

ный (рис. 2).
характерно
с максималь-
ного — незна-
нижних зон
ного — незна-
средних зон
— увеличение
к верхним с
верхних зон;
аличие раз-
нения венти-
ого или низ-
едней зоны
р- % верхней

х нами здо-
асто встреча-
1,1 %), асим-
ной (15,7 %)
илиции. Уста-
ведущим яв-

вентиляции в за-
) зон легких:
3 — верхушечный,
ной, 6 — асиммет-

симметричный
ым для жен-
е, что асим-
риантов. Ве-
ны (верхняя
ева; нижняя
и в 35,0 %
права; ниж-
0 % и даже
а и т. д.) —
асимметрич-
евая зоны;
и отношении
едней справа
когда макси-
х зон. Более
аспределения
из верхних

их выявлены
ый, грудной,
чный.
имеет различ-
жду соответ-
ный и груд-
вентиляции.

1988, т. 34, № 1

REGIONAL IRREGULARITY OF LUNG VENTILATION IN HEALTHY PEOPLE

V. K. Anshukov, Yu. N. Golovtsev, E. M. Kucherenko, V. F. Dovgalenko, Z. T. Malyarchuk, L. A. Todosienko, A. F. Apon, N. P. Tkachenko, M. P. Valdman, V. M. Sholokhov

The method of zonal rheography has been used to determine in healthy people the participation (%) of lung zones in ventilation and their correlations. As a result six types of respiration are discriminated — diaphragmatic, thoracic, apical, lower thoracic, upper thoracic and asymmetrical. Diaphragmatic, thoracic and asymmetric types are considered to be the most frequent. The ignorance of individual peculiarities of the regional ventilation may result in wrong estimation of zonal lung rheography data.

N. I. Pirogov Medical Institute, Ministry of Public Health,
Ukrainian SSR, Vinnitsa
Polytechnical Institute, Ministry of Higher
and Secondary Education, Ukrainian SSR, Vinnitsa

1. Боголюбов В. М. Радиоизотопная диагностика заболеваний сердца и легких. — М.: Медицина, 1975. — 254 с.
2. Громов В. Л., Добо С. С., Балавадзе М. Б., Шашнов С. А. Взаимосвязь факторов риска с толерантностью к физической нагрузке по данным велоэргометрии // Терапевт. арх. — 1984. — № 4. — С. 61—63.
3. Жуковский Л. И., Фринерман Е. А. Основы клинической реографии легких. — Ташкент: Медицина, 1976. — 286 с.
4. Жуковский Л. И., Фринерман Е. А., Дмитренко С. М. Комплексное исследование функции вентиляции и легочного кровообращения методом зональной реографии: Метод. рекомендации. — Киев, 1977. — 19 с.
5. Зильбер А. П. Регионарные функции легких: Клиническая физиология неравномерности вентиляции и кровотока. — Петрозаводск: Карелия, 1971. — 280 с.
6. Зябров Ю. Т., Алтынбеков Б. Е., Абдраштова Г. А., Зародин Н. В. Вентиляционная функция легких (физиология, патофизиология, методы исследования). — Алма-Ата: Наука, 1980. — 136 с.
7. Каминский Л. С. Статистическая обработка лабораторных и клинических данных: Применение статистики в научной и практической работе врача. — 2-е изд. — Л.: Медицина, 1964. — 252 с.
8. Клиническая реография / Под ред. В. Г. Шершнева. — Киев: Здоров'я, 1977. — 168 с.
9. Комаров Ф. И., Ольбинская Л. И. Начальная стадия сердечной недостаточности. — М.: Медицина, 1978. — 287 с.
10. Молотков В. Н., Минцер О. П., Кононенко И. Н. и др. Кибернетический анализ велоэргометрических поликардиограмм при хроническом обструктивном бронхите // Клин. медицина. — 1984, № 12. — С. 75—81.
11. Молотков В. Н., Минцер О. П., Яшина А. Л., Пархоменко Н. В. Корреляционные взаимоотношения некоторых показателей центральной и периферической гемодинамики при бронхиальной астме // Терапевт. арх. — 1982. — № 4. — С. 48—51.
12. Ярошенко Ю. Т. Показатели спирометрии у практически здоровых мужчин в различные возрастные периоды // Врачеб. дело. — 1983. — № 9. — С. 22—25.

Винниц. мед. ин-т им. Н. И. Пирогова
М-ва здравоохранения УССР;
Винниц. политехн. ин-т
М-ва высш. и сред. спец. образования УССР

Поступила 25.02.86

УДК 612.014.464;612.273

Проницаемость гематопаренхиматозного барьера для кислорода при его различном парциальном давлении во вдыхаемом воздухе

В. И. Носарь

Результаты исследований, проведенных Штерн и соавт. [7, 10, 14], показали наличие гистогематического барьера и выявили его избирательную проницаемость, регулируемую постоянством внутренней среды и защитой клеток от чужеродных веществ. Поскольку большинство есте-

ственных метаболитов и ксенобиотиков проходит путь в направлении кровь — клетка, преимущественное распространение получил термин «гематопаренхиматозный барьер», частным случаем которого является гематоэнцефалический барьер. Установлено, что скорость перехода веществ через гематопаренхиматозный барьер (ГПБ) изменяется в зависимости от функциональной активности органов и тканей, от состояния организма [10, 11]. Показано, что у акклиматизированных к гипоксии животных проницаемость ГПБ возрастает для меченного ^{32}P неорганического фосфора [4]. Так как основной частью ГПБ являются структуры микроциркуляторного русла, многие авторы считают, что проницаемость ГПБ для крупномолекулярных веществ определяется свойствами эндотелия капилляров и базальной мембраны [7, 25]. Наряду с этим показано, что мембрана эритроцитов человека оказывает сопротивление потоку кислорода в среду, т. е. является барьером для низкомолекулярных неэлектролитов, и что скорость выхода кислорода зависит от структуры мембраны эритроцитов [19]. Установлено, что, пользуясь различным режимом питания, т. е. вводя в рацион различное количество насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, можно изменить коэффициент диффузии кислорода в тканях [3].

Представляло интерес осуществить количественную оценку проницаемости ГПБ для кислорода при повышенном и пониженном давлении кислорода в окружающей среде.

Методика

Исследования проводили на 69 кроликах (самцы массой 2,0—2,5 кг). Газовые смеси подавали через маску, снабженную клапанами вдоха и выдоха, в течение 20 мин. Кровь брали из бедренных артерии и вены под местной новокаиновой анестезией. В течение всего времени эксперимента регистрировали напряжение кислорода в притекающей к нижней конечности артериальной крови ($p_a\text{O}_2$), оттекающей от этой же конечности венозной крови ($p_v\text{O}_2$), pH артериальной и венозной крови (pH_a , pH_v), концентрацию гемоглобина ($[\text{Hb}]$), скорость объемного кровотока в икроножной мышце (Q_m) и напряжение кислорода в мышце ($p_m\text{O}_2$). Напряжение кислорода в тканях измеряли открытым остеклованным платиновым электродом на полярографе LP-7 [2], $p\text{O}_2$ и pH крови — с помощью биомикроанализатора фирмы «Radelkis». Концентрацию гемоглобина определяли стандартным гемиглобинцианидным методом, скорость объемного мышечного кровотока — по клиренсу водорода [16]. На основании измеряемых показателей и кривой диссоциации оксигемоглобина кролика [13] с учетом эффекта Бора рассчитывали насыщение крови кислородом ($S_a\text{O}_2$, $S_v\text{O}_2$), кислородную емкость крови рассчитывали из значений концентрации Hb и константы Гюфнера. Содержание кислорода в артериальной и венозной крови ($C_a\text{O}_2$, $C_v\text{O}_2$) рассчитывали по кислородной емкости крови и проценту насыщения кислородом. Потребление кислорода мышцей ($V_m\text{O}_2$) вычисляли на основании скорости кровотока и артериовенозного различия по содержанию кислорода [6]. Среднее напряжение кислорода в капиллярной крови ($\bar{p}_c\text{O}_2$) рассчитывали по формуле [21] $\bar{p}_c\text{O}_2 = p_v\text{O}_2 + 3^{-1} (p_a\text{O}_2 - p_v\text{O}_2)$. В соответствии с законом Фика количество вещества (m), диффундирующее через единицу площади A за единицу времени, прямо пропорционально градиенту концентрации ($C_1 - C_2$)

$$m = DA l^{-1} (C_1 - C_2), \quad (1)$$

где l — толщина слоя, через который происходит диффузия, D — коэффициент диффузии. Из уравнения следует, что масса продиффундировавшего вещества прямо пропорциональна площади A и обратно пропорциональна расстоянию диффузии l . Коэффициент диффузии D представляет собой постоянную, зависящую как от свойств диффундирующего газа, так и от свойств среды, через которую происходит диффузия. В случае, когда рассматривается диффузия газа через слой жидкости, вместо концентрации газа (C) можно использовать его парциальное давление (p)

$$m = DA l^{-1} \cdot (p_1 - p_2). \quad (2)$$

Поскольку общее количество кислорода, диффундирующего в тканях, равно количеству потребленного организмом кислорода ($\dot{V}_m\text{O}_2$)

$$m = \dot{V}_m\text{O}_2. \quad (3)$$

Аналитическое о
му уместно опре
проницаемость 1
вид:

где ($p_1 - p_2$) —
обменного типа
смеси с 7, 11, 2
чески.

Результаты и

Проведенные
духом $p_a\text{O}_2$
рт. ст), $p_v\text{O}_2$

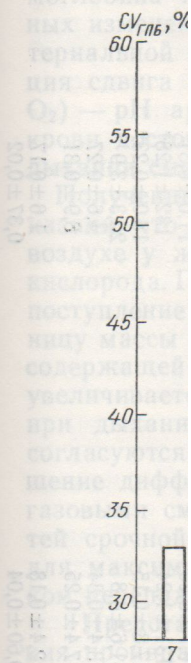


Рис. 1. Изменен
барьера ($CV_{\text{ГПБ}}$
жащей различно
Рис. 2. Изменен
 $\times 10^{-2}$) к скоро
смесь, содержа

скелетной мы
скорость об
 $\pm 3,5$) мл·ми
нами формул
составляет (1
показателя с
(рис. 2). Сн
приводит к р
поксемии у ж
ния содержа
ное различие
смеси 11 % C

направлении
чил термин
ого является
перехода ве
яется в за-
й, от состоя-
рованных к
ченного ^{32}P
ИБ являются
считают, что
определяется
[7, 25]. На-
а оказывает
арьером для
а кислорода
овлено, что,
н различное
можно из-

енку прони-
ом давлении

Газовые смеси
ечение 20 мин.
ой анестезией.
орода в прите-
от этой же ко-
и (pH_a , pH_v),
оножной мыш-
орода в тканях
рафе LP-7 [2].
Концентрацию
корость объем-
и измеряемых
четом эффекта
одную емкость
а. Содержание
и по кислород-
ислорода мыш-

зного различия
иллярной крови
В соответст-
диницу площа-
ации ($C_1 - C_2$)

(1)

ициент диффу-
прямо пропор-
ции l . Коэффи-
войств диффу-
фузия. В слу-
о концентрации

(2)

равно количест-

(3)

1988, т. 34, № 1

Аналитическое определение факторов D , A и l в целом организме невозможно, поэто-
му уместно определить их общий вклад, обозначив совокупность этих факторов через
проницаемость ГПБ ($\Pi_{\text{ГПБ}}$). В этом случае формула (3) приобретает следующий
вид:

$$\dot{V}_{\text{м}}\text{O}_2 = \Pi_{\text{ГПБ}} \cdot (p_1 - p_2) \quad \text{и} \quad \Pi_{\text{ГПБ}} = \dot{V}_{\text{м}}\text{O}_2 \cdot (p_1 - p_2)^{-1}, \quad (4)$$

где $(p_1 - p_2)$ — средний градиент парциального давления кислорода между сосудами
обменного типа и тканевой жидкостью. В экспериментах были использованы газовые
смеси с 7, 11, 21, 40 и 80 % кислорода. Все цифровые данные обработаны статисти-
чески.

Результаты и их обсуждение

Проведенные эксперименты показали, что при дыхании животных воз-
духом $p_a\text{O}_2$ составляет $11,6 \text{ кПа} \pm 0,30 \text{ кПа}$ ($87,0 \text{ мм. рт. ст.} \pm 2,3 \text{ мм}$
 рт. ст.), $p_v\text{O}_2$ — $5,1 \text{ кПа} \pm 0,20 \text{ кПа}$ ($38,3 \text{ мм рт. ст.} \pm 1,5 \text{ мм рт. ст.}$) в

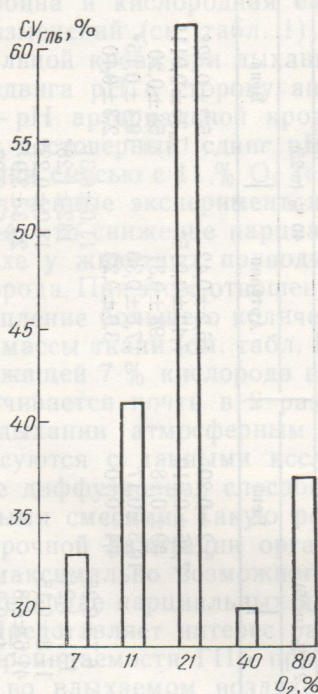


Рис. 1. Изменение коэффициента вариации проницаемости гематопаренхиматозного барьера ($\text{CV}_{\text{ГПБ}}, \%$) для кислорода при дыхании кроликов газовой смесью, содер-
жащей различное количество кислорода ($\text{O}_2, \%$).

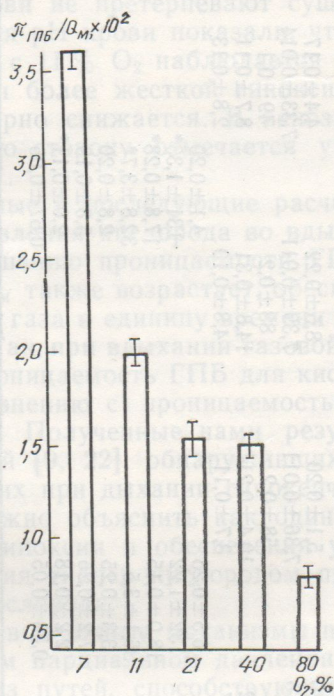


Рис. 2. Изменение отношения проницаемости гематопаренхиматозного барьера ($\Pi_{\text{ГПБ}}, \times 10^{-2}$) к скорости кровотока ($Q_{\text{м}}, \%$) на 20-й минуте дыхания кроликов газовой
смесью, содержащей различное количество кислорода ($\text{O}_2, \%$).

скелетной мышце — $3,3 \text{ кПа} \pm 0,25 \text{ кПа}$ ($24,8 \text{ мм рт. ст.} \pm 1,9 \text{ мм рт. ст.}$),
скорость объемного кровотока в скелетной мышце была ($36,1 \pm$
 $\pm 3,5$) $\text{мл} \cdot \text{мин}^{-1} \times 100 \text{ г ткани}$. На основании расчетов по предложенной
нами формуле 15 показано, что проницаемость ГПБ для кислорода
составляет ($0,56 \pm 0,05$) $\text{мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кПа}^{-1}$. Коэффициент вариации этого
показателя составляет 61 % (рис. 1); отношение $\Pi_{\text{ГПБ}}$ к $Q_{\text{м}}$ — 0,015
(рис. 2). Снижение парциального давления O_2 во вдыхаемом воздухе
приводит к развитию артериальной и (в меньшей степени) венозной ги-
поксемии у животных, которая прежде всего зависит от степени сниже-
ния содержания кислорода во вдыхаемой смеси (табл. 1). Артериовеноз-
ное различие по $p\text{O}_2$ при гипоксии достоверно снижается при вдыхаемой
смеси 11 % O_2 и резко уменьшается при острой гипоксической гипоксии с

Т а б л и ц а 1. Показатели $M \pm m$ кислородного обеспечения икроножной мышцы кролика на 20-й минуте дыхания гипоксическими газовыми смесями

Показатель	Содержание кислорода в газовой смеси					
	21 % (n-34)		11 % (n-12)		7 % (n-10)	
	Артерия	Вена	Артерия	Вена	Артерия	Вена
pO_2 , кПа	11,6±0,030	5,1±0,20	8,5±0,22	4,4±0,17	5,9±0,21	3,2±0,11
pH	7,41±0,015	7,36±0,011	7,39±0,011	7,33±0,014	7,36±0,011	7,30±0,010
S O ₂ , %	92±0,3	58±0,2	83±0,2	49±0,1	67±0,2	30±0,1
C O ₂ (объемная доля), %	16,6±0,32	10,4±0,21	14,8±0,31	8,7±0,11	11,8±0,28	5,3±0,10
qO ₂ , мл/мин	5,9±0,17	3,7±0,11	4,8±0,10	2,8±0,13	3,4±0,20	1,5±0,09
$p_{(a-v)}O_2$, кПа		6,5±0,25		4,1±0,20		2,7±0,16
Hb, г/л		132±1,22		131±1,33*		130±1,18*
КЕК (объемная доля), %		18,0±0,15		17,8±0,28*		17,7±0,17*
Q _{a-v} , мл·мин ⁻¹ ·100 г ткани ⁻¹		36,1±3,5		32,8±3,7*		28,9±3,2
$p_{a-v}O_2$, кПа		3,3±0,25		2,8±0,20		2,3±0,42
$p_{c-v}O_2$, кПа		7,2±0,25		5,8±0,19		4,1±0,28
$\dot{V}_{a-v}O_2$, мл·мин ⁻¹ ·100 г ткани ⁻¹		2,2±0,18		2,0±0,11*		1,9±0,10
ПГПБ, мл·мин ⁻¹ ·кПа ⁻¹		0,56±0,05		0,67±0,06		1,05±0,09

* Показатели не отличаются достоверно от аналогичных показателей при нормоксии.

Т а б л и ц а 2. Показатели ($M \pm m$) кислородного обеспечения икроножной мышцы кролика на 20-й минуте дыхания гипероксическими газовыми смесями

Показатель	Содержание кислорода в газовой смеси					
	21 % (n-35)		40 % (n-25)		80 % (n-10)	
	Артерия	Вена	Артерия	Вена	Артерия	Вена
pO_2 , кПа	11,9±0,30	5,2±0,20	16,2±0,42	5,2±0,32*	33,9±1,5	5,3±0,15*
pH	7,41±0,011	7,36±0,010	7,40±0,015*	7,35±0,011*	7,38±0,010	7,32±0,012
S O ₂ , %	92±0,28	59±0,18	98±0,31	58±0,20	100±0,01	58±0,10
C O ₂ (объемная доля), %	16,4±0,29	10,5±0,17	17,6±0,30	10,4±0,15*	17,5±0,34	10,2±0,17*
qO_2 , мл/мин	6,8±0,15	4,4±0,10	3,9±0,23	2,3±0,10	3,6±0,29	2,1±0,10
$p_{(a-v)}O_2$, кПа		6,7±0,25		11,0±0,31		28,6±0,82
Hb, г/л		131±1,24		132±1,28*		129±1,31*
КЕК (объемная доля), %		17,8±0,15		18,0±0,23*		17,5±0,29*
Q_{a-v} , мл·мин ⁻¹ ·100 г ткани ⁻¹		41,6±4,8		22,3±3,9		20,6±4,8
p_{aO_2} , кПа		3,4±0,34		4,6±0,27		6,8±0,44
p_{cO_2} , кПа		7,4±0,25		8,9±0,31		14,8±0,10
$\dot{V}_{aO_2}$, мл·мин ⁻¹ ·100 г ткани ⁻¹		2,4±0,18		1,6±0,17		1,5±0,11
ПГПБ, мл·мин ⁻¹ ·кПа ⁻¹		0,60±0,04		0,37±0,02		0,18±0,01

* Показатели не отличаются достоверно от аналогичных показателей при нормоксии.

7 % O_2 ; pO_2 вдыхаемой смесями, влияющими на работу либо органов [2, 8]. При с 11 % O_2 , O_2 этот показатель потребления кислорода (нормоксический O_2) скорости достоверно.

Таким образом, ниже 50 мл уменьшение потребления мышечной

При остановке кровообращения и изменениях тканевой концентрации сдвига (O_2) — pH артериальной крови достоверно отличаются от значений при нормоксии.

Полученные данные показали, что в воздухе у кролика при поступлении крови в икроножную мышцу масса содержащейся в ней увеличивается при дыхании, согласуются с данными диффузии газовыми смесями с разной скоростью для максимальной скорости перемещения

Представленные данные показывают, что в венозном кровотоке при введении в правое предсердие его отдача в икроножную мышцу изменяется с 11 до 80 % O_2 [17, 23]. У кролика может происходить фильтрация газовых смесей с 11 до 80 % O_2 играет ведущую роль в исследовании венозного вливания. Не исключено, что гипоксическая

Повышение давления в венозном кровотоке (табл. 2). Связь с 80 %

20,6±4,8
6,8±0,44
14,8±0,10
1,5±0,11
0,18±0,01

22,3±3,9
4,6±0,27
8,9±0,31
1,6±0,17
0,37±0,02

41,6±4,8
3,4±0,34
7,4±0,25
2,4±0,18
0,60±0,04

Q_{O_2} , мл·мин⁻¹·100 г ткани⁻¹
 p_{aO_2} , кПа
 p_{vO_2} , кПа
 V_{aO_2} , мл·мин⁻¹·100 г ткани⁻¹
 $P_{ГПБ}$, мл·мин⁻¹·кПа⁻¹

* Показатели не отличаются достоверно от аналогичных показателей при нормоксии.

7 % O_2 ; pO_2 в скелетной мышце, по мере снижения содержания O_2 во вдыхаемой смеси, неуклонно снижается. Важными факторами, определяющими уровень pO_2 в ткани, являются интенсивность регионарного либо органного, кровотока и скорость потребления кислорода тканью [2, 8]. При острой гипоксической гипоксии, вызванной вдыханием смеси с 11 % O_2 , Q_m изменяется незначительно, при вдыхании смеси с 7 % O_2 этот показатель снижается достоверно (см. табл. 1). Скорость потребления кислорода мышцей при гипоксии (11 % O_2) несколько ниже нормоксического уровня. По мере нарастания тяжести гипоксии (7 % O_2) скорость потребления O_2 против этого уровня уменьшается достоверно.

Таким образом, показано, что снижение pO_2 артериальной крови ниже 50 мм рт. ст. (7 % O_2 во вдыхаемой смеси) сопровождается уменьшением скорости доставки O_2 к мышце и скорости его потребления мышечной тканью.

При острой гипоксической гипоксии (11 и 7 % O_2) содержание гемоглобина и кислородная емкость крови не претерпевают существенных изменений (см. табл. 1). Изменения pH крови показали, что в артериальной крови при дыхании смесью с 11 % O_2 наблюдается тенденция сдвига pH в сторону ацидоза, при более жесткой гипоксии (7 % O_2) — pH артериальной крови достоверно снижается. В венозной же крови достоверный сдвиг pH в кислую сторону отмечается уже при дыхании смесью с 11 % O_2 (см. табл. 1).

Полученные экспериментальные данные и последующие расчеты показали, что снижение парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе у животных приводит к повышению проницаемости ГПБ для кислорода. При этом отношении $P_{ГПБ}/Q_m$ также возрастает, обеспечивая поступление большего количества этого газа в единицу времени на единицу массы ткани (см. табл. 1, рис. 2). Так, при вдыхании газовой смеси, содержащей 7 % кислорода в азоте, проницаемость ГПБ для кислорода увеличивается почти в 2 раза по сравнению с проницаемостью ГПБ при дыхании атмосферным воздухом. Полученные нами результаты согласуются с данными исследователей [9, 22], обнаруживших повышение диффузионной способности легких при дыхании гипоксическими газовыми смесями. Такую реакцию можно объяснить как один из путей срочной адаптации организма к гипоксии и обеспечения условий для максимально возможного снабжения тканей кислородом при низком перепаде парциальных давлений кислорода.

Представляет интерес рассмотреть возможные механизмы повышения проницаемости ГПБ при сниженном парциальном давлении кислорода во вдыхаемом воздухе. Одним из путей, способствующих обеспечению тканей кислородом, может выступать изменение p_{CO_2} и pH крови, обуславливающее сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина вправо, т. е. снижение сродства гемоглобина к кислороду и облегчение его отдачи тканям [8, 24]. Другим возможным механизмом может быть изменение физико-химических свойств гематопаренхиматозного барьера [17, 23]. Улучшение транспорта O_2 к тканям в условиях гипоксии может происходить также в силу повышения коэффициента капиллярной фильтрации, установленного для мозга кошки при дыхании газовыми смесями с 15 и 10 % кислорода [1]. Вопрос о том, какой из механизмов играет ведущую роль в увеличении $P_{ГПБ}$ для O_2 при дыхании гипоксическими газовыми смесями остается открытым и требует дальнейших исследований. Скорость мышечного кровотока не оказывает существенного влияния на улучшение массопереноса кислорода из крови в ткань. Некоторые авторы указывают на незначительное изменение числа открытых капилляров в скелетных мышцах животных при острой гипоксической гипоксии (7—11 % O_2) [8, 18].

Повышение парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе приводит к резкому повышению pO_2 в артериальной крови (табл. 2). Эта реакция особенно четко проявляется при дыхании смесью с 80 % O_2 ; pO_2 в венозной крови достоверно не изменяется, арте-

риовенозное различие по pO_2 , по мере увеличения содержания кислорода во вдыхаемой смеси, повышается. Парциальное давление кислорода в скелетной мышце на всем протяжении эксперимента при дыхании гипероксическими газовыми смесями увеличивается, однако уровень повышения p_{mO_2} резко отстает от такового в артериальной крови. Определение объемного кровотока в мышечной ткани показывает, что его скорость на 20-й минуте дыхания животного смесями с 40 и 80 % O_2 снижается (см. табл. 2). Скорость потребления кислорода мышцей при гипероксии снижается по отношению к исходному уровню (см. табл. 2).

Таким образом, показано, что повышение pO_2 артериальной крови сопровождается уменьшением скорости доставки O_2 к мышце, снижением его потребления мышечной тканью и незначительным повышением pO_2 в скелетной мышце.

Концентрация гемоглобина крови и кислородная емкость крови не претерпевает значительных изменений. При дыхании гипероксической газовой смесью с 80 % O_2 отмечается достоверное снижение рН артериальной и венозной крови, что свидетельствует о накоплении недоокисленных продуктов. Полученные результаты и последующие расчеты показали, что при переходе на дыхание гипероксической газовой смесью, содержащей 80 % O_2 в азоте, проницаемость ГПБ снижается более чем в 3 раза. Отношение проницаемости ГПБ к объемному кровотоку уменьшается почти вдвое. Такое снижение исследуемых показателей в условиях гипероксии является одним из защитных механизмов, ограничивающих избыточный прирост парциального давления кислорода в тканях. Наличие сосудистых и метаболических реакций, ограждающих ткань от токсического действия высоких концентраций кислорода показано ранее многими авторами [5, 20]. Следует отметить, что при дыхании газовой смесью, содержащей 40 % O_2 , проницаемость ГПБ для кислорода снижается почти в 2 раза, однако, отношение, проницаемости к объемному кровотоку практически не изменяется. Этот факт подтверждает целесообразность применения в клинике с лечебной целью газовой среды, содержащей около 40 % кислорода [12]. Как показали расчеты, коэффициент вариации проницаемости ГПБ для кислорода при дыхании как гипоксическими, так и гипероксическими газовыми смесями, достоверно снижается (см. рис. 1).

Полученные результаты позволяют говорить о том, что ГПБ принимает активное участие в поддержании газового гомеостаза и в регуляции процессов дыхания тканей. При избыточном поступлении кислорода в организм проницаемость ГПБ для кислорода снижается, при недостаточном — повышается.

Выводы

1. Проницаемость гематопаренхиматозного барьера для кислорода при дыхании воздухом у кроликов составляет $(0,58 \pm 0,05)$ мл·мин⁻¹·кПа⁻¹; при переходе на дыхание гипоксической газовой смесью с 7 % O_2 на 20-й минуте проницаемость гематопаренхиматозного барьера повышается почти вдвое $(1,05 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кПа}^{-1} \pm 0,09 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кПа}^{-1})$, в условиях гипероксии (80 % O_2) — снижается более чем в 3 раза $(0,18 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кПа}^{-1} \pm 0,01 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кПа}^{-1})$.

2. Коэффициент вариации проницаемости гематопаренхиматозного барьера для кислорода при дыхании животных воздухом составляет 61 %. Применение газовых смесей с повышенным (40,80 % O_2) и понижением парциальным давлением кислорода (7 % O_2) приводит к снижению коэффициента вариации проницаемости гематопаренхиматозного барьера до 30—37 %.

3. Полученные результаты позволяют считать, что гематопаренхиматозный барьер является одним из регуляторов потоков кислорода в организме и интенсивности дыхания тканей.

PERMEABILITY
FOR OXYGEN
IN RESPIRATORY

V. I. Nosar

It is shown that the permeability of the hemato-parenchymatous barrier for oxygen depends on the coefficient of variation of the blood flow. The permeability of the hypoxic gas barrier for oxygen changes, in spite of the fact that the blood containing 40 % oxygen is hypoxic and hypotensive.

A. A. Bogomolev
Academy of Sciences of the USSR

1. Артемьева Л. И. Парциальное давление кислорода в крови, 1985.
2. Березовский В. И. Науч. думки.
3. Березовский В. И. Физиол. журн.
4. Вержбинский В. И. акклиматизация.
5. Зальцман Л. И. шенного давления.
6. Колчинская Л. И. Науч. думки.
7. Майзелис Л. И. 1973.—182 с.
8. Маньковская Л. И. ханизмы регуляции.
9. Пожаров В. И. ницаемость.
10. Росин Я. А. логия гистологии.
11. Серебрякова Л. И. способность.
12. Середенко М. И. й шляхи під.
13. Шмидт-Нюел Л. И. 1982.—46, № 1.
14. Штерн Л. С. ными элементами.
15. А. с. 1120961. среда органа.
16. В. И. Носар. способности ге.
17. Aukland K., hydrogen gas.
18. Honig C., Fri ce for tissue.
19. Kon Kazunori. diffusion barr.
20. Lambertsen C. logy respiratio.

PERMEABILITY OF THE HEMATOPARENCHYMATOUS BARRIER FOR OXYGEN UNDER THE EFFECT OF PARTIAL OXYGEN PRESSURE IN RESPIRATORY AIR

V. I. Nosar

It is shown that in rabbits under normal conditions permeability of the hematoparenchymatous barrier for oxygen ($P_{HРВ}$) equals $(0.58 \pm 0.05) \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$, and the variation coefficient of this index is 61 %. The $P_{HРВ}/Q_m$ ratio equals 0.015 (Q_m — muscular blood flow). $P_{HРВ}$ and $P_{HРВ}/Q_m$ ratio is almost twice as high in transition to breathing the hypoxic gas mixture with 7 % O_2 at the 20th minute. These indices sharply decrease in breathing the hyperoxic gas mixture with 80 % O_2 . The $P_{HРВ}/Q_m$ ratio does not change, in spite of a significant decrease in $P_{HРВ}$ during ventilation with gas mixture containing 40 % O_2 . The variation coefficient of $P_{HРВ}$ is almost twice as low both under hypoxic and hyperoxic conditions. The data obtained permit considering that the hematoparenchymatous barrier is one of regulators for O_2 fluxes and for tissue respiration intensity.

A. A. Bogomoletz Institute of Physiology,
Academy of Sciences, Ukrainian SSR, Kiev

1. *Артемова А. И.* Роль вен в гемодинамике мозга при гипоксической гипоксии // *Венозное кровообращение и лимфообращение: Тез. докл. III Всесоюз. симпозиума*. — Таллин, 1985. — С. 8.
2. *Березовский В. А.* Напряжение кислорода в тканях животных и человека. — Киев: Наук. думка, 1975. — 276 с.
3. *Березовский В. А., Сушко Б. С.* Влияние диет с различным содержанием насыщенных и ненасыщенных жирных кислот на диффузию кислорода в мышечной ткани // *Физиол. журн.* — 1986. — 32, № 4. — С. 492—495.
4. *Вержбинская Н. А.* Проницаемость гематоэнцефалического барьера как показатель акклиматизации к гипоксии // *Докл. АН СССР*. — 1960. — 130, № 6. — С. 1374—1377.
5. *Зальцман Г. Л.* Физиологические основы пребывания человека в условиях повышенного давления газовой среды. — Л.: Медгиз, 1961. — 188 с.
6. *Колчинская А. З.* Кислородные режимы организма ребенка и подростка. — Киев: Наук. думка, 1973. — 320 с.
7. *Майзелис М. Я.* Гематоэнцефалический барьер и его регуляция. — М.: Медицина, 1973. — 182 с.
8. *Маньковская И. Н.* Массоперенос и утилизация кислорода в мышечной ткани, механизмы развития тканевой гипоксии в разные возрастные периоды: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Киев, 1985. — 48 с.
9. *Пожаров В. П., Розова Е. В., Середенко М. М.* Диффузионная способность и проницаемость легких для кислорода у собак разного возраста в норме и при острой гипоксической гипоксии // *Физиол. журн.* — 1979. — 25, № 4. — С. 364—370.
10. *Росин Я. А.* Гемодинамика и проницаемость // *Руководство по физиологии: Физиология гистогематических барьеров*. — М.: Наука, 1977. — С. 73—76.
11. *Серебрякова Л. И., Гинзбург Е. М., Мазаев А. В., Трубецкой А. В.* Диффузионная способность капиллярного русла сердца при ишемии миокарда // *Физиол. журн.* — 1981. — 27, № 2. — С. 281—283.
12. *Середенко М. М., Жуковский Л. И., Цирульников В. А. та інші.* Фізіологічні критерії й шляхи підвищення ефективності корекції гіпоксичних станів // *Вісн. АН УРСР*. — 1982. — 46, № 2. — С. 31—41.
13. *Шмидт-Нильсен К.* Физиология животных: Приспособление и среда. — М.: Мир, 1982. — Кн. 1. — 414 с.
14. *Штерн Л. С.* Цереброспинальная жидкость и ее взаимоотношения с кровью и нервными элементами головного и спинного мозга // *Непосредственная питательная среда органов и тканей*. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — С. 125—138.
15. *А. с. 1120965 СССР, МКИ⁴ А 61 В 6/00.* Способ определения диффузионной способности гематопаренхиматозного барьера для кислорода / В. А. Березовский, В. И. Носарь, Н. А. Погребиская. — Оpubл. 30.10.84. Бюл. № 40.
16. *Aukland K., Bruce F., Bower M., Berliner R.* Measurement of local blood flow with hydrogen gas // *Circulat. Res.* — 1964. — 14, N 2. — P. 164—187.
17. *Bryant S. C., Navari R. M.* Effect of plasma proteins on oxygen diffusion in the pulmonary capillaries // *Microvas. Res.* — 1974. — N 7. — P. 120—130.
18. *Honig C., Frierson J., Nelson C.* O_2 transport and $\dot{V}O_2$ in rearing muscle: Significance for tissue-capillary exchange // *Amer. J. Physiol.* — 1971. — 220, N 2. — P. 357—363.
19. *Kon Kazunori, Maeda Nobuji, Sekija Misuzu et al.* A method for studying oxygen diffusion barrier in erythrocytes: effects of haemoglobin content and membrane cholesterol // *J. Physiol. (Gr. Brit.)*. — 1980. — 309, P. 569—590.
20. *Lambertsen C. J.* Effects of oxygen at high partial pressure // *Handbook of physiology respiration*. — Washington, 1965. — Vol. 2, P. 1027.