

АДРЕНОРЕАКТИВНОСТЬ ЭРИТРОЦИТОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ ОРГАНИЗМА

Тупиневич Г.С.¹, Шамратова В.Г.²

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет», Уфа, e-mail: gali-tu@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа

Изучены связи типа адренореактивности эритроцитов (АРЭ) с показателями физической выносливости организма у 240 студентов мужского пола 17–21-летнего возраста. Анализировались следующие показатели: кардиореспираторный индекс в адинамической и динамической фазе после выполнения дозированной пятиминутной физической нагрузки на велотренажере, тип адренореактивности эритроцитов, которая оценивалась по направленности сдвигов кривой осмотической резистентности эритроцитов при добавлении *in vitro* в кровь испытуемых адреналина. На основе анкетирования были получены данные о физической активности студентов (характере, объеме, интенсивности и периодичности физических нагрузок в повседневной жизни), по которым определялся уровень двигательной активности. В результате исследования установлено, что студенты с разной степенью физической выносливости организма характеризовались различной частотой встречаемости типов АРЭ. Так, у физически малоактивных студентов со слабой переносимостью физических нагрузок в сосудистом русле преобладают эритроциты, реагирующие на действие адреналина снижением их резистентности. При повышении физической выносливости происходит десенситизация эритроцитов к адреналину, т.е. у лиц с высокой способностью переносить физические нагрузки эритроциты энергетически более устойчивы к воздействию адреналина, чем в других группах.

Ключевые слова: эритроцит, адренореактивность, физические нагрузки, студенты

ADRENOREACTIVITY OF ERYTHROCYTES AS AN INDEX OF PHYSICAL ENDURANCE OF THE ORGANISM

Tupinevich G.S.¹, Shamratova V.G.²

¹ Bashkir State Medical University, Ufa, e-mail: gali-tu@mail.ru;

² Bashkir State University, Ufa

Relationships of the type of erythrocyte adrenoreactivity (ERA) with the indicators of physical endurance of the organism in 240 male students of 17–21 years of age were studied. The following indicators were analyzed: cardiorespiratory index in the adynamic and dynamic phase after performing a dosed five-minute exercise on the exercise bike, type of erythrocyte adrenoreactivity, which was assessed by the directionality of shifts in the erythrocyte osmotic resistance curve when adrenaline was added *in vitro*. On the basis of the survey, data were obtained on the physical activity of students (the nature, volume, intensity and frequency of physical activity in everyday life), which determined the level of physical activity. The study found that students with varying degrees of physical endurance were characterized by different frequency of occurrence of types of ERA. Thus, in physically inactive students with poor tolerance to physical exertion in the vascular bed, erythrocytes predominate, reacting to the action of adrenaline by reducing their resistance. With an increase in physical endurance, desensitization of erythrocytes to adrenaline occurs, i.e. in individuals with a high ability to endure physical exertion, erythrocytes are energetically more resistant to the effects of adrenaline than in other groups.

Keywords: erythrocyte, adrenoreactivity, physical activity, students

Важнейшим функциональным показателем эритроцитов является их адренореактивность (АРЭ), которая характеризует реакцию клеток на воздействие адреноактивных веществ. Такое воздействие может проявляться как в усилении функциональной активности и устойчивости эритроцитов, так и в снижении данных состояний. Эти сдвиги зависят не только от типа рецепторов и их чувствительности к действию адреналина, но также и от энергетических ресурсов самих клеток [1]. Степень

выраженности реакции адренорецепторов мембраны эритроцитов на адреналин используется для определения стрессоустойчивости организма к действию нагрузок разного профиля [2]. Поэтому адренореактивность эритроцитов все чаще используется как информативный показатель адренореактивности организма. Особый интерес представляет определение данного показателя у студентов, у которых в силу специфических условий труда и быта, систематических умственных и психоэмоциональных нагрузок организм испытывает напряжение компенсаторно-приспособительных процессов, протекающее на фоне снижения физической нагрузки. Учитывая, что чувствительность эритроцитов к действию адреналина может являться объективным критерием физической выносливости организма [3], цель настоящего исследования заключалась в изучении связи физической выносливости организма студентов с АРЭ.

Материал и методы исследования. Исследование было проведено на 240 студентах – юношах в возрасте от 17 до 21 года, давших добровольное письменное согласие на участие в эксперименте. По результатам ежегодного диспансерного осмотра отобранные студенты были клинически здоровы.

Уровень АРЭ определялся по сдвигу кривой осмотической резистентности эритроцитов после внесения *in vitro* в пробы капиллярной крови студентов адреналина в концентрации 10^{-9} М. Для определения осмотической резистентности использовали растворы хлорида натрия в последовательно понижающихся концентрациях. Надосадочную жидкость после центрифугирования растворов фотометрировали при длине волны 500–560 нм. Построенные графики отражали зависимость процента гемолиза от концентрации раствора хлорида натрия. Определение АРЭ проводили после построения гемолитической эритрограммы для популяций зрелых эритроцитов (P50) и оценивали уровень адренореактивности по характеру сдвига кривой от исходного положения.

Физическая выносливость оценивалась путем расчета кардиореспираторного индекса (КРИС) (в модификации М. Самко). У испытуемых последовательно проводили измерение показателей артериального давления, определяли максимальное давление выдоха, жизненную емкость легких и оценивали максимальную задержку дыхания. Расчет КРИС проводился по следующей формуле:

$$\text{КРИС} = (\text{ЖЕЛ} \cdot 10) + \text{МДВ} + \text{МЗД} + \text{В} / (\text{САД} + \text{ДАД} + \text{ЧСС}),$$

где САД и ДАД – показатели систолического и диастолического артериального давления (мм рт. ст.), ЧСС – частота сердечных сокращений (уд./мин), ЖЕЛ – жизненная емкость легких (л), МЗД – максимальная задержка дыхания (секунд), МДВ – максимальное давление выдоха (мм рт. ст.), В – возраст (количество полных лет).

КРИС определялся в адинамической и динамической фазах после выполнения пятиминутной физической нагрузки на велотренажере (дистанция составляла 1600 м).

Процент снижения индекса (КРИС%) после выполняемой нагрузки рассчитывали по формуле:

$$\text{КРИС\%} = (\text{КРИС}_{\text{ад.}} - \text{КРИС}_{\text{д.}}) \cdot 100\% / \text{КРИС}_{\text{ад.}},$$

где КРИС_{ад.} – показатель физической выносливости в адинамической фазе; КРИС_{д.} – величина индекса после динамической фазы.

На основе анкетирования мы получили данные о физической активности студентов (характере, объеме, интенсивности и периодичности физических нагрузок в повседневной жизни). В соответствии с рекомендациями ВОЗ (Рекомендации ВОЗ, 2010) двигательная активность считалась низкой (НДА), если физические нагрузки составляли менее 150 минут в неделю. Уровень двигательной активности характеризовался как умеренный (УДА) у юношей, периодически занимающихся плаванием, гимнастикой, танцами, бегом и другой деятельностью, требующей физических усилий (150–300 минут в неделю). Двигательная активность оценивалась как высокая (ВДА) у юношей, систематически испытывающих мышечные нагрузки (360–480 минут в неделю).

Результаты исследования и их обсуждение. Оценка АРЭ по направленности сдвигов кривой осмотической резистентности позволила нам выделить 3 типа адренореактивности у студентов. Первый тип – арезистентный, или негативный (смещение осмотической кривой вправо от исходного положения), выражался в снижении устойчивости эритроцитов в присутствии адреналина, что, очевидно, вызывается истощением энергоресурсов клеток или другими нарушениями, усиливающими их склонность к гемолизу при добавлении в кровь адреналина. Второй тип – позитивный, или резистентный (смещение кривой влево от исходного положения), обусловлен возможной мобилизацией энергоресурсов клеток через активацию аденилатциклазы, цАМФ и ГТФ [4]. При отсутствии изменений резистентности эритроцитов под влиянием адреналина (сдвига кривой не наблюдалось) данный тип оценивался как ареактивный (третий тип).

Исследование показателей физической выносливости у студентов позволило нам разделить обследуемых на 4 группы, отражающих степень их выносливости. Согласно общепринятым критериям индекса показатели до 0,4 в адинамической фазе свидетельствуют о патологии дыхательной и сердечно-сосудистой систем; от 0,41 до 0,79 – об отсутствии патологий, но недостаточной физической форме; от 0,8 до 0,9 говорят о том, что человек практически здоров, и от 0,91 и выше – о том, что он физически тренирован. Оценка связей между уровнями физической выносливости (по величине КРИС_{ад.}) и двигательной активности (НДА, УДА и ВДА) у испытуемых позволила установить наличие

положительной корреляции между ними (0,62, $p < 0,05$). При исследовании различий между студентами по толерантности к физической нагрузке было выявлено, что около половины обследованных юношей были практически здоровы, но не тренированы (рис. 1). При этом доля студентов с наименьшей переносимостью физических нагрузок оказалась относительно низкой.

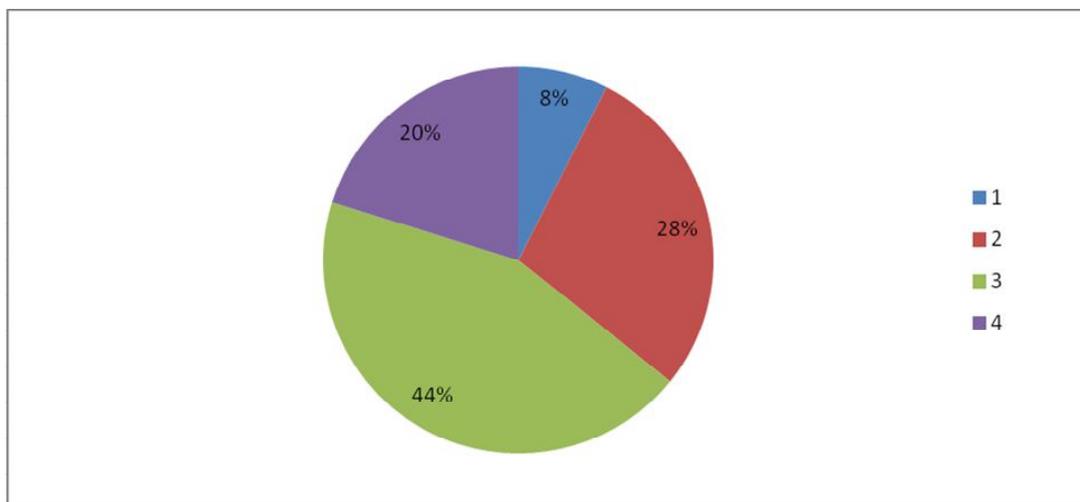


Рис. 1. Распределение частоты встречаемости уровней выносливости в зависимости от толерантности к физической нагрузке (КРИС %). Примечание: 1 – низкая толерантность; 2 – удовлетворительная толерантность; 3 – хорошая толерантность; 4 – высокая толерантность

Анализ соотношения лиц с разным уровнем физической выносливости показал, что по мере возрастания КРИСад. доля людей арезистентного типа АРЭ снижается (рис. 2). Так, при низком уровне выносливости резкое снижение резистентности эритроцитов под влиянием адреналина происходит у 67% обследуемых. При удовлетворительной выносливости данный показатель уменьшается до 18%, при хорошей выносливости – до 8%, и полностью отсутствует данный тип АРЭ у тренированных студентов. При этом у лиц с низкой выносливостью не встречается положительный эффект от действия адреналина на эритроциты (резистентный тип), а по мере возрастания физической выносливости начинает увеличиваться доля обладателей ареактивного типа АРЭ, что свидетельствует об ослаблении реакции эритроцитов на адреналин. Очевидно, у студентов с хорошей и высокой физической выносливостью, коррелирующей с повышенным уровнем повседневной двигательной активности (УДА и ВДА), имеет место десенситизация эритроцитов к адреналину, то есть потеря эритроцитами чувствительности к адреналину.



Рис. 2. Частота встречаемости типов адренореактивности эритроцитов в зависимости от уровня КРИС в динамической фазе. Примечание: 1 – арезистентный тип; 2 – ареактивный тип, 3 – резистентный тип АРЭ

Частота встречаемости типов АРЭ в зависимости от уровня физической выносливости после выполнения физической нагрузки (КРИС дин.) отражена на рисунке 3.

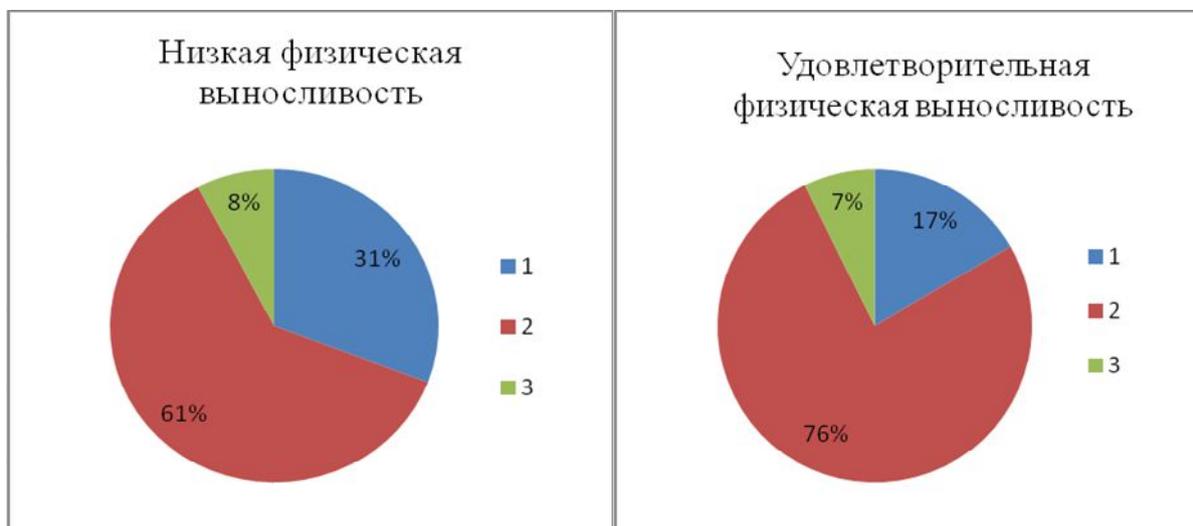


Рис.3. Частота встречаемости типов адренореактивности эритроцитов в зависимости от уровня КРИС в динамической фазе. Примечание: 1 – арезистентный тип АРЭ; 2 – ареактивный тип АРЭ; 3 – резистентный тип АРЭ

Как видим, под влиянием дозированной нагрузки доля лиц с ареактивным типом АРЭ заметно увеличивается, при этом у наиболее тренированных студентов (хорошая и высокая физическая выносливость) был обнаружен только ареактивный тип АРЭ (по 100%) (в рисунке 3 данные группы не приводятся).

Распределение типов АРЭ в зависимости от уровня толерантности к физическим нагрузкам (КРИС %) иллюстрирует рисунок 4. Снижение индекса до 5% означает хорошую физическую форму человека и высокую выносливость организма; от 6 до 17% говорит о том, что испытуемый практически здоров, но не тренирован. Падение индекса от 15 до 30% свидетельствует о плохой физической форме, а свыше 35% – о наличии патологий дыхательной и сердечно-сосудистой систем.



Рис.4. Частота встречаемости (в %) типов АРЭ в зависимости от уровня толерантности к физическим нагрузкам (КРИС %). Примечание: 1 – арезистентный тип АРЭ; 2 – ареактивный тип АРЭ; 3 – резистентный тип АРЭ

Выяснилось, что встречаемость резистентного типа АРЭ существенно не различается при разном уровне толерантности (частота встречаемости во всех четырех группах колеблется в пределах 5–10%), между тем распространенность ареактивного и арезистентного типа колеблется от группы к группе. Доля лиц с ареактивным типом возрастает от 50 до 89% по мере возрастания толерантности. В то же время, чем легче студенты воспринимают физические нагрузки, тем реже встречается отрицательная реакция клеточных мембран на адреналин. Иначе говоря, у лиц с высокой способностью переносить физические нагрузки эритроциты крови энергетически более устойчивы, чем в других группах обследуемых.

Как известно, физические нагрузки сопровождаются развитием состояния гипоксии многих клеток и тканей, ростом содержания молочной, пировиноградной и других кислот в зависимости от возраста, мощности нагрузки и физиологического состояния организма. Это приводит к сдвигу гомеостаза и развитию компенсаторных процессов по типу количественной адаптации: возрастает число эритроцитов большого объема, происходит смена популяции клеток за счет выброса из депо. Возрастает количество более молодых клеток, богатых гемоглобином, окисляющих глюкозу по пентозофосфатному пути, с высокой активностью метгемоглобинредуктазных систем и стабильностью мембран и метаболических процессов. Что касается малотренированных людей, то здесь длительное нахождение эритроцитов в депо сопровождается утратой их функциональной полноценности, более быстрой сферизацией клеток. Выброс таких эритроцитов в ходе нагрузок становится малоэффективной ответной реакцией, так как популяция содержит много дестабилизированных клеток [4, 5]. Согласно результатам нашего исследования у физически малоактивных студентов со слабой переносимостью физических нагрузок в сосудистом русле преобладали эритроциты, реагирующие на действие адреналина снижением их резистентности. Другой причиной наблюдаемых явлений может быть накопление в популяции клеток, обладающих низкой активностью Na-насосов.

Заключение. Повышение физической выносливости организма напрямую зависит от способности эритроцитов реагировать на воздействие адреналина. Систематический выброс в кровь физиологически допустимых доз адреналина во время выполнения физических нагрузок приводит к снижению чувствительности адренорецепторов мембран эритроцитов к воздействию данного гормона. Это в свою очередь отражается на функциональных возможностях клеток, основной функцией которых является адекватное предъявляемым нагрузкам снабжение тканей кислородом. Десенситизацию мембраны эритроцитов к действию адреналина можно отнести к адаптивной ответной реакции организма при выполнении дозированных физических нагрузок. Преобладание ареактивного типа ответной

реакции эритроцитов в группе студентов с высоким уровнем физической выносливости и высокой толерантностью свидетельствует о повышении энергетических ресурсов как системы крови, так и всего организма в целом. Таким образом, нами была установлена зависимость между уровнем физической выносливости организма и определенным типом АРЭ, по которому можно судить о степени адаптации организма к физическим нагрузкам.

Список литературы

1. Шамратова В.Г., Тупиневич Г.С., Хазипова И.Р. Связь бета-адренореактивности эритроцитов с количественными и морфофункциональными параметрами эритроцитов студентов при стрессе // Высокие технологии, исследования, образование в физиологии, медицине и фармакологии: сб. статей 3-ей междунар. научно-практ. конф. (Санкт-Петербург, 26-28 апреля 2012г.). СПб, 2012. С.173-174.
2. Циркин В.И., Громова М.А., Колгина Д.А., Михайлова В.И., Пленусова Я.К. Оценка адренореактивности эритроцитов, основанная на способности адреналина повышать скорость агглютинации эритроцитов // Фундаментальные исследования. 2008. №7. С.59–60.
3. Шаханова А.В., Челышкова Т.В., Хасанова Н.Н., Силантьев М.Н. Функциональные и адаптивные изменения сердечно – сосудистой системы у студентов в динамике обучения // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 1. 52 с.
4. Кленова Н.А., Кленов Р.О. Строение, метаболизм и функциональная активность эритроцитов человека в норме и патологии. Самара: Издательство «Самарский университет», 2009. 116 с.
5. Баталова Е.А. Анализ комплекса факторов, определяющих текучесть крови и ее транспортный потенциал: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ярославль, 2010. 24 с.