

УДК:[616-005.1- 08:616.12- 008.331.1]:615.22

**Карпова Г.Г., Медведев И.Н.**

(г. Курск)

## РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭРИТРОЦИТОВ И ТРОМБОЦИТОВ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ

*Аннотация.* Морфофункциональные особенности детского организма во многом определяются достаточным притоком крови к его органам. Цель данной работы – исследовать состояние реологических свойств эритроцитов и тромбоцитов у здоровых детей младшего школьного возраста. Работа выполнена на материалах обследования 24 здоровых детей 7 лет, 25 детей 8 лет и 26 детей 9 летнего возраста. Установлено, что по мере увеличения возраста в кровотоке младших школьников отмечается тенденция к увеличению количества измененных форм эритроцитов и тромбоцитов при снижении дискоцитов. Выявляемая динамика цитоархитектоники эритроцитов и тромбоцитов обуславливает повышение их агрегатообразования, обеспечивая определенный уровень реологических свойств крови и перфузии внутренних органов, необходимый для роста и развития организма при отсутствии риска микротромбообразования.

*Ключевые слова:* реологические свойства крови, дети, младший школьный возраст, эритроциты, тромбоциты, цитоархитектоника, агрегация.

**G. Karpova, I. Medvedev**

(Kursk)

## RHEOLOGICAL PROPERTIES OF ERYTHROCYTES AND PLATELETS FOR ELEMENTARY SCHOOL CHILDREN

*Abstract.* Morphofunctional peculiarities of child's organism are determined to a large extent by the adequate supply of blood to the organs. The aim of this work is to explore the status of rheological properties of erythrocytes and platelets from healthy children of primary school age. The work was done on the basis of data of 24 healthy 7 year-olds, 25 – 8 year-olds and 26 children of 9 years of age. It was found that the older is the child, the higher is the number of deformed erythrocytes and platelets in his bloodstream, and the fewer is the number of diskocytes. The revealed dynamics of cytoarchitecture of erythrocytes and platelets causes the increase of their aggregation, providing a certain level of rheological properties of blood and perfusion of internal organs. This level is necessary for the organism's growth and development when there is no risk of micro-trombus formation.

*Key words:* rheological properties of blood, children, junior school age, erythrocytes, platelets, cytoarchitecture, aggregation.

В настоящее время не вызывает сомнений, что морфофункциональные особенности детского организма во многом определяются достаточным притоком крови к его растущим органам [6, с. 43; 7, с.157]. Особенности микроциркуляции во многом определяются свойствами эритроцитов и тромбоцитов, являющихся наиболее реологически значимыми клетками крови. От свойств этих клеток в значительной мере зависит уровень доставки необходимого количества кислорода и питательных веществ к тканям, и, в конечном счете, рост и развитие всех органов и систем в организме ребенка, в том числе и центральной нервной системы, особенно в начале периода обучения [3, с.39; 7, с. 161]. В тоже время нельзя считать до конца изученным состояние функциональной активности эритроцитов и тромбоцитов у детей младшего школьного возраста, начавших посещать общеобразовательную школу.

Цель работы – исследовать состояние реологических свойств эритроцитов и тромбоцитов у здоровых детей младшего школьного возраста.

### **Материал и методы**

Под наблюдением находились 24 здоровых ребенка 7 лет, 25 детей 8 лет и 26 детей 9-летнего возраста.

Всем детям проводилось исследование активности перекисного окисления липидов (ПОЛ) в плазме, оцениваемого по содержанию тиобарбитуровой кислоты (ТБК)-активных продуктов набором фирмы «Агат-Мед» и ацилгидроперекисей (АГП) [2, с. 34]. Антиокислительный потенциал жидкой части крови определялся по И.А. Волчегорскому и соавт. (2000) [1, с. 109].

Выраженность внутриэритроцитарного и внутритромбоцитарного ПОЛ определяли по концентрации малонового диальдегида (МДА) в реакции восстановления тиобарбитуровой кислоты в отмытых и ресуспендированных эритроцитах [4, с. 415] и содержанию ацилгидроперекисей [2, с.33]. Активность внутриклеточных антиоксидантных ферментов устанавливали для каталазы и супероксиддисмутазы (СОД) [8, с. 11; 10, с. 26].

Содержание и соотношение 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) [6, с. 42]. Выраженность 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) [6, с. 43].

Длительность агрегации тромбоцитов (АТ) определялась визуальным микрометодом по А.С. Шитиковой (1999) [9, с. 50] с использованием в качестве индукторов АДФ ( $0,5 \times 10^{-4}$  М), коллагена (разведение 1:2 основной суспензии), тромбина (0,125 ед/мл), ристомидина (0,8 мг/мл) (НПО «Ренам»), адреналина ( $5 \times 10^{-6}$  М., завод Гедеон Рихтер). Внутрисосудистая активность стенки (ВАТ) сосуда определялась с фазовым контрастом по А.С. Шитиковой (1999) [10, с. 24]. Статистическая обработка полученных результатов велась с использованием t-критерия Стьюдента.

### Результаты исследования и их обсуждение

Оценка механизмов обеспечения активности внутриэритроцитарного ПОЛ позволила выявить небольшое повышение антиоксидантной защиты красных кровяных телец с 7 до 9 лет (каталаза с  $9600,0 \pm 12,4$  МЕ/ $10^{12}$  эр. до  $9690,0 \pm 17,5$  МЕ/ $10^{12}$  эр., СОД с  $1790,0 \pm 6,80$  МЕ/ $10^{12}$  эр. до  $1820,0 \pm 4,73$  МЕ/ $10^{12}$  эр.). Это способствовало развитию небольшой тенденции к снижению содержания в них АГП с  $2,56 \pm 0,09$   $D_{233}/10^{12}$  эр. до  $2,51 \pm 0,08$   $D_{233}/10^{12}$  эр.). При этом базальный уровень МДА в красных кровяных тельцах также незначительно снижался (с  $0,91 \pm 0,16$  нмоль/ $10^{12}$  эр. до  $0,88 \pm 0,07$  нмоль/ $10^{12}$  эр.).

Содержание первичных продуктов ПОЛ-АГП в тромбоцитах у здоровых 7-летних детей составляло  $1,92 \pm 0,10$   $D_{233}/10^9$ тр., достоверно не меняясь к 9 годам, достигая в этом возрасте  $1,88 \pm 0,09$   $D_{233}/10^9$ тр. При этом уровень базального МДА в тромбоцитах (конечного продукта ПОЛ у семилетних обследованных) составил  $0,62 \pm 0,008$  нмоль/ $10^9$ тр., испытывая легкую тенденцию к снижению к 9 годам жизни ( $0,57 \pm 0,007$  нмоль/ $10^9$ тр.). Активность каталазы и СОД в кровяных пластинках находившихся под наблюдением здоровых детей младшего школьного возраста имела легкую тенденцию к повышению с 7 лет ( $8620,0 \pm 218,0$  МЕ/ $10^9$ тр. и  $1320,0 \pm 9,4$  МЕ/ $10^9$ тр., соответственно) до 9 лет ( $8150,0 \pm 137,2$  МЕ/ $10^9$ тр.,  $1342,0 \pm 10,0$  МЕ/ $10^9$ тр., соответственно).

У младших школьников отмечена тенденция к постепенному понижению в потоке крови уровня дискоидных форм эритроцитов (табл.1). Так, у них в течение возрастного периода с 7 до 9 лет отмечено легкое повышение суммарного количества обратимо и необратимо изменен-

ных форм эритроцитов, не достигшее уровня достоверности. Суммарное их уменьшение в оцениваемый возрастной отрезок составляло 2,7% и 7,4%, соответственно, сопровождаясь постепенным увеличением ИТ с  $0,20 \pm 0,014$  в 7-летнем возрасте до  $0,21 \pm 0,019$  в 9-летнем.

Невысокое содержание обратимо измененных эритроцитов у наблюдаемых детей определило увеличение ИОТ с 7 до 9 лет на 7,6%. У детей младшего школьного возраста в крови несколько повышалось количество необратимо измененных эритроцитов, что обеспечивало за период наблюдения увеличение ИНОТ на 16,7% при небольшом сум-

Таблица 1

Микрореологические свойства эритроцитов  
у здоровых младших школьников

Показатели	Здоровые школьники, $M \pm m$		
	7 лет n=24	8 лет n=25	9 лет n=26
Дискоциты, %	$83,6 \pm 0,23$	$83,3 \pm 0,14$	$82,9 \pm 0,20$
Обратимо изм. эритроциты, %	$11,0 \pm 0,19$	$11,1 \pm 0,26$	$11,3 \pm 0,21$
Необратимо изм. эритроциты, %	$5,4 \pm 0,21$	$5,6 \pm 0,19$	$5,8 \pm 0,16$
Индекс трансформации	$0,20 \pm 0,014$	$0,20 \pm 0,017$	$0,21 \pm 0,019$
Индекс обратимой трансформации	$0,13 \pm 0,014$	$0,13 \pm 0,012$	$0,14 \pm 0,006$
Индекс необратимой трансформации	$0,06 \pm 0,005$	$0,07 \pm 0,004$	$0,07 \pm 0,010$
Индекс обратимости	$2,02 \pm 0,03$	$1,98 \pm 0,12$	$1,95 \pm 0,12$
Сумма всех эритроцитов в агрегате	$39,2 \pm 0,16$	$39,7 \pm 0,13$	$40,5 \pm 0,16$
Количество агрегатов	$7,9 \pm 0,06$	$8,2 \pm 0,03$	$8,4 \pm 0,02$
Количество свободных эритроцитов	$256,0 \pm 2,41$	$251,4 \pm 1,69$	$249,8 \pm 1,75$
Показатель агрегации	$1,11 \pm 0,05$	$1,12 \pm 0,06$	$1,12 \pm 0,08$
Процент не агрегированных эритроцитов	$86,8 \pm 0,12$	$86,5 \pm 0,15$	$86,1 \pm 0,09$
Средний размер агрегата, клеток	$4,9 \pm 0,06$	$4,8 \pm 0,12$	$4,8 \pm 0,10$

марном уменьшении ИО. Это являлось отражением существующего в кровотоке числа обратимо и необратимо измененных эритроцитов.

По мере увеличения хронологического возраста у здоровых младших школьников отмечено постепенное увеличение показателей агрегации эритроцитов (см. табл.1). Выяснено, что в течение учитываемого возрастного интервала у детей отмечается 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. Сходная направленность динамики отмечена для ПА, достигшего у 9-летних детей  $1,12 \pm 0,08$  вследствие повышения за весь период наблюдения на 0,9%. Это сопровождалось у детей постепенным уменьшением ПНА, составившем к 9 годам по сравнению с 7 годами 0,8%.

У обследованных детей 7 лет время развития АТ под влиянием коллагена составляло  $34,2 \pm 0,03$ с, находясь на сходном уровне у более старших обследуемых (табл. 2). Аналогичная активность АТ в младшем школьном возрасте у детей отмечена под влиянием АДФ (в 7 лет  $44,7 \pm 0,10$ с, в 9 лет  $43,7 \pm 0,02$ с) и ристомицина (в 7 лет  $49,0 \pm 0,06$ с, в 9 лет  $48,7 \pm 0,05$ с). В более поздние сроки развивалась тромбиновая и адреналиновая АТ, составляя в 7 лет  $58,0 \pm 0,13$ с и  $99,4 \pm 0,08$ с, соответственно, достоверно не меняясь у более старших обследованных (в 9 лет  $56,9 \pm 0,05$ с и  $98,5 \pm 0,10$ с, соответственно).

Количество дискоцитов в крови здоровых семилетних детей оказалось на достаточно высоком уровне ( $82,6 \pm 0,04\%$ ) с небольшой тенденцией к снижению по мере увеличения возраста, составляя к 9 годам  $82,0 \pm 0,14\%$  (см. табл.2). При этом количество диско-эхиноцитов также не менялось, находясь на уровне  $12,2 \pm 0,10\%$  у наиболее старших детей. Содержание сфероцитов, сферо-эхиноцитов и биполярных форм тромбоцитов испытывало с 7 до 9 лет статистически незначимые колебания, составляя у девятилетних детей  $2,9 \pm 0,08\%$ ,  $1,9 \pm 0,06\%$ ,  $1,0 \pm 0,10\%$ , соответственно. Величина суммы активных форм тромбоцитов здоровых детей также оставалась стабильной между тремя ( $17,7 \pm 0,11\%$ ) и 6 годами ( $18,0 \pm 0,07\%$ ). Количество малых и больших агрегатов в кровотоке детей имело тенденцию к нарастанию с  $3,04 \pm 0,11$  и  $0,10 \pm 0,001$  на 100 свободнолежащих тромбоцитов в 7 лет до уровня  $3,10 \pm 0,04$  и  $0,12 \pm 0,003$  на 100 свободнолежащих тромбоцитов в 9 лет, соответственно. Причем количество тромбоцитов в агрегатах у здоровых детей также нарастало с возрастом, составляя в 9 лет  $5,69 \pm 0,03\%$  против  $5,77 \pm 0,06\%$  у девятилетних, что говорит о тенденции к повышению у них активности тромбоцитов *in vivo*.

Таким образом, у здоровых младших школьников 7-9 лет отмечаются оптимальные реологические свойства эритроцитов и тромбоцитов при невыраженной тенденции к усилению агрегации и повышению их активности *in vivo*.

Рост и развитие детей сопровождается сложными изменениями в организме, в т.ч. обменными сдвигами и динамикой реологических свойств эритроцитов [5, с. 139]. Рост организма ребенка неизбежно сочетается с совершенствованием ферментных систем, в том числе обеспечивающих

Таблица 2

## Активность тромбоцитов у здоровых младших школьников

Показатели	Здоровые школьники, М±m		
	7 лет n=24	8 лет n=25	9 лет n=26
АДФ, с	44,7±0,10	44,2±0,05	43,7±0,02
Коллаген, с	34,2±0,03	33,9±0,07	33,4±0,11
Тромбин, с	58,0±0,13	57,5±0,07	56,9±0,05
Ристомидин, с	49,0±0,06	48,7±0,05	48,3±0,03
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , с	49,6±0,09	49,6±0,11	49,6±0,10
Адреналин, с	99,4±0,08	99,0±0,07	98,5±0,10
Дискоциты, %	82,6±0,04	82,2±0,12	82,0±0,14
Диско-эхиноциты, %	11,9±0,04	12,5±0,15	12,2±0,10
Сфероциты, %	2,7±0,04	2,8±0,07	2,9±0,08
Сферо-эхиноциты, %	1,8±0,07	1,7±0,08	1,9±0,06
Биполярные формы, %	1,0±0,09	0,8±0,04	1,0±0,10
Сумма активных форм, %	17,7±0,11	17,8±0,04	18,0±0,07
Число тромбоцитов в агрегатах, %	5,69±0,03	5,74±0,04	5,77±0,06
Число малых агрегатов по 2-3 тромбоцита на 100 свободнолежащих тромбоцитов	3,04±0,11	3,07±0,05	3,10±0,04
Число средних и больших агрегатов, 4 и более тромбоцита на 100 свободнолежащих тромбоцитов	0,10±0,001	0,11±0,002	0,12±0,003

АОА плазмы, приводя к закономерной динамике ПОЛ в жидкой части крови, влияющей на внешние мембраны эритроцитов и тромбоцитов, способствуя необходимой жесткости при прохождении через микроциркуляторное русло [3, с. 39]. Активация ферментов антиокисления красных кровяных телец обуславливает снижение в них продуктов ПОЛ, что способствует формированию реологических и функциональных свойств эритроцитов и тромбоцитов. Достижимые по мере увеличения хронологического возраста биохимические сдвиги в плазме крови детей сопровождались определенной динамикой цитоархитектоники эритроцитов и тромбоцитов с повышением содержания их активированных форм. В связи с этим у младших школьников в кровотоке отмечается тенденция к увеличению количества обратимо и необратимо измененных форм форменных элементов крови при снижении дискоцитов. Выявляемая динамика цитоархитектоники эритроцитов и тромбоцитов обуславливает повышение их агрегатообразования [7, с. 158; 10, с. 26], обеспечивая определенный уровень реологических свойств крови и перфузии внутренних органов, необходимый для роста и развития организма.

Усиление агрегационной способности эритроцитов и тромбоцитов, также не достигшей уровня статистической значимости, позволяло поддерживать перфузию внутренних органов на нужном уровне под действием факторов внешней среды и внутренних анаболических процессов, сопровождаясь невысокой вязкостью крови и хорошими жидкостными свойствами, исключаящими риск развития микротромбообразования.

Таким образом, у детей в возрасте 7-9 лет отмечается тенденция к повышению поверхностных изменений и усилению агрегационной активности эритроцитов и тромбоцитов, обеспечивая оптимальную перфузию внутренних органов, необходимую для роста и развития организма ребенка.

## Выводы

1. У детей 7-9 лет отмечается невысокая активность перекисного окисления липидов в плазме и эритроцитах.
2. Повышение хронологического возраста у младших школьников сопровождается тенденцией к нарастанию деформационных изменений мембраны эритроцитов и их способности к агрегации, вероятно, в ответ на средовые воздействия.
3. По мере увеличения хронологического возраста с 7 до 9 лет агрегация тромбоцитов у здоровых детей, находясь на невысоком уровне, ис-

пытывает легкую тенденцию к повышению, что, видимо, связано с нарастанием экзогенных влияний и усилением чувствительности к ним.

## 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. – 167с.
2. *Гаврилов В.Б., Мишкорудная М.И.* Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови // Лабораторное дело. – 1983. – № 3. – С. 33-36.
3. *Киселев А.М., Клушков В.С., Сторожок С.А.* О механизмах регуляции способности эритроцитов к упругой деформации // Вестник Уральской медицинской академии. – 2006. – Т.3. – С. 39-40.
4. *Кубатиев А.А., Андреев А.А.* Перекиси липидов и тромбоз // Бюлл. эксп. перим. биол. и медицины. – 1979. – № 5. – С. 414-417.
5. *Медведев И.Н., Гамolina О.В., Фадеева Т.С.* Деформация эритроцитов и ее оценка // Материалы международной научно-практической конференции «Вопросы физиологии и адаптации живых систем». – Сухум, 2010. – С. 138-140.
6. *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.
7. *Медведев И.Н., Фадеева Т.С.* Функциональные особенности эритроцитов у здоровых молодых людей, не тренирующихся физически // Материалы международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные проблемы современной науки и образования». – Курск, 2010. – С. 156-165.
8. *Чевари С., Андял Т., Штрэнгер Я.* Определение антиоксидантных параметров крови и их диагностическое значение в пожилом возрасте // Лабораторное дело. – 1991. № 10. С. 9-13.
9. *Шитикова А.С.* Визуальный микрометод исследования агрегации тромбоцитов. В кн. Гемостаз. Физиологические механизмы, принципы диагностики основных форм геморрагических заболеваний / Под ред. Н.Н. Петрищева, Л.П. Папаян. – СПб, 1999. – С. 49-53.
10. *Шитикова А.С., Тарковская Л.Р., Каргин В.Д.* Метод определения внутрисосудистой активации тромбоцитов и его значение в клинической практике // Клинич. и лабор. диагностика. – 1997. – № 2. – С. 23-35.