

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ АДСОРБЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ

Р.А. Гареев

Институт физиологии человека и животных ЦБИ КН МОН РК,
г.Алматы, Казахстан

Резюме

Функциональные свойства эритроцитов связывают с их газотранспортной функцией, некоторые особенности которой до сих пор остаются объектами современных исследований. На этом фоне остается малоизвестной относительно недавно обоснованная функция эритроцитов, названная нами (по аналогии с газотранспортной) адсорбционно-транспортной. Главная особенность этой функции – регулируемая адсорбция веществ плазмы крови на поверхности эритроцитов с последующим транспортом адсорбированных веществ в обменный слой кровеносных капилляров. Другие выявленные особенности адсорбционно-транспортной функции эритроцитов указывают на то, что вторая (по времени открытия) функция не менее важна, чем газотранспортная. В настоящее время появилась необходимость осмысления следующего этапа исследований, непосредственно связанного с прикладными аспектами этой функции эритроцитов.

Functional characteristics of red corpuscles connect with their gas-transport function which some features till now remain objects of modern researches. On this background there is a little-known rather recently proved function of erythrocytes, named by us (by analogy with gas-transport) adsorption-transport function of erythrocytes. The main feature of this function - adjustable adsorption of plasmas substances on a surface of red corpuscles, transport of the adsorbed substances in an exchange layer of blood capillaries. Other revealed features of adsorption-transport function of erythrocytes specify that the second (on time of opening) function is not less important, than gas-transport function. Now there was a necessity of judgment of a following stage of the researches directly connected with applied aspects of this function of red corpuscles.

Ключевые слова: эритроциты, функции, трансапикалярный обмен, диабет 2 типа, метаболический синдром, атеросклероз, отеки

В этиопатогенезе сахарного диабета, атеросклероза и ряда других заболеваний главная роль принадлежит нарушениям обмена веществ. Но при этом выраженные изменения в плазменной концентрации белка, липидов, глюкозы и других субстанций не выявляются на начальных стадиях этих заболеваний. Этот и другие факты объяснимы с позиций ранее неизвестного комплекса морфо-физиологических особенностей, названного адсорбционно-транспортной функцией эритроцитов.

ОТКРЫТИЕ АДСОРБЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ

Факт адсорбции белка и белковых субстанций на поверхности форменных элементов крови известен довольно давно. Первые публикации по этому вопросу датированы началом прошлого века (1). В 60-80 годах прошлого столетия этот феномен стал объектом исследований ученых Германии, Японии, США и других развитых по научному и экономическому потенциалу стран. На основании этих исследований были сделаны заключения, что адсорбция белка на эритроцитах влияет на деформируемость и реологию красных клеток крови, а адсорбированный пул белка – это запас для экстренного восполнения белков в плазме крови (2, 3, 4).

В учении о транскапиллярном обмене макромолекул в середине прошлого столетия несколько десятилетий существовало так называемое «основное правило лимфологии» (4). Оно гласило, что плазменные белки, попавшие из крови в тканевое (интерстициальное) пространство, возвращаются в кровяной ток исключительно в составе лимфы (5). Хронические тканевые отеки стали объяснять недостаточностью дренажной функции лимфатической системы. Правило базировалось на факте, что артерио-венозная разница в содержании плазменного белка почти всегда указывала на его выход из крови в ткани. Причем этот транскапиллярный баланс белка в среднем многократно превышал максимально возможный возврат белка по лимфатическим сосудам. Поэтому считалось, что часть «застывших» в интерстиции белков «удаляются» макрофагами (6). Но в этом объяснении не все сходилось в балансе синтеза и разрушения белков плазмы. Некоторые исследователи при использовании меченых белков получали данные, которые противоречили «основному правилу лимфологии». Исходя из этих данных, было сделано компромиссное заключение, что при некоторых условиях возможен возврат белка из интерстиция в кровяной ток непосредственно через стенку кровеносных капилляров (6). Некоторые детали этого вопроса представлены в монографии (7).

При тщательном изучении этого вопроса в период с 1975 по 1989 год нами было выявлено, что вышеуказанный определяемый по показателям плазмы отрицательный транскапиллярный баланс белка не соответствовал действительности из-за того, что не учитывалась повышенная адсорбция плазменного белка на венозных эритроцитах. Было показано, что при учете всего (адсорбированного и плазменного) белка, его транскапиллярный баланс приближается к показателю транспорта белка с лимфой. Возникла гипотеза, что адсорбированные на поверхности эритроцитов вещества поступают в пристеночный слой кровеносных капилляров, в первую очередь вовлекаются в транскапиллярный обмен, участвуют в тканевом обмене и частично поступают в лимфу (7).

Начало следующего этапа изучения транспорта веществ на эритроцитах (с 1991 г.) связано с выявлением многократного увеличения количества адсорбированной глюкозы у космонавтов в день приземления (8). В последующем было выявлено, что глюкоза, а также липиды по количеству адсорбированных на эритроцитах молекул многократно превосходят белок, который по массе в этом пуле занимает первое место. Было обнаружено, что количество эритроцитоадсорбированных молекул является более устойчивым и диагностически важным, чем масса, показателем. Эксперименты на животных выявили, что перенос органических веществ на эритроцитах более изменчивый и демонстративный процесс, чем сдвиги в соответствующих плазменных показателях. Была доказана регулируемость транспорта веществ на эритроцитах. Наконец, были получены данные, что адсорбция веществ на эритроцитах изнутри усилена нековалентными связями гемоглобина красных клеток крови. Были «собраны» все признаки функции: регулируемость процессов, основа процессов - особенность самих красных клеток крови, важность процессов для физиологии. На этой основе было сделано обобщение о существовании второй функции эритроцитов, названной адсорбционно-транспортной. Полученные нами и имевшиеся данные других авторов были обобщены в соответствующей концепции (9). Важность для организма этой функции и ее морфо-физиологические основы кратко охарактеризованы в нижеследующих разделах обзора.

МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АДСОРБЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ

По площади адсорбции среди клеток крови абсолютный приоритет принадлежит эритроцитам. Эритроциты обеспечивают не только транспорт «газов», но, согласно концепции, также быстрый и селективный транспорт «веществ сухого остатка» в обменный слой кровеносных капилляров. Эритроциты, благодаря деформации и вращению, относительно легко проходят по (в самой узкой части просвет капилляров в среднем вдвое меньше диаметра эритроцитов) более узкой, чем они, артериальной части капилляров. При

этом слой адсорбированного белка, предполагается, служит также в качестве «смазки» (10). Не исключено, что при вращении эритроцитов часть плазменных молекул отбрасывается к стенке, перемешивается и попадает в пристеночный слой. Но, согласно концепции, в основном при прохождении каждой красной клетки крови происходит механическая замена и смешивание веществ пристеночного обменного слоя кровеносных капилляров на молекулы, адсорбированные на эритроцитах. Вещества, «перенесенные» с поверхности эритроцитов в пристеночный слой обменных микрососудов, в первую очередь вовлекаются в транскапиллярный обмен, частично поступают в интерстициальное (тканевое) пространство, участвуют с соответствующей трансформацией в тканевых биохимических процессах и в клеточном обмене. Часть из них поступает в лимфу, большая часть возвращается в кровоток через стенку кровеносных капилляров и венул. С превышением просвета капилляра над диаметром эритроцита процесс десорбции-адсорбции завершается – вновь адсорбированные вещества близки по составу к соответствующим показателям пристеночного слоя венозной части капилляров.

Эритроциты являются естественными сорбентами веществ. У белков, к тому же, по мере старения и денатурации усиливается собственная адсорбционная способность.

Давно (1902 г.) известно, что объем эритроцитов и соответственно площадь адсорбции увеличивается при насыщении эритроцитов углекислым газом (11). Кроме того, по мере старения эритроциты морфологически меняются (стадии дискоцита, эхиноцита и сфероцита). Эхиноциты получили название за характерные выросты на поверхности, которые увеличивают площадь адсорбции. Известно, что начальная стадия эхиноцита обратима. В норме количество эхиноцитов не превышает 1 %, но при усилении ПОЛ (перекисного окисления липидов) и, вероятно, под действием многих токсикантов численность эхиноцитов возрастает. Известно также, что при хранении крови количество эхиноцитов вырастает до 70-80 %. Подсчитать площадь эхиноцитов из-за различной численности выростов трудно. Но хорошо известно (11), что площадь поверхности дискоцита (норма) примерно в 1,7 раза больше чем у сфероцита (постаревшего эритроцита). Эти морфологические особенности дискоцита, эхиноцита и сфероцита созвучны нашим наблюдениям, что на начальных стадиях воспалительных заболеваний транспорт веществ на эритроцитах, как правило, увеличивается, в то время как при хронических воспалительных процессах снижается.

Как было отмечено выше, адсорбция веществ на поверхности эритроцитов поддерживается изнутри нековалентными (или, может быть, другими) связями гемоглобина. Однако в определенных условиях эти связи закрываются путем присоединения различных субстанций, когда их концентрация внутри эритроцита увеличивается выше определенных (нормальных) величин. Наиболее известно присоединение глюкозы. Повышенное содержание глюкозы на поверхности эритроцитов усиливает ее поступление внутрь красных клеток крови. Повышенное выше нормы внутриэритроцитарное содержание глюкозы ведет к соединению трансформированной глюкозы с гемоглобином. Образующийся при этом гликозилированный гемоглобин хорошо известен как индикатор сахарного диабета 2 типа. По нашим наблюдениям, по мере увеличения процента гликозилированного гемоглобина уменьшается способность эритроцитов абсорбировать на своей поверхности белки, липиды, углеводы и другие вещества. К гемоглобину, несомненно, могут присоединяться также продукты ПОЛ, а также другие вещества. Последние варианты изучены плохо. Но проведенные в клиниках наблюдения (12-17) показывают, что тяжелые и хронические заболевания (ИБС, хронические гепатиты, ХОБЛ, ИБС, метаболический синдром, черепно-мозговые травмы и т. д.), как правило, сопровождаются или приводят к недостаточности адсорбционно-транспортной функции эритроцитов.

РОЛЬ АДСОРБЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ В НЕКОТОРЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ (А, Б, В, Г, Д)

А) Участие в обеспечении быстрого и селективного поступления субстанций из крови в ткани. Соотношение и состав адсорбированных веществ отличается от соответствующих показателей плазмы. Этим обуславливаются некоторые отличия состава интерстициальной жидкости и лимфы от плазмы. Селективность поступления в ткани многих веществ, включая вводимые извне, также обусловлена различной способностью этих веществ адсорбироваться на поверхности эритроцитов. Условно по этой способности вещества разделены нами на слабо-, средне- и прочно-адсорбируемые. Процентная доля прочноадсорбированных веществ увеличивается (данные анализа последовательных смывов с одних и тех же эритроцитов) по мере приближения к мембране эритроцитов.

Согласно концепции, благодаря адсорбционно-транспортной функции эритроцитов нейрогуморальные регуляторы и гормоны, регуляторные пептиды и другие биологически активные вещества также быстро попадают в соответствующие органы и ткани. Адсорбируемые на эритроцитах альбумины, присоединяя к себе многие другие вещества, соответственно включают их в число переносимых на поверхности эритроцитов.

Б) Поддержание транскапиллярного возврата белка из интерстиция создает дополнительный противоотечный фактор. Артерио-венозная разница в количестве адсорбированных веществ меняется при различных воздействиях. По глюкозе она всегда положительна, указывая на выход ее из крови в ткани. На место ушедшей в ткани глюкозы на поверхности эритроцитов оседают в основном белки. Соответственно уменьшается концентрация белка в венозной плазме и пристеночном слое венозной части капилляров. Таким образом, на уровне венозной части капилляров и венул сдвигается градиент концентрации протеинов и соответственно усиливается возврат белка из интерстиция в кровь через наиболее проницаемую стенку микроциркуляторного русла. Необходимо подчеркнуть, что чем выше энергетические затраты с утилизацией глюкозы, тем мощнее этот противоотечный фактор.

Этот механизм усилен вышеуказанным увеличением объема (соответственно и площади адсорбции) эритроцитов по мере насыщения их углекислым газом. Правда, в легких с насыщением эритроцитов кислородом, наоборот, площадь адсорбции уменьшается. Возможности лимфатической системы в резорбции воды и белка из легких ограничены. Но энергетический обмен в легких всегда высок. Поэтому только при снижении энергетического обмена, а также обмена веществ в целом в легких может резко усиливаться риск возникновения острого отека. Описываемый механизм, который создает часть морфо-функционального противоотечного потенциала, не противоречит известным данным о более частом возникновении отеков (к примеру, острого отека легких) при сахарном диабете, гипопроотеинемии, анемиях и некоторых других патологиях.

Жизнедеятельность изолированных органов некоторое время можно поддерживать с помощью перфузионных установок. Отекание таких органов существенно замедляется при добавлении эритроцитов в оксигенированный содержащий плазму и гемоглобин раствор перфузата. При этом оксигенация самих органов заметно не увеличивается. Разница в отекании органов, несомненно, была связана с адсорбционно-транспортной функцией эритроцитов (19).

В) Адсорбционно-транспортная функция эритроцитов участвует в удалении из крови метаболитов, денатурированных белков, атерогенных липидов и других веществ с повышенной химической активностью. Не совсем ясен механизм относительно повышенной адсорбируемости глюкозы (единственного вещества энергетического жизнеобеспечения эритроцитов). При поступлении глюкозы в кровь она частично вытесняет из эритроцитоадсорбированного пула нативные белки и неатерогенные липиды. В тоже время эритроциты являются естественными для крови внутренними сорбентами веществ с повышенной химической активностью. Существенно выше адсорбируемость атерогенных липидов по сравнению с неатерогенными. Белки и липиды с повышенной адсорбируемостью частично даже вытесняют глюкозу с поверхности эритроцитов. Благодаря этим особенностям многие «предназначенные на удаление» вещества в первую очередь попадают

в печень и другие структуры ретикуло-эндотелиальной системы (РЭС). В печени более сложная сеть микроциркуляторного русла и другие морфо-физиологические особенности ведут, несомненно, к «освобождению» эритроцитов от веществ с повышенной химической активностью.

Попадающие в другие тканевые пространства вышеуказанные вещества нередко образуют агрегаты, которые из-за размеров преимущественно поступают в лимфатическое русло (7). Известно, что по ходу движения лимфы такие вещества разрушаются, трансформируются или задерживаются в лимфоузлах. Свою работу выполняют макрофаги интерстиция и лимфоузлов. Поэтому считается, что в обычных условиях центральная лимфа поступает в яремную вену очищенной от атерогенных липидов, денатурированных белков и других веществ с патогенными свойствами.

Г) Адсорбционно-транспортная функция эритроцитов участвует в процессе «удержания в диапазоне нормы» содержания ряда веществ в плазме. Плазменный и адсорбированный на эритроцитах пул веществ тесно связаны друг с другом. Не только в контрольных группах, но у людей при заболеваниях, при различных воздействиях в экспериментах на животных обычно выявляется положительная достоверная корреляция между содержанием тех или иных веществ в плазме и среди молекул, адсорбированных на эритроцитах. При разведении или сгущении крови соотношение содержания веществ в этих двух пулах меняется мало. Например, при разведении крови физиологическим раствором *in vivo* (при инфузии в кровь солевых кровозаменителей) уменьшение концентрации белка в плазме «сглаживается» за счет «сброса» части белка с поверхности эритроцитов в плазму. Добавление раствора в кровь *in vitro* такого эффекта не дает. Буферно-стабилизирующий не только для содержания веществ в плазме, но и косвенно для водно-солевого обмена эффект адсорбции-десорбции молекул на поверхности эритроцитов, возможно, в определенной мере является начальной частью более сложных процессов сохранения постоянства состава крови и организма в целом.

Д) Возможность осуществления биохимических процессов на поверхности эритроцитов. Концентрация веществ на поверхности эритроцитов примерно на порядок выше, чем в плазме. Среди адсорбированных веществ находятся ферменты, включая протеазы и липазы. Это позволяет предполагать, что под воздействием протеаз часть денатурированных белков могут расщепляться на полипептиды. В результате распада триглицеридов появляются незатерифицированные жирные кислоты и глицерин, а, в конечном счете, наряду с другими метаболитами глюкоза. Были случаи, когда в сохраненной крови в повторном анализе через 1-2 суток увеличивалось содержание эритроцитоадсорбированной глюкозы. В крови больных порой выявлялось многократное увеличение эритроцитарного транспорта ряда ферментов. Это свойство, эта возможность изучена недостаточно. Но, если это предположение верно, то такие процессы на поверхности эритроцитов в целом также «сглаживают» нарушения в метаболизме белков, липидов и углеводов. Это предположение позволяет шире подходить к вопросу терапии ряда заболеваний. С вышеуказанным согласуется относительно медленное нарастание нарушений обмена органических веществ при патологиях печени.

КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АДСОРБЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ

Изучение адсорбционно-транспортной функции эритроцитов в клинике фактически только начато. По мере накопления новых данных роль адсорбционно-транспортной функции эритроцитов в организме будет уточняться, но уже сейчас ясно, что она является важным звеном в крово-тканевом обмене веществ. Преобладание адсорбции одного вещества может нарушать обмен других. На первом этапе эти сдвиги не выявляются по стандартным анализам плазмы крови. Это, так называемые, скрытые патологии (12). Нет сомнений в важности своевременного выявления нарушений обмена веществ. Этот аспект

также виден при анализе роли адсорбционно-транспортной функции эритроцитов в патогенезе сахарного диабета 2 типа и атеросклероза.

По полученным данным, после приема пищи в норме содержание глюкозы увеличивается в основном среди веществ, адсорбированных на эритроцитах. Часть эритроцитоадсорбированной глюкозы всегда поступает в ткани, включая регуляторные структуры. Это запускает инсулиновый механизм трансформации глюкозы в гликоген. В экспериментах на животных под действием инсулина количество глюкозы уменьшалось в первую очередь среди веществ, адсорбированных на эритроцитах, затем в плазме, медленнее всего снижалось ее содержание в лимфе. Адреналин одновременно увеличивал содержание как адсорбированной, так и плазменной глюкозы (8). Благодаря этому, несомненно, резко возрастало поступление глюкозы в ткани. Хронические стрессы, частые приемы пищи, некоторые нарушения обмена веществ сопровождаются постоянно увеличенным транспортом глюкозы на поверхности эритроцитов. Это ведет к повышенному поступлению ее внутрь эритроцитов. Постепенно происходят морфо-функциональные изменения в самих эритроцитах. При этом вначале общая адсорбционная способность эритроцитов увеличивается. Но увеличение (выше нормы) содержания глюкозы внутри эритроцитов ведет к соединению ее с гемоглобином. Гликозилированный гемоглобин не только хуже выполняет газотранспортную функцию, но и уменьшает способность эритроцитов адсорбировать белки, липиды, углеводы и другие вещества. Относительное уменьшение транспорта глюкозы на эритроцитах нарушает адекватную регуляцию углеводного обмена. Это, вероятно, является одним из факторов развития «толерантности» к инсулину. Постепенно все большая часть глюкозы переносится в плазме - появляются симптомы сахарного диабета 2 типа. Возможно, также снижается транспорт инсулина на поверхности эритроцитов. Вышеуказанным обосновывается наличие начальной (скрытой) формы сахарного диабета, которая характеризуется постоянным переносом увеличенных количеств глюкозы на поверхности эритроцитов. Терапия начальной стадии сахарного диабета, несомненно, проще (коррекция питания, устранение хронических стрессов и др.). Сложнее восстановление нарушенных функций у эритроцитов, содержащих гликозилированный гемоглобин. Но и это проще, чем терапия выраженного сахарного диабета 2 типа и осложнений от него.

Атеросклероз, считается, обусловлен поступлением в стенку сосудов атерогенных липидов. На поверхности эритроцитов в норме преимущественно переносятся атерогенные липиды. По количеству молекул липиды нередко занимают первое место среди органических веществ, адсорбированных на эритроцитах. После приема пищи и умеренных изменениях в обмене веществ увеличение транспорта липидов в крови происходит, прежде всего, за счет молекул, адсорбированных на эритроцитах. Эти липиды поступают в пристеночный обменный слой кровеносных капилляров, которые не подвержены атеросклеротическим изменениям. Далее, в интерстициальном пространстве, в печени и лимфе атерогенные липиды используются для образования других веществ, разрушаются, удаляются или трансформируются в менее патогенные образования. При недостаточности вышеуказанных звеньев обмена веществ увеличивается содержание атерогенных липидов в плазме, что повышает риск возникновения атеросклероза.

Крупнейшим представителем липидов является холестерин. Гиперхолестеринемии отводится главная роль в развитие атеросклероза. Но четкая зависимость атеросклероза от гиперхолестеринемии выявляется не всегда. Гиперхолестеринемия и развитие атеросклероза усиливается при сахарном диабете, заболеваниях печени, почек, гипотиреозе, подагре, ожирении, артериальной гипертензии, хронических отравлениях. Эти факты объяснимы с позиций адсорбционно-транспортной функции эритроцитов. Так, увеличение адсорбции на эритроцитах глюкозы или белков с повышенной химической активностью ведет к частичному «сбросу» в плазму липидов, включая атерогенные. Другими словами, по показателям транспорта белка, глюкозы и липидов на поверхности форменных элементов

крови можно судить о риске возникновения атеросклероза, а также о начальных нарушениях липидного обмена.

Пути оптимизации адсорбционно-транспортной функции эритроцитов до конца не ясны. Можно предполагать, что среди эффективных терапевтических средств, рекламируемых как очистители от «шлаков», имеются препараты, действующие в первую очередь на эту функцию.

Эритроциты по мере старения, а также при увеличении среди адсорбированных веществ молекул с повышенной химической активностью (из числа таких следует исключить глюкозу) усиливают свою удельную адсорбционную способность также за счет появления «неровностей» и «шипииков» на своей поверхности (переход дискоцита в стадию эхиноцита). При этом не исключено, что более плотный слой прочноадсорбированных веществ задерживает гемолиз и удаление из крови постаревших эритроцитов. Известно, что по мере старения эритроцитов их «внутреннее» потребление глюкозы снижается в 2-3 раза. Это, вероятно, увеличивает риск образования гликозилированного гемоглобина при увеличении времени циркуляции постаревших эритроцитов.

К настоящему времени известно снижение этой функции эритроцитов в связи с образованием гликозилированного гемоглобина. Снижение адсорбционной способности эритроцитов встречается и при отсутствии сахарного диабета. Механизм такого снижения пока не совсем ясен. Вероятнее всего, в таких случаях нековалентные связи гемоглобина связываются не производными глюкозы, а молекулами других веществ. Снижение отмечалось у больных с хроническими гепатитами, у некоторых больных с ИБС и т.д. (12-16). Такой же вариант, вероятно, в определенных случаях ухудшал обмен веществ и снижал противоотечный потенциал крови на второй неделе после тяжелой черепно-мозговой травмы (17).

Вероятность возникновения недостаточности адсорбционно-транспортной функции эритроцитов увеличивается с возрастом. Эта недостаточность часто связана с диабетом 2 типа, атеросклерозом, метаболическим синдромом, хроническими интоксикациями и другими патологиями, вызванными нарушениями в обмене углеводов, липидов и белков. У пожилых людей необходимо учитывать вероятность скрытой недостаточности адсорбционно-транспортной функции эритроцитов. Другой аспект – возможность более длительной циркуляции постаревших эритроцитов. Поэтому «геронтологические» воздействия должны включать мероприятия и препараты, направленные также на коррекцию вышеуказанных отклонений в свойствах эритроцитов.

С позиций имеющихся данных при терапии ряда заболеваний необходимо «омоложение» эритроцитов, усиление эритропоэза, терапия гипохромных анемий, в отдельных случаях – временное усиление энергетического обмена, исключение частого приема пищи и напитков с существенным содержанием источников глюкозы. В экстренных случаях необходимо введение донорских эритроцитов. Через влияние на адсорбционно-транспортную функцию эритроцитов можно объяснить положительный эффект на общее здоровье человека «сауны», гипоксически-гиперкапнических дыхательных упражнений, дозированных «стрессов» и ряда других воздействий. Но в целом пути увеличения функциональных возможностей адсорбционно-транспортной функции эритроцитов до конца не ясны. Изучение влияния фармпрепаратов на эту функцию только начинается.

Поэтому на первый план выходит необходимость поиска и разработка препаратов для терапии недостаточности адсорбционно-транспортной функции эритроцитов. Они необходимы также для лечения тех нарушений в диабете 2 типа, метаболического синдрома и некоторых форм гипертонической болезни, которые обусловлены ухудшением функциональных возможностей адсорбционно-транспортной функции эритроцитов.

В обзоре представлены лишь некоторые физиологические и прикладные аспекты адсорбционно-транспортной функции эритроцитов. При этом в интерпретации данных, полученных нами при проведении экспериментальных и клинических исследований, были важны не только прямые, но и производные (расчетные) показатели этой функции (20).

В заключении, необходимо подчеркнуть, что вторая функция эритроцитов (как в свое время первая функция) будет изучаться еще много лет. По мере накопления новых данных понимание теоретической и практической значимости адсорбционно-транспортной функции эритроцитов, несомненно, будет увеличиваться, а в некоторых аспектах уточняться.

Литература

1. Збарский Б.И., Демин Н.Н. Роль эритроцитов в обмене белков.- М.: Медицина. - 1949. - 168 с.
2. Müller H., Gramlich F. Die Zusammensetzung des Plasmaproteinfilms an der Oberfläche menschlicher Erythrozyten bei verschiedenen Krankheitsbildern // Blut. - 1964. - B.10. - S. 135-145.
3. Kikuchi Y., Koyama T. Red blood cell deformability and protein absorption on red blood cell surface. Am. J. Physiol. -1984. - vol. 247. - P. 739-747. -1672.
4. Linke A., u.a. Erythrozytenassoziierte Plasmaproteine, ein weiteres Aspect zur Erythrozytenfunktion // Folia haematol. (DDR). - 1985. - Vol.112, N 2. - P. 278-284.
5. Drinker C.K., Field M.E. The protein content of mammalian lymph and the relation of lymph to tissue fluid// Am. J.Physiol.,1931, v.97, p. 32-39.
6. Rusznyak L, Foldi M., Szabo G. Lymphologie, Physiologie und Pathologie der Lymphgefasse und des Lymphkreislaufes // Budapest, 1969. S. 1—625.
7. Földi M. Physiologie und Pathophysiologie des Lymphgefäßsystem // Handbuch der allgemeinen Pathologie. Springer Verlag, 1972, B.3,v.6,s. 239-310.
8. Гареев Р.А. Транскапиллярный обмен и лимфообразование.- Алма-Ата: Наука. - 1989. - 142 с.
9. Гареев Р.А. «Медико-биологические исследования, связанные с полетами казахских космонавтов» //Космические исследования в Казахстане. Ред. - У.М.Султангазин. 2002, с.446-460.
10. Гареев Р.А. Концепция адсорбционно-транспортной функции эритроцитов. Материалы 5 съезда физиологов Казахстана, Караганда, 2003 г, С 75- 79.
11. Каро К., Педли Т., Шротер Р., Сид У. Механика кровообращения. «Мир», М., 1981, 624 с.
12. Кассирский И.А., Алексеев Г.А., Клиническая гематология. «Медицина», М., 1970, 800 с.
13. Гареев Р.А. «Перспективное для клиники направление исследований», Сборник статей к 100-летию А.П.Полосухина, Алматы, Галым, с.135-140.
14. Гареев Р.А., Джусипов А.К., Сарсембаева К.Ж., Кожобекова Б.Н. Анализ веществ, транспортируемых на поверхности эритроцитов у больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Материалы 2 Съезда врачей и провизоров Республики Казахстан. г.Астана 2002, стр 465-466.
15. Гареев Р.А. Крово-ткане-лимфатический обмен веществ в этиопатогенезе ряда болезней. // Современ. проблемы теоретической и клинической лимфологии; эпидемиология, диагностика и лечение метаболического синдрома: Материалы межд. конф. НИИ кардиологии, Алматы, 2003. С 52-57.
16. Сарсенбаева К.Ж., Гареев Р.А. Адсорбционно-транспортная функция эритроцитов у кардиологических больных при наличии диабета // Современ. проблемы теоретической и клинической лимфологии; эпидемиология, диагностика и лечение метаболического синдрома: Материалы межд.конф.НИИ кардиологии, Алматы, 2003. С 80-86.
17. Гареев Р.А., Еренчина Э.Р., Макарушко С.Г., Садыкова Х.М., Смагулова З.Ш., Файзулина Ф.Р. Влияние нарушений функций печени и недостаточности инсулинсекретирующих клеток поджелудочной железы на показатели эритроцитарного и плазменного транспорта глюкозы, липидов и белка в крови. Известия НАН МОН РК. Серия биологическая и медицинская. – 2005. - № 4. - С. 21-25.
18. Рыскельдиев Н.А., Акшулаков С.К., Гареев Р.А. и др. Значение адсорбционно-транспортной функции эритроцитов в остром периоде черепно-мозговой травмы // Нейрохирургия и неврология Казахстана, Алматы, 2004. № 1. С. 41-45.
19. Нефедов В.П., Самойлов В.А., Гареев Р.А., Ким Т.Д. Управление функциональной активностью органов при перфузии. Новосибирск: Наука, 1981, с. 207.
20. Гареев Р.А. Термины и показатели адсорбционно-транспортной функции эритроцитов // Межд.науч.-практич. конференция, посвящ. 10-летию РК.-Алматы, 2001. -С. 80-81.

Гареев Рауф Ахметович, научный руководитель лаб. лимфообращения, дбн, проф.,
tatrauf@mail.ru