

УДК 612.275.1 : 796

И. В. АУЛИК, Г. А. САРКИСЯН, О. Г. ГОЛУБЕВА

## 2,3-ДИФОСФОГЛИЦЕРАТ В ЭРИТРОЦИТАХ СПОРТСМЕНОВ ПРИ АДАПТАЦИИ К СРЕДНЕГОРЬЮ

Установлено, что адаптация спортсменов к условиям среднегорья сопровождается колебательным приростом 2,3-дифосфоглицерата в эритроцитах, а также концентрации эритроцитов и гемоглобина.

После возвращения на равнину отмечается некоторое понижение изучаемых показателей.

В регуляции средства гемоглобина к кислороду могут участвовать низкомолекулярные вещества, образующиеся внутри эритроцитов.

Так, средство Нв к  $O_2$  уменьшается с увеличением концентрации 2,3-дифосфоглицерата (ДФГ), который образуется в результате особой незаконченной последовательности гликолитических реакций в эритроцитах [4]. Общепринято мнение о том, что сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо, вызванный повышением концентрации 2,3-ДФГ, приводит к увеличенному снабжению тканей кислородом [8]. Показано, что хроническая гипоксемия сопровождается повышением уровня 2,3-ДФГ [11]. Известно также, что концентрация 2,3-ДФГ возрастает непосредственно при интенсивных мышечных нагрузках.

Вопрос о комбинированном воздействии гипоксической и двигательной гипоксии—условия, в которые попадают спортсмены при тренировке в среднегорье,—остается мало изученным.

Задачей настоящего исследования явилось изучение динамики 2,3-ДФГ у группы спортсменов, пребывающих на тренировочном сборе в Цахкадзоре (около 2000 м над уровнем моря).

В исследовании участвовало 14 спортсменов, в основном легкоатлеты 1-го спортивного разряда, в возрасте 21—24 года.

Концентрация гемоглобина определялась фотометрически цианметгемоглобиновым методом с трансформирующим раствором Драбкина. Количество эритроцитов также измерялось на ФЭК.

Содержание 2, 3-ДФГ определялось в венозной крови (забор из локтевой вены) неферментативным методом Л. И. Виноградовой с соавторами [1] по разнице между результатами измерений общего и неорганического фосфора. Результаты представлены в миллимолях на один мл эритроцитов (ммоль/мл э).

Для оценки достоверности различий средних показателей использовался непараметрический критерий знаков [3]. Указанные показатели фиксировались всего пять раз: на равнине, на 3—4, 10—11 и 17—18-й дни пребывания в среднегорье и после возвращения на уровень моря. Тренировочный сбор состоял из трехнедельных микроциклов с трехразовой тренировкой в день и одним днем отдыха в каждом микроцикле. К тренировкам в полном объеме спортсмены приступили с третьего дня пребывания в среднегорье.

Питание было полноценным. Спортсмены получали аэровит по одной таблетке и гемостимулин по 1,5 г ежедневно в течение всего сбора.

Динамика индивидуальных показателей количества эритроцитов, гемоглобина и 2,3-ДФГ в эритроцитах представлена в табл. 1.

Как видно из приведенных данных, наблюдается колебательный прирост содержания 2,3-ДФГ в эритроцитах, также количества эритроцитов и гемоглобина. Сдвиги средних величин изучаемых показателей происходят параллельно и достигают максимума к концу третьей недели пребывания в среднегорье.

К этому времени отмечено удвоение среднего содержания 2,3-ДФГ, а количество гемоглобина и эритроцитов увеличилось на 18 и 30% соответственно.

На 3—4-й дни после возвращения на равнину средние величины изучаемых показателей понизились, но остались достоверно выше (2,3-ДФГ—на 40%) по сравнению с исходными.

После инициального прироста 2,3-ДФГ на 60% за первые трое суток пребывания на высоте последовало его понижение к десятому дню на 20%. В течение следующей недели вновь отмечен резкий прирост 2,3-ДФГ на 60%. Динамика показателей количества гемоглобина и эритроцитов имела аналогичный фазовый характер.

Внутриклеточная концентрация 2,3-ДФГ является одним из основных факторов, контролирующих сродство гемоглобина к кислороду. Ряд исследователей отмечают увеличение содержания 2,3-ДФГ в эритроцитах людей и животных (симулированная высота в барокамере) в средне- и высокогорье, которое наступает уже на первые сутки после переезда на высоту [6, 7, 99, 11 и др.]. Так, Lefant et al. [11] нашли достоверный прирост 2,3-ДФГ на 56%, что согласуется с нашими данными в начале пребывания на высоте. С другой стороны, Astrup et al. [5] отмечают недостоверный прирост этого показателя всего на 27%, что противоречит результатам большинства работ.

Разные результаты получены при изучении изменений содержания 2,3-ДФГ в эритроцитах под воздействием острых мышечных нагрузок различной продолжительности и систематической тренировки. Pelliscia [13] обнаружил непродолжительный прирост 2,3-ДФГ при кратковременной нагрузке, но не нашел изменений при длительной тренировке. Shappell et al. [16], наоборот, не нашли увеличения 2,3-ДФГ при острой нагрузке и отмечают небольшой (на 5,5%) прирост только после вось-



миндельной тренировки. Hasart et al. [10] после 12-недельной тренировки изменений в концентрации 2,3-ДФГ не обнаружили. На наличие фазности в показателях «красной крови» в условиях гипоксии указывают Б. В. Малкин и Е. Б. Гиппенрейтер [2]. Временный спад изучаемых показателей на 10-й день пребывания в среднегорье можно объяснить подавлением гемопоэза и преобладанием деструкции клеточных элементов крови под воздействием начала интенсивных физических нагрузок, что согласуется с данными ряда авторов [2, 12, 14 и др.]. Как видно из приведенных результатов (таблица), сдвиги концентрации 2,3-ДФГ в этом периоде имели индивидуальные различия. У большинства обследованных лиц (7 чел.) наблюдалось понижение, у одного небольшой прирост, а у остальных четырех показатель не изменялся.

На последующей фазе акклиматизации, после вхождения в тренировочный режим, кислородная емкость крови и содержание 2,3-ДФГ значительно повысились. Надо полагать, что достижение относительно высокого уровня последнего является результатом комбинированного воздействия гипоксической и двигательной гипоксии. Понижение сродства гемоглобина к кислороду под влиянием физической активности на высоте отмечено также Rörth et al. [15]. По-видимому, гемопоэзу способствовало богатое белками питание и препарат железа.

Резюмируя сказанное, можно заключить, что интенсивные физические упражнения, выполняемые на умеренной высоте, после начальной ингибирующей фазы являются дополнительным стимулом образования 2,3-ДФГ в эритроцитах, облегчая таким образом отдачу кислорода в работающих мышцах в напряженных условиях комбинированной гипоксической и двигательной гипоксии.

Латвийский и Армянский институты  
физической культуры

Поступила 7/IX 1979.

Ի. Վ. ԱՌԻԼՎ, Գ. Ա. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Օ. Գ. ԳՈՂՈՒԲԵՎՍԿԻ

### 2,3-ԴԻՖՖՈՍՖՈԳԼԻՑԵՐԱՏՐ ՄԱՐՁԻԿՆԵՐԻ ԱՐՅԱՆ ԷՐԻԹՐՈՑԻՏՆԵՐԻ ՄԵԶ՝ ՄԻՋԻՆ ԼԵՌՆԱՅԻՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐԻՆ ՀԱՐՄԱՐՎԵԼՈՒ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ

Աշխատանքում նշվում է, որ մարզիկների հարմարվածությունը միջին լեռնային պայմաններին ուղեկցվում է էրիթրոցիտների մեջ 2,3-դիֆոսֆոգլիցերատի տատանվող աճով, ինչպես նաև էրիթրոցիտների ու հեմոգլոբինի կոնցենտրացիայի ավելացումով:

Հարթավայր վերադառնալուց 3—4 օր անց նկատվում է ուսումնասիրվող ցուցանիշների որոշակի նվազում, մնալով, սակայն, բավականին բարձր սկզբնական մակարդակի նկատմամբ:

## 2,3-DIPHOSPHOGLYCERAT IN SPORTSMEN ERYTHROCYTES IN ADAPTATION TO MIDDLE MOUNTAINOUS REGION

It is revealed that adaptation of sportsmen to the conditions of middle mountainous regions is accompanied by fluctuative increase of 2,3-diphosphoglycerat in erythrocytes and also concentrations of erythrocytes and hemoglobin.

On returning to the plain regions (3—4 days) some decrease of investigated indices is marked. However, it certainly remains higher if compared with the initial data.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградова Л. И., Багрянцева С. Ю., Девиз Г. В. Лаб. дело, 1976, 8, стр. 490.
2. Малкин В. Б., Гиппенрейтер Е. Б. Проблемы космической биологии, том 35. М., 1977, стр. 29.
3. Урбах В. Ю. В кн.: Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. М., 1975, стр. 156.
4. Хочака П., Сомеро Дж. В кн.: Стратегия биохимической адаптации. М., 1977, стр. 364.
5. Astrup P., Orbell N., Rörth B. In: *Alpiner Hochleistungstest. Fine interdisciplinary Studie.* Bern—Stuttgart—Wien, 1973, S. 131.
6. Baumann R., Bauer Ch., Bartels H. *Respir. Physiol.*, 1971, 11, 2, 135.
7. Benesch R. a. Benesch R. E. *Biochem. and Biophys. Res. Commun.*, 1967, 26, 2, 162.
8. Duhm J. In: *Oxygen transport to tissue*, Plenum press, New York—London, 1973, vol. A, p. 179.
9. Eaton J. W., Brewer G. J., Grover R. F. *J. Lab. Clin. Med.*, 1969, 73, 4, 603.
10. Hasart E., Roth W., Härtel R., *Med. u. Sport*, 1975, 15, 11, 349.
11. Lenfant C., Torrance J., English E., Finch C. A., Reynafarje C., Ramos J., Faure J. J. *Clin. Invest.*, 1968, 47, 12, 2652.
12. Muralt A. In: *The physiological effects of high altitude.* Oxford—London—New York—Paris, 1964, p. 84, 13<sup>a</sup>.
13. Pelllicia A. *Med. d. Sport. (Roma)*, 1976, 29, 7, 281.
14. Remes K., Häkänen M., Vuopio P., Petokallio P. *J. Sport Med.*, 1975, 15, 2, 113.
15. Rörth M., Nygaard S. F., Parving H. H. *Scand. J. clin. Lab. Invest.*, 1972, 29, 3, 329.
16. Shappell S. D., Murray J. A., Bellingham A. J., Woodson R. D., Detter J. C., Lenfant C. J. *J. Appl. Physiol.*, 1971, 30, 6, 827.