

СИСТЕМА ГЕМОЦИРКУЛЯЦИИ В СЕЛЕЗЕНКЕ ЧЕЛОВЕКА: ОТКРЫТАЯ ИЛИ ЗАКРЫТАЯ?

Любаева Е.В.¹, Маркова В.И.¹, Ваньков В.А.², Севрюгина Г.А.²

¹Медицинский университет РЕАВИЗ; ²Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия; e-mail: nii.morphology@reaviz.ru

THE BLOOD CIRCULATION SYSTEM IN HUMAN SPLEEN: IS IT OPEN OR CLOSED?

Lubayeva EV¹, Markova VI¹, Van'kov VA², Sevryugina GA²

¹Medical University REAVIZ; ²Samara State Medical University, Samara, Russia, e-mail: nii.morphology@reaviz.ru

Для цитирования:

Любаева Е.В., Маркова В.И., Ваньков В.А., Севрюгина Г.А. Система гемодинамики в селезенке человека: открытая или закрытая? // Морфологические ведомости. - 2018. - Том 26. - № 1. - С. 38-41. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.18\(26\).01.38-41](https://doi.org/10.20340/mv-mn.18(26).01.38-41)

For the citation:

Lubayeva EV, Markova VI, Van'kov VA, Sevryugina GA. The blood circulation system in human spleen: is it open or closed? *Morphologicheskie Vedomosti – Morphological Newsletter*. 2018 Mar 31;26(1):38-41. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.18\(26\).01.38-41](https://doi.org/10.20340/mv-mn.18(26).01.38-41)

Резюме. Открытая или закрытая система гемодинамики в селезенке? Этот вопрос дискутируется на протяжении многих лет. Однако консенсус между авторами, представляющими противоположные точки зрения на гемодинамику в селезенке, до настоящего времени не установлен. Цель работы – представить данные о морфофункциональных особенностях системы гемодинамики в селезенке человека. Работа выполнена на препаратах селезенки (n=17) людей различного возраста. Используются инъекционные и гистологические методы исследования. Полученные данные свидетельствуют о чрезвычайно сложной ангиоархитектонике селезенки человека, включающей в себя открытую и закрытую системы циркуляции.

Ключевые слова: селезенка, сосуды селезенки, кровообращение селезенки

Summary. Open or closed system of blood circulation in the spleen? This issue has been debated for many years. However, a consensus between the authors representing opposing viewpoints on hemorrhage in the spleen has not been established to date. The purpose of the study is to provide data on morphological-functional features of the blood circulation system in the human spleen. The work was performed on spleen preparations (n=17) of people of different ages. Injectional and histological methods of investigation were used. The obtained data testify to the extremely complex blood vessels architecture of the human spleen, which includes an open also and closed blood circulation system.

Key words: spleen, spleen vessels, spleen blood circulation

Введение. В филогенезе белая и красная пульпа впервые обособляется у двоякодышащих рыб в виде желудочной селезенки [1]. Затем у хрящевых и костистых рыб формируется самостоятельный орган кроветворения – селезенка [2]. Желудочная селезенка однозначно указывает на происхождение селезенки как органа из стенки пищеварительного тракта, тем более, что роль желудка в кроветворении полностью не прекращается даже у млекопитающих. В эмбриогенезе у млекопитающих в селезенке первоначально закладываются идущие независимо от артерий вены воротной системы. Затем формируются венозные синусы, в которых происходит эритроцитопоз, гранулоцитопоз и мегакариоцитопоз, продолжающийся у человека в течение 7 месяцев его пренатального онтогенеза [3]. В постнатальном же онтогенезе функции красной пульпы изменяются, и наиболее важными из них становятся уничтожение отживших эритроцитов и другого клеточного материала и депонирование крови [4]. Для выполнения роли биологического фильтра селезенка обладает интенсивным кровоснабжением, она получает ежеминутно 750-800 мл крови, больше чем сердце [5], кроме того селезеночные сосуды, артерия и вена обладают чрезвычайно высокой растяжимостью [6, 7] и высокой реактивностью к различным воздействиям [7]. Активные сокращения селезенки, имеющей трабекулярную систему, являются одним из главных экстравазальных факторов регуляции кровотока в воротной вене [8].

Таким образом, в постнатальном онтогенезе селезенка из слепого ретикулярного мешка в системе воротной вены [3] трансформируется в активный орган кровеносной системы, способный увеличивать свой объем на 40% от объема первоначального [9]. Оценить функциональный тип селезенки как органа (депонирующий или защитный) возможно по структуре ее капсулы. Селезенка с двухслойной капсулой и гладкими миоцитами в трабекулах и красной пульпе это депонирующая селезенка [10]. Она иннервируется преимущественно симпатическими нервами [11] и ее десимпатизация вызывает паралич гладких миоцитов, прежде всего стенки сосудов, а затем трабекул, капсулы и красной пульпы [12]. Пробразом кровеносной системы селезенки считается система щелей, не имеющих эндотелиальной выстилки. Она сохраняется и в филогенезе, как совокупность межклеточных пространств пульпарных тяжей [13]. Эволюция селезенки в филогенезе изучена достаточно хорошо. Это позволяет считать, что у позвоночных животных она приобретает все большее значение для депонирования крови и реутилизации погибших, отработавших эритроцитов [2, 14, 15]. Продолжительность жизни эритроцитов у человека составляет 108-150 суток, у крысы 45-68 суток [16], однако вопрос о том, как и где они разрушаются, до настоящего времени остается открытым. Также не ясно, каким образом в селезенке осуществляется селекция изношенных, состарившихся эритроцитов. Возможно, что это происходит путем эритрофагии [17] или в результате трансформации формы эритроцитов с дисковидной на сферическую, которая является предгемолитической стадией [18], либо в селезеночную артерию уже направляются предназначенные для утилизации эритроциты [19].

Цель работы – представить данные о морфофункциональных особенностях системы гемодинамики в селезенке человека.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена на препаратах селезенки (n=17) людей различного возраста от 32 до 57 лет, погибших от травм или механической асфиксии. Кровеносное русло селезенки, извлеченной из брюшной полости, перфузировалось через канюлированную селезеночную артерию 5% раствором аметанольного формалина. После появления из открытой селезеночной вены чистого перфузата, она лигировалась. Перфузия же

продолжалась до формирования «растянутой селезенки». Затем селезеночная артерия также, как и вена лигировалась. Парафиновые срезы селезенки толщиной 5-7 мкм окрашивались гематоксилином и эозином, по Ван Гизон, парарозанилином– толуидиновым синим. Подготовка биопсийного материала, полученного после проведенной спленэктомии у пациентов (n=3) после травм брюшной полости, проводилась по стандартной методике.

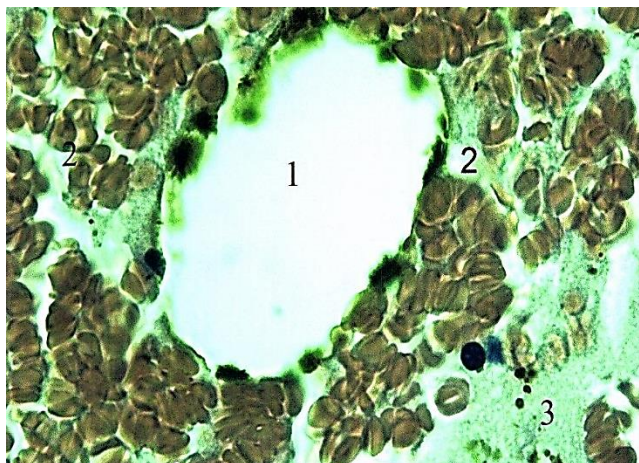


Рис. 1. Синусоид (1) красной пульпы (2) селезенки. Фронтальный срез. Мужчина 57 лет. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.: x900.

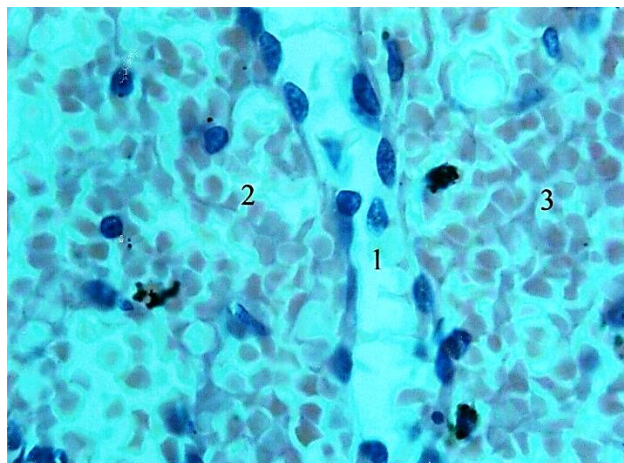


Рис. 3. Посткапиллярная венула (1) в красной пульпе (2,3) селезенки. Продольный срез. Мужчина 47 лет. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.: x900.

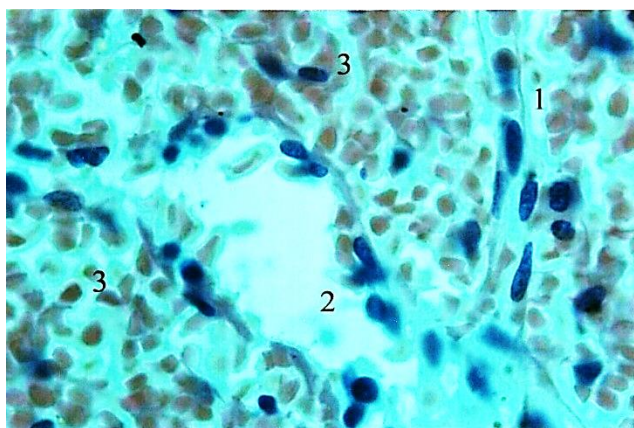


Рис. 2. Впадение прекапилляра (1) в синусоид (2) красной пульпы (3) селезенки. Продольный срез. Мужчина 47 лет. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.: x900.

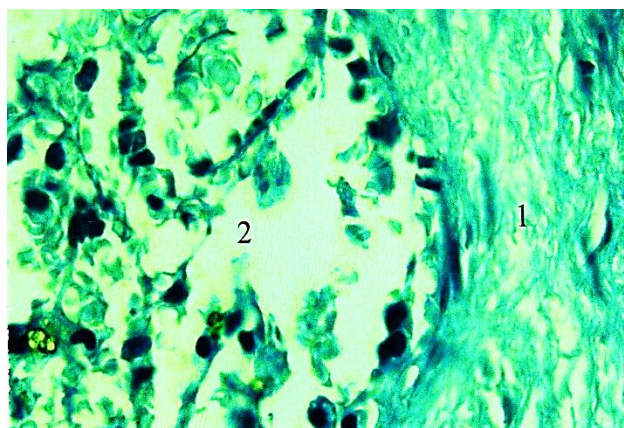


Рис.4. Взаимоотношения синусоида (2) с трабекулой селезенки. Продольный срез. Женщина 53 лет. Окраска парарозанилином и толуидиновым синим. Ув.:x900.

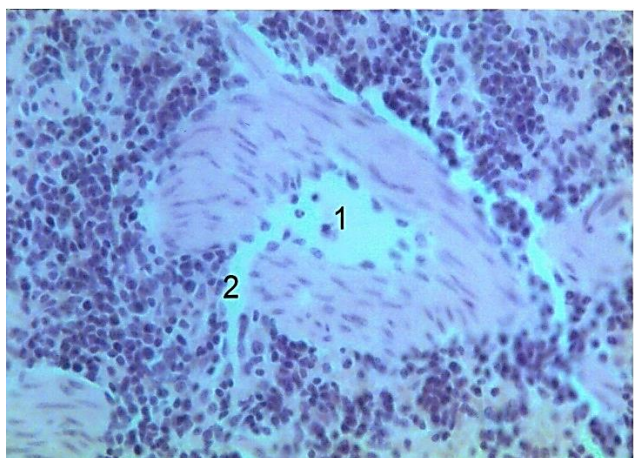


Рис. 5. Кисточковая артерия (1) и ее ветвь (2) в красной пульпе селезенки. Фронтальный срез. Мужчина 52 лет. Окраска гематоксилином и эозином. Ув.: x200.

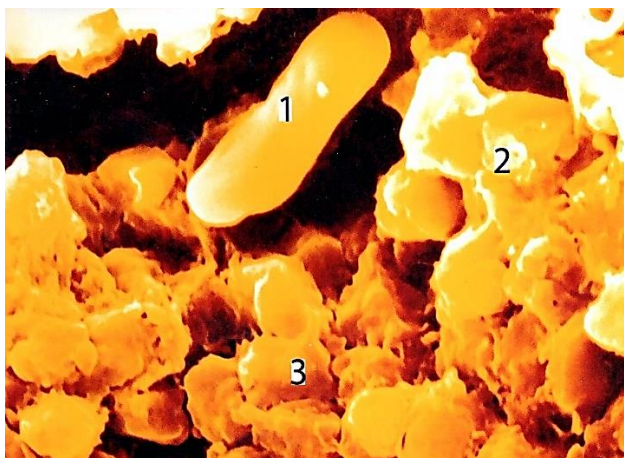


Рис. 6. Концентрация трансформированных (1, 2, 3) эритроцитов в красной пульпе селезенки. Мужчина 22 лет. Сканирующая электронная микроскопия. Ув.: x3600.

Результаты и обсуждение. В «растянутой» перфузированной селезенке большая часть расширенных синусоидов была свободна от эритроцитов (рис. 1). Но в то же время перфузируемый раствор не вымывал их из мягкотных тяжей красной пульпы. Это свидетельствует о том, что синусоиды включены в закрытую систему гемоциркуляции (рис. 2, 3). Аналогичные данные получены ранее авторами, применившие в своих исследованиях витальную [20] и электронную микроскопию [21, 22]. Закрытая циркуляция обеспечивает быстрый кровоток [23]. Этому способствуют и тесные взаимоотношения трабекул и синусоидов (рис. 4). Непосредственно же в красную пульпу открываются ветви кисточковых артерий (рис. 5). Из красной пульпы эритроциты поступают в синусоиды, а затем венозное русло. Это – открытая циркуляция. Она обеспечивает медленный кровоток, в результате которого в красной пульпе скапливаются стареющие, поврежденные или инфицированные эритроциты (рис. 6). Происходит увеличение гематокрита и тем самым увеличивается возможность узнавания и фагоцитоза эритроцитов макрофагами (рис. 7). Дальнейшая циркуляция крови с высоким гематокритом из красной пульпы происходит однонаправленно через межэндотелиальные промежутки синусоидов и только

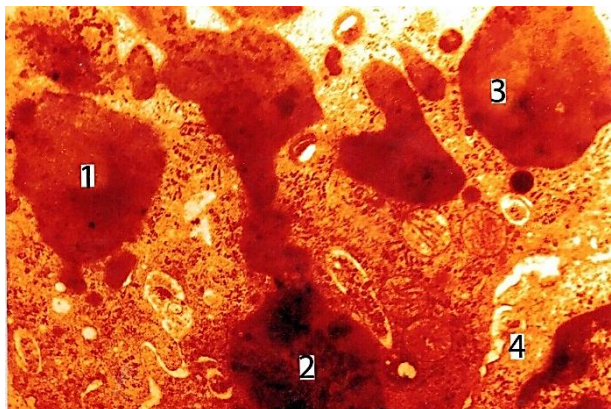


Рис. 7. Фагоцитоз эритроцитов (1, 2, 3) макрофагом (4) в красной пульпе селезенки. Мужчина 39 лет. Сканирующая электронная микроскопия. Ув.: x5000.

в венозное русло [24-27]. Здесь эритроциты проходят второе «испытание»: трансформированные жесткие эритроциты в синусоиды не поступают [28]. Таким образом, селезенка освобождает кровь от таких эритроцитов, способных вызвать нарушения микроциркуляции и ишемические повреждения органов [29]. Ранее было установлено [30, 31], что эндотелиоциты синусоидов обладают чрезвычайно слабой фагоцитарной активностью по сравнению с макрофагами красной пульпы.

Заключение. Таким образом, селезенка обладает чрезвычайно сложной ангиоархитектоникой, включающей в себя открытую и закрытую системы гемоциркуляции. Открытая система обеспечивает быстрый кровоток через синусоиды, а закрытая система – медленный кровоток через красную пульпу. Именно медленная открытая циркуляция крови через красную пульпу позволяет выполнять селезенке ее уникальную функцию – функцию активного биологического фильтра.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

- Jordan HE, Speidel CC. Blood formation in the African-Jung – fish under conditions of prolonged estimation and recovery. *J Morphol Physiol.* 1931;51(2):319-341.
- Hrushchov G.K. EHvolyciya krovetvornyh organov pozvonochnyh. / *Limfoidnaya tkan' v vosstanovitel'nyh i zashchitnyh processah.* - M.: Nauka, 1966.- С. 7-24.
- Volkova O.V., Pekarskiy M.I. EHmbriogenez i vozrastnaya gistologiya vnutrennih organov cheloveka. - M.: Medicina, 1976.- 415 s.
- Hehm A., Kormak D. *Gistologiya* - M.: Mir, 1983.- Tom 2.- S. 236-252.
- Barta I. *Selezenka. Anatomiya, fiziologiya, patologiya i klinika.*- Budapesht: Izd-vo AN Vengrii, 1976.- 390s.
- Malov G.A. *Tonus ven i ego znachenie.*- Astrahan', 1932.- 115s.
- Pal'gova L.V., Krichevskaya I.P. *Reflektornoe kolebanie tonusa selezenochnyh sosudov// Byull. ehksp. biol. i med.*- 1967.- № 5.- S. 10-15.
- Parin V.V., Meerson F.Z. *Ocherki klinicheskoy fiziologii krovoobrashcheniya.*- M.: Medgiz, 1956.- 500s.
- Shephard RJ. Responses of the human spleen to exercise. *J Sports Sci.* 2016;34(10):929-936.
- Hartwig H, Hartwig HG. Structural characteristics of the mammalian spleen indicating storage and release of red blood cells. *Experimentia.* 1985;41(2):159-163.
- Haulikz I. *Vegetativnaya nervnaya sistema. Anatomiya i fiziologiya.*- Buharest, 1978.- 350s.
- Kogan EH.M. *Izmeneniya v selezenke posle udaleniya uzlov solnechnogo spleteniya// Arh. anat.* - 1959.- № 1.- S. 44-52.
- Robinson WJ. The vascular mechanism of the spleen. *Ann Anat.* 1972;67:341-349.
- Skvorcov A.K. *Krovenosnaya sistema selezenki kostistyh ryb.*- Avtoref. diss...kand. med. nauk.- M.,1947.- 27s.
- Skvorcov A.K. *Mikroskopicheskaya anatomiya selezenki hryashchevyh ganoidov// Dokl. AN SSSR.*- 1948.- № 4.- S. 1643-1646.
- Flint R. *Biologiya v cifrah.*- M.: Mir, 1992.- 303s.
- Faerman I.L. *Bolezni selezenki.*- M.-L.: Medgiz, 1948.- 375s.
- Hattori A. Scanning electron microscopy of human peripheral blood cells. *Acta Haematol Jap.* 1972;35(4):457-482.
- Goncharenko A.I., Pahomova E.E. *Komp'yuternoe issledovanie miniserdec// Lesn.vestn.*- 2004.- № 3.- S. 159-186.
- Knisely MH. Spleen studies: microscopic observations of the circulatory system of living traumatized and of dying spleens. *Anat Rec.* 1936;65:131-139.
- Pivkin IV, Peng Z et al. Biomechanics of red blood cells in human spleen and consequences for physiology. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2017;114(22):4521-4537.
- Steiniger BS. Human spleen microanatomy: Why mice do not suffice. *Immunology.* 2015;145(3):334-346.
- Chen L. Microcirculation of the spleen: and open or closed circulation. *Science.* 1978;201(4351):157-159.

24. Chen LT, Weiss L. Electron microscopy of the red pulp of human spleen. *Am J Anat.* 1972;134:425-431.
25. McCuskey RS, McCuskey RA. In vivo and electron microscopic studies of the splenic microvasculature in mice. *Experientia.* 1985;41(2):179-187.
26. Wiess L, Powell R et al. Terminating arterial vessels in red pulp of human spleen: a transmission electron microscopic study. *Experientia.* 1985;41(2):233-242.
27. Rufer A, Willemon WA. The spleen in non – malignant hematological disorders. *Ther. Umsch.* 2013;70(3):157-162.
28. Rigat-Brugarolas LG, Elizalde-Torrent A, Bernabeu M, De Niz M et al. A functional microengineered model of the human spleen on-on-a-chip. *Lab Chip.* 2014;14(10):1715-1724.
29. Picot JA, Ndour PA et al. A biomimetic microfluidic chip to study the circulation and mechanical retention of red blood cells in the spleen. *Am J Hematol.* 2015;90(4):339-345.
30. Burke JS, Simon GT. Electron microscopy of the spleen. I. Anatomy and microcirculation. *Am J Pathol.* 1970;58:127-155.
31. Markov I.I., Lyubaeva E.V. Splenehktomiya – vliyaet li ona na immunitet i prodolzhitel'nost' zhizni staryh belyh krysl// *Morfologicheskie vedomosti.* - 2016.- № 2.- С. 36-46.

Авторская справка

Любаева Екатерина Владимировна, кандидат медицинских наук, докторант кафедры морфологии и патологии медицинского университета РЕАВИЗ, Самара, Россия; e-mail: morholetter@yandex.ru

Маркова Виктория Игоревна, ассистент кафедры морфологии и патологии медицинского университета РЕАВИЗ, Самара, Россия; e-mail: morholetter@yandex.ru

Ваньков Владимир Александрович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии человека, Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия; e-mail: vvd_samara@mail.ru

Северюгина Галина Алексеевна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры анатомии человека, Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия; e-mail: morholetter@yandex.ru