
ДИНАМИКА МИКРОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭРИТРОЦИТОВ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА БЕЗ ОТКЛОНЕНИЙ В СОСТОЯНИИ ЗДОРОВЬЯ

И.Н. Медведев, Г.Г. Карпова

Курский институт социального образования (филиал) РГСУ
ул. К. Маркса, 51, Курск, Россия, 305029

Представлены результаты исследований состояния реологических свойств эритроцитов у здоровых детей 3—9 лет. Выявляемая динамика цитоархитектоники эритроцитов обуславливает повышение агрегатообразования красных кровяных телец, обеспечивая определенный уровень реологических свойств крови и перфузии внутренних органов, необходимый для роста и развития организма.

Ключевые слова: реологические свойства эритроцитов, дети, дошкольный возраст, младший школьный возраст, агрегация эритроцитов, цитоархитектоника эритроцитов.

Гемодинамические свойства крови в значительной мере обуславливаются особенностями эритроцитов, формирующихся в результате взаимодействия сложных процессов в кровотоке, определяющих их форму и способность к агрегации [6; 7]. Реологические свойства эритроцитов в первую очередь влияют на текучесть крови по сосудам в микроциркуляторном русле, лимитируя уровень доставки необходимого количества кислорода и питательных веществ к тканям, контролируя тем самым рост и развитие всех органов и систем ребенка [7]. Изменения реологических особенностей эритроцитов неизбежно сопровождаются микротромбообразованием с ухудшением трофических процессов в тканях. В то же время возрастные особенности состояния функциональной активности эритроцитов у детей дошкольного и младшего школьного возраста нельзя считать до конца изученными.

Цель работы — исследовать состояние реологических свойств эритроцитов у здоровых детей дошкольного и младшего школьного возраста.

Материалы и методы исследования

Под наблюдением находились здоровые дошкольники: 29 детей 3-летнего возраста, 27 детей 4-летнего возраста, 26 детей 5-летнего возраста и 25 детей 6-летнего возраста, а также здоровые младшие школьники, обучающиеся по общеобразовательной программе: 24 школьника 7-летнего возраста, 25 школьников 8-летнего возраста и 26 школьников 9-летнего возраста из социально благополучных семей. Все дети включались в исследование после получения письменного согласия родителей на его проведение.

Уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) в плазме обследованных оценивали по содержанию тиобарбитуровой кислоты (ТБК)-активных продуктов набором фирмы «Агат-Мед» и ацилгидроперекисей (АГП) [2]. Для оценки антиокислительного потенциала жидкой части крови определяли ее антиокислительную активность [1].

У всех детей в отмытых и ресуспендированных эритроцитах количественно оценены уровни холестерина (ХС) энзиматическим колориметрическим методом набором «Витал Диагностикум» и общих фосфолипидов (ОФЛ) по содержанию в них фосфора [3] с последующим расчетом отношения ХС/ОФЛ.

Выраженность внутриэритроцитарного ПОЛ определяли по концентрации малонового диальдегида (МДА) в реакции восстановления тиобарбитуровой кислоты в отмытых и ресуспендированных эритроцитах [4] и содержанию АГП [2]. Активность внутриэритроцитарных антиоксидантных ферментов устанавливали для каталазы и супероксиддисмутазы (СОД) [9].

Уровни содержания и соотношения патологических и нормальных форм эритроцитов определяли с использованием световой фазово-контрастной микроскопии клеток производился расчет индекса трансформации (ИТ), индекса обратимой трансформации (ИОТ), индекса необратимой трансформации (ИНОТ), индекса обратимости (ИО) [5].

Активность агрегации эритроцитов определяли с помощью светового микроскопа путем подсчета в камере Горяева количества агрегатов эритроцитов, числа агрегированных и неагрегированных эритроцитов во взвеси отмытых эритроцитов в плазме крови. Производилось вычисление среднего размера агрегата (СРА), показателя агрегации (ПА), процента неагрегированных эритроцитов (ПНА) [5]. Статистическая обработка полученных результатов велась с использованием *t*-критерия Стьюдента [8].

Результаты исследования

У наблюдаемых детей не было обнаружено достоверной динамики липидного состава эритроцитов. Так, с 3-го по 6-й год жизни у них была зарегистрирована легкая тенденция к нарастанию содержания ХС в мембранах красных кровяных телец на практически неизменном уровне, ОФЛ в среднем составившем $0,78 \pm 0,011$ мкмоль/ 10^{12} эр. при тенденции увеличения градиента ХС/ОФЛ их мембран с $1,18 \pm 0,008$ до $1,22 \pm 0,00$.

У детей с 7-го по 9-й год жизни также было отмечено продолжение легкой возрастной тенденции к повышению количества ХС в мембранах красных кровяных телец при постоянстве содержания ОФЛ (в среднем $0,76 \pm 0,008$ мкмоль/ 10^{12} эр.), что обеспечивает тенденцию к нарастанию градиента ХС/ОФЛ их мембран до $1,28 \pm 0,13$ и является основой незначительного роста жесткости мембран эритроцитов в кровотоке.

У наблюдаемых детей выявлено небольшое повышение антиоксидантной защиты красных кровяных телец с 3 до 6 лет (каталаза с $9520,0 \pm 14,5$ МЕ/ 10^{12} эр. до $9580,0 \pm 9,2$ МЕ/ 10^{12} эр., СОД с $1750,0 \pm 3,16$ МЕ/ 10^{12} эр. до $1785,0 \pm 3,88$ МЕ/ 10^{12} эр.). Это способствовало развитию слабой тенденции к снижению содержания в них АГП с $2,69 \pm 0,07$ Д₂₃₃/ 10^{12} эр. до $2,58 \pm 0,10$ Д₂₃₃/ 10^{12} эр. и МДА с $0,98 \pm 0,16$ нмоль/ 10^{12} эр. до $0,92 \pm 0,07$ нмоль/ 10^{12} эр.

Динамическая оценка механизмов обеспечения активности внутриэритроцитарного ПОЛ позволила выявить небольшое повышение антиоксидантной за-

щиты красных кровяных телец у детей между 7-м и 9-м годами (каталаза с $9600,0 \pm \pm 12,4$ МЕ/10¹² эр. до $9690,0 \pm 17,5$ МЕ/10¹² эр., СОД с $1790,0 \pm 6,80$ МЕ/10¹² эр. до $1820,0 \pm 4,73$ МЕ/10¹² эр.). Это способствовало развитию тенденции к снижению содержания в них АГП с $2,56 \pm 0,09$ Д₂₃₃/10¹² эр. до $2,51 \pm 0,08$ Д₂₃₃/10¹² эр. и МДА с $0,91 \pm 0,16$ нмоль/10¹² эр. до $0,88 \pm 0,07$ нмоль/10¹² эр.

У наблюдаемых детей отмечена тенденция к уменьшению в потоке крови уровня дискоидных форм эритроцитов (табл. 1).

Таблица 1

Цитоархитектоника эритроцитов у здоровых детей 3–9 лет

Характеристики цитоархитектоники эритроцитов	Дошкольники, $M \pm m$				Младшие школьники, $M \pm m$		
	3 года $n = 29$	4 года $n = 27$	5 лет $n = 26$	6 лет $n = 25$	7 лет $n = 26$	8 лет $n = 25$	9 лет $n = 26$
Дискоциты, %	$85,1 \pm \pm 0,12$	$84,6 \pm \pm 0,16$	$84,3 \pm \pm 0,25$	$84,0 \pm \pm 0,17$	$82,9 \pm \pm 0,20$	$83,3 \pm \pm 0,14$	$82,9 \pm \pm 0,20$
Обратимо изм. эритроциты, %	$10,3 \pm \pm 0,14$	$10,5 \pm \pm 0,18$	$10,6 \pm \pm 0,22$	$10,7 \pm \pm 0,18$	$11,3 \pm \pm 0,21$	$11,1 \pm \pm 0,26$	$11,3 \pm \pm 0,21$
Необратимо изм. эритроциты, %	$4,6 \pm \pm 0,15$	$4,9 \pm \pm 0,12$	$5,1 \pm \pm 0,20$	$5,3 \pm \pm 0,19$	$5,8 \pm \pm 0,16$	$5,6 \pm \pm 0,19$	$5,8 \pm \pm 0,16$
Индекс трансформации	$0,17 \pm \pm 0,016$	$0,18 \pm \pm 0,010$	$0,18 \pm \pm 0,018$	$0,19 \pm \pm 0,012$	$0,21 \pm \pm 0,019$	$0,20 \pm \pm 0,017$	$0,21 \pm \pm 0,019$
Индекс обратимой трансформации	$0,12 \pm \pm 0,017$	$0,12 \pm \pm 0,012$	$0,12 \pm \pm 0,015$	$0,13 \pm \pm 0,010$	$0,14 \pm \pm 0,006$	$0,13 \pm \pm 0,012$	$0,14 \pm \pm 0,006$
Индекс необратимой трансформации	$0,05 \pm \pm 0,004$	$0,05 \pm \pm 0,008$	$0,06 \pm \pm 0,002$	$0,06 \pm \pm 0,003$	$0,07 \pm \pm 0,010$	$0,07 \pm \pm 0,004$	$0,07 \pm \pm 0,010$
Индекс обратимости	$2,23 \pm \pm 0,06$	$2,14 \pm \pm 0,04$	$2,07 \pm \pm 0,05$	$2,03 \pm \pm 0,02$	$1,95 \pm \pm 0,12$	$1,98 \pm \pm 0,12$	$1,95 \pm \pm 0,12$

Так, с 3 до 9 лет отмечено легкое повышение суммарного количества обратимо и необратимо измененных форм эритроцитов, не достигшее уровня достоверности. Суммарное их уменьшение в дошкольном возрасте составляло 3,8% и 1,2%, соответственно, сопровождаясь постепенным увеличением ИТ с $0,17 \pm 0,016$ в 3-летнем возрасте до $0,19 \pm 0,012$ в 6-летнем. В младшем школьном возрасте их динамика составила 2,7% и 7,4%, соответственно, что сопровождалось повышением ИТ с $0,20 \pm 0,014$ в 7-летнем возрасте до $0,21 \pm 0,019$ в 9-летнем.

Низкий уровень обратимо измененных эритроцитов у наблюдаемых дошкольников определил увеличение ИОТ с 3 до 6 лет на 8,3%, а с 7 до 9 лет на 7,7%. В крови у дошкольников небольшое повышение количества необратимо измененных эритроцитов обеспечивало у них увеличение ИНОТ на 20,0% при суммарном уменьшении ИО на 9,8%. При этом у младших школьников отмечено увеличение ИНОТ на 16,6% при суммарном уменьшении ИО на 3,6%, что также являлось отражением существующего в кровотоке числа обратимо и необратимо измененных эритроцитов.

У дошкольников отмечено нарастание суммы эритроцитов в агрегате, повышение СРА и количества самих агрегатов при постепенной тенденции к сниже-

нию величины свободно лежащих эритроцитов к 6 годам до $260,7 \pm 2,96$ клеток. Аналогичная направленность динамики отмечена для ПА, достигшего у 6-летних детей $1,11 \pm 0,08$, вследствие повышения за весь период наблюдения на 0,9%. Это сопровождалось у детей постепенным уменьшением ПНА, составившем к 6 годам по сравнению с 3 годами 0,9%.

Показатели агрегации эритроцитов у здоровых младших школьников также испытывали слабую тенденцию к усилению по мере увеличения хронологического возраста (табл. 2).

Таблица 2

Показатели агрегации эритроцитов у здоровых детей 3–9 лет

Показатели агрегации эритроцитов	Дошкольники, $M \pm m$				Младшие школьники, $M \pm m$		
	3 года $n = 29$	4 года $n = 27$	5 лет $n = 26$	6 лет $n = 25$	7 лет $n = 24$	8 лет $n = 25$	9 лет $n = 26$
Сумма всех эритроцитов в агрегате	$37,7 \pm 0,08$	$38,3 \pm 0,16$	$38,8 \pm 0,12$	$39,0 \pm 0,15$	$39,2 \pm 0,16$	$39,7 \pm 0,13$	$40,5 \pm 0,16$
Количество агрегатов	$7,5 \pm 0,20$	$7,7 \pm 0,17$	$7,8 \pm 0,12$	$7,9 \pm 0,16$	$7,9 \pm 0,06$	$8,2 \pm 0,03$	$8,4 \pm 0,02$
Количество свободных эритроцитов	$270,1 \pm 3,24$	$266,5 \pm 2,88$	$262,4 \pm 3,81$	$260,7 \pm 2,96$	$256,0 \pm 2,41$	$251,4 \pm 1,69$	$249,8 \pm 1,75$
Показатель агрегации	$1,10 \pm 0,06$	$1,10 \pm 0,09$	$1,11 \pm 0,10$	$1,11 \pm 0,08$	$1,11 \pm 0,05$	$1,12 \pm 0,06$	$1,12 \pm 0,08$
Процент не агрегированных эритроцитов	$87,8 \pm 0,12$	$87,6 \pm 0,18$	$87,3 \pm 0,16$	$87,0 \pm 0,17$	$86,8 \pm 0,12$	$86,5 \pm 0,15$	$86,1 \pm 0,09$
Средний размер агрегата, клеток	$5,0 \pm 0,03$	$4,9 \pm 0,07$	$4,9 \pm 0,05$	$4,9 \pm 0,02$	$4,9 \pm 0,06$	$4,8 \pm 0,12$	$4,8 \pm 0,10$

Так, у здоровых младших школьников отмечено нарастание суммы эритроцитов в агрегате, повышение СРА и количества самих агрегатов при постепенной тенденции к снижению величины свободно лежащих эритроцитов к 9 годам до $249,8 \pm 1,75$ клеток. Испытывающий тенденцию к повышению (0,9%) ПА достиг у 9-летних детей $1,12 \pm 0,08$, сопровождаясь постепенным уменьшением ПНА на 0,8% между 7 и 9 годами.

Таким образом, у здоровых детей между 3 и 9 годами отмечаются оптимальные реологические свойства эритроцитов при невыраженной тенденции к усилению их цитоархитектонических и агрегационных показателей.

Обсуждение результатов

Процессы роста и развития у человека сопровождаются сложными изменениями в организме, в число которых входят поддержание определенного уровня обменных процессов и динамика реологических свойств форменных элементов крови [6], сочетающиеся с совершенствованием ферментных систем, в том числе обеспечивающих АОА крови, приводящим к закономерной динамике ПОЛ в жидкой ее части. Эти процессы оказывают серьезное влияние на внешние мембраны эритроцитов, способствуя поддержанию их определенной жесткости при прохожде-

нии через микроциркуляторное русло [5]. Онтогенетическое усиление активности ферментов антиокисления красных кровяных телец у детей с 3 до 9 лет обуславливает понижение в них продуктов ПОЛ, что в сочетании с тенденцией к увеличению в их мембранах ХС способствует формированию оптимального уровня их реологических и функциональных свойств. Развивающиеся по мере увеличения хронологического возраста биохимические изменения в плазме крови и эритроцитов сопровождаются у детей невыраженной динамикой цитоархитектоники эритроцитов с небольшим повышением содержания их измененных форм в крови. В этой связи у детей с 3 до 9 лет в кровотоке отмечается тенденция к увеличению количества обратимо и необратимо измененных форм эритроцитов при снижении дискоцитов. Динамика цитоархитектоники эритроцитов во многом обуславливает нарастание их способности к агрегатообразованию [7], влияя тем самым на уровень реологических свойств крови и перфузию внутренних органов, контролируя рост и развитие организма.

Увеличение агрегационной способности эритроцитов, также не достигшей уровня статистической значимости, способствовало поддержанию перфузии внутренних органов на нужном для растущего организма уровне, адекватном влиянию факторов внешней среды и ходу внутренних анаболических процессов, обеспечивая у детей оптимальные жидкостные свойства крови.

Таким образом, у детей в возрасте 3—9 лет отмечается тенденция к повышению цитоархитектонических изменений и усилению агрегационной активности эритроцитов, обеспечивая оптимальную перфузию внутренних органов, необходимую для роста и развития организма ребенка.

Выводы

У детей с 3 до 9 лет отмечается низкая выраженность цитоархитектонических изменений эритроцитов при легкой их тенденции к увеличению.

По мере повышения хронологического возраста у детей с 3 до 9 лет регистрируется тенденция к усилению способности эритроцитов к агрегации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Волчегорский И.А., Долгушин И.И., Колесников О.Л., Цейликман В.Э. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптивных реакций организма. — Челябинск: Изд-во Челябинского государственного педагогического университета, 2000.
- [2] Гаврилов В.Б., Мишкорудная М.И. Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови // Лабораторное дело. — 1983. — № 3. — С. 33—36.
- [3] Колб В.Г., Камышников В.С. Справочник по клинической химии. — Минск: Беларусь, 1982.
- [4] Кубатиев А.А., Андреев А.А. Перекиси липидов и тромбоз // Бюлл. эксперим. биол. и медицины. — 1979. — № 5. — С. 414—417.
- [5] Медведев И.Н., Савченко А.П., Завалишина С.Ю. и др. Методические подходы к исследованию реологических свойств крови при различных состояниях // Российский кардиологический журнал. — 2009. — № 5. — С. 42—45.
- [6] Медведев И.Н., Латшина Е.В., Завалишина С.Ю. Активность тромбоцитарного гемостаза у детей с искривлениями позвоночника // Бюлл. эксперим. биологии и медицины. — 2010. — № 5. — С. 579—580.

- [7] *Медведев И.Н., Завалишина С.Ю., Фадеева Т.С.* Реологические свойства эритроцитов у здоровых молодых людей регулярно тренирующихся в секции легкой атлетики // Медицинский альманах. — 2011. — № 3. — С. 177—179.
- [8] *Углова М.В., Углов Б.А., Архипов В.В., Горикова Т.В., Петунина Н.А., Оль Т.Л., Прохуровская М.А., Шубин С.И.* Применение методов морфометрии и статического анализа в морфологических исследованиях. — Куйбышев: Куйбышевское книжное издательство, 1982.
- [9] *Чевари С., Андял Т., Штрэнгер Я.* Определение антиоксидантных параметров крови и их диагностическое значение в пожилом возрасте // Лабораторное дело. — 1991. — № 10. — С. 9—13.

DYNAMICS OF ERYTHROCYTE IN CHILDREN MICRORHEOLOGICAL INDICATORS OF PRE-SCHOOL AND PRIMARY SCHOOL AGE WITHOUT BIAS IN HEALTH

I.N. Medvedev, G.G. Karpova

Kursk institute of social education (branch)
of the Russian state social university
K. Marx str., 51, Kursk, Russia, 305029

The objective is to examine the status of rheological properties of erythrocyte among healthy children 3—9 years.

Demonstrable Association dynamics of erythrocyte cytoarchitecture causes increase development of aggregation of red blood cells, ensuring some level of rheological properties of blood perfusion and internal organs necessary for growth and development of the organism.

Key words: rheological properties of erythrocytes, kids, preschool age, junior school age, aggregation of erythrocytes, cytoarchitecture erythrocytes.