

В.П. Хохлов, В.В. Малышев, Н.В. Протопопова

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И ГАЗООБМЕНА В ДИНАМИКЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕРЕМЕННОСТИ

*Иркутский областной клинический консультативно-диагностический центр (Иркутск)  
НЦ МЭ СО ВСНЦ РАМН (Иркутск)  
Иркутский государственный институт усовершенствования врачей (Иркутск)*

*Основной задачей внешнего и внутреннего дыхания является поддержание адекватного газового состава крови, обеспечение оптимального для метаболизма кислородно-углекислого режима. В динамике физиологической беременности сохраняется устойчивость показателя рН и стабильность доставки и утилизации кислорода.*

**Ключевые слова:** внешнее дыхание, тканевое дыхание, адаптационная реакция, физиологическая беременность

## ESTIMATION OF FUNCTIONAL SYSTEM OF EXTERNAL RESPIRATION AND GAS EXCHANGE IN DYNAMICS OF PHYSIOLOGICAL PREGNANCY

V.P. Khokhlov, V.V. Malishev, N.V. Protopopova

*Irkutsk Regional Diagnostic Center, Irkutsk  
Scientific Center of Medical Ecology ESSC SB RAMS, Irkutsk  
Irkutsk State Institute of Physicians' Training, Irkutsk*

*The main task of external and internal respiration is support of adequate gas composition of blood, providing oxygenous-carbonate balance, optimum for metabolism. In dynamics of physiological pregnancy stability of pH index and oxygen delivery and utility are kept.*

**Key words:** external respiration, tissue respiration, adaptative reaction, physiological pregnancy

Основной задачей системы внешнего дыхания является поддержание адекватного газового состава крови [1]. Само по себе поступление  $O_2$  в организм и удаление из него  $CO_2$  не может обеспечить оптимального для метаболизма кислородно-углекислого режима. Постоянно меняющиеся режимы деятельности организма, связанные с потреблением  $O_2$  и выделением  $CO_2$ , могут влиять на дыхательный гомеостаз организма. Однако, несмотря на всевозможные возмущающие факторы, а беременность можно считать таковым, способные нарушить дыхательный гомеостаз, организм способен при различных условиях существования поддерживать их оптимум в крови и тканях. Эту функцию и выполняет рассматриваемая функциональная система.

Правильная перестройка работы аппарата внешнего дыхания во время беременности имеет огромное значение в поддержании обменных процессов и функций жизненно важных органов матери, своевременной утилизации продуктов жизнедеятельности, совместного существования матери и плода. Своевременная доставка кислорода к плоду и выделение углекислого газа играют огромную роль в исходе беременности и родов [4].

**Целью** данной работы было изучение работы внешнего и внутреннего дыхания у беременных с физиологической беременностью на всех сроках гестации.

### КЛИНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БОЛЬНЫХ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели обследовано 166 женщин, находившихся на диспансерном учете. Нами произведено формирование групп обследованных пациенток на основании наличия факторов риска развития гестоза, и клинических проявлений гестоза на момент исследования. Диагноз «гестоз» устанавливался на основании анамнеза, клинических и лабораторных данных (повышение артериального давления, отеки, протеинурия, гипопропротеинемия, гиперкоагуляция). Для обследования отбирались женщины с легкой степенью тяжести гестоза, критерии которого оценивались по общепринятой классификации МКБ-10. Контрольную группу составили женщины с физиологическим течением беременности без хронических заболеваний и отклонений со стороны сердечно-сосудистой и респираторной системы. В группе факторов риска учитывалось наличие хронических заболеваний сердечно-сосудистой, респираторной, мочевыделительной, эндокринной систем.

Группа женщин с факторами риска составила 45 беременных женщин; группа беременных с гестозом — 42 пациентки; контрольная группа — 79 пациенток.

В группе женщин, обследованных нами как угрожаемых по развитию гестоза, в сроке 37 — 40 недель беременности у 6 (14 %) пациенток бере-

менность осложнилась гестозом легкой степени тяжести. В связи с этим нами был произведен анализ указанной группы путем автоматического распределения больных по группам с помощью методического распознавания образов для выяснения однородности группы способом группирования объектов в признаковом пространстве методом совместного использования гиперсфер и потенциальных функций [5]. В результате полученных данных была доказана однородность группы по всем показателям, учитывая статистически достоверные показатели различий между группами с использованием t-критерия при  $p < 0,001$ .

Для оценки правильности формирования пациентов в соответственные группы нами был про-

веден кластерный анализ [2], который предназначен для классификации наблюдений в однородные группы, методом иерархической кластеризации, состоящей в объединении наиболее сходных наблюдений. За коэффициент сходства принимали стандартизированное m-мерное евклидово расстояние. В результате проведенного анализа при коэффициенте сходства равном 3,75 получены 2 группы с распределением пациентов по принятому нами принципу с достоверностью 90,9 %.

Обследование проводилось в сроки 9 – 14 недель, 23 – 24 недели, 33 – 34 недели беременности. Наблюдение за пациентками продолжалось до окончания беременности и выписки из родильного дома. Для изучения работы внешнего и внутрен-

**Таблица 1**

**Основные изменения параметров кислотно-основного состояния крови в состоянии покоя при физиологической беременности в динамике ( $M \pm m$ )**

Параметры	Группы			
	1	2	3	4
	Небеременные (контроль) n = 31	Физиологическая беременность		
1 триместр n = 30		2 триместр n = 27	3 триместр n = 26	
РН крови (7,37–7,45) (усл. ед.)	7,44 ± 0,02	7,41 ± 0,01 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$ $p_{2-4} < 0,05$	7,44 ± 0,02 $p_{3-1} > 0,01$ $p_{3-4} > 0,05$	7,46 ± 0,02 $p_{4-1} > 0,05$
Парциальное давление углекислого газа $PCO_2$ (мм рт. ст.) (N = 32–43)	39,01 ± 0,92	35,68 ± 0,46 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	36,00 ± 0,70 $p_{3-1} < 0,01$ $p_{3-4} > 0,05$	36,76 ± 0,76 $p_{4-1} < 0,05$
Парциальное давление кислорода $PO_2$ (мм рт. ст.) (N = 71–104)	78,43 ± 1,59	75,96 ± 1,63 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	80,22 ± 2,16 $p_{3-1} > 0,01$ $p_{3-4} > 0,05$	78,98 ± 1,56 $p_{4-1} > 0,05$
Насыщение кислорода Sat $O_2$ (%) (N = 94–98)	95,66 ± 0,33	94,8 ± 0,32 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	95,66 ± 0,39 $p_{3-1} > 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	96,07 ± 0,32 $p_{4-1} > 0,05$
Общая емкость буферных систем ВВ (ммоль/л) (N = 45–52)	49,50 ± 0,85	46,09 ± 0,39 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} < 0,05$	47,92 ± 0,73 $p_{3-1} > 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	49,87 ± 1,06 $p_{4-1} > 0,05$
Избыток (дефицит) оснований ВЕ (ммоль/л) (n = -2 – +3)	1,54 ± 0,85	-1,83 ± 0,39 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	-0,02 ± 0,72 $p_{3-1} < 0,05$ $p_{3-4} < 0,05$	1,92 ± 1,05 $p_{4-1} > 0,01$
Истинный бикарбонат $HCO_3^-$ (мэкв/л) (N = 21–26)	25,67 ± 0,65	22,11 ± 0,32 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} < 0,05$	23,66 ± 0,52 $p_{3-1} < 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	25,54 ± 0,94 $p_{4-1} > 0,05$

Таблица 2

Основные изменения параметров кислотно-основного состояния крови после ФН при физиологической беременности в динамике ( $M \pm m$ )

Параметры	Группы			
	1	2	3	4
	Небеременные (контроль) n = 31	Физиологическая беременность		
1 триместр n = 30		2 триместр n = 27	3 триместр n = 26	
РН крови (7,37–7,45) (усл. ед.)	7,35 ± 0,01	7,37 ± 0,01 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$ $p_{2-4} < 0,05$	7,40 ± 0,01 $p_{3-1} > 0,01$ $p_{3-4} > 0,05$	7,41 ± 0,02 $p_{4-1} > 0,05$
Парциальное давление углекислого газа $PCO_2$ (мм рт. ст.) (N = 32–43)	39,57 ± 0,92	33,47 ± 0,47 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	35,58 ± 0,80 $p_{3-1} < 0,01$ $p_{3-4} > 0,05$	36,33 ± 1,16 $p_{4-1} < 0,05$
Парциальное давление кислорода $PO_2$ (мм рт. ст.) (N = 71–104)	91,40 ± 1,98	88,24 ± 2,14 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} < 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	90,52 ± 2,03 $p_{3-1} > 0,01$ $p_{3-4} > 0,05$	96,63 ± 3,95 $p_{4-1} > 0,05$
Насыщение кислорода Sat $O_2$ (%) (N = 94–98)	96,18 ± 0,30	95,98 ± 0,24 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	96,69 ± 0,24 $p_{3-1} > 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	97,01 ± 0,27 $p_{4-1} > 0,05$
Общая емкость буферных систем ВВ (ммоль/л) (N = 45–52)	44,53 ± 1,01	42,64 ± 0,70 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} < 0,05$	45,84 ± 0,83 $p_{3-1} > 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	46,68 ± 1,35 $p_{4-1} > 0,05$
Избыток (дефицит) оснований ВЕ (ммоль/л) (n = -2 – +3)	-3,38 ± 1,00	-5,27 ± 0,70 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	-2,08 ± 0,82 $p_{3-1} < 0,05$ $p_{3-4} < 0,05$	-1,26 ± 1,34 $p_{4-1} > 0,01$
Истинный бикарбонат $HCO_3^-$ (мэкв/л) (N = 21–26)	21,78 ± 0,92	18,97 ± 0,60 $p_{2-1} < 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} < 0,05$	21,92 ± 0,77 $p_{3-1} < 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	22,87 ± 1,30 $p_{4-1} > 0,05$

него дыхания у беременных с физиологической беременностью были проведены исследования в спокойном состоянии на различных сроках беременности, и после выполнения нагрузочного теста с использованием метода спироэргометрии с исследованием газов крови после выполнения нагрузки.

В состоянии покоя представленные показатели газообмена во всех группах соответствовали норме (табл. 1) и не выходили за пределы «нормальных» границ до конца беременности. Это показывает, что определяющая гомеостатическая система, поддерживающая нормальный метаболизм тканей и органов работает стабильно.

Для понимания, насколько надежны происходящие адаптационные перестройки, была рассмотрена реакция на физическую нагрузку (ФН).

Для понимания адекватности анализа полученных результатов (исключение влияния нарушений собственно механики дыхания) была исследована функция внешнего дыхания. Результаты этого исследования представлены в таблице 3.

Газообмен, происходящий в организме на альвеолярно-капиллярной мембране, является началом сложных физиологических процессов, таких как эритроцитарный транспорт и «разгрузка»  $O_2$  в периферических тканях с одновременным удалением  $CO_2$ , поэтому нормальное дыхание обус-

Таблица 3

Показатели внешнего дыхания при физиологической беременности в динамике ( $M \pm m$ )

Параметры	Группы			
	1	2	3	4
	Небеременные (контроль) n = 31	Физиологическая беременность		
1 триместр n = 30		2 триместр n = 27	3 триместр n = 26	
Индекс Тиффно $FVC_1/FVC$ (%)	70,88 ± 6,26	64,8 ± 5,9 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	65,2 ± 5,4 $p_{3-1} > 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	67,5 ± 7,5 $p_{4-1} > 0,05$
Общая емкость легких TLC %pred (% от должной)	106,04 ± 7,08	106,1 ± 9,4 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	102,4 ± 9,1 $p_{3-4} > 0,05$ $p_{3-1} > 0,05$	102,1 ± 9,1 $p_{4-1} > 0,05$
Внутригрудной объем ITGV %pred (% от должной)	105,03 ± 8,81	101,7 ± 23,3 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	103,3 ± 12,9 $p_{3-1} > 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	97,8 ± 14,2 $p_{4-1} > 0,05$
Остаточный объем RV %pred (% от должной)	102,75 ± 11,8	104,3 ± 16,4 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	95,9 ± 15,4 $p_{3-4} > 0,05$ $p_{3-1} > 0,05$	93,8 ± 14,6 $p_{4-1} > 0,05$
Общее сопротивление дыхательных путей (ДП) $R_{tot}$ (кПа*s/l)	0,24 ± 0,03	0,24 ± 0,04 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	0,23 ± 0,03 $p_{3-4} > 0,05$ $p_{3-1} > 0,05$	0,25 ± 0,04 $p_{4-1} > 0,05$
Сопротивление вдоха дыхательных путей (ДП) $R_{in}$ (кПа*s/l)	0,22 ± 0,03	0,22 ± 0,04 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	0,22 ± 0,03 $p_{3-1} > 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	0,22 ± 0,03 $p_{4-1} > 0,05$
Сопротивление выдоха дыхательных путей (ДП) $R_{ex}$ (кПа*s/l)	0,26 ± 0,03	0,26 ± 0,05 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	0,25 ± 0,03 $p_{3-4} > 0,05$ $p_{3-1} > 0,05$	0,25 ± 0,03 $p_{4-1} > 0,05$
Вентиляционный эквивалент $EqCO_2$ (усл. ед.)	25,13 ± 1,99	27,4 ± 1,52 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	27,8 ± 2,1 $p_{3-4} > 0,05$ $p_{3-1} > 0,05$	29,2 ± 1,6 $p_{4-1} > 0,05$
Вентиляционный эквивалент $EqO_2$ (усл. ед.)	24,21 ± 2,13	26,9 ± 2,11 $p_{2-1} > 0,05$ $p_{2-3} > 0,05$ $p_{2-4} > 0,05$	27,2 ± 2,6 $p_{3-1} > 0,05$ $p_{3-4} > 0,05$	28,2 ± 1,8 $p_{4-1} < 0,05$

ловлено интеграцией функции легких, сердечно-сосудистой системы и крови [3].

Результаты исследования структуры легочных объемов, механики дыхания и вентиляционных способностей легких, как в состоянии покоя, так

и после выполнения физической нагрузки показали, что до конца физиологической беременности сохраняется функциональная полноценность всей системы внешнего дыхания. Данные показатели не отличаются от таковых контрольной груп-

пы и соответствуют «нормальным» значениям, несмотря на некоторую структурную перестройку, связанную с увеличением размеров матки к концу беременности. Равнозначность условий доставки кислорода позволило провести сравнительный анализ качества адаптационных реакций организма матери на уровне тканевого дыхания.

Буферные системы организма играют первостепенную роль в поддержании относительного узкого диапазона рН, в котором протекают физиологические клеточные и внеклеточные процессы. Главной буферной системой является система «СО<sub>2</sub> — бикарбонат», которая действует во внеклеточной и внутриклеточной среде. Анион бикарбоната присутствует в большинстве жидкостей организма и составляет обширный буферный резервуар. Реагируя с ионами водорода, он образует угольную кислоту, поэтому между СО<sub>2</sub> и бикарбонатом всегда существует равновесие [3].

Если концентрация бикарбоната снижается, а РСО<sub>2</sub> остается постоянным, то снижается и рН. Напротив, если концентрация бикарбоната растет, а РСО<sub>2</sub> остается без изменений, то рН повышается. Если же РСО<sub>2</sub> изменяется так, что бикарбонат сохраняет значение не менее 20 мэкв/л, то рН сохраняет свое значение. Поэтому роль вентиляции в поддержании кислотно-основного состояния играет ключевую роль как в возникновении кислотно-основных нарушений, так и в модулировании изменений рН [3].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования функции внешнего и внутреннего дыхания, полученные нами в динамике физиологической беременности, показывают, что в течение всего срока гестации сохраняется устойчивость основополагающего показателя,

как рН. В состоянии покоя устойчивость взаимоотношений «бикарбонат — РСО<sub>2</sub>» определяется стабильностью доставки и утилизации кислорода (РО<sub>2</sub>, SatO<sub>2</sub>). На фоне физической нагрузки увеличивается вентиляционный эквивалент по кислороду, и компенсирует некоторое повышение показателя РСО<sub>2</sub> у беременных к концу срока гестации, сохраняя стабильность взаимоотношений «бикарбонат — РСО<sub>2</sub>» и тем самым, поддерживая на должном уровне показатель рН.

Таким образом, представленные результаты иллюстрируют пример адекватной адаптационной реакции функциональной системы, поддерживающей устойчивое состояние тканевых метаболических процессов в организме матери на фоне физиологической беременности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аганезова Е.С. Газы и кислотно-щелочное состояние крови: Руководство по клинической физиологии дыхания / Е.С. Аганезова. — Л., 1980. — С. 182 — 208.
2. Боровиков В. Программа Statistica для студентов и инженеров / И. Боровиков. — М.: Компьютер-Пресс, 2001. — 301 с.
3. Гриппи А.М. Патофизиология легких: Пер. с англ. / Под ред. А.М. Гриппи. — М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 1999. — 267 с.
4. Кулаков В.И. Клиническая трансфузиология в акушерстве, гинекологии и неонатологии / В.И. Кулаков, В.Н. Серов, А.М. Абубакирова. — М.: «Триада Х», 2001. — 336 с.
5. Рожкова Н.Ю. Группирование объектов в признаковом пространстве методом совместного использования гиперсфер и потенциальных функций / Н.Ю. Рожкова, М.А. Алферова, И.М. Михайлич // № свидетельства 2004610614. — М., 2001.