

Krvne grupe pasa i mačaka

Ispitivanje kompatibilnosti između donora i recipijenta krvi

Dušan Bošnjaković, asistent
Dr Ljubomir Jovanović, docent

Poznavanje krvnih grupa, metoda za ispitivanje kompatibilnosti između donora (davaoca) i recipijenta (primaoca) krvi, kao i transfuzijskih reakcija, od izuzetne je važnosti u savremenoj veterinarskoj praksi, jer se primenom tih znanja mogu ublažiti teška stanja nastala gubitkom krvi ili pojedinih komponenata krvi, ali i smanjiti broj nekompatibilnih transfuzija i njihovih, u nekim slučajevima vrlo ozbiljnih posledica po zdravlje pacijenata.

U humanoj medicini je do danas opisano preko 30 sistema za klasifikaciju krvnih grupa, od kojih su najznačajniji: ABO, Rh (*Rhesus*), Lewis, Kell, Duffy, Kidd, MNSs, I, P i Lutheran. Klinički, najčešće se određuju krvne grupe u okviru ABO i Rh sistema, jer one izazivaju najsnažnije transfuzijske reakcije. U veterinarskoj medicini je realnost malo drugačija jer ne postoji univerzalni sistem prema kojem bi se krvne grupe mogle klasifikovati, već je za svaku životinjsku vrstu formiran poseban sistem koji, u zavisnosti od vrste, nalikuje pomenutom ABO sistemu kod ljudi ili se u određenoj meri razlikuje od njega.

Zbog činjenice da se transfuzija krvi najčešće sprovodi kod pasa i mačaka, kao i zbog složenosti ove oblasti u veterinarskoj medicini, u daljem tekstu su opisani sistemi krvnih grupa samo kod pomenutih vrsta.

Prvi pokušaji transfuzije krvi i otkrivanje krvnih grupa

Prva dokumentovana i uspešno izvedena transfuzija na bilo kojoj vrsti, bila je delo dr Richard Lower-a, koji je 1665. godine, u sklopu svog eksperimenta, podvrgao dva psa postupku transfuzije krvi. Nedugo zatim, izvedena je i prva transfuzija krvi sa životinje na čoveka. Naime, lekar kralja Luja XIV, Jean-Baptiste Denis, 1667. godine, aplikovao je ovčiju krv petnaestogodišnjem dečaku, kojem je više od dvadeset puta „puštana krv“ zbog groznice.

Imajući u vidu period u kome su izvedene prve transfuzije krvi (početak Novog veka), ističu se najmanje dve zanimljivosti. Prvo, na primeru lekara Jean-Baptiste Denisa se vidi da su prvi pokušaji transfuzije krvi, jednim delom, nastali u želji da se ublaže posledice koje je sa sobom nosio jedan od popularnijih terapijskih postupaka tog vremena – „puštanje krvi“. Prateći teoriju Klaudija Galena (Κλαύδιος Γαληνός, grč.), lekari su mnoge bolesti lečili puštanjem krvi, naročito ukoliko su one bile praćene povišenom telesnom temperaturom. U slučaju da se, nakon toga, stanje ne

popravi, pacijenti bi ponovo bili podvrgnuti istom postupku, što je, neretko, imalo za posledicu razvoj anemije kod njih. Drugo, prve transfuzije krvi lekari su sprovedeli bez ikakvog znanja o krvnim grupama, što, u odnosu na današnje vreme, u kome se u osnovi bezbedne i uspešne transfuzije krvi nalazi poznavanje i određivanje krvnih grupa, čini ogromnu razliku.

Prvi opisi krvnih grupa kod pasa datiraju iz 1910. godine, kada su Von Dungern i Hirsfeld izvestili naučnu javnost da su kod pasa otkrili četiri krvne grupe. Narednih stotinu godina, u ovoj oblasti, obeležilo je otkrivanje novih krvnih grupa, definisanje različitih sistema krvnih grupa, kao i uvođenje kriterijuma za standardizaciju krvnih grupa u okviru glavnog sistema krvnih grupa kod pasa (DEA sistem).

Imunohematološka osnova sistema krvnih grupa kod pasa i mačaka

Sa spoljašnje površine membrane eritrocita projektuje se veliki broj molekula proteina, glikoproteina i glikolipida, od kojih se neki, u funkcionalnom smislu, mogu smatrati antigenima. Kada je određeni antigen prisutan kod pojedinih pripadnika jedne vrste, ali nije uobičajen za sve pripadnike te vrste, što je slučaj sa antigenima krvnih grupa, označava se kao **aloantigen** ili **izoantigen**.

Ukoliko se određena jedinka izloži aloantigenu koji joj je nepoznat – npr. antigenu strane krvne grupe, doći će do reakcije imunskog sistema koja će rezultirati stvaranjem antitela na dati aloantigen, pri čemu se, u opisanom slučaju, sintetisana antitela označavaju kao **aloantitela** ili **izoantitela**. Osim toga, poznato je da aloantitela mogu biti prisutna u cirkulaciji i bez prethodnog izlaganja antigenima stranih krvnih grupa, što je zabeleženo kod mačaka i ljudi. Ovaj podatak govori da će se u tom slučaju već prilikom prve inkompatibilne transfuzije krvi, razviti transfuzijska reakcija¹. Zanimljivo je da su kod pasa, za razliku od mačaka i ljudi, antitela na strane antigene eritrocita (aloantitela) retko prisutna, što, u najvećem broju slučajeva, prvu transfuziju kod pasa čini bezbednom.

Krvne grupe kod pasa

Krvne grupe kod pasa definisane su prisustvom glikolipida i glikoproteina na membrani eritrocita i klasifikovane unutar tzv. **DEA** (*Dog Erythrocyte Antigens*, eng.) **sistema**. Trenutno, DEA sistem prepoznaje sedam standardizovanih (međunarodno priznatih) antigena eritrocita: 1.1, 1.2, 1.3, 3, 4, 5 i 7, uprkos činjenici da je do sada opisano najmanje 13 krvnih grupa kod pasa. Nabrojani antigeni eritrocita (aloantigeni)

¹ Transfuzijske reakcije se odnose na neželjene, ponekad veoma teške reakcije koje se javljaju kod pacijenata nakon što prime jedinicu pune krvi ili određene komponente krvi. Kao najčešći simptomi, koji prate transfuzijske reakcije, ističu se groznica, povraćanje i edem lica, ali se, značajno ređe, mogu javiti dispneja i šok.

se razlikuju po svojoj antigenosti, sposobnosti da izazovu teške transfuzijske reakcije, kao i učestalosti pojavljivanja (zastupljenosti) u populaciji pasa.

DEA 1

DEA 1 antigen je zastupljen u populaciji pasa sa 33-60%, a javlja se u 1.1, 1.2, 1.3 oblicima (podtipovima), pri čemu se najveći akcenat, naročito sa aspekta transfuzijskih reakcija, stavlja na 1.1 i 1.2 oblike. Naime, ukoliko DEA 1.1 ili DEA 1.2 negativan recipijent primi punu krv ili eritrocite od DEA 1.1 ili DEA 1.2 pozitivnog donora, doći će do akutne transfuzijske reakcije koja je praćena hemolizom eritrocita donora već u prvih 12 časova od transfuzije. Ipak, na ovom mestu, potrebno je naglasiti da se takve reakcije očekuju samo kod DEA 1.1 ili 1.2 negativnih pasa **koji su prethodno senzibilisani** ovim antigenima, a nikako kod pasa koji nisu senzibilisani.

DEA 3

Prema literaturnim podacima, zastupljenost ovog antigena u populaciji pasa je manja od 6 %, ali se kod hrtova kreće i do 23 %. Zanimljivo je da aloantitela na DEA 3 antigen kod DEA 3 negativnih pasa mogu biti urođena, što znači da za njihovu pojavu u cirkulaciji **nije neophodna** prethodna senzibilizacija DEA 3 antigenom. Urođena pojava aloantitela na DEA 3 antigen je registrovana kod približno 20 % DEA 3 negativnih pasa. Prisustvo urođenih aloantitela objašnjava pojavu transfuzijskih reakcija koje se kod recipijenata javljaju pri prvoj transfuziji. Zbog toga se, pored činjenice da su transfuzijske reakcije izazvane DEA 3 antigenom donora blage i odložene, smatra da DEA 3 pozitivni psi **nisu dobri donori**.

DEA 4

Zastupljenost DEA 4 antigena u populaciji pasa je visoka i kreće se do 98 %. Zbog toga se DEA 4 pozitivni psi, negativni na ostale antigene DEA sistema, smatraju „**univerzalnim donorima**“. Takvu tezu podržava i činjenica da kod DEA 4 negativnih pasa nije zabeleženo prisustvo urođenih aloantitela na DEA 4 antigen.

DEA 5

Zastupljenost ovog antigena, slično DEA 3 antigenu, najveća je u populaciji hrtova i približno iznosi 30 %. Takođe, utvrđena je urođena pojava aloantitela na DEA 5 antigen kod 10 % pasa koji su DEA 5 negativni, što sugeriše da i DEA 5 pozitivni psi nisu dobri donori.

DEA 7

Značaj DEA 7 antigena, u veterinarskoj transfuziologiji, veoma je kontroverzan i predmet je brojnih debata u kojima učestvuju eksperti iz pomenute oblasti. Naime, za razliku od ostalih eritrocitnih antigena, DEA 7 nije integralni antigen membrane

eritrocita i, kao takav, može se naći slobodan u krvnoj plazmi i pasivno vezati za membranu eritrocita.

U tom kontekstu, potrebno je spomenuti da postoje tri bitne činjenice koje se odnose na DEA 7 antigen:

- DEA 7 antigen se neretko nalazi slobodan (nevezan za membranu eritrocita) u krvnoj plazmi, pri čemu je dokazano da može preći u pljuvačku.
- DEA 7 pozitivni psi ne menjaju status nakon eksperimentalne transplantacije koštane srži poreklom od DEA 7 negativnih donora.
- Pasivno vezivanje DEA 7 antigena za membranu eritrocita otežava svakodnevnu identifikaciju krvnih grupa.

Nosioci ovog antigena u populaciji pasa se takođe smatraju neadekvatnim donorima, jer su aloantitela na DEA 7 antigen prisutna kod 20 – 50 % DEA 7 negativnih pasa.

Tabela 1. Prikaz incidence i osnovnih karakteristika antigena DEA sistema kod pasa.

DEA grupa	Stara klasifikacija	Incidenca (%)	Urođeno prisustvo antitela	Transfuzijske reakcije
1.1	A ₁	42	Nije utvrđeno	Akutna hemolitička
1.2	A ₂	60	Nije utvrđeno	Akutna hemolitička
3	B	6	Utvrđeno	Odložena i blaga
4	C	98	Nije utvrđeno	Nije utvrđena
5	D	23	Utvrđeno	Odložena i blaga
7	Tr	45	Utvrđeno	Odložena i blaga

Potrebno je istaći da je izučavanje krvnih grupa još uvek aktuelno, o čemu svedoči podatak da je 2007. godine opisan *Dal* antigen, a 2017. godine još dva nova antigena, Kai 1 i Kai 2, kod pasa na području Sjedinjenih Država i Južne Koreje. Ovi antigeni još uvek nisu standardizovani i klasifikovani, i njihov značaj u veterinarskoj transfuziologiji tek treba da se razjasni u vremenu koje nam predstoji.

Krvne grupe kod mačaka

Sistem krvnih grupa kod mačaka je sličan ABO sistemu kod ljudi i obuhvata A, B i AB krvne grupe (AB sistem). Antigen krvne grupe A je N-glikolil-neuraminska kiselina (NeuGc), dok je N-acetil-neuraminska kiselina (NeuAc) antigen krvne grupe B. Mačke koje pripadaju A krvnoj grupi, na površini eritrocita dominantno ekspiriraju NeuGc, dok se na površini eritrocita, kod mačaka koje pripadaju B krvnoj grupi, nalazi isključivo NeuAc. Shodno tome, AB krvna grupa je predstavljena gotovo jednakom zastupljenošću NeuGc i NeuAc na membrani eritrocita.

U populaciji mačaka je ubedljivo najzastupljenija A krvna grupa (87 %) dok je nalaz AB krvne grupe izuzetno redak. Kod mačaka se, slično ljudima, normalno (bez prethodne senzibilizacije) nalaze aloantitela na antigene eritrocita druge krvne grupe. Nažalost, ono što razlikuje mačke od ljudi je činjenica da kod njih ne postoji nulta (0) krvna grupa (krvna grupa bez aloantigena), a samim tim ni „univerzalni donor“. Stoga se **bezbedna transfuzija** krvi kod mačaka može izvesti samo između jedinki koje pripadaju istoj krvnoj grupi.

Tabela 2. Procentualna zastupljenost A, B i AB krvne grupe u populaciji domaće kratkodlake mačke na različitim geografskim područjima.

Zemlja	Krvna grupa A (%)	Krvna grupa B (%)	Krvna grupa AB (%)
Australija	62,0	36,0	1,6
Brazil	94,8	2,9	2,3
Nemačka	98,7	1,1	0,2
Grčka	78,3	20,3	1,4
Mađarska	100	0,0	0,0
Portugalija	90,2	6,7	13,3
Velika Britanija	67,6	30,5	1,9

Metode ispitivanja kompatibilnosti između donora i recipijenta krvi

Do danas je opisan veliki broj metoda za tipizaciju krvnih grupa i ispitivanje kompatibilnosti između učesnika u procesu transfuzije krvi kod pasa i mačaka. Razvoj metodologije u ovoj oblasti doveo je i do proizvodnje komercijalnih testova za tipizaciju krvnih grupa. Uprkos zavidno brzom razvoju komercijalnih testova, veterinari u kliničkoj praksi su i dalje usmereni na korišćenje ranije opisanih metoda za ispitivanje kompatibilnosti između donora i recipijenta krvi. Razlog tome se verovatno nalazi u ograničenoj dostupnosti komercijalnih testova, ali i jednostavnosti i ekonomskim povoljnostima koje nosi primena ranije definisane metodologije. Zbog toga su u daljem tekstu opisane metode koje su našle najširu primenu u ispitivanju kompatibilnosti između donora i recipijenta krvi u kliničkoj praksi.

Test biološke nekompatibilnosti

Test biološke nekompatibilnosti važi za prilično jednostavan metod ispitivanja kompatibilnosti koji podrazumeva probnu aplikaciju male zapremine donorske krvi recipijentu. Za izvođenje ovog testa, potrebno je uzeti krv od donora u količini od 5 – 20 mL (zavisno od telesne mase recipijenta) i aplikovati je recipijentu, nakon čega se prati reakcija recipijenta na primljenu krv donora. Nemir, drhtanje, ubrzan puls (*pulsus frequens*), ubrzano ili otežano disanje, uriniranje, defeciranje i povraćanje

ukazuju na nekompatibilnost. Ukoliko ovakva reakcija recipijenta izostane, može se početi sa punom transfuzijom za 10 minuta.

Unakrsni (*Cross-match*) test

Ovim testom se, u cilju ispitivanja komptibilnosti, može otkriti prisustvo antitela u plazmi recipijenta na eritrocitne antigene donora ili prisustvo antitela u plazmi donora na eritrocitne antigene recipijenta.

S obzirom da se kod pasa retko javljaju urođena antitela na antigene najčešćih krvnih grupa, ovaj test se u **urgentnim stanjima** ne mora izvoditi ukoliko se radi o prvoj transfuziji za recipijenta. Međutim, ukoliko se radi o drugoj transfuziji, test se obavezno mora izvesti. Nasuprot tome, unakrsni test se mora izvesti i prilikom prve transfuzije krvi kod mačaka, jer su u njihovoj plazmi prisutna urođena antitela na antigene stranih krvnih grupa.

Postoje dva tipa unakrsnog testa:

1. *Glavni unakrsni test* – pokazuje da li se u plazmi recipijenta nalaze antitela na eritrocitne antigene donora.
2. *Sporadni unakrsni test* – pokazuje da li se u plazmi donora nalaze antitela na eritrocitne antigene recipijenta. U poređenju sa glavnim unakrsnim testom, ovaj test ima manji značaj, jer se plazma donora, u najvećem broju slučajeva, značajno razblaži nakon transfuzije, što, antitelima donora, ostavlja male šanse da proizvedu tešku transfuzijsku reakciju.

Oba testa se mogu izvesti na mikroskopskoj pločici ili u epruveti, pri čemu se nekompatibilnost manifestuje aglutinacijom ili hemolizom.

Zadatak 1. Izvesti glavni unakrsni test na mirkoskopskoj pločici.

Potreban materijal:

1. mikroskop
2. mikroskopska pločica
3. stakleni štapić ili plastična pipeta
4. puna krv ili isprani eritrociti donora
5. krvna plazma ili serum recipijenta

Izvođenje. Staklenim štapićem ili plastičnom pipetom staviti jednu do dve kapi krvne plazme ili krvnog seruma recipijenta na mikroskopsku pločicu. Dodati jednu kap pune krvi ili ispranih eritrocita donora i lagano izmešati staklenim štapićem. Posle 5 minuta očitati rezultate testa.

Tumačenje rezultata. Pojava sitnih grudvica (aglutinata) ukazuje na nekompatibilnost između donora i recipijenta krvi. Neophodno je, nakon makroskopske, pristupiti i mikroskopskoj vizuelizaciji, kako bi se potvrdilo da je zaista došlo do aglutinacije **donorskih** eritrocita.

Zadatak 2. Izvesti sporedni unakrsni test na mikroskopskoj pločici.

Potreban materijal:

1. mikroskop
2. mikroskopska pločica
3. stakleni štapić ili plastična pipeta
4. krvna plazma ili serum donora
5. puna krv ili isprani eritrociti recipijenta

Izvođenje. Staklenim štapićem ili plastičnom pipetom staviti jednu do dve kapi krvne plazme ili krvnog seruma donora na mikroskopsku pločicu. Dodati jednu kap pune krvi ili ispranih eritrocita recipijenta i lagano izmešati staklenim štapićem. Posle 5 minuta očitati rezultate testa.

Tumačenje rezultata. Pojava sitnih grudvica (aglutinata) ukazuje na nekompatibilnost između donora i recipijenta krvi, odnosno, da se u krvnoj plazmi donora nalaze antitela na eritrocitne antigene recipijenta. Neophodno je, nakon makroskopske, pristupiti i mikroskopskoj vizuelizaciji, kako bi se potvrdilo da je zaista došlo do aglutinacije eritrocita **recipijenta**.

Zadatak 3. Izvesti glavni unakrsni test u epruveti.

Potreban materijal:

1. mikroskop
2. mikroskopska pločica
3. centrifuga
4. vodeno kupatilo ili termostat podešeni na 37 °C
5. četiri staklene epruvete
6. plastične ili staklene pipete
7. 0,9 % NaCl
8. uzorak krvi donora i recipijenta u epruvetama sa EDTA.

Izvođenje. Uzorke krvi u epruvetama sa EDTA, poreklom od donora i recipijenta, centrifugirati 2 minuta na 4000 obrtaja. Potom, izdvojiti krvnu plazmu u prve **dve** obeležene epruvete, a eritrocite donora koji su ostali u epruveti sa EDTA isprati. Postupak ispiranja eritrocita podrazumeva prenošenje 0,2 mL eritrocita iz

epruvete sa EDTA u **treću**, obeleženu epruvetu. U nju se, na 0,2 mL eritrocita, dodaje 4,8 mL 0,9 % NaCl, nakon čega se epruveta centrifugira 2 minuta na 4000 obrtaja, a posle toga izdvaja supernatant. Čitav postupak se, nakon izdvajanja supernatanta, ponavlja još dva puta i tako dobijaju isprani eritrociti donora. Pošto se dobiju isprani eritrociti, njima se dodaje 3 mL 0,9 % NaCl, što je, ujedno, poslednji korak u pripremi eritrocita donora za izvođenje glavnog unakrsnog testa u epruveti. On se izvodi tako što se u **četvrtu** epruvetu dodaju isprani eritrociti donora i krvna plazma recipijenta u količinama od 2 mL. Zatim se epruveta stavlja u vodeno kupatilo na 37 °C, 15 minuta, ili se ostavlja na sobnoj temperaturi, 30 minuta. Nakon inkubiranja, epruveta se centrifugira 2 minuta na 4000 obrtaja, nakon čega se pristupa očitavanju reakcije.

Očitavanje reakcije i tumačenje rezultata. Prvi znak koji sugerise na nekompatibilnost je pojava hemolize. Ona se može prepoznati po staklasto-crvenoj prebojenosti supernatantne tečnosti, nakon vađenja epruvete iz centrifuge. Ukoliko nije nastupila hemoliza, supernatantna tečnost će biti bezbojna i prozirna, što ukazuje na kompatibilnost između donora i recipijenta krvi. Nakon makroskopskog pregleda supernatanta, pristupa se pregledu sedimenta. Pomoću pipete se ukloni supernatant, a zatim se jedna do dve kapi sedimenta prenesu na mikroskopsku pločicu, na kojoj se, najpre, posmatra da li se izdvajaju aglutinanti u obliku krpica ili grudvica, a potom se prelazi i na mikroskopski pregled sedimenta. Nalaz aglutinovanih eritrocita ukazuje na nekompatibilnost, dok je nalaz slobodnih eritrocita znak kompatibilnosti između donora i recipijenta krvi.

Zadatak 4. Izvesti sporedni unakrsni test u epruveti.

Potreban materijal:

1. mikroskop
2. mikroskopska pločica
3. centrifuga
4. vodeno kupatilo ili termostat podešeni na 37 °C
5. četiri staklene epruvete
6. plastične ili staklene pipete
7. 0,9 % NaCl
8. uzorak krvi donora i recipijenta u epruvetama sa EDTA.

Izvođenje. Uzorke krvi u epruvetama sa EDTA, poreklom od donora i recipijenta, centrifugirati 2 minuta na 4000 obrtaja. Potom, izdvojiti krvnu plazmu u prve **dve** obeležene epruvete, a eritrocite recipijenta koji su ostali u epruveti sa EDTA isprati. Postupak ispiranja eritrocita podrazumeva prenošenje 0,2 mL eritrocita iz epruvete sa EDTA u **treću**, obeleženu epruvetu. U nju se, na 0,2 mL eritrocita, dodaje 4,8 mL 0,9 % NaCl, nakon čega se epruveta centrifugira 2 minuta na 4000 obrtaja, a posle toga izdvaja supernatant. Čitav postupak se, nakon izdvajanja supernatanta,

ponavlja još dva puta i tako dobijaju isprani eritrociti recipijenta. Pošto se dobiju isprani eritrociti, njima se dodaje 3 mL 0,9 % NaCl, što je, ujedno, poslednji korak u pripremi eritrocita recipijenta za izvođenje sporednog unakrsnog testa u epruveti. On se izvodi tako što se u **četvrtu** epruvetu dodaju isprani eritrociti recipijenta i krvna plazma donora u količinama od 2 mL. Zatim se epruveta stavlja u vodeno kupatilo na 37 °C, 15 minuta, ili se ostavlja na sobnoj temperaturi, 30 minuta. Nakon inkubiranja, epruveta se centrifugira 2 minuta na 4000 obrtaja, nakon čega se pristupa očitavanju reakcije.

Očitavanje reakcije i tumačenje rezultata. Prvi znak koji sugeriše na nekompatibilnost je pojava hemolize. Ona se može prepoznati po staklasto-crvenoj prebojenosti supernatantne tečnosti, nakon vađenja epruvete iz centrifuge. Ukoliko nije nastupila hemoliza, supernatantna tečnost će biti bezbojna i prozirna, što ukazuje na kompatibilnost između donora i recipijenta krvi. Nakon makroskopskog pregleda supernatanta, pristupa se pregledu sedimenta. Pomoću pipete se ukloni supernatant, a zatim se jedna do dve kapi sedimenta prenesu na mikroskopsku pločicu, na kojoj se, najpre, posmatra da li se izdvajaju aglutinati u obliku krpica ili grudvica, a potom se prelazi i na mikroskopski pregled sedimenta. Nalaz aglutinovanih eritrocita ukazuje na nekompatibilnost, dok je nalaz slobodnih eritrocita znak kompatibilnosti između donora i recipijenta krvi.

Literatura

- Acierno MM, Raj K, Giger U (2014). DEA 1 expression on dog erythrocytes analyzed by immunochromatographic and flow cytometric techniques. *J Vet Intern Med*, 28, 592-8.
- Ebelt AK, Fuchs S, Weber C, Müller E, Giger U (2020). Survey of Blood Groups DEA 1, DEA 4, DEA 5, Dal, and Kai 1/Kai 2 in Different Canine Breeds from a Diagnostic Laboratory in Germany. *Front Vet Sci*, 7, 85.
- Polak K, Acierno MM, Raj K, Mizukami K, Siegel DL, Giger U (2015). Dog erythrocyte antigen 1: mode of inheritance and initial characterization. *Vet Clin Pathol*, 44, 369-79.
- Swisher SN, Young LE (1961). The blood grouping systems of dogs. *Physiol Rev*, 41, 495-520.
- Thrall MA, Weiser G, Allison RW, Campbell TW (2012). *Veterinary hematology and clinical chemistry*. John Wiley & Sons.
- Tocci LJ, Ewing PJ (2009). Increasing patient safety in veterinary transfusion medicine: an overview of pretransfusion testing. *J Vet Emerg Crit Care*, 19, 66-73.
- Weiss DJ, Wardrop KJ (2011). *Schalm's veterinary hematology*. John Wiley & Sons.
- Yagi K, Holowaychuk M (2016). *Manual of veterinary transfusion medicine and blood banking*. John Wiley & Sons.
- Zaremba R, Brooks A, Thomovsky E (2019). Transfusion medicine: an update on antigens, antibodies and serologic testing in dogs and cats. *Top Companion Anim Med*, 34, 36-46.