow 2002.
  55. Pozor M. A., McDonnell S. M.: Doppler ultrasound measures of testicular blood flow in stallions. *Theriogenology* 2002, **58**, 437–440.
  56. Pozor M. A., McDonnell S. M.: Color Doppler ultrasound evaluation of testicular blood flow in stallions. *Theriogenology* 2004, **61**, 799–810.

Dr M. Pozor, Department of Large Animal Science, College of Veterinary Medicine, University of Florida, PO Box 100136, Gainesville, FL 32610, USA