

**УДК 612.014.462.6+613.731+796.4**

## **ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНОГО ОТДЫХА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

*Найдич С.И.*

*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина  
E-mail: tournesi@rambler.ru*

Выявлено, что активный отдых является наиболее эффективным средством нейтрализации кислых продуктов мышечного метаболизма по сравнению с пассивным восстановлением и дыханием газовой смесью с повышенным содержанием кислорода. Наибольшая скорость восстановления кислотно-основного равновесия отмечалась во время физической работы умеренной мощности, соответствующей 32,4% от максимального потребления кислорода. При активном восстановлении одновременно с ликвидацией кислых продуктов обмена веществ повышается содержание буферных бикарбонатов и общего количества растворенного и химически связанного  $\text{CO}_2$ .

**Ключевые слова:** мышечная деятельность, внешнее дыхание, восстановление.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В спортивной медицине широко изучаются возможности ускорения ликвидации кислых продуктов анаэробного обмена и восстановления функции внешнего дыхания с помощью средств активного отдыха [1, 2]. В механизмах повышения общей работоспособности организма центральное место отводится погашению кислородного долга, нейтрализации молочной кислоты, во многом лимитирующей двигательную активность человека. Однако кислородная терапия, повышающая насыщение артериальной крови кислородом, незначительно уменьшает концентрацию лактата, в то время как физические упражнения умеренной мощности быстрее способствуют устранению молочной кислоты и восстановлению уровня физической работоспособности человека [3]. В то же время, точные параметры активного отдыха (мощность и длительность воздействия) были определены лишь примерно [3].

Целью настоящей работы было дальнейшее изучение проблемы развития мышечного утомления и поиск наиболее эффективных методов и средств ускорения восстановления функций внешнего дыхания после интенсивной мышечной деятельности.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В исследованиях принимали участие 14 велосипедистов высокой квалификации (от первого разряда до мастеров спорта) в возрасте  $18,6 \pm 1,8$  лет, ростом  $171,8 \pm 2,2$  см, массой тела  $63,4 \pm 2,6$  кг, имеющих жизненную емкость легких (ЖЕЛ)  $4966,0 \pm 244$  мл, максимальное потребление кислорода (МПК) -  $70,6 \pm 1,8$  мл/мин/кг,

значение порога анаэробного обмена (ПАНО) -  $68,2 \pm 3,2\%$  от МПК. Обследования выполняли в условиях относительного покоя, во время работы на велоэргометре при ступенчато-возраставшей нагрузке до полного утомления и в период реституции [4]. Все лица участвовали в четырех различных сериях исследований, проводимых ежедневно. В первый день выполняли работу ступенчато-возраставшей мощности, затем спортсмены пассивно отдыхали сидя в мягком кресле. На следующий день повторялся эксперимент по развитию мышечного утомления. При этом по окончании максимальной нагрузки спортсмены продолжали работать еще в течение 20 мин, сопротивление на педалях велоэргометра составляло 100 Вт. Такое упражнение использовали в качестве средства активного отдыха. На третий день в состоянии утомления для повышения скорости восстановления функций внешнего дыхания испытуемые в течение 20 мин дышали газовой смесью, содержащей 34,2%  $O_2$ . В каждом эксперименте испытуемых подключали через загубник к мешку Дугласа и в течение 20 мин собирали весь выдыхаемый воздух для анализа общего количества, потребляемого  $O_2$  и выдыхаемого  $CO_2$ . На четвертый день во время 20-минутной работы с нагрузкой 100 Вт регистрировали газообмен и оценивали кислородный запрос, используемый организмом для восстановления химизма крови при мышечном утомлении. Полученные данные во всех обследованиях сравнивали между собой с целью выявления наиболее эффективного метода ликвидации кислородного долга и регуляции кислотно-основного равновесия. Функции внешнего дыхания изучали по методу Дугласа-Холдена в открытой системе с использованием кислородных приборов КП-24 М. Пробы выдыхаемого воздуха собирали во время работы и в период восстановления. Анализировали следующие показатели: частоту дыхания (f), легочную вентиляцию (VE), дыхательный объем (VT), потребление кислорода ( $VO_2$ ), выделение углекислого газа ( $VCO_2$ ), дыхательный коэффициент (ДК), коэффициент использования кислорода (КИК), процентные величины утилизации кислорода ( $FeO_2$ ) и выделения углекислого газа ( $FeCO_2$ ). Кроме того, у восьми человек этой группы брали капиллярную кровь из пальца, определяли показатели pH на микроанализаторе ОР=210/3 методом насыщения газовыми смесями, содержащими 5,4 и 11,6%  $CO_2$  в кислороде. Достоверность анализа контролировали по номограмме относительно нормальной буферной линии, соответствующей цельной крови с содержанием 15,0 г % НБ при полном насыщении кислородом. Записывали pH истинной крови, избыток нелетучих кислот (BE), количество буферных оснований (BB), содержание актуального (AB) и стандартного (SB) бикарбонатов, парциальное давление ( $PaCO_2$ ), а также общее количество растворенного и химически связанного углекислого газа ( $pCO_2$ ). О скорости восстановления кислотно-основного равновесия судили по приросту величины BE за 20-минутный отрезок времени при пассивной и активной формах отдыха, а также во время дыхания газовой смесью. Материалы исследований обработаны методом вариационной статистики. Рассчитывали средние величины (M), ошибку средней (m), вероятность различия (p).

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Работа на велоэргометре до полного утомления характеризовалась интенсификацией функций кардиореспираторной системы: легочная вентиляция увеличивалась до  $147,3 \pm 1,5$  л/мин. частота сердечных сокращений до  $196,4 \pm 2,7$  уд/мин, максимальное потребление кислорода — до  $70,6 \pm 1,8$  мл/мин/кг. В восстановительном периоде происходило постепенное снижение исследуемых параметров до уровня покоя (табл. 1).

**Таблица 1.**

**Показатели внешнего дыхания и газообмена у спортсменов в состоянии утомления, в условиях пассивного и активного отдыха, во время дыхания гипероксической газовой смесью**

Показатели	Исходные величины	При максимальной нагрузке	На 20-й минуте восстановления		
			Пассивный отдых	Активный отдых	Дыхание смесью 34%O <sub>2</sub>
<b>f</b> , дых/мин	14.5±0,75	57,3±2,4	17,6±1.0	24,4±2,6	25.7±2.0
<b>VT</b> , мл	692,0±42	2610,0±140	770,0±50	1028,4±75	690,4±48
<b>VE</b> , л/мин	10,2±0,6	147,3±1,5	13,6±1,2	25,4±2.1	12,8±1,0
<b>VCO<sub>2</sub></b> , мл/мин	237,6±10	4037,2±184	284,2±16	1067,2±42	332.8±10
<b>VO<sub>2</sub></b> , мл/мин	302,7±15	4306,4±208	433,0±14	1350,7±75	502,8±10
<b>R</b> , отн.ед	0,80±0.015	0,94±0,007	0,60±0.02	0,72±0,08	0,56±0.008
<b>FE<sub>CO<sub>2</sub></sub></b> , %	2,65±0,09	3,23±0,12	2.30±0,07	4.26±0,09	2,62±0,08
<b>FE<sub>O<sub>2</sub></sub></b> , %	3,37±0,10	3,40±0,10	2,92±0,07	5,33±0,07	4,57±0,07
<b>КИК</b> , мл/л	30,4±1,6	30,0±1,8	31,5±2.4	49,4±1,7	45,5±±3,4

В условиях пассивного отдыха на 20-й мин реституции показатели газообмена превышали исходные более чем на 40%, дыхательный коэффициент уменьшался до  $0,60 \pm 0,020$ , что свидетельствовало о задержке метаболической углекислоты в организме человека. При ингаляции гипероксической газовой смеси величина дыхательного коэффициента снижалась еще больше и составляла  $0,56 \pm 0,008$  отн.ед., продукция CO<sub>2</sub> увеличивалась по сравнению с условиями пассивного отдыха с  $284,2 \pm 16$  до  $332,8 \pm 10$  мл/мин ( $p < 0,01$ ), потребление кислорода с  $433,0 \pm 14$  до  $592,8 \pm 58$  мл/мин ( $p < 0,001$ ). Высокая функциональная мобильность аппарата внешнего дыхания наблюдалась во время активного отдыха, предусматривающего выполнение работы с нагрузкой 100 Вт, что эквивалентно 32,4% МПК. Объем легочной вентиляции при этом увеличивался до  $25,4 \pm 2,1$  л/мин, потребление кислорода равнялось  $1350,7 \pm 75$  мл/мин, дыхательный коэффициент соответствовал физиологической норме ( $0,72 \pm 0,08$ ).

Ступенчато-возрастающая нагрузка вызывала пропорциональное увеличение потребления кислорода. В период реституции уровень газообмена в основном

зависел от режима восстановления, заданного программой исследования. В условиях активного отдыха потребление кислорода составляло в среднем 1350,7 мл/мин, при ингаляции гипероксической газовой смеси — 592,8 мл/мин, во время пассивного отдыха — 433,0 мл/мин. В условиях пассивного отдыха полная ликвидация дефицита кислорода была зарегистрирована на 80-й мин восстановления. При активном отдыхе отмечалось ускорение снижения газообмена до исходного уровня. Дыхание гипероксической газовой смесью существенно не влияло на величину кислородного долга.

При изучении общего объема выдыхаемого воздуха самое большое потребления кислорода отмечалась самое большое потребления кислорода (рис. 2).

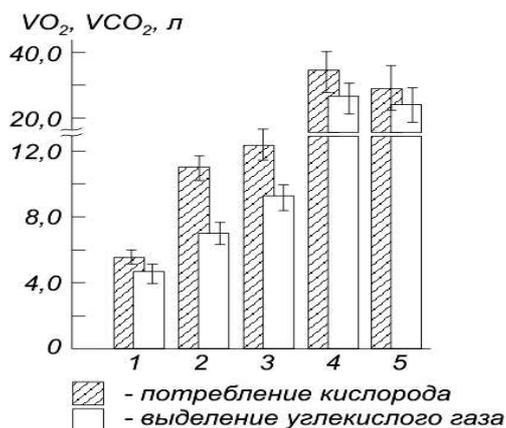


Рис. 2. Общие показатели потребления кислорода и выделения углекислого газа за 20-минутный период обследования

Примечание: 1 – в состоянии относительного покоя; 2 – при пассивном отдыхе после нагрузки; 3 – во время дыхания гипероксической газовой смесью; 4 – в условиях активного отдыха; 5 – кислородный запрос активного отдыха

Заслуживает внимания следующий факт: для погашения кислородной задолженности в условиях активного отдыха организмом расходовалось  $4,6 \pm 0,6$  л кислорода, при пассивном восстановлении и во время дыхания гипероксической газовой смесью —  $6,9 \pm 0,9$  л кислорода.

Одновременно с использованием средств, ускоряющих оксигенацию артериальной крови и устранение кислородного долга, изучалась динамика расхода и регенерации буферных бикарбонатов. Данные, характеризующие кислотно-основное состояние крови, показаны на рис. 3. При максимальной нагрузке величина рН снижалась с  $7,400 \pm 0,015$  до  $7,115 \pm 0,008$ , восстановление до исходных значений происходило с различной скоростью в зависимости от применяемых средств. Аналогичная картина наблюдалась со стороны других показателей. Наибольшая скорость нейтрализации кислых продуктов обмена веществ отмечалась во время физической нагрузки небольшой мощности, наименьшая — при пассивном

отдыхе. Дыхание кислородосодержащей газовой смесью не влияло на скорость снижения концентрации нелетучих кислот. Активная форма отдыха значительно ускоряла процессы восстановления кислотно-основного равновесия крови и ресинтеза буферных бикарбонатов. Особенно глубокие изменения отмечались во время работы в условиях анаэробного гликолиза при интенсификации функции бикарбонатной буферной системы. Во время кратковременной восстановительной нагрузки происходило пополнение израсходованного количества эндогенной углекислоты.

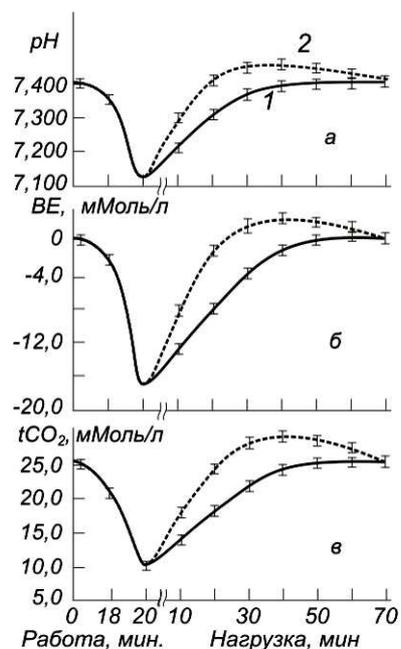


Рис. 3. Динамика показателей кислотно-основного состояния крови во время работы на велоэргометре и в период реституции

**1** – при пассивном восстановлении; **2** – под влиянием активного отдыха;

**а** - изменение рН; **б** – нелетучих кислот;

**в** – общего количества растворенного и химически связанного  $\text{CO}_2$ ;

**ось абсцисс** – мощность порога анаэробного обмена (235 ватт),

- максимальная мощность (350 ватт),

- время восстановления (10-70 мин)

Интенсивная мышечная деятельность, совершаемая в условиях анаэробного гликолиза, сопровождается снижением оксигенации гемоглобина, появлением гипоксемии артериальной крови и кислородного долга [5]; способствует накоплению кислых продуктов обмена веществ [6], нарушению кислотно-основного равновесия и развитию глубокого метаболического ацидоза [7]. Избыток молочной кислоты, возникающий во время работы большой мощности, уменьшается в период

реституции одновременно с ликвидацией кислородного долга [8]. При этом отмечается высокая степень корреляции между скоростью снижения концентрации лактата и погашением кислородного долга за счет интенсификации функций внешнего дыхания [9]. Однако в наших исследованиях наблюдалось некоторое рассогласование между длительностью восстановления кислотно-основного равновесия и интенсивностью газообмена. В условиях активного отдыха прирост  $\dot{V}E$  составляла в среднем 0.670 мМоль/л/мин, при дыхании газовой смесью - 0,352 мМоль/л/мин, во время пассивного отдыха - 0,327 мМоль/л/мин. Высокие показатели утилизации кислорода за 20-минутный период восстановления были отмечены при ингаляции гипероксической газовой смеси ( $6,9 \pm 0,9$  л), значительно меньшие - во время пассивного отдыха ( $5,5 \pm 0,7$  л), самые малые - при активном восстановлении ( $4,6 \pm 0,60$  л). Увеличение потребления кислорода при ингаляции гипероксической газовой смесью должно было сопровождаться усилением окислительно-восстановительных реакций и повышением продукции  $CO_2$ . Между показателями потребления кислорода и выделения углекислого газа существует определенная пропорциональная зависимость, характеризующаяся отношением  $VCO_2/\dot{V}O_2$ . Снижение дыхательного коэффициента в среднем до 0,56 отмечалось благодаря повышению потребления  $O_2$ , при этом, однако, не было соответствующего усиления продукции углекислого газа. Дыхание гипероксической газовой смесью сопровождается, как правило, полной оксигенацией гемоглобина, нарастанием парциального давления  $O_2$  в альвеолярном воздухе и дополнительным растворением кислорода в жидкой среде организма [10]. Таким образом, увеличение потребления кислорода за счет его растворения в крови не приводит к активизации метаболизма в тканях. Вместе с тем увеличение парциального давления  $O_2$  не всегда сопровождается пропорциональным повышением напряжения кислорода в отдельных органах и тканях [11]. Некоторые авторы объясняют отставание насыщения тканей кислородом замедлением капиллярного кровотока, сосудосуживающим действием кислорода, снижением тканевых обменных процессов [12]. Утилизация кислорода не зависит от его парциального давления и изменяется прямо пропорционально интенсификации дыхания в клетках [13]. Следовательно, отмеченное в наших исследованиях увеличение потребления кислорода во время дыхания гипероксической газовой смесью в состоянии утомления происходило благодаря нарастанию парциального давления  $O_2$  в альвеолярном воздухе и крови, что способствовало дополнительному растворению кислорода в организме, но не влияло на скорость нейтрализации нелетучих кислот.

Многие исследователи вообще отрицают аэробные пути нейтрализации молочной кислоты, потому что ее содержание снижается при физической работе умеренной мощности в зависимости от продолжительности нагрузки и не зависит от величины кислородного долга [1]. В ряде исследований [2] было показано значительное уменьшение концентрации молочной кислоты под влиянием умеренной физической нагрузки (30-40% от МПК). Тем не менее, механизм выведения молочной кислоты остается не изученным. По мнению одних авторов избыток молочной кислоты связывается в работающих мышцах при активном режиме восстановления. При этом, чем большая мышечная масса участвует в

работе, тем быстрее происходит нейтрализация молочной кислоты. Объясняется это тем, что во время физической работы молочная кислота довольно быстро переходит и из мышечных тканей в кровь и обратно, при этом увеличивается кровоток в тканях, усиливаются обменные процессы, способствующие ее окислению (14). По сведениям других авторов, большое количество молочной кислоты нейтрализуется печенью во время выполнения физических упражнений (15). Предполагается, что связывание молочной кислоты происходит при глюконеогенезе, т.е. в процессе образования глюкозы из неуглеводных соединений - пировиноградной и молочной кислот. Между гликолизом, интенсивно протекающим в скелетных мышцах в режиме анаэробной деятельности и глюконеогенезом, существует тесная корреляция. Во время физических упражнений большой мощности активизируется гликолиз с образованием молочной кислоты. Значительная часть молочной и пировиноградной кислот в процессе глюконеогенеза превращается в глюкозу, которая затем используется как энергетический субстрат для скелетных мышц [16].

Экспериментально были определены многие факторы, влияющие на скорость нейтрализации молочной кислоты во время восстановительных физических упражнений. При физических нагрузках умеренной мощности эффективность метаболического способа ее нейтрализации определяется способностью различных тканей к связыванию и утилизации кислых продуктов анаэробного гликолиза. В миокарде и скелетных мышцах молочная кислота может окисляться до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . В тканях печени окисляется около 20% от количества, нейтрализованного печенью. Наиболее эффективно молочная кислота связывается в печени за счет глюконеогенеза. В этом случае ускорение нейтрализации молочной кислоты совпадает с дополнительным синтезом глюкозы [17]. По данным [15] процесс глюконеогенеза выступает как физиологически адекватный способ нейтрализации пировиноградной и молочной кислот.

В условиях активного отдыха наряду с ускорением нейтрализации нелетучих кислот происходило увеличение содержания буферных бикарбонатов, общего количества химически связанного углекислого газа и его парциального давления в альвеолярном воздухе и крови. Возможные причины снижения уровня накопления молочной кислоты изучались многими авторами, но механизм регуляции кислотно-основного равновесия в условиях острого физического утомления ранее не обсуждался. Показано, что при интенсивной мышечной деятельности развитие метаболического ацидоза, характеризующегося значительным снижением величины рН и накоплением молочной кислоты, происходит одновременно с падением напряжения  $\text{CO}_2$  в крови и парциального давления — альвеолярном воздухе [7]. С увеличением концентрации молочной кислоты до 15 мМоль/л происходит эквивалентное снижение напряжения углекислого газа в крови; при нарастании содержания молочной кислоты до 30 мМоль/л, напряжение углекислого газа в крови может падать до нуля [1]. В наших исследованиях при максимальной нагрузке общее содержание угольной кислоты, бикарбонатов, растворенного  $\text{CO}_2$  в крови снижались в среднем на 38,5% от исходных данных. Парциальное давление углекислого газа падало до  $33,8 \pm 0,10$  гПа, что происходило по причине разрушения буферных бикарбонатов при связывании кислых продуктов обмена веществ и

удалении неметаболической углекислоты. Во время обследования спортсменов методом ступенчато-повышающейся мощности выделение буферного излишка  $\text{CO}_2$  составляло около 9,2 л. При пассивном восстановлении отмечалась задержка метаболической углекислоты в тканях. В состоянии мышечного утомления аккумуляция  $\text{CO}_2$  в организме человека рассматривается в качестве основной физиологической реакции процесса авторегуляции газового состава крови и кислотно-основного равновесия. Величина задержанной углекислоты, может служить своеобразным показателем количества нейтрализованной молочной кислоты [18]. Снижение выделения углекислого газа в состоянии утомления наблюдали и другие авторы [19]. В условиях активного отдыха отмечалась также аккумуляция углекислоты, о чем свидетельствовало уменьшение величины дыхательного коэффициента до  $0,720 \pm 0,08$  за счет снижения выделения  $\text{CO}_2$  через легкие. Таким образом, во время активного отдыха отмечается задержка углекислоты, которая способствует регуляции газового состава крови и ресинтезу буферных бикарбонатов. Следует учесть, что в условиях активного восстановления феномен накопления эндогенного  $\text{CO}_2$  проявлялся менее выражено по отношению к скорости нарастания концентрации бикарбонатов крови. Следовательно, одновременно может существовать и другой механизм восстановления общего содержания химически связанного углекислого газа. Регуляция газового состава внутренней среды организма может осуществляться током крови благодаря перераспределению  $\text{CO}_2$  в тканях. В организме человека постоянно содержится около 130 л химически связанного углекислого газа: в мышцах находится примерно 10 л, в легких — 1,3 л, в костях — 113 л [20]. Изменения напряжения углекислого газа в одних органах через кровь будут передаваться в другие. При активном отдыхе данный механизм регуляции газового состава наиболее вероятен, потому что физические упражнения умеренной мощности усиливают кровообращение, способствуют связыванию гемоглобином молекулярного  $\text{CO}_2$ , транспортировке и перераспределению его в другие органы и ткани.

### **ВЫВОДЫ**

1. Активный отдых является наиболее эффективным средством нейтрализации кислых продуктов мышечного метаболизма по сравнению с пассивным восстановлением и дыханием газовой смесью с повышенным содержанием кислорода. Наибольшая скорость восстановления кислотно-основного равновесия отмечалась во время физической работы умеренной мощности, соответствующей 32,4% от максимального потребления кислорода.
2. Дополнительное потребление кислорода в период реституции при ингаляции гипероксической газовой смесью не влияет на скорость связывания кислот и не содействует восстановлению газового гомеостаза.
3. При активном восстановлении одновременно с ликвидацией кислых продуктов обмена веществ повышается содержание буферных бикарбонатов и общего количества растворенного и химически связанного  $\text{CO}_2$ .

Список литературы

1. Goltick P.D. Biochemical adaptations to exercise: anaerobic metabolism / P.D. Goltick, L. Hermansen // Exercise and sport sciences reviews. – 1973. – Vol. 1, No 1. – P. 1.
2. Blood lactic acid removal during treadmill and bicycle exercise at various intensities / R.A. Boileau, J.E. Misner, G.L. Dykstra [et al.] // J. Sports Med. and Phys. Fitness. – 1983. – Vol. 23, No 2. – P. 159.
3. Gisolfi C. Effects of aerobic work performed during recovery exhausting work / C. Gisolfi, S. Robinson, E. Turrell // J. Appl. Physiol. – 1966. – Vol. 21, No 6. – P. 1767.
4. Заиорский В.М. Основы спортивной метрологии / Заиорский В.М. – М.: ФИС, 1979. – 152 с.
5. Saturation of arterial blood with oxygen during maximal exercise / L. Rowell, H. Taylor [et al.] // J. Appl. Physiol. – 1964. – Vol. 19, No 2. – P. 284.
6. Wasserman K. Excess lactate concept on oxygen debt of exercise / K. Wasserman, G. Burton, A. Kessel // J. Appl. Physiol. – 1965. – Vol. 20, No 5. – P. 1299.
7. Doll E. Oxygen tension and acid-base and equilibrium in venous blood to working muscle / E. Doll, J. Keyl, C. Maiwald // Amer. J. Physiology. – 1968. – Vol. 215, No 1. – P. 23.
8. Kinetics and mechanism of oxygen debt contraction in man / R. Margaria, P. Cerretelli, P.E. Di Prampero [et al.] // J. Appl. Physiol. – 1963. – Vol. 18, No 3. – P. 371.
9. Tomas D. Respiration oxygen debt and excess lactate in man / D. Tomas, C. Gaos, W. Vaughan // J. Appl. Physiol. – 1965. – Vol. 20, No 4. – P. 898.
10. Жиронкин А.Г. Кислород, физиологическое и токсическое действие / Жиронкин А.Г. – Л.: Наука, 1972. – 172 с.
11. Саноцкая Н.В. Изменения напряжения кислорода в тканях при гипо- и гипероксии / Н.В. Саноцкая // Бюл. экспериментальной биологии и медицины. – 1961. – Т. 51, № 6. – С. 33.
12. Коваленко Е.А. Оксигенация тканей мозга при дыхании воздухом и кислородом с примесью CO<sub>2</sub> / Е.А. Коваленко, В.Л. Попков, И.Н. Черняков // Физиол. журнал СССР. – 1964. – Т. 50, № 2. – С. 177.
13. Березовский В.А. Профиль концентрации кислорода в клетке и некоторые спорные вопросы перемещения свободного кислорода / В.А. Березовский, В.С. Сушко // Физиол. Журнал – 1984. – Т. 30, № 3. – С. 345.
14. Hermansen L. Production and removal of lactate during exercise in man / L. Hermansen, I. Stensuold // Acta Physiol. Scand. – 1972. – Vol. 86, No 2. – P. 191.
15. Splanchnic removal of lactate and pyruvate during prolonged exercise in man / L. Rowell, K.K. Kraning, T.O. Evans [et al.] // J. Appl. Physiol. – 1966. – Vol. 21, No 6. – P. 1771.
16. Березов Т.Т. Биологическая химия. / Т.Т. Березов, В.Ф. Коровкин– М.: Медицина, 1983. – 752 с.
17. Himwich H. Studies in carbohydrate metabolism / H. Himwich, Y. Koskoff, L. Manum // J. Biol. Chem. – 1930. – Vol. 85, No 4. – P. 571.
18. Hill A.V. Muscular activity. / Hill A.V. – London: Tindal, 1926. – 115 p.
19. Крестовников А.Н. Физиология человека. / Крестовников А.Н. – М.: ФИС, 1938. – 507 с.
20. Farhi L. Dynamics of changes in carbon dioxide stores / L. Farhi, H. Rahn // Anesthesiology, 1960. – Vol. 21, No 6. – P. 604.

**Найдич С.І.** Застосування активного відпочинку для відновлення функцій зовнішнього дихання людини / С.І. Найдич // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2013. – Т. 26 (65), № 1. – С. 129-138.

Виявлено, що активний відпочинок є найбільш ефективним засобом нейтралізації кислих продуктів м'язового метаболізму в порівнянні з пасивним відновленням і диханням газовою сумішшю з підвищеним вмістом кисню. Найбільша швидкість відновлення кислотно-основної рівноваги відзначалася під час фізичної роботи помірної потужності, що відповідає 32,4% від максимального споживання кисню. При активному відновленні одночасно з ліквідацією кислих продуктів обміну речовин підвищується зміст буферних бікарбонатів і загальної кількості розчиненого і хімічно пов'язаного CO<sub>2</sub>.

**Ключові слова:** мускульна діяльність, зовнішнє дихання, відновлення.

**Naidych S.I. Application of active rest for renewal of functions of the external breathing of man / S.I. Naidych** // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2013. – Vol. 26 (65), No. 1. – P. 129-138.

It is reduced, that active rest is the most effective means of neutralization of sour foods of muscular metabolism as compared to passive renewal and breathing by gas mixture with enhance able maintenance of oxygen. Most speed of renewal of acid-basic equilibrium was marked during physical work of moderate power corresponding 32,4% maximal consumption of oxygen. At active renewal simultaneously with liquidation of sour foods of metabolism maintenance of buffer bicarbonates and general amount raises cut-in and chemically constrained CO<sub>2</sub>.

**Keywords:** muscular activity, external breathing, renewal.

*Поступила в редакцию 14.02.2013 г.*