

ОРДENA В.И. ЛЕНИНА АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК СССР  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ  
им.П.К.АНОХИНА

На правах рукописи

МАКСИМОВИЧ Николай Андреевич

УДК 612.014.464:612.114:615.816

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ КИСЛОРОДА  
В СМЕШАННОЙ ВЕНОЗНОЙ КРОВИ КАК  
ГОМЕОСТАТИЧЕСКОЙ КОНСТАНТЫ ПРИ  
ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

14.00.17 - нормальная физиология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой  
степени кандидата медицинских наук

Москва - 1990

Работа выполнена в Гродненском государственном  
медицинском институте МЗ Белорусской ССР

**НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ :**

доктор медицинских наук, профессор М. В. БОРИСЮК

**ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:**

доктор медицинских наук, профессор Е. А. КОВАЛЕНКО

доктор медицинских наук, профессор В.И. БАДИКОВ

Ведущее учреждение - институт нормальной физиологии

АН УССР имени А. А. Богомольца

Защита состоится “ ” 1990г. в часов  
на заседании специализированного совета Д 001.08.01 по за-  
щите диссертаций на соискание ученой степени доктора наук  
при институте нормальной физиологии им.П.К.Анохина АМН  
СССР ( 103009, Москва, ул.Герцена,д.6 ).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НИИ  
нормальной физиологии им.П.К.Анохина АМН СССР.

Автореферат разослан “ ” 1990 г.

Ученый секретарь специализированного  
совета, кандидат медицинских наук

В.А.Гуменюк

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Системный подход, нашедший свое выражение в теории функциональных систем П. К. Анохина ставит перед исследователями новые задачи в плане оценки уровня функционирования сложных систем (П. К. Анохин, 1968; 1970; 1975; К. В. Судаков, 1976; 1983; 1987). В соответствии со взглядами П. К. Анохина уровень функционирования систем может оцениваться по изменению конечного приспособительного результата ее деятельности. Сложные динамические системы, какой является система транспорта кислорода (СТК), являются мультипараметрическими и оценка их должна производиться по совокупности экстенсивных и интенсивных показателей (В. А. Шидловский, 1973).

Известно, что должное потребление кислорода тканями задается условиями его диффузии: капиллярно-тканевыми градиентами  $P_{O_2}$  и площадями диффузии. Однако, в силу объективной реальности измерить площади диффузии и градиенты  $P_{O_2}$ , как "предконечные результаты" деятельности СТК (М. В. Борисюк, 1982) в реальных условиях представляется трудным. Поэтому традиционно оценка уровня функционирования СТК осуществляется преимущественно по изменению параметров, характеризующих систему на ее "входе" ( $P_{aO_2}$ ,  $S_{aO_2}$ , МОК, АД и др.).

Вместе с тем, показатель напряжения кислорода в смешанной венозной крови ( $PvO_2$ ) используется для оценки тяжести состояния больных в анестезиологии и реаниматологии (М. Я. Ходас и соавт., 1968-1982; Э. М. Николаенко, 1986; Г. А. Рябов, 1988; Ab ergman A., 1977; 1987; Armstrong R. F. et al., 1978; Lang F., 1983). А. Абергман (1987), в частности, считает, что  $PvO_2$  является интегральным показателем, характеризующим перенос кислорода из крови в ткани, и определяет этот параметр как "давление, движущее кислород к ткани".

Анализ проблемы транспорта кислорода с позиции теории функциональных систем П. К. Анохина (Е. А. Юматов, 1973 - 1976; М. В. Борисюк, 1982 - 1989; А. Н. Меделяновский, 1987) позволяет предположить, что  $PvO_2$  может характеризовать "выход" СТК. Такое предположение в значительной мере согласуется с недавно появившимися работами (Bergofsky E. H. et al., 1963; 1963; Marshall C., Marshall B. E., 1981; 1983; Hughes J. D., Rubin L. J., 1984; Vargh G. et al., 1985), в которых активно разра-

оатывается концепция об участии  $P_vO_2$  в реализации гипоксической легочной вазоконстрикции. Последняя, в свою очередь, играет важную роль в определении газового состава крови на "выходе" СТК, что наводит на исследование  $P_vO_2$  как гомеостатической константы.

Кроме того следует отметить, что несмотря на широкое применение  $P_vO_2$  в клинических условиях, данный показатель предложен без достаточного теоретического обоснования и, главным образом, в силу доступности его определения. Не было проведено его оценки с другими показателями гемодинамики и кислородтранспортной функции крови (КТОК), не показана его зависимость от них, не раскрыта степень информативности и устойчивость его относительно других показателей, характеризующих СТК.

Целью настоящей работы явилось исследование  $P_vO_2$  как гомеостатической константы путем изучения динамики величины  $P_vO_2$  относительно других показателей системы транспорта кислорода при различных режимах искусственной вентиляции легких атмосферным воздухом.

В ходе исследования решались следующие задачи:

1. Комплексное изучение центральной гемодинамики и кислородтранспортной функции артериальной и смешанной венозной крови у экспериментальных животных при различных режимах искусственной вентиляции легких (ИВЛ).

2. Выяснение физиологической значимости  $P_vO_2$  и обоснование этого параметра как гомеостатической константы путем:

а) изучения специфики корреляционных зависимостей  $P_vO_2$  с совокупностью показателей, характеризующих СТК при различных режимах искусственного дыхания;

б) разработки критериев оценки уровня напряженности функционирования СТК, являющей собой результат интеграции функций сердечно-сосудистого аппарата и крови;

в) описания с помощью уравнений линейной регрессии зависимости  $P_vO_2$  от отдельных показателей, характеризующих уровень функционирования СТК при ИВЛ;

г) изучения органных особенностей формирования величины  $P_vO_2$  при различных режимах искусственного дыхания;

д) установления методом дискриминантного анализа степени устойчивости и информационной значимости  $P_vO_2$  относительно других параметров СТК при ИВЛ.

Научная новизна. При различных режимах ИВЛ впервые проведено комплексное исследование множества параметров, характеризующих состояние кардио-васкулярного и гемического компонентов СТК. Это позволило методами математической обработки дать сравнительную оценку информационной значимости изменения каждого из них, выявить степень устойчивости, раскрыть наиболее вероятные функциональные взаимоотношения между отдельными показателями при нормо-, гипо- и гипервентиляционных режимах ИВЛ.

Впервые методом сравнительного и дискриминантного анализа показано, что  $P_{vO_2}$  следует рассматривать как гомеостатическую константу, целесообразность наличия которой подтверждается ее участием в реализации гипоксической легочной вазоконстрикции.

Дано обоснование необходимости различий в  $P_{O_2}$ , оттекающей от отдельных органов, как переменных, формирующих  $P_{vO_2}$ .

Разработан метод оценки уровня функционирования СТК как сложной мультипараметрической системы, основанный на расчете плотности корреляционных матриц.

Впервые методом линейных регрессий описан ряд зависимостей  $P_{vO_2}$  от состояния других показателей СТК. Их анализ указывает на относительную автономность формирующихся межфункциональных отношений в системе транспорта газов в ответ на возмущения на ее "входе" при неизменяющихся потребностях организма в кислороде.

Установленные в работе особенности функционирования кардио-васкулярного и гемического компонентов СТК, формирования между ними функциональных взаимоотношений способствуют углублению понимания механизмов транспорта кислорода и позволяют представить их как динамический, существенно меняющийся процесс, зависящий от режима ИВЛ.

#### На защиту выносятся следующие положения:

I. Возмущения на "входе" СТК путем изменения частоты и глубины однозначного по минутному объему управляемого дыхания приводят к существенным изменениям взаимоотношений между отдельными показателями СТК, проявляющимся в увеличении между ними количества достоверных причинных и случайных корреляционных связей при режимах искусственного дыхания достигаемых большей частотой. Наибольшее количество корреляционных связей при данных режимах искусственного дыхания наблюдается между  $P_{vO_2}$  и другими показателями, характеризующими СТК.

2. Степень изменения  $P_vO_2$  относительно других показателей гемодинамики и КТФК остается менее выраженной как при нормовентиляционном, так и при гипо- и гипервентиляционных режимах ИВЛ, что дает основание рассматривать  $P_vO_2$  как гомеостатическую константу.

3. Сохранение при гиповентиляционных режимах искусственного дыхания межорганных различий в  $PO_2$  проб крови, оттекающей от отдельных органов, свидетельствует о необходимости этих различий для формирования и стабилизации  $P_vO_2$  путем изменения регионарных условий деоксигенации крови.

#### Научно-практическая значимость работы.

1. Экспериментально обоснованное положение о  $P_vO_2$  как гомеостатической константе позволяет рекомендовать этот параметр шире использовать для оценки транспорта кислорода при различных состояниях.

2. Комплексное исследование динамики изменения показателей, характеризующих СТК при ИВЛ, позволяет расширить знания о механизмах и особенностях формирования общего адаптационного потенциала системы при различных ее режимах. Установлено, что при различных режимах ИВЛ, обеспечивающих один и тот же минутный объем дыхания меньшей частотой, изменения в системе менее выражены.

3. Разработан метод оценки напряженности функционирования СТК, основанный на увеличении общего количества достоверных корреляционных связей между  $P_vO_2$  и отдельными показателями СТК при гиповентиляционных режимах ИВЛ. При возможности комплексного исследования параметров, характеризующих СТК, и машинной обработке данных метод может быть использован как в научно-исследовательской работе, так и в клинической практике.

4. Описанные в виде уравнений линейной регрессии закономерности и особенности взаимодействия  $P_vO_2$  с рядом параметров гемодинамики и КТФК во время управляемого дыхания, могут быть использованы при математическом моделировании транспорта кислорода.

Внедрение. Теоретические положения, методические подходы и выводы диссертации используются в научно-исследовательской работе и в учебном процессе на кафедре нормальной, патологической физиологии и курсе анестезиологии и реаниматологии в Гродненском медицинском институте.

Публикации и апликация работы. По теме диссертации опубликовано 9 работ. Основные результаты диссертации доложены на Всесоюзном рабочем совещании "Транспорт газов в системе микроциркуляции (Проблемы и методы)" (Гродно, 1985, 1987), на заседании Гродненского отделения общества физиологов (Гродно, 1986, 1988, 1989); на рабочем совещании "Моделирование функциональных систем организма: физиологические и математические аспекты" (Киев, 1987); на VII съезде Белорусского физиологического общества имени И. П. Павлова (Кишинев, 1987); на Всесоюзном рабочем совещании "Способы коррекции гипоксии в тканях" (Чальчик, 1988); на выездном Пленуме проблемной комиссии "Механизмы системной организации физиологических функций" АМН СССР (Гродно, 1989); на IV Всесоюзном съезде патофизиологов (Кишинев, 1989); на III, IV и V областных конференциях молодых ученых и специалистов (Гродно, 1986, 1987, 1988); а также на III республиканской конференции молодых ученых и специалистов Белоруссии (Гродно, 1989).

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 203 машинописных страницах, состоит из введения, обзора литературы, описания объекта и методов исследования, собственных исследований, обсуждения результатов исследований и выводов. Работа иллюстрирована 27 рисунками, содержит 13 таблиц, список литературы включает 291 источник, в том числе 107 работ отечественных авторов.

#### Материал и методы исследований.

Для решения поставленных в работе задач проведено 268 опытов на 67 беспородных собаках обоего пола массой 8-12 кг с использованием четырех стандартизованных режимов ИВЛ. Опыты проводились в условиях нембуталового наркоза (30-40 мг/кг) при выключенном миорелаксантами дыхании (миорелаксин - 1 мг/кг). Предполагалось, что при наркозе в миорелаксации потребность организма в кислороде не изменяется, а варьирование частотой дыхания и дыхательным объемом создаст различные возмущения на "входе" СТК. Реакция же совокупности исследованных параметров, характеризующих СТК, позволит выяснить формирующиеся на различных уровнях ее организации (системном, органном) функциональные взаимоотношения в ответ на эти возмущения при относительно постоянных потребностях организма в кислороде. Характеристика примененных режимов ИВЛ представлена в таблице I.

Таблица I.

## Характеристика режимов ИВЛ

|                            |      |      |
|----------------------------|------|------|
| Минутный объем дыхания, л  | 2    | 3    |
| Частота дыхания (ЧД) в мин | 20   | 40   |
| Дыхательный объем (ДО), л  | 0,10 | 0,05 |
| № режима ИВЛ               | I    | II   |
|                            | III  | IV   |

При выборе параметров ИВЛ принималось во внимание, что отношение ДО к массе тела является межвидовой константой и находится в пределах 8 мл/кг (Mortola J. P., Naworaj A., 1985). Наряду с оптимальным режимом ИВЛ (I), использовали режимы с заведомо пониженным (II, III) и повышенным (IV) ДО, которые при соответствующей частоте дыхания обеспечивали адекватный исходным условиям минутный объем вентиляции, равный 2 либо 3 литрам.

В ходе экспериментов у животных I серии (43 собаки) в исходных условиях и на 5, 10 и 15 минутах всех режимов ИВЛ проводили комплексное изучение основных параметров центральной гемодинамики и КТБК. Путем прямого измерения изучали артериальное (АД) и центральное венозное давление (ЦВД). Методом терmodиллюции (М. И. Гуревич, С. А. Берштейн, 1976) оценивали ударный (УОК), минутный (МОК) и центральный объем кровообращения (ЦОК). Частоту сердечных сокращений (ЧСС) определяли по электрокардиограмме. Рассчитывали минутную работу сердца ( $A_M$ ) и общее периферическое сопротивление ( $R_{общ.}$ ). На аппарате AVL -939 (Австрия) в артериальной крови изучали напряжение кислорода ( $P_aO_2$ ), углекислого газа ( $P_aCO_2$ ) и  $pH_a$ . Полярометрически в микропробах крови (в модификации М. В. Борисюка, 1982) исследовали кислородную емкость крови ( $KE_a$ ), содержание кислорода ( $C_aO_2$ ) и степень насыщения крови кислородом ( $S_aO_2$ ). Аналогичные параметры изучали в пробах смешанной венозной крови ( $P_vO_2$ ,  $P_vCO_2$ ,  $pH_v$ ,  $KE_v$ ,  $C_vO_2$ ,  $S_vO_2$ ). Кроме того, в пробах смешанной венозной крови фотоколориметрически изучали концентрацию гемоглобина (СНв) и содержание эритроцитов (СЭ), а методом смешивания (Edwards M. J., 1966)

определяли показатель ( $P_{50}$ ) сродства гемоглобина к кислороду ( $\text{CHbO}_2$ ) для оценки хода кривой диссоциации оксигемоглобина (КДО).

Исходя из полученных данных расчитывали некоторые интегративные показатели: системную кислородную емкость (СКЕ), кислород венозного возврата (КВВ), потребление кислорода ( $V\text{O}_2$ ), артерио-венозную разницу по кислороду – (АВР) $\text{O}_2$  и коэффициент утилизации кислорода (КУК).

В отдельной серии исследований (24 собаки) на 15 минуте всех режимов ИВЛ производили отбор и исследование  $\text{PO}_2$  в пробах крови, оттекающей от мозга (*sinus sagittalis*), органов желудочно-кишечного тракта (*v. portae*) и мышц задней конечности (*v. femoralis*).

Полученные величины показателей обработаны с использованием критерия Стьюдента и специальных прикладных программ обработки медико-биологической информации (корреляционный, регрессионный, дискриминантный анализ) на ЭВМ СМ-II407 Мегасалак (ПНР-СССР).

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Комплекс зарегистрированных в ходе экспериментов параметров СТК показал, что первый из предъявленных животным режимов ИВЛ ( $\text{ЧД} \times \text{ДО} = 20 \times 0,10 \text{ л}$ ) оказался нормовентиляционным (НВ), второй – ( $\text{ЧД} \times \text{ДО} = 40 \times 0,05 \text{ л}$ ) и четвертый ( $\text{ЧД} \times \text{ДО} = 60 \times 0,05 \text{ л}$ ) были гиповентиляционными (ГВ), а третий ( $\text{ЧД} \times \text{ДО} = 20 \times 0,15 \text{ л}$ ) – гипервентиляционным (ГпВ).

При НВ режиме ИВЛ уже на 10 минуте снижался МОК, а на 15 минуте – АД. Однако при этом режиме ИВЛ увеличивалось  $P_a\text{O}_2$  и снижались на равнозначную величину интегративные показатели транспорта кислорода (СКЕ, КВВ), свидетельствуя о компенсации в СТК. Перевод животных или человека со спонтанного дыхания на ИВЛ практически всегда сопровождается снижением сердечного выброса (Д. П. Дворецкий, 1984; Conway C. M., 1975; Zanetti C. et al., 1981 и др.).

На 15 минуте ГпВ режима ИВЛ на фоне более выраженной депрессии гемодинамики увеличивались  $P_a\text{O}_2$  (до 118,1 мм рт. ст.) и  $S_a\text{O}_2$ . Гемодинамические нарушения даже при благоприятных значениях  $P_a\text{O}_2$  и  $S_a\text{O}_2$  приводили к снижению  $V\text{O}_2$ . Большинство исследователей снижение сердечного выброса при гипервентиляции связывают с вазоконстрикторным влиянием гипокапии на сосуды

мозга, печени и других областей (В. Л. Кассиль, Н. М. Рябова, 1977 и пр.). Предполагается, что при гиповентиляции легких МОК, АД, ЧСС, кровоток в сердце, легких и скелетных мышцах снижается даже в условиях поддержания  $P_aCO_2$  в нормальных пределах (Albrecht P. F., Miletich D. J., 1974).

Наиболее значительные изменения показателей КТСК и гемодинамики происходили при ГВ режимах ИВЛ. Уже на 5 минуте ГВ режима ИВЛ ( $\text{ЧД} \times \text{ДО} = 40 \times 0,05 \text{ л}$ ) наступали изменения большинства регистрируемых показателей, которые усиливались к 10 и 15 минутам. На 15 минуте этого режима ИВЛ  $P_vCO_2$  по сравнению с исходными данными снизилось с  $48,9 \pm 0,6 \text{ мм рт. ст.}$  до  $43,1 \pm 1,6 \text{ мм рт. ст.}$  ( $P < 0,001$ ) и  $P_aO_2$  с  $88,5 \pm 1,2 \text{ мм рт. ст.}$  до  $72,3 \pm 3,5 \text{ мм рт. ст.}$  ( $P < 0,001$ ). Отмечался сдвиг КДО вправо:  $P_{50}$  станд. увеличивалось с  $31,3 \pm 0,5 \text{ мм рт. ст.}$  до  $32,9 \pm 0,5 \text{ мм рт. ст.}$  ( $P < 0,05$ ).  $C_aO_2$  и  $C_vO_2$  уменьшилось до  $13,7 \pm 0,6 \text{ об\%}$  ( $P < 0,001$ ) и  $10,6 \pm 0,7 \text{ об\%}$  ( $P < 0,001$ ), а  $S_aO_2$  и  $S_vO_2$  до  $67,2 \pm 3,6 \text{ \%}$  ( $P < 0,001$ ) и  $48,9 \pm 3,1 \text{ \%}$  ( $P < 0,001$ ), соответственно. Повышались  $P_aCO_2$  до  $55,6 \pm 1,9 \text{ мм рт. ст.}$  ( $P < 0,001$ ) и  $P_vCO_2$  до  $61,7 \pm 1,8 \text{ мм рт. ст.}$  ( $P < 0,001$ ), что привело к снижению рН.  $P_{50}$  реальн. увеличилось с  $33,4 \pm 0,5 \text{ мм рт. ст.}$  до  $39,4 \pm 0,8 \text{ мм рт. ст.}$  ( $P < 0,001$ ). Вследствие описанных выше изменений уменьшалась (ABP) $O_2$  с  $3,8 \pm 0,2 \text{ об\%}$  до  $3,0 \pm 0,3 \text{ об\%}$  ( $P < 0,01$ ) и  $\dot{V}O_2$  с  $0,00508 \pm 0,00034 \text{ л/кг в мин}$  до  $0,0034 \pm 0,00038 \text{ л/кг в мин}$  ( $P < 0,001$ ). При этом на фоне снижения ЧСС ( $P < 0,001$ ) МОК поддерживался на исходном уровне за счет увеличения УОК с  $0,00085 \pm 0,00005 \text{ л/кг}$  до  $0,00106 \pm 0,00012 \text{ л/кг}$  ( $P < 0,01$ ). Однако вследствие уменьшения  $C_aO_2$  произошло значительное снижение транспорта кислорода к тканям, о чем свидетельствует снижение СКЕ с  $0,0242 \pm 0,011 \text{ л/кг в мин}$  до  $0,0169 \pm 0,0015 \text{ л/кг в мин}$  ( $P < 0,001$ ). Аналогичные изменения  $C_vO_2$  обусловили снижение КВВ с  $0,0196 \pm 0,001 \text{ л/кг в мин}$  до  $0,013 \pm 0,0012 \text{ л/кг в мин}$  ( $P < 0,001$ ). Комплекс вышеперечисленных при этом режиме ИВЛ изменений свидетельствует о нарушении диффузии кислорода на уровне аэрогематического барьера. Аналогичные, но в меньшей степени выраженные изменения происходили и при другом ( $\text{ЧД} \times \text{ДО} = 60 \times 0,05 \text{ л}$ ), ГВ режиме ИВЛ.

Представленная динамика показателей СТК при предъявленных режимах ИВЛ демонстрирует их специфику. При режимах ИВЛ, обеспечивающих один и тот же минутный объем дыхания большей частотой

той, изменения в СТК были более выражены и сопровождались существенной депрессией  $P_vO_2$ . Режимы ИВЛ с меньшей частотой циклических были более адекватными и не вызывали столь значительных изменений  $P_vO_2$ .

Наряду с этим при ИВЛ выявлено менее выраженное снижение  $P_vO_2$ , чем  $P_aO_2$ . Так, если при переходе с 15 минуты I (НВ) режима ИВЛ к 5 минуте II (ГВ) режима ИВЛ  $P_vO_2$  падало на 4,9 %, к 10 минуте - на 8,4 % и к 15 минуте - на 11,3 %, то  $P_aO_2$  снижалось соответственно на 17,2 %, 25,8 % и 30,2 % ( $P < 0,05$ ). Подобное относительное изменение величин  $P_vO_2$  и  $P_aO_2$  отмечено при подъеме животных на высоту (Turek Z. et al., 1980), при гипервентиляционном режиме ИВЛ (Dibois A. B., Gorenberg D., 1977), при дыхании чистым кислородом (Е. А. Коваленко, И. Н. Черняков, 1972) и в ряде других состояний.

С целью выяснения общих закономерностей и особенностей "взаимодействия" основных элементов СТК при различных режимах ИВЛ полученный массив данных, включающий 27 показателей, был подвергнут корреляционному анализу.

НВ режим ИВЛ характеризовался бедностью и непостоянством корреляционных связей между показателями гемодинамики и КТФК. При II (ГВ) режиме ИВЛ наблюдали повышение количества и стабильности реализуемых взаимосвязей. Если на 5 минуте было реализовано 12 статистически значимых корреляционных связей между показателями гемодинамики и КТФК, то на 10 минуте - 32, а на 15 минуте - 40. Приближение величин большинства показателей СТК к исходным данным на III (ГпВ) режиме ИВЛ привело к исчезновению или ослаблению корреляционных связей, имевших место при гиповентиляции. Характер "взаимодействия" элементов СТК напоминал НВ режим ИВЛ. Абсолютное количество реализовавшихся при IV (ГВ) режиме ИВЛ корреляционных связей между показателями гемодинамики и КТФК снова повышалось и составило на 5 минуте - 6, на 10 минуте - 30 и на 15 минуте - 25.

Таким образом, при ГВ режимах ИВЛ (II, IV) параллельно с изменением большинства показателей СТК увеличивается количество корреляционных связей между ними, свидетельствуя о существенной перестройке в этих условиях функциональных взаимоотношений между отдельными свойствами различных компонентов системы. Основные эфекторы СТК при гиповентиляции оказываются перед несобходимостью субредельного и даже критического напряжения своих приспо-

собительных механизмов. Как правило, неблагоприятный характер изменения величин большинства показателей гемического и гемо-

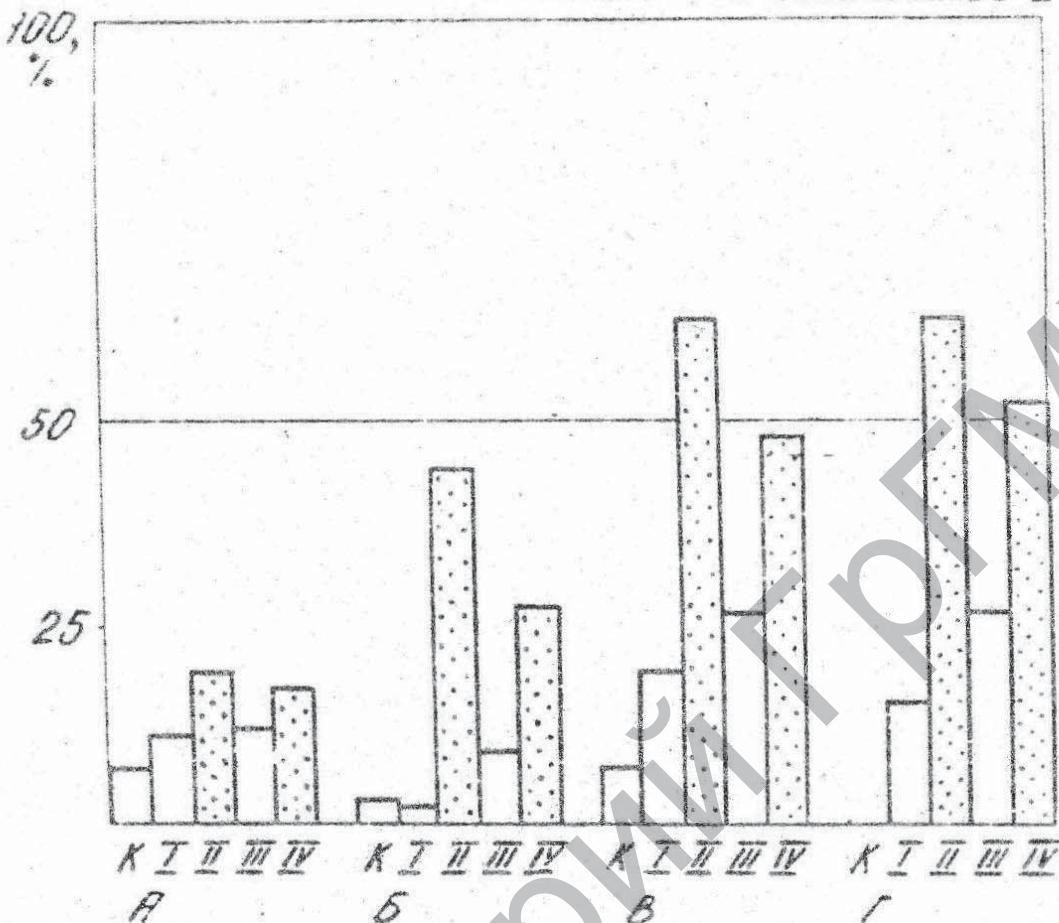


Рис. I. Процент реализованных корреляционных связей ( $P < 0,05$ ) в исходном состоянии (К) и на 15 минуте I, II, III, IV режимов ИВЛ: А - между всеми (27) показателями СТК; Б - между показателями гемодинамики и КТФК; В - между всеми показателями СТК и  $P_vO_2$ ; Г - между всеми показателями СТК и  $P_aO_2$ .

динамического компонентов СТК сочетается с существенным увеличением количества корреляционных связей между ними, что, по нашему мнению, может служить критерием оценки уровня напряженности функционирования СТК.

Однако изменяющийся пул корреляционных связей включает в себя случайные и причинно-обусловленные, т. е. имеющие под собой фило- и онтогенетически закрепленную биологическую целесообразность. Очевидно, вероятность появления таких связей при различных состояниях будет большей, чем случайно-обусловленных корреляционных связей. Поэтому, в связи с предметом анализа этой работы было важно проследить частоту проявления корреля-

ционных связей между  $P_vO_2$  и другими исследованными показателями. Оказалось, что количество корреляционных связей при ГВ режимах ИВЛ между  $P_vO_2$  и другими показателями СТК было достаточно высоким (рис. IB) и сравнимым с таковым для  $P_aO_2$  (рис. IG). Между всеми параметрами СТК (рис. IA) большее количество корреляционных связей реализовалось на 15 минуте II (19,3 %) и IV (16,9 %) ГВ режимов ИВЛ и меньшее (7,1 %) – в исходном состоянии. При первом и третьем режиме ИВЛ выявилоось одинаковое количество корреляционных связей (II,4 % и II,9 %). При исключении из анализа корреляционных связей, реализованных только между отдельными показателями гемодинамики и КТФК процент реализованных корреляционных связей, особенно в условиях гиповентиляции становился более значительным (рис. IB). Наибольшее количество корреляционных связей при ГВ режимах ИВЛ, как отмечалось ранее, реализовалось между  $P_vO_2$  и другими параметрами СТК (рис. IB). Для II режима ИВЛ эта величина составила 63,0 %, а для IV режима ИВЛ – 48,1 % от максимально возможной величины. Это свидетельствует, что процент реализуемых между  $P_vO_2$  и другими параметрами СТК корреляционных связей еще более надежно характеризует уровень напряженности функционирования СТК.

Практически одинаковое количество корреляционных связей, реализованных между  $P_vO_2$  и  $P_aO_2$  с показателями СТК (рис. IB, IG) подчеркивает их высокую значимость в системе. Однако эти показатели, то есть  $P_aO_2$  и  $P_vO_2$ , не могут выступать в качестве конкурентов на большую или меньшую информативность в оценке уровня функционирования СТК, так как характеризуют качественно различные стороны ее деятельности.  $P_aO_2$  характеризует, в первую очередь, условия оксигенации крови в легких, "вход системы", а  $P_vO_2$  – конечные условия деоксигенации крови в тканях, "выход" системы. С другой стороны, схожесть в специфике корреляционных связей между  $P_vO_2$  и  $P_aO_2$  с показателями СТК может свидетельствовать об однозначной сложности механизмов их стабилизации в условиях напряженного функционирования СТК.

Таким образом, меньшая способность взаимодействия эффекторов (судя по количеству корреляционных связей) наблюдалась в исходном состоянии и при режимах ИВЛ с большим ДО (I, III), а большая – при других двух режимах ИВЛ с меньшим ДО (II, IV). Последнее, как отмечалось ранее, свидетельствует о повышении

## напряженности функционирования СТК.

Сведения о специфике изменений в СТК, а также общих особенностях проявления корреляционных связей при различных режимах ИВЛ, позволили с помощью регрессионного анализа подойти к более детальному изучению характера взаимодействия  $P_vO_2$  с некоторыми параметрами СТК. Переход от НВ (I) к ГВ (II, IУ) режимам ИВЛ, на фоне снижения  $P_vO_2$ , сопровождался значительным ростом УОК. Обратная корреляционная зависимость между названными величинами описывалась для этих условий уравнением регрессии (табл. 2).

Таблица 2.

Уравнения линейной регрессии и коэффициенты корреляции, рассчитанные для величины  $P_vO_2$  и других параметров СТК в условиях различных режимов ИВЛ

| №:  | Режимы ИВЛ         | : n | Уравнения регрессии                  | : r   | : P    |
|-----|--------------------|-----|--------------------------------------|-------|--------|
| 1.  | ИД, I, II, IУ      | 310 | $P_vO_2 = 63,31 - 186 \cdot 16$ УСК  | -0,34 | 0,0001 |
| 2.  | ИД, I, III         | 217 | $P_vO_2 = 39,36 + 1164 \cdot 1$ УОК  | 0,77  | 0,004  |
| 3.  | ИД, I, III         | 196 | $P_vO_2 = 36,65 + 0,10$ АД           | 0,90  | 0,006  |
| 4.  | ИД, I, II, III, IУ | 403 | $P_vO_2 = 21,05 + 0,17$ ЧСС          | 0,86  | 0,001  |
| 5.  | ИД, I, II          | 301 | $P_vO_2 = 29,48 + 0,20$ $P_aO_2$     | 0,91  | 0,005  |
| 6.  | ИД, I, III         | 301 | $P_vO_2 = 57,48 - 0,09$ $P_aO_2$     | -0,77 | 0,04   |
| 7.  | ИД, I, II, III, IУ | 403 | $P_vO_2 = 27,54 + 1,43$ $C_vO_2$     | 0,96  | 0,001  |
| 8.  | ИД, I, II, III, IУ | 403 | $P_vO_2 = 27,70 + 0,30$ $S_vO_2$     | 0,95  | 0,001  |
| 9.  | ИД, I, II, IУ      | 270 | $P_vO_2 = 99,84 - 1,63$ $P_{50}$     | -0,65 | 0,04   |
|     |                    |     | станд.                               |       |        |
| 10. | ИД, I, II, III, IУ | 286 | $P_vO_2 = 65,24 - 0,53$ $P_{50}$     | -0,69 | 0,009  |
|     |                    |     | реальн.                              |       |        |
| II. | ИД, I, II, III, IУ | 559 | $P_vO_2 = 57,82 - 0,23$ $P_vCO_2$    | -0,67 | 0,05   |
| 12. | ИД, I, II, III, IУ | 559 | $P_vO_2 = 54,52 - 0,19$ $P_aCO_2$    | -0,67 | 0,05   |
| 13. | ИД, I, II, III, IУ | 559 | $P_vO_2 = 208,21 + 34,76$ $pH_v$     | 0,69  | 0,01   |
| 14. | ИД, II, IУ         | 217 | $P_vO_2 = 28,51 + 840$ СКЕ           | 0,94  | 0,002  |
| 15. | ИД, I, III         | 217 | $P_vO_2 = 41,01 + 360$ СКЕ           | 0,80  | 0,03   |
| 16. | ИД, II, IУ         | 217 | $P_vO_2 = 26,44 + 1100$ КВВ          | 0,92  | 0,01   |
| 17. | ИД, I, II          | 217 | $P_vO_2 = 41,97 + 390$ КВВ           | 0,78  | 0,04   |
| 18. | ИД, I, II, III     | 310 | $P_vO_2 = 33,13 + 3406$ $\dot{V}O_2$ | 0,80  | 0,005  |

Наличие подобной зависимости при переходе к ГВ режимам ИВЛ свидетельствует о сохраненной способности компенсаторных механизмов, в том числе и со стороны сердца, противодействовать резкому снижению  $P_vO_2$ . Известно, что при  $P_vO_2$  ниже 30 мм рт.ст. эти механизмы со стороны сердца начинают истощаться (Hechtman H. B. et al., 1979), хотя роль увеличения сердечного выброса в поддержании  $P_vO_2$  выше этих пределов признается многими исследователями (Bing O. H. L. et al., 1969; Carrell D. E., Milhorn M. T., 1971 и др.). Показательными в этом плане являются изменения  $P_vO_2$  и УОК при ГпВ режиме ИВЛ. Как установлено, ГпВ режим в целом не вызвал повышения напряженности функционирования СТК, однако несколько более значительное, чем при НВ режиме ИВЛ, снижение УОК сразу же вызвало снижение  $P_vO_2$ . В итоге, корреляционная связь между величинами  $P_vO_2$  и УОК при переходе к ГпВ режиму ИВЛ описывалась уравнением, подтверждающим наличие существенной зависимости величины  $P_vO_2$  от сердечного выброса (табл. 2).

Ряд других корреляционных связей, обнаруженных между параметрами СТК и  $P_vO_2$  и описанных в виде уравнений линейной регрессии (табл. 2), позволяет заключить, что  $P_vO_2$ , являясь величиной зависимой от функции сердца, легких и крови, может регулироваться этими системами и нести информацию об их функционировании. Наиболее существенные коэффициенты регрессии между  $P_vO_2$  показателями гемодинамики и другими параметрами СТК выявлены при менее благоприятных (ГВ) режимах ИВЛ.

Наличие изменяющихся в зависимости от уровня напряженности функционирования СТК корреляционных связей, описываемых уравнениями регрессии, предполагает существование динамически взаимодействующих внутрисистемных механизмов формирования величины  $P_vO_2$ . В этом плане известно, что в силу особенностей микроциркуляции и функции отдельных органов кровь, оттекающая от них, имеет различное  $PO_2$  (Е. А. Коваленко, 1973) и  $CHbO_2$  (М. В. Борисюк, 1978, 1982). Приняв во внимание, что  $P_vO_2$  есть давление, движущее кислород в тканях (Львеван А., 1987), следует признать, что один из важнейших механизмов формирования величины  $P_vO_2$  реализуется путем создания оптимальных условий деоксигениации крови в отдельных органах. В связи с изложенным в работе проведены исследования  $PO_2$  в крови, оттекающей от некоторых органов. Для этого параллельно с пробами смешанной венозной крови изучены, как ее составляющие пробы крови, оттекающей от

мозга, органов желудочно-кишечного тракта и мышц задней конечности.

Установлено, что величины  $P_{O_2}$  проб крови, оттекающей от исследованных органов, при НВ и ГпВ режимах ИВЛ, по сравнению с исходными значениями, не изменились даже на фоне депрессии гемодинамики. Это приводило к формированию величины  $P_vO_2$ , не отличающейся от исходных данных. При ГВ режимах ИВЛ, сопровождавшихся сдвигом КДО вправо, наблюдали различной степени выраженности снижение  $P_{O_2}$  в отдельных пробах крови по сравнению с исходными величинами. При П (ГВ) режиме ИВЛ в пробах крови, оттекающей от задней конечности  $P_{O_2}$  снижалось с  $41,7 \pm 0,7$  мм рт. ст. до  $29,3 \pm 0,6$  мм рт. ст. ( $P < 0,001$ ). С  $53,8 \pm 1,0$  мм рт. ст. до  $45,0 \pm 1,2$  мм рт. ст. ( $P < 0,001$ ) уменьшилось  $P_{O_2}$  в пробах крови, оттекающей от мозга и с  $55,2 \pm 1,2$  мм рт. ст. до  $45,4 \pm 1,0$  мм рт. ст. ( $P < 0,001$ ) в пробах крови, оттекающей от желудочно-кишечного тракта. Однонаправленные с описанными изменениями величин  $P_{O_2}$  наблюдали и при ГУ (ГВ) режиме ИВЛ. В итоге,  $P_vO_2$  при данных режимах ИВЛ также оказалось сниженным. Так,  $P_vO_2$  уменьшилось, по сравнению с исходной величиной, с  $47,2 \pm 0,9$  мм рт. ст. до  $38,9 \pm 0,9$  мм рт. ст. ( $P < 0,001$ ) при П и до  $39,9 \pm 1,0$  мм рт. ст. ( $P < 0,001$ ) при ГУ ГВ режимах ИВЛ.

На рисунке 2 представлены градиенты прироста или убыли  $P_{O_2}$  проб крови из сагиттального синуса (а), портальной (б) и бедренной (в) вен, относительно  $P_vO_2$  в исходных условиях, при НВ, ГпВ и ГВ режимах ИВЛ. Наиболее значительный по сравнению с другими режимами ИВЛ прирост  $P_{O_2}$  обнаружен в крови, оттекающей от желудочно-кишечного тракта при НВ режиме ИВЛ ( $P < 0,001$ ). В крови из бедренной вены значительное снижение  $P_{O_2}$  наблюдали при ГВ режимах ИВЛ ( $P < 0,001$ ). Его величины отличались от значений  $P_{O_2}$  для исходных условий и ГпВ режима ИВЛ ( $P < 0,01$ ). Положительные для всех состояний, относительно величин  $P_vO_2$ , значения  $P_{O_2}$  проб крови из сагиттального синуса в условиях гипервентиляции сменились на отрицательные и отличались от  $P_{CO_2}$  большинства проб крови ( $P < 0,01$ ), за исключением  $P_vO_2$  ( $P > 0,05$ ). Из рисунка 2 видно, что буферную роль в плане стабилизации  $P_vO_2$  при П и ГУ (ГВ) режимах ИВЛ играет кровь, оттекающая от желудочно-кишечного тракта и мозга, так как величины  $P_{O_2}$  проб крови из этих регионов не падали ниже  $P_vO_2$ . Снижение же  $P_vO_2$  в этих условиях происходило, очевидно, за счет сдвиг-

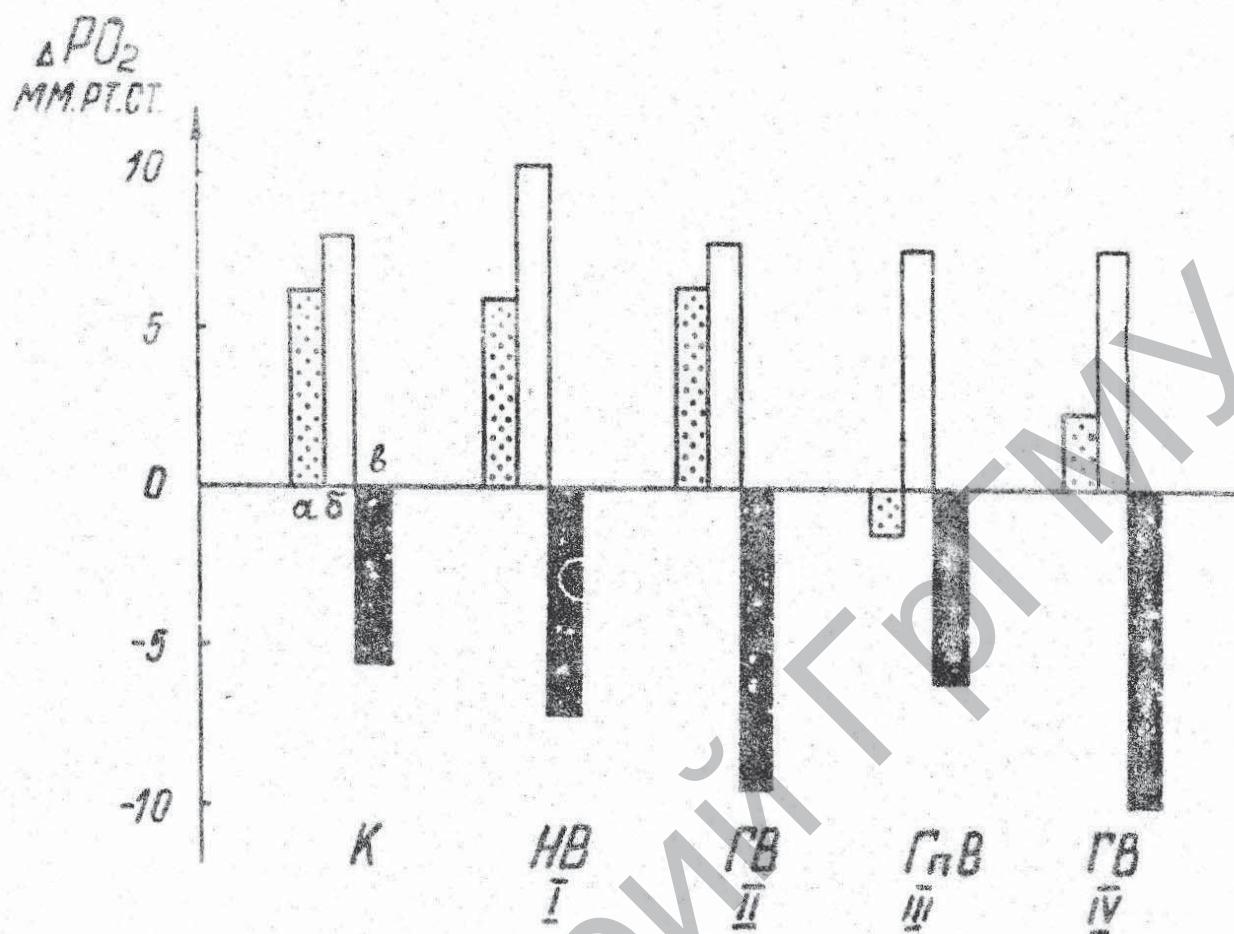


Рис. 2. Градиенты прироста или убыли  $\text{PO}_2$  проб крови из сагиттального синуса (а), портальной (б) и бедренной (в) вен, относительно  $P_v\text{O}_2$  при НВ, ГпВ и ГВ режимах ИВЛ.

чительной квоты крови, оттекающей от мышц,  $\text{PO}_2$  которой при ГВ существенно снижалось. Изменения, наблюдавшиеся в условиях гиповентиляции, не приводили к исчезновению межорганных различий величин  $\text{PO}_2$ , имевших место в исходных условиях, а также в условиях НВ и ГпВ режимов ИВЛ. С другой стороны, было выявлено, что в условиях гиповентиляции у отдельных животных, у которых нивелировались межорганные различия  $\text{PO}_2$  в мышечном и портальном регионах, происходило резкое снижение  $P_v\text{O}_2$ . Это позволяет заключить, что сохранение при ГВ режимах ИВЛ межорганных различий величин  $\text{PO}_2$  проб крови, оттекающей от отдельных органов, не только не случайно, но и необходимо так как препятствует резкой депрессии  $P_v\text{O}_2$ , как интегральной величине, способной усугубить процессы оксигенации крови в легких.

Таким образом, комплекс вышеописанных изменений, а также выявленное многообразие зависимостей  $P_v\text{O}_2$  от функциональных па-

рараметров, определяемых физиологическими свойствами сердечно-сосудистого аппарата и крови, указывает на важность понимания  $P_vO_2$  как некоторого критерия интегративной оценки СТК.

В связи с констатацией большей стабильности  $P_vO_2$  относительно  $P_aO_2$ , а также, предполагая значение некоторых системных и органных механизмов в этой стабилизации, осуществлен анализ устойчивости  $P_vO_2$  относительно большинства других показателей СТК. Простое сравнение полученной цифровой информации не дает возможности решить эту задачу. В биологии и медицине для этих целей используется метод линейного дискриминантного анализа, при котором, независимо от единиц измерения, степень устойчивости показателя оценивается по значению F-критерия (критерия Фишера). Большие значения F-критерия свидетельствуют о меньшей устойчивости и большей информативности показателя. Следовательно, за меньшей информативностью стоит большая устойчивость, которая обеспечивается реальными, хотя в большинстве случаев неизвестными механизмами регуляции. В таблице 3, в соответствии с величиной F-критерия, представлены только информативные, отклоняющиеся на изменение режима ИВЛ показатели.

Результаты дискриминантного анализа (табл. 3) дают основание утверждать, что на 5 и 15 минутах различных режимов ИВЛ большинство анализируемых показателей СТК более устойчивы, чем  $P_aO_2$ , но менее устойчивы, чем  $P_vO_2$ . Те показатели, которые в значительной мере (по данным корреляционного и регрессионного анализа) определяют величину  $P_vO_2$ , характеризуются более высокими значениями F-критерия, обладая, таким образом, большей вариабельностью. Большая вариабельность этих параметров в ответ на возмущения на "ходе" СТК, биологически оправдана, так как создает условия для быстрой компенсации дисбаланса в системе и предупреждает существенное изменение  $P_vO_2$ , как одного из факторов, оптимизирующих условияdeoxygenации крови в тканях.

С другой стороны в тяжелых критических состояниях, в условиях близких к исчерпанию компенсаторных механизмов по нормализации  $P_vO_2$ , во многих исследованиях показана, высокая диагностическая и информационная значимость  $P_vO_2$  (М. Я. Ходас и соавт., 1982; Э. М. Николаенко, 1986; Lang F., 1983; Львегман А., 1987), и в особенности, при снижении его величины от 30 до 20 мм рт. ст. (Г. А. Рябов, 1988). Результаты проведенного нами дискриминантного анализа показывают достаточную информативность  $P_vO_2$ .

Таблица 3.

Распределение показателей СТК по степени устойчивости на 5 и 15 минутах примененных режимов ИВЛ

| №<br>п/п | Характер распределения показателей СТК на |                     |                  |                     |
|----------|-------------------------------------------|---------------------|------------------|---------------------|
|          | 5 минуте                                  |                     | 15 минуте        |                     |
|          | показатели                                | величина Р-критерия | показатели       | величина Р-критерия |
| I.       | $S_aO_2$                                  | 8,64                | $P_aO_2$         | 21,28               |
| 2.       | $P_aO_2$                                  | 6,22                | $S_aO_2$         | 9,34                |
| 3.       | $P_{50}$ реальн.                          | 8,73                | (ABP) $O_2$      | 4,02                |
| 4.       | $S_vO_2$                                  | 4,32                | АД ср.           | 3,64                |
| 5.       | АД ср.                                    | 2,97                | $P_aCO_2$        | 2,39                |
| 6.       | ЧОС                                       | 1,92                | СНВ              | 4,32                |
| 7.       | КЕ <sub>a</sub>                           | 1,13                | ЦВД              | 2,17                |
| 8.       | pH <sub>v</sub>                           | 0,95                | $P_vCO_2$        | 2,88                |
| 9.       | КОК                                       | 0,83                | pH <sub>a</sub>  | 1,31                |
| 10.      | (ABP) $O_2$                               | 1,40                | pH <sub>v</sub>  | 1,41                |
| 11.      | СНв                                       | 0,84                | $P_{50}$ реальн. | 1,10                |
| 12.      | $P_vCO_2$                                 | 0,80                | $S_aO_2$         | 1,58                |
| 13.      | $P_aCO_2$                                 | 3,28                | ЧОС              | 0,87                |
| 14.      | СКЕ                                       | 0,78                | УОК              | 0,64                |
| 15.      | A <sub>M</sub>                            | 1,27                | МОК              | 1,65                |
| 16.      | МОК                                       | 0,69                | СКЕ              | 0,68                |
| 17.      | ЦОК                                       | 0,60                | $\dot{V}O_2$     | 1,12                |
| 18.      | ЦВД                                       | 0,54                | $S_aO_2$         | 1,15                |
| 19.      | $S_vO_2$                                  | 0,62                | КВВ              | 0,75                |
| 20.      | $\dot{V}O_2$                              | 0,47                | КЕ <sub>a</sub>  | 0,81                |
| 21.      | УОК                                       | 0,43                | $S_vO_2$         | 0,68                |
| 22.      | $P_vO_2$                                  | 0,50                | $P_vO_2$         | 0,38                |
| 23.      | pH <sub>a</sub>                           | 0,41                | ЦОК              | 0,31                |
| 24.      | КВВ                                       | 0,31                | $P_{50}$ станд.  | 0,19                |

даже для таких состояний, когда величины  $P_vO_2$  у отдельных животных редко снижались ниже 30 мм рт. ст. Это свидетельствует о том, что даже обнаруженная нами некоторая стабилизация  $P_vO_2$  в физиологических пределах изменения (35–45 мм рт. ст.) не снижает диагностическую значимость  $P_vO_2$  в плане оценки функционирования СТК при ИВЛ.

Таким образом, в настоящей работе по результатам комплексных исследований, приведены фактические данные, аргументирующие значимость  $P_vO_2$  как гомеостатической константы. Обоснование поддержания постоянства  $P_vO_2$  как физиологической константы путем изучения динамики величины  $P_vO_2$  относительно других показателей СТК при различных режимах ИВЛ позволило обратить внимание на активную роль сердечно-сосудистой системы, крови и легких в этой стабилизации. При ИВЛ система определяющая газовый состав организма из системы с внешним, относительно пассивным звеном саморегуляции (К. В. Судаков, 1983), преображается в систему только с внутренними звеньями саморегуляции. Это означает, что со стороны внешнего дыхания в этих условиях практически полностью исключается возможность сиюминутной коррекции относительного постоянства состава альвеолярного воздуха, а в итоге –  $P_aO_2$  и  $P_vO_2$ . Вследствие этого к сердечно-сосудистому аппарату и крови, как основным составляющим СТК, в регуляторном отношении при ИВЛ предъявляются повышенные требования. В то же время, адаптивная роль сердечно-сосудистой системы по поддержанию  $P_vO_2$  вследствие депрессии гемодинамики при ИВЛ также снижается.

Таким образом, адаптивные возможности сердца и дыхания, как факторов стабилизирующих  $P_vO_2$  при ИВЛ, резко уменьшаются. В связи с этим, в плане анализа механизмов стабилизации  $P_vO_2$  при ИВЛ важны более детальные исследования роли кислородсвязывающих свойств гемоглобина. Очевидно, наиболее перспективными в этом плане могут быть исследования, раскрывающие органные особенности и закономерности формирования и стабилизации  $P_vO_2$  при ИВЛ и других состояниях на основе представлений о различной органотопографии  $P_0_2$  и  $CHvO_2$  (Е. А. Коваленко, 1973; М. В. Борисюк, 1982). Представленный выше краткий анализ органных особенностей формирования  $P_vO_2$  косвенно подтвердил это предположение.

## ВЫВОДЫ

I. В зависимости от частоты и глубины дыхания при искусственной вентиляции легких воздухом в системе транспорта кислорода отмечается комплекс изменений со стороны показателей гемодинамики и кислородтранспортной функции крови. При режимах искусственной вентиляции легких, обеспечивающих один и тот

же минутный объем дыхания меньшей частотой изменения параметров системы транспорта кислорода, в том числе  $P_vO_2$ , менее выражены.

2. При более напряженном уровне функционирования системы транспорта кислорода, имевшем место при гиповентиляционных режимах искусственной вентиляции легких (с большей частотой дыхания) на фоне снижения  $P_vO_2$ , количество функциональных взаимоотношений в системе транспорта кислорода, судя по значительному приросту корреляционных связей между отдельными показателями, увеличивается.

3. При гиповентиляционных режимах искусственной вентиляции легких проявляется наибольшее количество корреляционных связей между  $P_vO_2$  и  $P_aO_2$  с другими показателями, характеризующими СТК. Плотность корреляционной матрицы может служить критерием оценки уровня напряженности функционирования системы транспорта кислорода и, очевидно, других сложных систем.

4. Среди совокупности исследованных показателей системы транспорта кислорода  $P_vO_2$ , исходя из данных дискриминантного анализа, изменяется относительно меньше других показателей, в связи с чем данный параметр можно рассматривать как гомеостатическую константу, целесообразность регуляции и поддержания которой обусловлена участием  $P_vO_2$  в реализации гипоксической легочной вазоконстрикции.

5. Обнаруженная в условиях гиповентиляционных режимов ИВЛ количественная и некоторая качественная однозначность в характере корреляционных зависимостей между  $P_vO_2$  и  $P_aO_2$  с другими показателями системы транспорта кислорода, предполагает сходство механизмов их регулирующих.

6. Анализ ряда уравнений линейной регрессии, описывающих зависимость значений  $P_vO_2$  от других показателей системы транспорта кислорода, свидетельствует об участии в стабилизации  $P_vO_2$  механизмов, регулирующих величину сердечного выброса и сродство гемоглобина к кислороду.

7. Сохранение при более напряженном уровне функционирования системы транспорта кислорода межорганных различий величин  $P_O_2$  в пробах крови, оттекающей от отдельных органов, указывает на необходимость этих различий для формирования и стабилизации  $P_vO_2$ .

6. Адаптивные возможности системы транспорта кислорода по поддержанию  $P_{vO_2}$  при искусственной вентиляции легких резко снижаются вследствие блокирования регуляторных эффектов внешнего дыхания.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Влияние различных режимов вентиляции на газовые показатели крови // Молодежь и научно-технический прогресс : Тез. докл. Ш Гродн. обл. конф. молодых ученых и специалистов. - Гродно, 1986. - С. 29 - 30.

2. Показатели системы транспорта кислорода (СТК) при различных режимах искусственной вентиляции легких // УШ съезд Белорусского физиол. общ. им. И. П. Павлова : Тез. научн. сообщений. - Витебск, 1987. - С. 146 - 147.

3.  $PO_2$  смешанной венозной крови в оценке уровня функционирования системы транспорта кислорода // ХУ съезд Всесоюзн. физиол. общ. им. И. П. Павлова : Тез. научн. сообщений. - Кишинев, 1987. - Т. 2. - С. 441 - 442. Соавт. М. В. Борисюк.

4. Зависимость напряжения кислорода в артериальной крови от его значения в смешанной венозной крови при искусственной вентиляции легких // Молодежь в ускорении научно-технического прогресса : Матер. У Гродненской обл. конф. молодых ученых и специалистов. - Гродно, 1988. - С. 23.

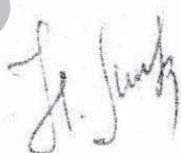
5. Оценка напряженности функционирования систем // Молодежь в ускорении научно-технического прогресса : Матер. У Гродненской обл. конф. молодых ученых и специалистов. - Гродно, 1988. - С. 24. Соавт. А. Р. Мороз.

6. Напряжение кислорода в смешанной венозной крови и его роль в патогенезе гипоксии // ІУ Всесоюзный съезд патофизиологов : Тез. докл. - М., 1989. - С. 468. Соавт. М. В. Борисюк, А. Р. Мороз.

7. Регулирующие и корректирующие механизмы системы транспорта кислорода и их значение в адаптационных реакциях организма // ІУ Всесоюзный съезд патофизиологов : Тез. докл. - М., 1989. - С. 578. Соавт. М. В. Борисюк, И. К. Дремза, И. К. Жмакин, П. М. Королев.

8. Минутный объем кровообращения и сродство гемоглобина к кислороду // Медико-биологические аспекты повреждения и компенсации. Проблемы алкоголизма и здоровый образ жизни : Тез. докл. III респ. конф. молодых ученых и специалистов Белоруссии. - Гродно, 1989. - С. 38.

9. Характер изменения показателей системы транспорта кислорода при искусственной вентиляции легких // Компенсаторно-приспособительные реакции организма при гипоксии : Межвузовский сборник научных трудов. - Куйбышев, 1989. - С. 39 - 41.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Г. Г. Ганк".