

Pengaruh Pemberian *Blastocystis sp.* Terhadap Jumlah Leukosit pada Tikus

Rizka Febriyanti

Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Indonesia; rizkafebriyanti38@gmail.com

Eka Nofita

Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Indonesia; ekanofitamih@yahoo.com (koresponden)

Nita Afriani

Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Indonesia; nita.afriani83@yahoo.com

Adrial

Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Indonesia; adrial.andalas63@gmail.com

Aswiyanti Asri

Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Indonesia; aswiyanti.asri@gmail.com

Almurdi

Fakultas Kedokteran, Universitas Andalas, Padang, Indonesia; almurdi@med.unand.ac.id

ABSTRACT

Blastocystis sp. is an intestinal protist most commonly found in human and animal feces. *Blastocystis sp.* infection results in an imbalance in cellular immunity with increased cytokines, leading to an increase in the number of leukocytes in infected individuals. This study aims to determine whether there is a relationship between *Blastocystis sp.* infection and the number of leukocytes. This type of research is experimental using a post-test only with control group design, using male Wistar rats (*Rattus norvegicus*) as experimental animals. Leukocyte counts were measured using a counting chamber. *Blastocystis sp.* infection in rats was assessed by microscopic examination of feces and culture. Data analysis was performed using the One Way ANOVA test. The results obtained were the average number of leukocytes in treatment group 1 (P1), treatment group 2 (P2), and negative control (K-), respectively, namely 6171.43 cells/mm³, 6866.67 cells/mm³, and 7742.86 cells/mm³. The One-Way ANOVA test yielded a p-value of 0.4 ($p > 0.05$). The conclusion is that *Blastocystis sp.* administration did not significantly affect the leukocyte count in rats.

Keywords: *Blastocystis sp.*; leukocyte count; *Rattus norvegicus*

ABSTRAK

Blastocystis sp. adalah protista usus yang paling sering ditemukan pada feses manusia dan hewan. Infeksi *Blastocystis sp.* mengakibatkan ketidakseimbangan imunitas seluler dengan peningkatan sitokin sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah leukosit pada orang yang terinfeksi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat apakah ada hubungan antara infeksi *Blastocystis sp.* dengan jumlah leukosit. Jenis penelitian ini adalah eksperimental dengan menggunakan rancangan *post test only with control group*, yang menggunakan objek penelitian tikus putih galur wistar jantan (*Rattus norvegicus*) sebagai hewan coba. Pemeriksaan jumlah leukosit dilakukan menggunakan kamar hitung. Infeksi *Blastocystis sp.* pada tikus dinilai dengan melakukan pemeriksaan mikroskopis feses dan kultur. Analisis data dilakukan menggunakan uji One Way Anova. Hasil yang didapatkan adalah rerata jumlah leukosit pada kelompok perlakuan 1 (P1), perlakuan 2 (P2) dan kontrol negatif (K-) berturut-turut yaitu 6171,43 sel/mm³, 6866,67 sel/mm³, dan 7742,86 sel/mm³. Uji One Way Anova diperoleh nilai $p = 0,4$ ($p > 0,05$). Kesimpulan yang didapatkan adalah bahwa pemberian *Blastocystis sp.* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah leukosit tikus.

Kata kunci: *Blastocystis sp.*; jumlah leukosit; *Rattus norvegicus*

PENDAHULUAN

Blastocystis sp. adalah protista usus yang paling sering ditemukan pada feses manusia dan dianggap sebagai parasit dengan penyebaran yang luas di seluruh dunia.⁽¹⁾ Pada umumnya negara berkembang memiliki prevalensi penyakit akibat parasit yang lebih tinggi daripada negara maju, dan ini dikaitkan dengan kebersihan yang buruk, paparan hewan, dan konsumsi makanan atau air yang terkontaminasi.⁽²⁾ Penularan *Blastocystis sp.* pada manusia dan hewan adalah melalui transmisi fekal-oral.

Banyak peneliti mengungkapkan bahwa *Blastocystis sp.* adalah patogen dan dapat menyebabkan infeksi pada manusia.⁽³⁾ Infeksi yang diakibatkan oleh *Blastocystis sp.* disebut dengan blastokistosis.⁽⁴⁾ Pada beberapa penelitian, didapatkan bahwa infeksi *Blastocystis sp.* dapat menyebabkan gangguan gastrointestinal seperti diare, *Irritable Bowel Syndrome* (IBS), urtikaria, anemia defisiensi besi serta angioderma kronis.⁽⁵⁾ Sel *Blastocystis sp.* akan melepaskan sitokin IL-8 sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan respon inflamasi mukosa usus halus.⁽⁶⁾ Dalam penelitian lain juga dijelaskan bahwa *Blastocystis sp.* dapat melepaskan protease sistein yang menyebabkan kerusakan epitel usus.

Pada tahun 2020, dilakukan penelitian di rumah sakit untuk untuk menilai apakah ada hubungan antara jumlah leukosit dengan kejadian diare lewat pemeriksaan mikroskopis feses. Dari total 36 responden anak usia 2-5 tahun yang menderita diare akut, sebanyak 53% mengalami peningkatan jumlah leukosit darah. Penelitian tersebut tidak menunjukkan mikroorganisme mana yang menjadi agen penyebab, tetapi dicurigai terinfeksi oleh *Entamoeba histolytica*, *Escherichia coli*, *Shigella*, dan *Campylobacter jejuni*.⁽⁷⁾ Akhir-akhir ini ditemukan hubungan *Blastocystis sp.* dan diare yang menunjukkan adanya potensi zoonosis protista sehingga sering dijadikan dasar studi.⁽¹⁾ Pada pasien dengan *immunocompromised*, *Blastocystis sp.* dapat menyebabkan diare parah yang berhubungan dengan peningkatan sel darah putih.⁽⁸⁾ *Blastocystis sp.* menyebabkan terjadinya peningkatan produksi mukus dan eksudasi air ke dalam lumen akibat adanya inflamasi pada mukosa usus, sehingga feses orang yang terinfeksi *Blastocystis sp.* menjadi berlendir dan lebih cair.⁽⁹⁾

Penderita diare umumnya mengalami peningkatan jumlah leukosit akibat respon imun sebagai tanggapan adanya infeksi bakteri maupun protozoa.⁽⁷⁾ Berdasarkan paparan di atas dan masih sedikitnya penelitian terutama di Indonesia, maka penelitian ini ditujukan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara pemberian *Blastocystis sp.* terhadap jumlah leukosit pada tikus putih galur Wistar jantan sehingga bisa memberikan tambahan data dan informasi.

METODE

Penelitian ini dilakukan di *animal house* Fakultas Kedokteran Universitas Andalas, Padang. Pemeriksaan jumlah leukosit dilakukan di Laboratorium Sentral, Fakultas Kedokteran Universitas Andalas, dan pemeriksaan feses tikus dilakukan di Laboratorium Rumah Sakit Hewan, Dinas Peternakan Provinsi Sumatera Barat. Penelitian ini dilakukan selama bulan Januari 2022 sampai Januari 2023. Populasi dan sampel penelitian adalah 21 tikus putih (*Rattus norvegicus*) galur Wistar jantan yang berumur sekitar 4-6 minggu dan berat badan 100-250 gram. Penelitian ini telah mendapat izin dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran Universitas Andalas nomor 974/UN.16.2/KEP-FK/2022.

Sebelum dilakukan perlakuan, tikus diberikan waktu adaptasi dengan lingkungan *Animal House* Fakultas Kedokteran UNAND selama 7 hari di dalam kandang perawatan tikus. Kandang berada di ruangan yang memiliki ventilasi cukup dan tidak dijangkau matahari secara langsung, serta dibersihkan minimal 3 kali seminggu agar tikus nyaman dan terbebas dari resiko terkena infeksi.

Blastocystis sp. yang diinokulasikan didapatkan dari feses individu yang terinfeksi *Blastocystis sp.* Sampel feses dikultur menggunakan *Jone's medium*. Hasil kultur kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 1000 g selama 10 menit. Kemudian dicuci menggunakan PBS (*Phosphate Buffered Saline*) dengan pH 7,4 sebanyak dua kali lalu diencerkan dengan aquades. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan menggunakan kamar hitung (*improve neubauer*) untuk menentukan jumlah *Blastocystis sp.* yang terdapat dalam hasil kultur.

Dalam pengelompokan hewan coba, 21 *Rattus norvegicus* galur Wistar jantan yang berumur sekitar 4-6 minggu dan berat badan 100-250 gram dibagi kedalam 3 kelompok perlakuan. Pertama adalah Kelompok K- (kontrol negatif), yang hanya diberikan diet standar secara ad libitum tanpa diinokulasikan *Blastocystis sp.* Kedua adalah Kelompok P1, yaitu kelompok tikus yang diinokulasikan *Blastocystis sp.* dosis 10^5 . Sedangkan ketiga adalah Kelompok P2, yaitu kelompok tikus yang diinokulasikan *Blastocystis sp.* dosis 10^4 .

Dalam inokulasi *Blastocystis sp.*, setelah proses aklimatisasi, *Blastocystis sp.* terkultur diberikan secara oral pada tikus menggunakan sonde. Inokulasi dilakukan sesuai dosis pada hari ke-7 pasca aklimatisasi. Tikus-tikus dibagi ke dalam 2 kelompok berdasarkan dosis, yaitu 10^4 , dan 10^5 . Setelah diinokulasi, dilakukan pengontrolan terhadap berat badan, perubahan tingkah laku, dan mikroskopis feses hewan coba. Pengamatan dilakukan pada hari ke-2, hari ke-4, hari ke-6, hari ke-8, hari ke-10, ke-12, ke-14, ke-16, ke-18, dan ke-20. Pada hari ke-21, hewan coba siap dilakukan pengambilan sampel darah untuk menghitung jumlah leukosit.

Pengambilan sampel darah untuk menghitung jumlah leukosit dilakukan pada hari ke 21 setelah inokulasi lewat penusukan di sinus orbitalis tikus. Darah tikus diambil sebanyak 1 ml dan ditempatkan dalam tabung 5 mL yang berisi EDTA sebagai antikoagulan dengan perbandingan darah dan EDTA adalah 1:3. Penghitungan jumlah leukosit tikus dilakukan di Laboratorium Sentral Fakultas Kedokteran Universitas Andalas.

Selanjutnya data hasil pemeriksaan dibandingkan antar kelompok, baik secara deskriptif maupun secara analitik menggunakan uji ANOVA. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel untuk memudahkan komparasi, dan selanjutnya diinterpretasikan.

HASIL

Tabel 1 memperlihatkan hasil evaluasi yang dilakukan pada hewan coba. Dapat diinterpretasikan bahwa telah terjadi perubahan pada kenaikan berat badan, tetapi pada dua indikator lainnya secara garis besar tidak mengalami perubahan.

Tabel 1. Hasil evaluasi terhadap berat badan, konsistensi feses dan aktivitas motorik

Kelompok	No	Berat badan		Konsistensi feses		Aktifitas motorik	
		Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
Perlakuan I (105)	1	201	248	Padat	Semi padat	Aktif	Aktif
	2	180	241	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	3	189	245	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	4	168	238	Padat	Padat	Aktif	Kurang aktif
	5	150	224	Padat	Padat	Aktif	Kurang aktif
	6	140	193	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	7	137	198	Padat	Padat	Aktif	Aktif
Perlakuan II (104)	1	215	247	Padat	Semi padat	Aktif	Aktif
	2	219	245	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	3	201	232	Padat	Padat	Aktif	(Mati)
	4	132	213	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	5	116	193	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	6	120	199	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	7	120	197	Padat	Padat	Aktif	Aktif
Kontrol (-)	1	136	211	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	2	142	209	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	3	192	233	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	4	190	241	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	5	190	236	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	6	188	241	Padat	Padat	Aktif	Aktif
	7	107	121	Padat	Padat	Aktif	Aktif

Tabel 2. Pengaruh pemberian *Blastocystis sp.* terhadap jumlah leukosit tikus

Kelompok	Rerata jumlah leukosit tikus (sel/mm ³) ± simpangan baku	Nilai p
Kontrol negatif (K-)	7742,86 ± 2682,5	0,7
Perlakuan 1 (P1)	6171,43 ± 3675,8	
Perlakuan 2 (P2)	6866,67 ± 4459,3	

Tabel 2. memperlihatkan bahwa rerata jumlah leukosit masing-masing kelompok berada pada rentang normal, dimana nilai normal jumlah leukosit tikus adalah sekitar 5000 – 25.000 sel/ µl.10

PEMBAHASAN

Penelitian ini tidak menunjukkan adanya pengaruh pemberian *Blastocystis sp.* terhadap jumlah leukosit pada kelompok kontrol negatif (K-), Perlakuan 1 (P1) dan kelompok perlakuan 2 (P2). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kosik *et al* pada tahun 2021 bahwa tidak ditemukan perbedaan yang signifikan dalam parameter hematologi antara pasien yang terinfeksi *Blastocystis sp.* dengan pasien yang tidak terinfeksi.⁽¹¹⁾

Pada penelitian ini, *Blastocystis sp.* yang diinokulasikan tidak berdasarkan sub tipe sehingga tidak diketahui apakah *Blastocystis sp.* yang diinokulasikan adalah sub tipe yang patogen atau non patogen. *Blastocystis sp.* memiliki kisaran inang yang luas dengan 28 sub tipe. Penelitian mengenai patogenitas sub tipe *Blastocystis sp.* sebelumnya pernah dilakukan dan dilaporkan bahwa ST3 memiliki korelasi yang kuat dengan gejala penyakit pada manusia. Selanjutnya ST 1, 2, 4 dan 6 juga telah diisolasi dari pasien bergejala. ST3 adalah sub tipe yang paling umum dilaporkan dari pasien bergejala, diikuti oleh ST1 dan ST2. Sekresi sitokin proinflamasi pada hewan coba tikus, dilaporkan lebih tinggi pada sub tipe 7 (ST7) dibandingkan sub tipe 4 (ST4). Beberapa peneliti berpendapat bahwa ST1 adalah sub tipe *Blastocystis sp.* yang paling patogenik dan paling umum ditemukan pada penderita diare.⁽¹²⁾ Perbedaan sub tipe dapat mempengaruhi perbedaan tingkat pertumbuhan dan patogenitas *Blastocystis sp.* sehingga dapat mempengaruhi respon tubuh terhadap infeksi *Blastocystis sp.*^(12,13)

Penelitian mengenai bentuk *Blastocystis sp.* juga pernah dilakukan dan diketahui bahwa tidak semua bentuk *Blastocystis sp.* bersifat patogen. Hal ini disebabkan karena perbedaan fenotip antara *Blastocystis sp.* yang patogen dan non-patogen. Kesenjangan fenotip yang paling banyak dipelajari dari anggota patogen adalah dominasi bentuk amoeboid yang dapat mengsekresi protease. Tan *et al.* melakukan studi komparatif dengan membiakkan isolat *Blastocystis sp.* dari individu bergejala dan asimtomatik dan mengamati dominasi bentuk amoeboid pada pasien bergejala. Pengamatan yang mendukung virulensi bentuk amoeboid juga disampaikan oleh Vassalos *et al.* pada tahun 2013. Dalam penelitian tersebut diketahui, salah satu pasien yang merupakan pembawa bentuk granular ST3 asimtomatik berubah menjadi bergejala dalam waktu singkat, dan mengeluarkan bentuk amoeboid di tinja. Tidak spesifiknya bentuk *Blastocystis sp.* yang diinokulasikan juga dapat mempengaruhi patogenitas *Blastocystis sp.* sehingga dapat mempengaruhi respon tubuh terhadap infeksi *Blastocystis sp.*

Respon imun lain yang bekerja ketika ada benda asing yang masuk adalah sistem mukosa. Pertahanan mukosa adalah struktur kompleks yang terdiri dari komponen selular dan non selular. Pertahanan yang paling kuat masuknya antigen ke jaringan limfoid mukosa adalah adanya enzim yang terdapat mulai dari mulut sampai ke kolon. Rendahnya kadar pH di dalam lambung dan usus halus berfungsi sebagai respons imun terhadap antigen oral. Sebagian besar respons imun ini berfungsi melindungi tubuh dari bahan patogen. Komponen utama pertahanan tubuh adalah produk gen musin. Glikoprotein musin melapisi permukaan epitel dari rongga hidung/orofaring sampai ke rektum. Sel goblet yang menghasilkan mukus secara kontinu memberikan pertahanan yang kuat pada persambungan epitel. Pertahanan ini mencegah patogen dan antigen masuk ke bagian bawah epitel, disebut proses eksklusi nonimun. Musin juga berfungsi sebagai cadangan IgA. Antibodi ini berasal dari epitel dan dikeluarkan ke dalam lumen. Sel epitel usus dapat memproses sebagian antigen lumen dan mempresentasikannya ke sel T dalam lamina propria. Dalam keadaan normal, interaksi ini menyebabkan aktivasi selektif sel T CD8+ regulator.⁽¹⁴⁻¹⁶⁾

Sel T yang teraktivasi dalam Peyer's patch setelah paparan dengan antigen disebut sebagai Th3. Sel ini berfungsi mengeluarkan transforming growth factor-β, memicu sel B untuk menghasilkan IgA dan berperan pada terjadinya toleransi oral (aktivasi antigen spesifik non respons terhadap antigen yang masuk per oral). Antibodi IgA adalah antibodi erletak disaluran cerna dan tidak dapat berikatan dengan komplemen (yang dapat memicu respons inflamasi) dan berfungsi utama sebagai inhibitor penempelan patogen asing ke epitel. IgA dapat menggumpalkan antigen, menjebaknya dalam lapisan mukus dan membantu mengeluarkannya dari tubuh.⁽¹⁷⁻²²⁾ Bagusnya respon imun tikus juga menjelaskan kenapa tidak terjadi diare pada tikus sebagai hewan coba dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh pemberian *Blastocystis sp.* terhadap jumlah leukosit tikus diperoleh kesimpulan bahwa pemberian *Blastocystis sp.* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah leukosit tikus. Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan dan kesimpulan di atas, disarankan untuk penelitian selanjutnya menginokulasikan *Blastocystis sp.* berdasarkan sub tipe dan bentuk amuboid.

DAFTAR PUSTAKA

1. Figueiredo AM, Shaw D, Tunali V, Gentekaki E, Tsaoasis AD, Carmena D. Update on *Blastocystis*: highlights from the Fourth International *Blastocystis* Conference. Open Res Eur. 2025 Mar 7;5(1):11-18. doi: 10.12688/openreseurope.19168.2. PMID: 39991258; PMCID: PMC11842961.
2. Ahmed M. Intestinal parasitic infections in 2023. Gastroenterology Res. 2023 Jun;16(3):127-140. doi: 10.14740/gr1622. Epub 2023 Jun 11. PMID: 37351081; PMCID: PMC10284646.

3. Pawelec-Pęciak O, Łanocha-Arendarczyk N, Grzeszczak K, Kosik-Bogacka D. The role of *Blastocystis* spp. in the etiology of gastrointestinal and autoimmune diseases. *Pathogens*. 2025 Mar 25;14(4):313. doi: 10.3390/pathogens14040313. PMID: 40333047; PMCID: PMC12030515.
4. Pramestuti N, Saroh D. *Blastocystis hominis*: protozoa usus potensial penyebab diare. *Sel Jurnal Penelitian Kesehatan*. 2017;4(1):1-12.
5. Mahendra D, Suwanti LT, Retno ND, Musfasirin M., Suprihati E, Yuniarti WM. Deteksi molekuler *Blastocystis* sp. pada babi terinfeksi di Kabupaten Tabanan dan Badung, Provinsi Bali, Indonesia. *J. Vet*. 2020;21(1):227-33.
6. Norouzi M, Pirestani M, Arefian E, Dalimi A, Sadraei J, Mirjalali H. Exosomes secreted by *Blastocystis* subtypes affect the expression of proinflammatory and anti-inflammatory cytokines (TNF α , IL-6, IL-10, IL-4). *Front Med (Lausanne)*. 2022 Aug 11;9:940332. doi: 10.3389/fmed.2022.940332. PMID: 36035429; PMCID: PMC9404381.
7. Haikal M, Soleha TU, Lisiswanti R. Hubungan jumlah leukosit darah dan pemeriksaan mikroskopis feses terhadap penyebab infeksi pada penderita diare akut usia 2-5 tahun yang dirawat di RSUD Ahmad Yani Kota Metro. *J. Medula*. 2020;10(1):98-103.
8. Gil GS, Chaudhari S, Shady A, Caballes A, Hong J. *Blastocystis* sp. infection mimicking *Clostridium difficile* colitis. *Case Rep. Infect. Dis*. 2016;8(2):7264387.
9. Aman MCU, Manoppo JIC, Wilar R. Gambaran gejala dan tanda klinis diare akut pada anak karena *Blastocystis hominis*. *e-CliniC*. 2015;3(1):1-7.
10. Zuraidawati Z, Darmawi D, Sugito S. Jumlah leukosit dan eritrosit tikus putih (*Rattus norvegicus*) yang diberi ekstrak etanol bunga sirsak. *Pros. Semin. Nas. Biot*. 2019;8(2):588-593.
11. Kosik B, Małgorzata L, Karolina K, Małgorzata S, Natalia L. Prevalence, subtypes and risk factors of *Blastocystis* spp. infection among pre-and perimenopausal women. *BMC Infect. Dis*. 2021;21(1):1125.
12. Yason JA, Liang YR, Png CW, Zhang Y, Tan KSW. Interactions between a pathogenic *Blastocystis* subtype and gut microbiota: In vitro and in vivo studies. *Microbiome*. 2019;7(1):20-30.
13. Mohamed AM, Ahmed MA, Ahmed SA, Al-Semany SA, Alghamdi SS, Zagloul DA. Predominance and association risk of *Blastocystis hominis* subtype I in colorectal cancer : a case control study. 2017; 1-8.
14. Larsen SB, Cowley CJ, Fuchs E. Epithelial cells: liaisons of immunity. *Curr Opin Immunol*. 2020 Feb;62:45-53. doi: 10.1016/j.coi.2019.11.004. Epub 2019 Dec 23. PMID: 31874430; PMCID: PMC7067656.
15. Gieryńska M, Szulc-Dąbrowska L, Struzik J, Mielcarska MB, Gregorczyk-Zboroch KP. Integrity of the intestinal barrier: the involvement of epithelial cells and microbiota-a mutual relationship. *Animals (Basel)*. 2022 Jan 8;12(2):145. doi: 10.3390/ani12020145. PMID: 35049768; PMCID: PMC8772550.
16. Zhang M, Wu C. The relationship between intestinal goblet cells and the immune response. *Biosci Rep*. 2020 Oct 30;40(10):BSR20201471. doi: 10.1042/BSR20201471. PMID: 33017020; PMCID: PMC7569202.
17. Li Y, Jin L, Chen T. The effects of secretory IgA in the mucosal immune system. *Biomed Res Int*. 2020 Jan 3;2020:2032057. doi: 10.1155/2020/2032057. PMID: 31998782; PMCID: PMC6970489.
18. de Sousa-Pereira P, Woof JM. IgA: Structure, function, and developability. *Antibodies (Basel)*. 2019 Dec 5;8(4):57. doi: 10.3390/antib8040057. PMID: 31817406; PMCID: PMC6963396.
19. Gleeson PJ, Camara NOS, Launay P, Lehuen A, Monteiro RC. Immunoglobulin A antibodies: from protection to harmful roles. *Immunol Rev*. 2024 Nov;328(1):171-191. doi: 10.1111/imr.13424. Epub 2024 Nov 23. PMID: 39578936; PMCID: PMC11659943.
20. Hoces D, Arnoldini M, Diard M, Loverdo C, Slack E. Growing, evolving and sticking in a flowing environment: understanding IgA interactions with bacteria in the gut. *Immunology*. 2020 Jan;159(1):52-62. doi: 10.1111/imm.13156. Epub 2019 Nov 27. PMID: 31777063; PMCID: PMC6904610.
21. de Sousa-Pereira P, Woof JM. IgA: Structure, function, and developability. *Antibodies (Basel)*. 2019 Dec 5;8(4):57. doi: 10.3390/antib8040057. PMID: 31817406; PMCID: PMC6963396.
22. Herr AB. Secret(ory) revealed: the long-awaited structures of secretory IgA. *Cell Res*. 2020 Jul;30(7):558-559. doi: 10.1038/s41422-020-0351-4. PMID: 32523108; PMCID: PMC7343791.