

Л.М. Гуніна, С.А. Олійник, І.М. Башкін, Р.С. Гуменюк, Н.С. Парфенюк

Вплив ритмокору на витривалість спортсменів і структурно-функціональний стан мембран еритроцитів при інтенсивному фізичному навантаженні

Возникновение при интенсивном тренировочном процессе оксидативного стресса с нарушением гомеостатического равновесия и функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы сопровождается тканевой гипоксией и ухудшением транспорта кислорода. С другой стороны, гипоксия тканей и одновременное накопление активных форм кислорода способны оказывать негативное влияние на показатели состояния плазматических мембран, в том числе и эритроцитарных, что приводит к временной функциональной анемии. Показано не только позитивное влияние ритмокора на критерии выносливости организма при интенсивной физической нагрузке, но и прямой мембранопротекторный эффект по отношению к эритроцитам. Улучшение структуры и функции мембран красных клеток крови способствует повышению количества внутриэритроцитарного гемоглобина, одного из основных показателей, определяющих состояние гематологического гомеостаза. Полученные результаты дают основание рекомендовать применение ритмокора во время тренировочного процесса.

ВСТУП

Оксидативний стрес і тканинна гіпоксія, які супроводжують інтенсивне фізичне навантаження, призводять до порушення гомеостатичної рівноваги та виникнення функціональних змін, у першу чергу, з боку серцево-судинної та киснево-транспортної систем [17]. Для оптимізації оксигенації тканин важливе значення має не тільки ефективність серцевої діяльності, але й структурно-функціональний стан мембран еритроцитів, який визначає їх форму, розмір, здатність до деформації, ступінь агрегації [16]. Слід зазначити, що ці властивості еритроцитів є основними у їх просуванні по мікросудинам і значною мірою зумовлюють адекватне насичення тканин киснем [18]. На жаль, залишається недостатньо вивченим взаємозв'язок порушень структурно-функціонального стану мембран червоних клітин

крові та виникнення тимчасової анемії при інтенсивному фізичному навантаженні [6]. Тому дослідження механізмів порушень і визначення методичних шляхів щодо їх корекції є актуальним завданням спортивної медицини та біології.

Метою нашої роботи було встановлення особливостей впливу препарату ритмокору на показники тимчасової функціональної анемії та взаємозв'язок останніх зі змінами витривалості при інтенсивному фізичному навантаженні.

МЕТОДИКА

Зміни адаптації до інтенсивних фізичних навантажень було вивчено у 23 спортсменів (військові багатоборці), 10 з яких склали контрольну групу, а 13, що приймали ритмокор, увійшли в основну.

© Л.М. Гуніна, С.А. Олійник, І.М. Башкін, Р.С. Гуменюк, Н.С. Парфенюк

Після закінчення курсового прийому препарату у спортсменів основної та контрольної груп у підготовчому періоді оцінювали фізичну працездатність із використанням двоступінчастої навантажувальної проби методом велоергометрії за субмаксимальним тестом відносної аеробної потужності [1, 6] і змінами частоти серцевих скорочень після навантаження (ЧСС) [3, 7].

Водночас у спортсменів обох груп проводили визначення структурно-функціонального стану мембран еритроцитів і вмісту гемоглобіну. Крім того, показники гематологічного гомеостазу було проаналізовано у 12 здорових нетренованих осіб (донори з відділення переливання крові Інституту онкології АМН України) відповідного віку та статі.

Оригінальний комбінований препарат ритмокор, діючою речовиною якого є пентагідроксикапронова (глюконова) кислота у вигляді магнієвої та калієвої солей, та який, відповідно до Інструкції з його клінічного застосування, має позитивний антиоксидантний, мембраностабілізуючий і кардіопротекторний вплив, цілком логічно може бути використаний з метою корекції витривалості та підтримки структурно-функціональної цілісності еритроцитарної мембрани і, відповідно, вмісту гемоглобіну, оскільки ці два показники тісно пов'язані [4]. Метаболічна активність препарату зумовлена активацією пентозного шунта окиснення глюкози, який є постачальником енергетичних еквівалентів як для гліколізу, так і для аеробного окиснення. Препарат призначався перорально протягом 14 діб, у перші 5 діб – по 0,72 г (дві капсули) тричі на добу, а з 6-ї доби – по 0,36 г з тією самою кратністю прийому.

Вивчали показники гематологічного гомеостазу: кількість еритроцитів, вміст гемоглобіну в крові, середній об'єм еритроцитів, вміст внутрішньоеритроцитарного гемоглобіну, ступінь анізоцитозу еритро-

цитів. Для цього з периферичної вени забирали кров (0,5 мл) у пробірки, попередньо оброблені ЕДТА. Вимірювання проводили на гемоаналізаторі «Sysmex K-1000» (Японія). Крім того, у суспензії еритроцитарних мембран, що була виготовлена з 5 мл крові за описаним методом [13], вивчали вміст початкового та кінцевого продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ): дієнових кон'югатів (ДК), ненасичених жирних кислот і малонового діальдегіду (МДА) [2]. Як показник антиоксидантного стану мембран червоних клітин визначали вміст відновленого глутатіону [8], як маркер функціонального стану - сорбційну здатність еритроцитів [11, 12].

Математичну та статистичну (з урахуванням критерію *t* Стьюдента) обробку отриманих результатів проводили із використанням прикладних пакетів програм Excel 97 та Statistica.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Застосування ритмокору під час інтенсивних фізичних навантажень призводило до підвищення адаптаційних можливостей спортсменів, про що опосередковано свідчило збільшення показника загальної фізичної працездатності – відносної аеробної потужності. При цьому ЧСС в основній групі після закінчення 14-добового тренувального періоду з одночасним прийомом ритмокору була достовірно нижче порівняно з контрольною групою спортсменів (табл. 1).

Було встановлено, що тривалі інтенсивні фізичні навантаження призводять до змін гематологічного гомеостазу спортсменів і прооксидантно-антиоксидантної рівноваги у мембранах еритроцитів порівняно зі здоровими нетренованими особами. Це стосується усіх показників, що досліджувалися, за виключенням кількості еритроцитів і вмісту гемоглобіну, відносно яких спостерігається лише тенденція до підвищення (табл. 2).

Таблиця 1. Зміни показників адаптації спортсменів до фізичних навантажень під впливом ритмокору

Показник	Контрольна група	Основна група
Вік, роки	21,5±0,5	21,7±0,4
Маса, кг	88,4±2,3	89,6±2,8
Зріст, см	181,7±4,3	184,6±3,9
Частота серцевих скорочень, хв ⁻¹		
у спокої	62,6±2,5	60,3±2,8
після навантаження	157,6±6,8	132,3±5,7*
Відносна аеробна потужність, Вт/кг	16,44±0,19	20,35±0,21*

* P < 0,05 порівняно з контролем.

Приєм ритмокору супроводжується змінами інтенсивності процесів ПОЛ у мембранах еритроцитів і, відповідно, показників їх структурно-функціонального стану, а також гематологічного гомеостазу спортсменів.

Установлено, що на вміст еритроцитів у крові ритмокор істотно не впливає; спостерігається лише незначна тенденція до збільшення цього показника. Вміст гемоглобіну теж залишається практично незмінним. Проте на 5,1 % збільшується середній об'єм еритроцитів і на 9,6 % середній вміст гемоглобіну безпосередньо в червоних клітинах порівняно з вихідним рівнем (контроль).

Але на фоні вірогідного збільшення середнього об'єму еритроцитів та абсолютного середнього вмісту гемоглобіну в еритроциті можна гадати, що вміст гемо-

глобіну не завжди є тим адекватним показником, який відображає гематологічний гомеостаз організму спортсмена. Це питання потребує подальших досліджень.

Важливим моментом є суттєве зниження анізоцитозу під впливом препарату (див. табл. 2). З урахуванням відсутності прямого стимулювального впливу ритмокору на еритропоез, такі зміни, з нашої точки зору, можуть бути пояснені поліпшенням структурно-функціональних властивостей мембрани еритроцитів, яка є однією з компонент підтримки адекватного вмісту гемоглобіну в еритроциті [10, 14]. Підтвердження цього – встановлене зменшення вмісту ДК, який залишається вірогідно підвищеним відносно значень здорових нетренованих осіб, а також зниження на 34,8 % вмісту МДА і підвищення рівня відновленого глутатіону. Водночас прийом ритмокору супроводжу-

Таблиця 2. Зміни показників структури та функції мембран еритроцитів і вмісту гемоглобіну у спортсменів під впливом ритмокору

Показник	Здорові нетреновані особи	Контрольна група	Основна група
Кількість еритроцитів, $\times 10^{12}/л$	4,31±0,19	4,76±0,12	4,97±0,14*
Гемоглобін, г/л	134,6±7,8	146,8±7,5	159,7±6,5*
Середній об'єм еритроцитів, фл	80,2±1,1	85,3±1,4*	89,7±1,2**
Середній вміст гемоглобіну в еритроциті, пг	30,6±1,3	35,4±0,6*	38,8±0,4**
Анізоцитоз, %	11,2±2,3	21,8±2,5*	15,7±1,9*
Дієнові кон'югати, ммоль/л	0,298±0,073	0,563±0,086*	0,412±0,067*,**
Малоновий діальдегід, ммоль $\times 10^6$ еритроцитів	3,67±0,10	7,56±0,45*	5,61±0,53**
Відновлений глутатіон, 10^{-12} ммоль/еритроцитів	1,83±0,11	2,39±0,08*	3,04±0,13**
Сорбційна здатність еритроцитів, %	21,6±1,4	26,4±1,6*	19,8±1,2**

* P < 0,05 статистично достовірно порівняно зі значеннями у здорових нетренованих осіб; ** P < 0,05 порівняно з контролем.

ється покращенням функціональних властивостей мембран, на що вказує суттєве - практично до рівня у здорових осіб - зменшення сорбційної здатності еритроцитів.

Таким чином, під дією ритмокору відбувається нормалізація прооксидатно-антиоксидантного балансу, який порушується при оксидативному стресі будь-якого генезу [9, 15], у тому числі при інтенсивному та тривалому фізичному навантаженні [5, 21], у плазматичних мембранах взагалі [20] та еритроцитарних зокрема [4]. Такі зміни супроводжуються перебудовою просторових співвідношень між складовими ліпід-білкового бішару мембрани зі зниженням її жорсткості та, відповідно, зростанням здатності до деформації. Останній чинник разом зі зниженням анізоцитозу еритроцитів вказує на поліпшення кровообігу у мікросудинах і збільшення кисневої насиченості тканин [6, 18].

Наявність відомих залежностей між фармакологічною ефективністю антиоксидантних препаратів та їх здатністю стимулювати фізичну працездатність і витривалість спортсменів [19] стали підґрунтям для проведення багатофакторного кореляційного аналізу при прийомі ритмокору між відносною аеробною потужністю і ЧСС, з одного боку, та показниками гематологічного гомеостазу, що вивчались, з іншого. Розрахунки довели, що найбільш значущі кореляційні залежності існують між відносною аеробною потужністю і вмістом внутрішньоеритроцитарного гемоглобіну (+0,89, $P < 0,01$), МДА (-0,87, $P < 0,05$), вмістом відновленого глутатіону (+0,85, $P < 0,05$) та сорбційною здатністю еритроцитів (-0,91, $P < 0,01$). Нами було встановлено лише дві значущі кореляційні залежності між змінами ЧСС, що опосередковано відображує витривалість атлетів, і МДА та вмістом відновленого глутатіону відповідно (+0,91 і 0,88, $P < 0,01$). Тобто результати математичного аналізу теж підтверджують наявність взаємозалежності антиоксидантної та кардіопротекторної дії

ритмокору, показників фізичної кондиції спортсменів під час його прийому та показників структурно-функціонального стану мембран еритроцитів та вмісту гемоглобіну.

Таким чином, отримані результати свідчать, що застосування препарату дає можливість поліпшити показники фізичної працездатності спортсменів і стабілізувати гематологічний гомеостаз при інтенсивному фізичному навантаженні. Можливо, одним з механізмів зростання витривалості спортсменів і є збільшення абсолютного вмісту гемоглобіну в еритроцитах, зумовлене покращенням структурно-функціонального стану їх мембран під дією ритмокору.

**L. Gunina, S. Oliynyk, I. Bashkin,
R. Gumenyuck, N. Parphenyuck**

THE EFFECT OF RITHMOCOR ON THE STATE OF ERYTHROCYTE MEMBRANES AND ATHLETE'S ADAPTATION TO INTENSIVE TRAINING LOADS

Intensive training process is accompanied by the oxidative stress with alteration of homeostatic balance and functional possibility of cardio-vascular system followed by decrease of oxygen transport and tissue hypoxia. The tissue hypoxia and increase of oxygen active forms level worsen structural and functional status of erythrocyte membranes that led to the temporary anaemia. In this article was shown that Rithmocor corrected these alterations and increased adaptation of sportsmen to the intensive training load (increase of endurance). An improvement of erythrocyte membranes status resulted in the increase of intracorpuseular haemoglobin content the critical parameter for the anaemia development. It has been established that Rithmocor causes an increased of sportsmen endurance to the intensive training load and therefore could be recommended for use in this situation.

Institute of Oncology AMS of Ukraine, Kyiv,

National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kyiv

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте. - М.: ФиС, 1990. - 192 с.
2. Башкин И.Н. Фармакологическая коррекция обменных процессов при ишемии головного мозга: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. - К., 1994. - 36 с.
3. Воскресенский А.Д., Вентцель И.Д. Статистический

- анализ сердечного ритма и показателей гемодинамики в физиологических исследованиях // Пробл. косм. биологии. - 1974. - **26**. - С. 1-23.
4. Гуніна Л.М., Бердинських Н.К., Гоголь С.В. та ін. Застосування церулоплазміну при хіміотерапії злоякісних новоутворень в експерименті та клініці // Онкологія. - 2001. - **3**, № 1. - С. 48-50.
 5. Дорофеева Е. Влияние аминокислот на метаболическую адаптацию сердца к значительным физическим нагрузкам. - У кн.: Олімпійський спорт та спорт для всіх: проблеми здоров'я, рекреації, спортивної медицини та реабілітації. Тез. доп. IV Міжнарод. наук. конгр. - К., 2000. - С. 34.
 6. Драницин О.В. Зміна розмірів та морфологічних типів еритроцитів у спортсменів високої кваліфікації після фізичного навантаження субмаксимальної потужності // Експерим. та клініч. фізіологія та біохімія. - 2005. - № 1. - С. 60-67.
 7. Евдокимова Т.А., Соколова Л.В., Конради А.О. и др. Показатели вариабельности сердечного ритма у спортсменов. Взаимосвязь со структурно-функциональным состоянием миокарда // Артериальная гипертензия. - 2000. - **6**, № 1. - С. 23-28.
 8. Зайцев В.Г., Закревский В.И., Давыдов А.И. Уровень гипергликемии у больных сахарным диабетом // Клинич. лаб. діагностика. - 1999. - № 11. - С.32(33).
 9. Иванов С.В., Олійник С.А., Репетуа Я.Д., Футорний С.М. Окисний стрес та гіпоксичні стани: погляд на проблему // Військ. медицина України. - 2005. - **5**, № 1. - С. 78-85.
 10. Крылов В.Н., Дерюгина А.В. Типовые изменения электрофоретической подвижности эритроцитов при стрессовых воздействиях // Бюл. эксперим. биологии и медицины. - 2005. - **39**, № 4. - С. 364-366.
 11. Лужников Е.А., Сыромятников Е.Д., Петров С.И., Голиков П.П. Сорбционная активность эритроцитов у больных с острыми отравлениями // Клинич. лаб. діагностика. - 1999. - № 11. - С.37(38).
 12. Михайлович В.А., Марусанов В.Е., Бичун А.Б. Проницаемость эритроцитарной мембраны и ее сорбционная способность – оптимальные критерии тяжести эндогенной интоксикации // Анестезиология и реаниматология. - 1993. - № 5. - С. 66-69.
 13. Семко Г.А. Структурно-функциональные изменения мембран и внешних примембранных слоев эритроцитов при гиперэпидермопозе // Укр. біохім. журн. - 1998. - **70**. - С. 113-118.
 14. Новицкий В.В., Степовая Е.А., Гольдберг В.Е. и др. Эритроциты и злокачественные новообразования. - Томск: STT, 2000. - 156 с.
 15. Олейник С.А., Гаврилюк С.О., Храпак В.В. Фармакологическое исследование антигипоксического действия фибратов. - В кн.: Гипоксия, автоматизированный анализ гипоксических состояний. Сб. науч. тр. / Под ред. А.З. Колчинской. В 2-х томах. - М.-Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2005. - Т. 1. - С. 169(175).
 16. Сторожок С.А., Санников А.Г., Захаров Ю.М. Молекулярная структура мембран эритроцитов и их механические свойства. - Тюмень: Изд-во Тюмен. ун-та, 1997. - 125 с.
 17. Ткачук В.Г. Медико-биологические основы спортивной тренировки в циклических видах спорта. - К.: КГИФК, 1991. - 90 с.
 18. Чернух А.М. Микроциркуляция. - М.: Наука, 1990. - 346 с.
 19. Clifford M., Scalbert A. Ellagitannins - nature, occurrence and dietary burden // J. Sci. Food Agric. -2000. - **80**, № 7. - P. 1118-1125.
 20. Inesi G., Sumbilla C., Kirtley M.E. Temperature induced transitions of function and structure in sarcoplasmic reticulum membranes // J. Mol. Biol. - 1993. - **81**. - P. 483-504.
 21. McBride J.M., Kraemer W.J., Triplett-McBride T., Sebastianelli W. Effect of resistance exercise on free radical production // Med. Sci Sports Exerc. - 1998. - **30**, № 1. - P. 67-72.

*Ин-т онкології АМН України, Київ;
Нац. ун-т фізич. виховання і спорту України, Київ*

*Матеріал надійшов до
редакції 06.04.2006*