

НОРМАЛЬНАЯ И ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612.223:612.13

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИПОКСИИ, РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ ПРИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, И ГИПОКСИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ В ГОРАХ

М.М. Филиппов¹, М.В. Балыкин², В.Н. Ильин¹,
В.И. Портниченко³, А.Л. Евтушенко³

¹Национальный университет физического воспитания и спорта Украины, г. Киев,

²ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет»,

³Международный центр астрономических и медико-экологических исследований НАН Украины, г. Киев

В статье обсуждаются отличительные особенности развивающихся в здоровом организме двух типов гипоксических состояний: гипоксии нагрузки при мышечной деятельности и гипоксической гипоксии в горах. Основным отличием является разный характер функционирования систем внешнего дыхания, кровообращения, кислородтранспортной функции крови, ее кислотно-основного состояния, тканевых механизмов обеспечения утилизации O₂, образования и выведения из организма CO₂, режимов массопереноса этих газов в организме.

Ключевые слова: гипоксия нагрузки, гипоксическая гипоксия, дыхание, кровообращение, кислотно-основное состояние, кислородные режимы, режимы углекислого газа.

Введение. Общая характеристика развивающейся при мышечной деятельности гипоксии (гипоксия нагрузки) [11] свидетельствует о ее своеобразии. Однако при определенных степенях ее проявления [9], так же как и при других типах гипоксии, в крови сдвигается ионное равновесие, нарушается кислотно-основное состояние, изменяются буферные свойства и сродство гемоглобина к кислороду, развивается венозная гипоксемия. В связи с этим интересной представляется характеристика отличительных особенностей такого типа гипоксии от гипоксической гипоксии, возникающей при пребывании человека в условиях сниженного парциального давления O₂ (PO₂) во вдыхаемом воздухе, что наиболее характерно для горных условий [2, 12].

Цель исследования. Провести сравнительный анализ двух типов гипоксии: гипоксии нагрузки при мышечной деятельности и гипоксической гипоксии в горах.

Материалы и методы. Использовали комплексный метод оценки поэтапного массопереноса респираторных газов в организме человека в покое и при мышечной деятельности различной интенсивности, основанный на анализе функционирования систем дыхания, кровообращения, крови, их экономичности и эффективности в отношении снабжения организма кислородом, потребления O₂ и образования и выведения CO₂ [8]. Определение объемной скорости потребления O₂ и выделения CO₂ организмом осуществлялось общепринятым методом [3]. Объем легких измерялся с помощью малоинерционного газового счетчика фирмы «Юнкалор» (Германия). Графически рассчитывался избыток выделенного CO₂. По аналогии с кислородным режимом организма (КРО) осуществлялась оценка режима CO₂ [10]. Напряжение O₂ и CO₂, pH крови определялись микрометодом Аструпа на аппарате «Корнинг» (Англия),

кислотно-основное состояние крови (КОС) рассчитывалось с использованием номограммы Siggaard–Andersen [14]. Кровь для анализа бралась из предварительно разогретого пальца руки медицинским сотрудником. Содержание CO_2 в альвеолярном и выдыхаемом воздухе определялось с помощью малоинерционного капнографа ГУМ-2, а также масспектрометра МХ 6202. Для установления PCO_2 в смешанной венозной крови и определения минутного объема крови (МОК) применялся метод возвратного дыхания [5, 6, 13], содержание CO_2 рассчитывалось по диаграмме O_2 – CO_2 Рана и Фенна [7]. PO_2 в смешанной венозной крови рассчитывалось по [9]. Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета математических программ Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение. У здорового человека развивающаяся при мышечной деятельности тканевая гипоксия возникает при многократном увеличении скорости потребления O_2 в организме при нормальном PO_2 во вдыхаемом воздухе. При этом не только скорость массопереноса и утилизации O_2 может достигать максимальных значений, но в еще большей степени может увеличиваться скорость выделения и транспорта CO_2 , образовываться избыток его выделения.

Уже эта наиболее общая характеристика развивающейся при мышечной деятельности гипоксии свидетельствует об определенном ее своеобразии, не характерном для других типов гипоксии.

Для сравнительной характеристики использовали данные собственных комплексных обследований в горах на высотах 2100 и 3500 м над ур. м. с участием коренных жителей, приезжих спортсменов и спортсменов в условиях основного обмена, а также спортсменов в процессе мышечной деятельности на уровне моря. Так как в результате проведения таких исследований были установлены определенные отличия в функционировании организма горцев, считаем необходимым остановиться и на этом.

У обследованных в г. Киеве мужчин не было выявлено каких-либо отклонений от нормы состояний систем дыхания, гемодинамики, дыхательной функции крови, ее КОС. На высоте 2100 м над ур. м. кислородный режим организма у них заметно изменился: в результате увеличения легочной вентиляции скорость поступления O_2 в легкие оказалась практически такой же, что и на равнине (рис. 1). Так как возросла альвеолярная вентиляция (АВ), увеличилось ее отношение к легочной вентиляции (ЛВ), а с ней – скорость поступления O_2 в альвеолы. Благодаря даже небольшому увеличению минутного объема крови достоверно большей стала скорость транспорта O_2 артериальной и смешанной венозной кровью. Функционирование системы внешнего дыхания и кровообращения уже на такой сравнительно небольшой высоте над уровнем моря, как 2100 м, было менее экономичным, чем на равнине, о чем свидетельствует повышение вентиляционного и гемодинамического эквивалента.

Отмечено напряжение кислородного режима организма: PO_2 в альвеолах снизилось до $85,2 \pm 2$ мм рт. ст., его напряжение в артериальной крови – до $60 \pm 1,6$ мм рт. ст. В смешанной венозной крови изменения PO_2 были недостоверными.

На высоте 3500 м, несмотря на достоверное увеличение минутного объема дыхания (МОД) и отношения АВ/МОД (табл. 1), скорость поступления O_2 в легкие не только не возросла, но даже несколько снизилась.

Достоверно уменьшилась и скорость поступления O_2 в альвеолы ($p < 0,05$). То есть увеличение МОД и АВ не могло компенсировать снижение PO_2 во вдыхаемом воздухе.

Определения МОК показали, что он изменился мало (табл. 2), однако его поддержание в горах на высоте 3500 м осуществлялось достоверно большей ЧСС на фоне сниженного ударного объема сердца (УО).

В связи с тем что в горах уменьшается насыщение артериальной крови O_2 , более низким оказывается его содержание (табл. 3).

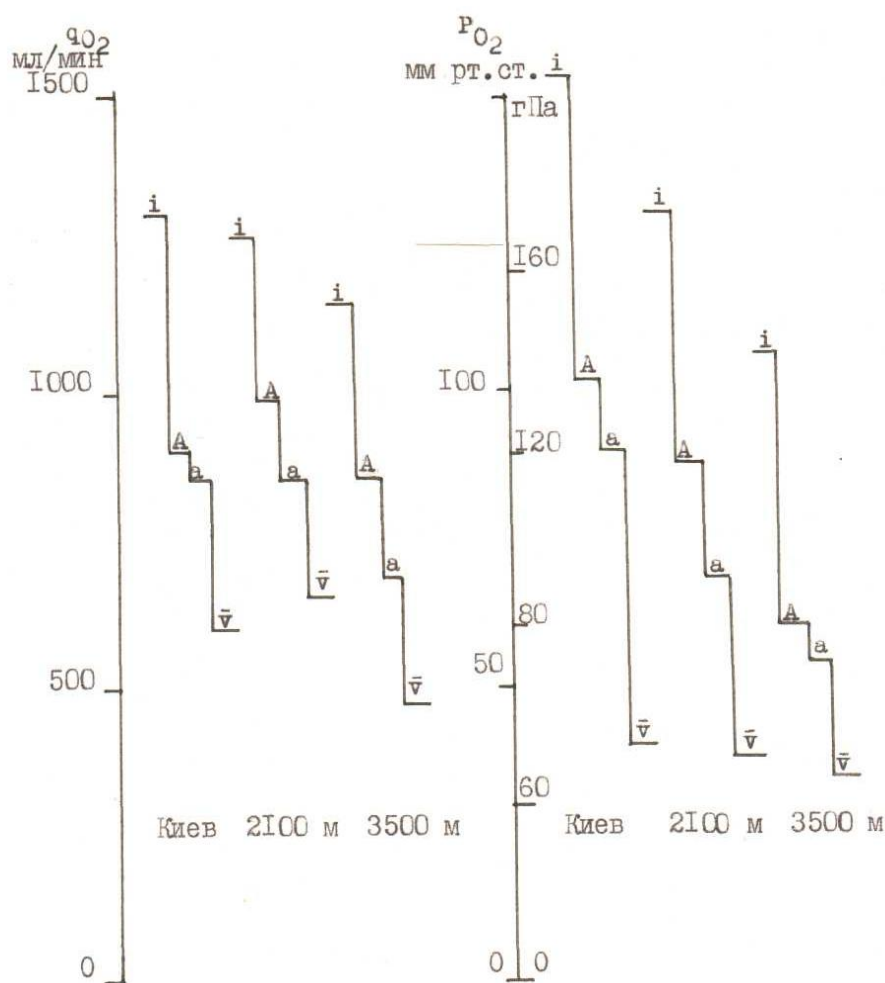


Рис. 1. Каскады скорости продвижения O_2 (qO_2) в организме и PO_2 в Киеве и на разных высотах в горах.

Обозначения: *i* – вдыхаемый воздух, *A* – альвеолярный воздух,
a – артериальная кровь, \bar{v} – смешанная венозная кровь

Таблица 1

Характеристика внешнего дыхания у спортсменов в покое

Показатели	Высота		
	Киев	Терскол, 2100 м	Ст. «Мир», 3500 м
МОД, л/мин	7,273±0,500	9,539±0,700	10,292±0,560
АВ, л/мин	5,828±0,400	7,644±0,660	8,147±0,630
ЧД, дых./мин	14,00±0,87	17,00±0,68	18,00±0,68
ДО, мл	542±54	572±57	599±55
Потребление O_2 , мл/(мин·кг)	4,10±0,39	4,00±0,29	3,90±0,28

Примечание. ЧД – частота дыханий; ДО – дыхательный объем. Здесь и далее значения легочных объемов приведены в системе ВTPS, газовых – STPD.

Таблица 2

Характеристика гемодинамики у спортсменов в покое

Показатели	Высота		
	Киев	Терскол, 2100 м	Ст. «Мир», 3500 м
МОК, л/мин	4,95±0,38	5,00±0,26	4,72±0,27
УО, мл	90,9±4,1	99,7±5,4	82,40±3,66
ЧСС, сокр./мин	52,0±2,4	52,0±1,8	58,0±2,8

Таблица 3

Характеристика дыхательной функции крови у спортсменов в покое

Показатели	Высота		
	Киев,	Терскол, 2100 м	Ст. «Мир», 3500 м
Концентрация Нв, г/л	14,56±0,51	14,60±0,48	14,80±0,61
Насыщение артериальной крови кислородом, %	95,90±0,26	86,7±1,6	79,3±0,9
Содержание O ₂ в артериальной крови, об. %	19,00±0,56	17,30±0,44	14,70±0,71
Артериовенозное различие по кислороду	5,45±0,28	5,47±0,48	5,30±0,39

Заметно (на 26 %) уменьшилась скорость транспорта O₂ артериальной кровью на фоне снижения артериального PO₂ (52±1,2 мм рт. ст., p<0,05) и PO₂ в смешанной венозной крови (27±1,4 мм рт. ст., p<0,05). Указанные изменения в скорости транспорта O₂ и более низкие PO₂ артериальной и смешанной венозной крови сопровождались некоторым снижением его потребления. При этом на фоне незначительного повышения эффективности КРО (отношения между скоростью поступления O₂ в легкие, альвеолы, транспорта артериальной, смешанной венозной кровью и его потреблением) экономичность дыхания и кровообращения в отношении снабжения организма O₂ ухудшилась. Вентиляционный эквивалент увеличился больше, чем на высоте 2100 м, и был равен 37,5±1,4, кислородный эффект дыхательного цикла снизился до 12,4 мл (т.е. был на 7,7 мл меньше, чем на равнине, и на 3,2 мл меньше, чем на высоте 2100 м). Наблюдалось снижение кислородного эффекта сердечного цикла. При этом, однако, происходило некоторое уменьшение гемодинамического экви-

валента, что наряду с повышением коэффициента утилизации O₂ из крови свидетельствовало о напряжении адаптационных механизмов.

На высоте 3500 м четко проявлялись нарушения КОС крови. Так, достоверно снижался рН (7,41±0,03 – Киев и 7,343 ±0,02 – горы), возникал дефицит буферных оснований (-10,8±0,4 мэкв/л), достоверно уменьшалось количество стандартных бикарбонатов. Все это сопровождалось артериальной гипокапнией (PCO₂ крови в горах на высоте 3500 м снижалось до 23,5±0,9 мм рт.ст.).

Наряду с этим изменялся весь каскад PCO₂: в венозной крови уровень PCO₂ несколько увеличивался, в артериальной крови, в альвеолярном и выдыхаемом воздухе он оказался ниже, чем на равнине (т.е. каскад как бы растягивался). Каскады скорости массопереноса CO₂, наоборот, становились более сжатыми, хотя скорость его выведения из организма увеличивалась.

Все это свидетельствовало о том, что на высоте 3500 м над ур. м. снижение PO₂ во

вдыхаемом воздухе, а следовательно, и в артериальной крови, недостаточно восполняется деятельностью компенсаторных механизмов, в результате чего скорость O_2 уменьшается до таких значений, при которых ограничивается его потребление и развивается тканевая гипоксия.

Обследования горцев показали, что на этих высотах тканевая гипоксия у них выражена в меньшей степени, чем у лиц – жителей равнин, прибывших в горы, или вообще отсутствует. Это обеспечивается наличием целого ряда приспособительных механизмов, проявляющихся на всех уровнях кардиореспираторной системы.

Так, выявлено, что у них меньше, чем у лиц, приехавших в горы, мертвое дыхательное пространство, а АВ составляет большую долю в МОД, что создает преимущества организму горцев в осуществлении перемещения O_2 из воздуха в кровь, обеспечивает лучшее насыщение артериальной крови O_2 и способствует удержанию PO_2 в альвеолярном воздухе и артериальной крови на более высоком уровне (рис. 2).

Внешнее дыхание у горцев функционирует экономичней (об этом свидетельствует более высокий кислородный эффект дыхательного цикла и более низкий вентиляционный эквивалент).

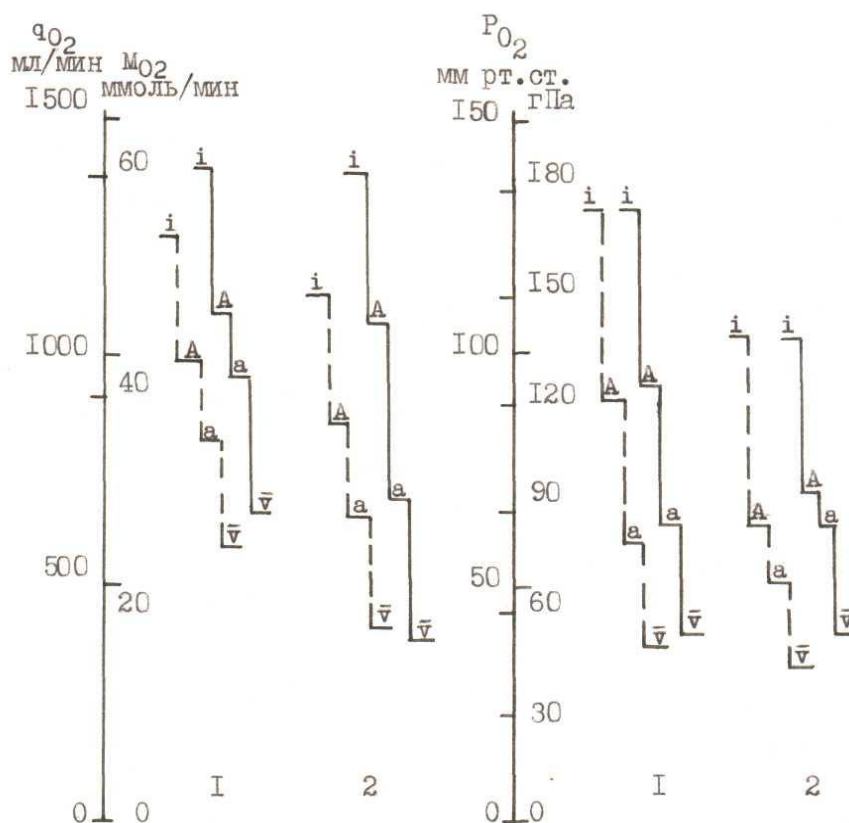


Рис. 2. Каскады скорости продвижения O_2 (qO_2) в организме и каскады PO_2 в горах на высотах 2100 м над ур. м. (1) и 3500 м над ур. м. (2) у спортсменов (пунктир) и коренных жителей гор (сплошные линии)

Лучшее кислородное насыщение гемоглобина в легких, большее его количество в крови обеспечивают повышенное содержание O_2 в артериальной крови (табл. 4).

Существенным отличием организма горцев является большая способность тканей

утилизировать O_2 , которая в первую очередь обусловлена морфофункциональными изменениями в мышцах [1]. Об этом свидетельствовали более высокое артериовенозное различие по O_2 и коэффициент его утилизации из артериальной крови.

Таблица 4

**Характеристика дыхания, гемодинамики, дыхательной функции крови
у жителей гор в покое**

Показатели	Терскол, 2100 м	Ст. «Мир», 3500 м
МОД, л/мин	9,70±0,55	10,27±0,64
АВ, л/мин	7,86±0,41	8,58±0,54
ЧД, дых./мин	16,0±1,0	17,00±0,56
ДО, мл	580±44	601±68
МОК, л/мин	5,32±0,42	4,44±0,32
УО, мл	75,0±6,1	60,8±5,6
ЧСС, сокр./мин	69,0±3,1	73,0±1,2
Концентрация Нв, г/л	15,70±0,45	17,30±0,32
Насыщение артериальной крови O ₂ , %	93,20±0,45	83,30±0,89
Содержание O ₂ в артериальной крови, об. %	20,00±0,41	19,40±0,41
Артериовенозное различие по O ₂	6,1±0,3	9,40±0,41

У горцев выше эффективность гемодинамики в отношении снабжения тканей O₂: каждый его литр они утилизировали из меньшего количества циркулирующей крови.

Не столь значительными у горцев были сдвиги КОС крови. Указанное свидетельствует о том, что благодаря выработавшимся компенсаторным механизмам горцы легче, чем жители равнины, переносят недостаток кислорода во вдыхаемом воздухе.

С целью сравнительной характеристики особенностей гипоксии, развивающейся при мышечной деятельности, с гипоксической гипоксией проводили сравнительный анализ результатов, полученных при обследовании в горах (т.е. при гипоксической гипоксии), с теми, которые характерны для напряженной мышечной деятельности, выполняемой на уровне моря.

Сравнительный анализ показал (рис. 3), что если при гипоксической гипоксии PO₂ во вдыхаемом и, естественно, альвеолярном воздухе снижается, то при гипоксии, возникающей при мышечной деятельности, оно находится в пределах нормы. Обязательным условием для развития гипоксической гипоксии является артериальная гипоксемия, проявляющаяся в снижении PO₂ и оксигенации

крови; при гипоксии, развивающейся при мышечной деятельности, артериальная гипоксемия также может иметь место, но лишь в крайних случаях и в небольшой степени, т.е. когда выполняется очень тяжелая работа. Поэтому причиной возникновения гипоксии нагрузки, в отличие от двигательной гипоксии, по А.Б. Гандельсману [4], является не артериальная гипоксемия, а несоответствие между возможностями кардиорепираторной системы доставлять O₂ тканям и возросшим кислородным запросом.

Напряжение O₂ в смешанной венозной крови при гипоксической гипоксии на начальных стадиях ее развития остается таким же, как в норме, и лишь на последних стадиях [9] снижается. Для гипоксии, развивающейся при мышечной деятельности, венозная гипоксемия является одним из самых характерных признаков. Она имеет место уже в тех случаях, когда кислородный запрос возрастает более чем в 2–3 раза от уровня покоя.

Сравнения каскадов скорости продвижения O₂ в организме при разных типах гипоксии (рис. 3) показывают значительные их различия. Так, если при гипоксической гипоксии скорость поступления O₂ в легкие, альвеолы, транспорта его артериальной кро-

вью, несмотря на пониженное PO_2 , находится в пределах нормы или несколько снижается, то при развивающейся при мышечной деятельности гипоксии нагрузки скорость поступления O_2 в легкие, как уже указывалось

ранее, может достигать 23–24 л/мин и более, в альвеолы – 20, а с артериальной кровью – 6,0–6,5 л/мин, т.е. наблюдается многократное увеличение скорости массопереноса этого газа.

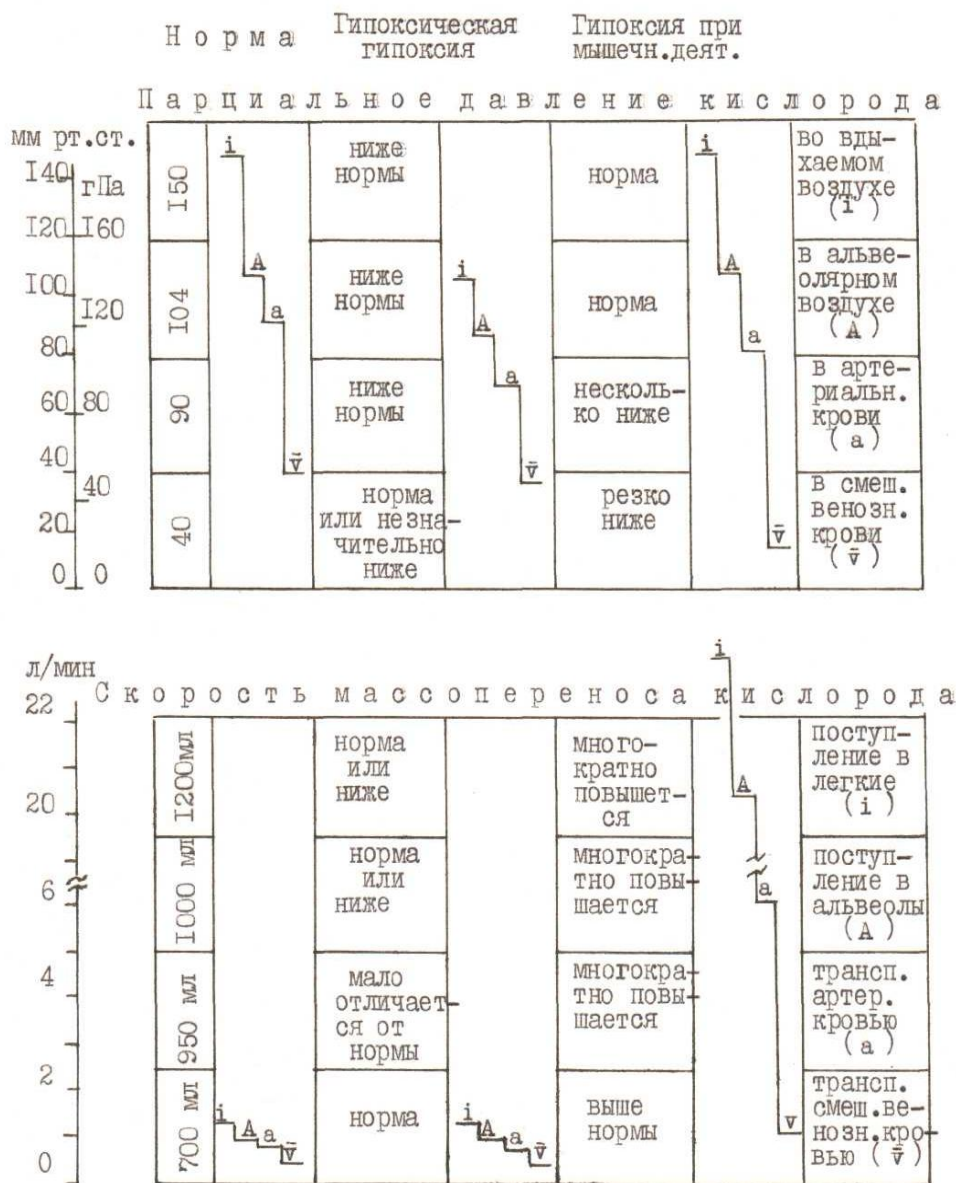


Рис. 3. Сравнительная характеристика двух типов гипоксии

Транспорт его смешанной венозной кровью при гипоксической гипоксии изменяется мало и только при резкой степени может несколько уменьшаться. Казалось бы, что при гипоксии нагрузки резкое падение PO_2 в смешанной венозной крови должно сопровождаться и снижением скорости массопереноса O_2 , однако, несмотря на значительное увеличение артериовенозного различия по O_2 и венозную гипоксемию, за счет увеличения

объемного кровотока скорость транспорта O_2 смешанной венозной кровью увеличивается в 1,5–2,0 раза.

Далее, если гипоксическая гипоксия сопровождается нормальным уровнем PCO_2 в смешанной венозной крови и выраженной артериальной гипокапнией, то при гипоксии нагрузки PCO_2 в смешанной венозной крови может повышаться до 70–80 мм рт. ст., т.е. развивается резкая венозная гиперкапния

(рис. 4). В артериальной крови и альвеолярном воздухе с началом нагрузки уровень PCO_2 повышается, затем может находиться в пределах нормы. Лишь при очень напряженной работе у отдельных лиц может наблюдаться артериальная гипокапния.

В отличие от гипоксической гипоксии, при гипоксии нагрузки в организме резко возрастает весь режим массопереноса CO_2 . Если при недостатке O_2 во вдыхаемом воздухе скорость массопереноса CO_2 смешанной венозной кровью находится в пределах нормы или лишь несколько повышается, то при мышечной деятельности она резко увеличивается (в некоторых случаях до 28–30 л/мин), значительно возрастает транспорт CO_2 кровью и многократно (в десятки раз) увели-

чивается скорость его выведения из легких в атмосферу.

При гипоксической гипоксии общее потребление O_2 организмом может быть в норме или несколько повышено, лишь при резкой степени гипоксии оно может снижаться [2]. Гипоксия нагрузки развивается при многократном увеличении скорости потребления O_2 , которая при напряженной мышечной деятельности достигает максимальных значений.

Аналогично этому увеличивается скорость образования и выделения CO_2 . При этом, если интенсивность нагрузки высокая, кислородный запрос не удовлетворяется, накапливается кислородный долг и образуется избыток выделяемого CO_2 .

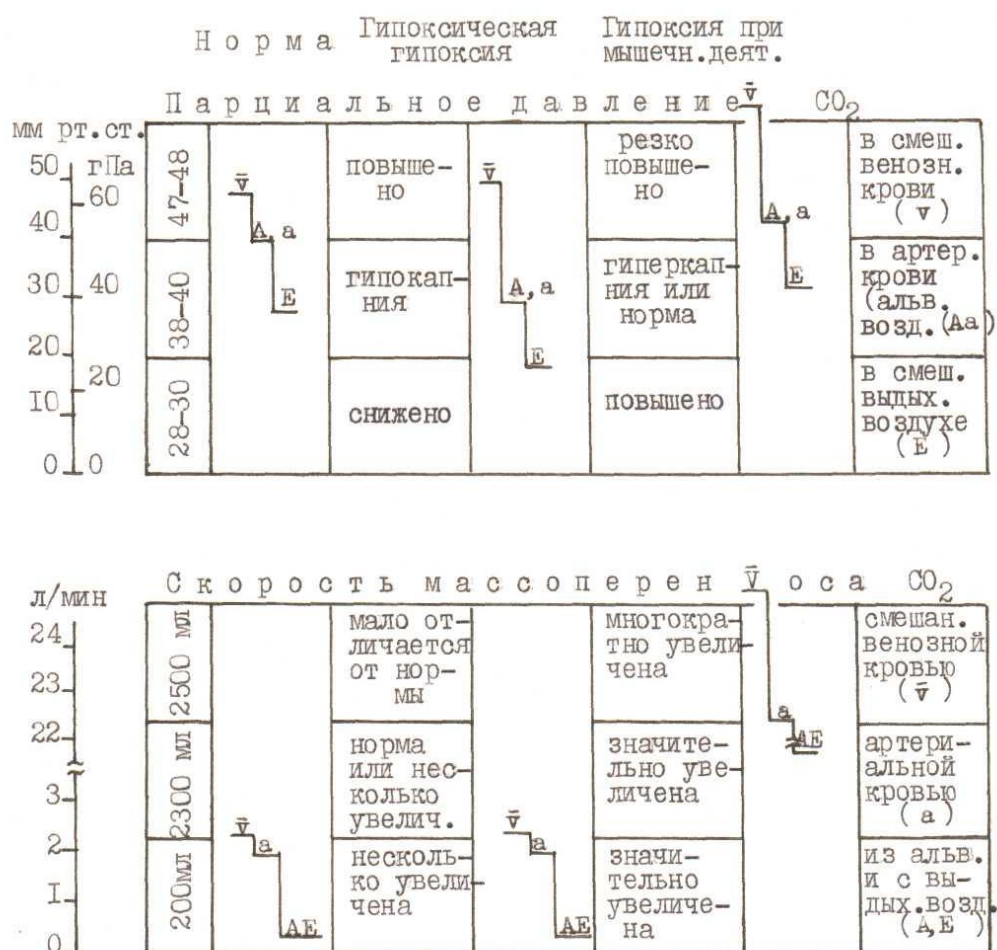


Рис. 4. Отличительные особенности режимов CO_2 при двух типах гипоксии

Гипоксическая гипоксия может на последних стадиях развития сопровождаться некоторым сдвигом КОС крови. Характерной

особенностью гипоксии нагрузки является значительное повышение в крови недоокисленных продуктов обмена, резкое снижение

pH, развитие декомпенсированного метаболического ацидоза. При этом происходит расходование щелочных резервов крови, снижается количество бикарбонатов, растет дефицит буферных оснований.

Отличием гипоксии нагрузки при мышечной деятельности от гипоксической гипоксии является увеличение артериовенозного различия по O_2 , 2,0–2,5-кратное повышение коэффициента утилизации O_2 тканями из артериальной крови. При этом, если при гипоксической гипоксии оксигенация артериальной крови и содержание в ней O_2 всегда снижены и находятся в зависимости от степени снижения PO_2 во вдыхаемом воздухе, то при нагрузке артериальная кровь даже в самых крайних случаях насыщается O_2 не менее чем на 78–80 %, а его содержание в ней может уменьшиться лишь на 1,5–2 об.%. Последнее частично объясняется тем, что происходит выброс депонированной крови с высоким содержанием гемоглобина. За счет этого, а также в результате потери организмом воды (гемоконцентрация) возрастает кислородная емкость крови, что и способствует поддержанию содержания O_2 в артериальной крови достаточно высоким. При напряженной мышечной деятельности особенно резко исчерпываются запасы O_2 в смешанной венозной крови, где его содержание может составлять всего лишь нескольких объемных процентов.

Резкие отличия между сравниваемыми гипоксическими состояниями выявляются в экономичности функционирования внешнего дыхания и гемодинамики в отношении снабжения организма O_2 и доставки его тканям. Если в горах каждый литр потребляемого O_2 всегда извлекается организмом из значительно больших, чем на равнине, количеств вентилируемого через легкие воздуха, то при физической нагрузке экономичность внешнего дыхания повышается или не изменяется, а для потребления равного количества O_2 объемная скорость кровотока оказывается в несколько раз меньшей.

В отличие от гипоксической гипоксии, характерным для мышечной деятельности можно считать развитие тканевой гипоксии в мышечных волокнах в результате увеличения

нагрузки на систему дыхания и возникающего при этом несоответствия скорости доставки O_2 повышенному кислородному запросу мышц.

И, наконец, следует отметить, что при этих двух типах гипоксии разной оказывается эффективность КРО. Если при гипоксической гипоксии отношения между скоростью поступления O_2 в легкие и альвеолы, как правило, снижаются, то при нагрузке они мало отличаются от нормы. Отношение скорости транспорта O_2 артериальной кровью к скорости его потребления при гипоксической гипоксии снижается до тех пор, пока не начинает развиваться гипоксия тканей, затем оно опять начинает возрастать. По мере увеличения интенсивности мышечной работы гипоксия нагрузки характеризуется уменьшением этого отношения. При сниженном PO_2 во вдыхаемом воздухе скорость транспорта O_2 смешанной венозной кровью, как правило, в 1,5–2,0 раза оказывается выше скорости его потребления, при гипоксии нагрузки это отношение всегда меньше 1, а у физически тренированных лиц оно может снижаться даже до 0,1–0,2.

Заключение. Проведенные исследования и сопоставления, выявленные особенности функционирования систем обеспечения массопереноса респираторных газов в организме и их эффективности, неодинаковая экономичность дыхания и кровообращения, различные изменения КОС и газового состава крови при двух сравниваемых типах гипоксии свидетельствуют о том, что гипоксия нагрузки, развивающаяся при мышечной деятельности, сопровождается определенными изменениями кислородного режима, режима углекислого газа организма и мышечной ткани, которые отличаются от тех, что наблюдаются при адаптации к гипоксической гипоксии. При этом разными оказываются условия функционирования дыхательной, сердечно-сосудистой систем, крови. Таким образом, развивающаяся при мышечной деятельности гипоксия нагрузки имеет свои характерные особенности.

1. *Балыкин М. В.* Морфофункциональные изменения в органах при физической нагрузке

- в горах / М. В. Балькин, Х. Д. Каркобатов, М. М. Филиппов // Науч. труды III съезда физиологов СНГ (Ялта, Украина, 1–6 окт. 2011 г.). – М. ; Ялта : Медицина-Здоровье, 2011. – С. 146.
2. *Березовский Б. А.* Природная и инструментальная орототерапия / Б. А. Березовский. – Донецк : Изд. Заславский О.Ю., 2012. – 304 с.
3. *Витте Н. К.* Определение газового обмена у человека / Н. К. Витте, Н. М. Петрунь. – Киев : Гос. медиздат УССР, 1955. – 54 с.
4. *Гандельсман А. Б.* Двигательная гипоксия / А. Б. Гандельсман // Материалы симпозиума «Кислородный режим организма и его регулирование». – Киев ; Канев : Наук. думка, 1965. – С. 48–51.
5. *Карпман В. Л.* Динамика кровообращения у спортсменов / В. Л. Карпман, В. Г. Любина. – М. : ФиС, 1982. – 135 с.
6. *Карпман В. Л.* Определение минутного объема кровотока у спортсменов методом возвратного дыхания CO₂ / В. Л. Карпман, Р. А. Меркулова, В. Г. Любина // Теория и практика физической культуры. – 1974. – № 6. – С. 69–71.
7. Легкие: клиническая физиология и функциональные пробы : пер. с англ. / Д. Г. Комро [и др.]. – М. : Медгиз, 1961. – 196 с.
8. *Мищенко В. С.* Реактивные свойства кардиореспираторной системы как отражение адаптации к напряженной физической тренировке в спорте : моногр. / В. С. Мищенко, Е. Н. Лысенко, В. Е. Виноградов. – Киев : Научный мир, 2007. – 351 с.
9. *Филиппов М. М.* Процесс массопереноса респираторных газов при мышечной деятельности. Степени гипоксии нагрузки / М. М. Филиппов // Вторичная тканевая гипоксия / под общ. ред. А. З. Колчинской. – Киев : Наук. думка, 1983. – С. 197–216.
10. *Филиппов М. М.* Условия образования и переноса углекислого газа в процессе мышечной деятельности / М. М. Филиппов // Наука в олимпийском спорте. – 1994. – № 1. – С. 73–78.
11. *Филиппов М. М.* Физиологические механизмы развития и компенсации гипоксии в процессе адаптации к мышечной деятельности / М. М. Филиппов, Д. Н. Давиденко. – СПб. ; Киев : БПА, 2010. – 260 с.
12. *Шидаков Ю. Х.-М.* Высокогорная спелеотерапия / Ю. Х.-М. Шидаков, И. А. Абдумаликова. – Бишкек : Полиграф, 2009. – 276 с.
13. *Klausen K.* Comparison of CO₂ rebreathing and acetylenemethoda for cardiac output / K. Klausen // J. Appl. Physiol. – 1965. – № 20. – P. 763–766.
14. *Siggaard-Andersen A.* Theacid-base studies of the blood / A. Siggaard-Andersen. – Copenhagen : Munkegaard, 1974. – 242 p.

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF HYPOXIA EXERSIZE, DEVELOPING AT MUSCLE ACTIVITY, AND HYPOXIC HYPOXIA IN MOUNTAINS

M.M. Filippov¹, M.V. Balykin², V.N. Il'in¹, V.I. Portnichenko³, A.L. Evtushenko³

¹The National University of Physical Education and Sport of Ukraine, Kiev

²Ulyanovskiy State University,

³The International Center of Astronomic and Mediko-Ecological Researches of NAN of Ukraine, Kiev

The distinctive features of developing in the healthy organism of two types of the hypoxic states come into question in the article: hypoxias of loading at muscle activity and hypoxic hypoxia in mountains. Basic differences has different character of functioning of the systems of the external breathing, circulation of blood, oxygen transport function of blood, acid-basic state of blood, tissue mechanisms of providing the utilization of O₂, formation and leadingout CO₂ from the organism, modes of the mass transfer of these gases in the organism.

Keywords: hypoxia of loading, hypoxic hypoxia, breathing, circulation of blood, acid-basic state, oxygen modes, modes of carbon dioxide.