

УДК: 612.273.2-07

ДИНАМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ПРОБЫ

© 2005 г. С.М. Грошилин

Use of parameters of the indexes of dynamical changes of gas-transport systems approved in work under carrying out standardized hypoxical tests essentially raises objectivity of an estimation hypoxical resistances of the body. The most informative dynamic characteristics of indexes should be counted «the maximal reaction» parameter on influence, time regulation shift and transients processes, duration of a phase latent decompensation.

В клинической и профилактической медицине установилось мнение о том, что выявление доклинических форм заболеваний (первая степень функциональной недостаточности организма) в большинстве случаев возможно только при применении функциональных нагрузочных проб [1, 2]. Функциональная диагностика необходима не только в клинической, но и в авиакосмической, спортивной и морской медицине, физиологии труда, когда следует оценить состояние лиц, подвергающихся в связи с их профессиональной деятельностью воздействию неблагоприятных факторов внешней среды [3–5].

В практике клинической медицины, физиологии труда и спорта все шире применяются гипоксические функциональные пробы. Поскольку гипоксия тканей является узловым звеном патогенеза многих внутренних заболеваний и функциональных нарушений, возникающих в организме при воздействии экстремальных факторов среды, определение переносимости гипоксического воздействия может служить важным прогностическим критерием развития заболеваний и резистентности организма к внешним воздействиям.

Гипоксические пробы проводятся путем барокамерных подъёмов; дыхания газовыми смесями обеднёнными кислородом [6–8] и в замкнутое пространство или через дополнительное мёртвое пространство [3, 9]. В настоящее время в отечественной практике общепринята гипоксическая проба, применяемая при врачебно-лётной, спортивной экспертизе, оценке функционального состояния здоровых лиц [5, 10]. Она используется в двух вариантах: пребывание обследуемых в барокамере при барометрическом давлении 405 мм рт. ст. (что соответствует высоте 5000 м) в течение 30 мин при дыхании окружающим воздухом (гипобарическая гипоксическая проба); дыхание гипоксическими газовыми смесями (ГГС) с содержанием кислорода 10–11 % при обычном атмосферном давлении в течение 30 мин (нормобарическая гипоксическая проба). Достоинства последней заключаются в простоте проведения, отсутствии потребности в дорогостоящих барокамерах и специалистах по их обслуживанию, более широких возможностях использования диагностического оборудования во время пробы, экономичности, отсутствии нежелательных эффектов перепадов барометрического давления.

В клинике применяются более щадящие гипоксические пробы [11]: нормобарическая проба – вдыхание газовой смеси с 10–12%-м содержанием кислорода при 20-минутной экспозиции; метод дыхания в замкнутое пространство. В качестве критериев переносимости обеих проб, как правило, используют лишь показатели ЭКГ.

При дыхании гипоксической газовой смесью в гипо- и нормобарических условиях основным действующим фактором является снижение парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе, что ведет к уменьшению насыщения артериальной крови кислородом.

Для оценки переносимости пробы важны выбор регистрируемых показателей и разработка объективных критериев оценки полученных результатов. Для комплексной оценки переносимости гипоксической функциональной пробы предложен ряд критериев [12, 14]: субъективная оценка переносимости пробы; физиологические показатели, отражающие состояние систем организма – внешнего дыхания, кровообращения и др. Однако для определения переносимости гипоксической пробы традиционный подход не может в достаточной степени удовлетворить исследователя, поскольку при такой оценке возможно выявление лишь «грубой» патологии или крайних степеней непереносимости гипоксии.

Для здорового человека выраженная непереносимость гипоксической пробы не характерна (или выявляется в незначительном числе случаев). Однако «тонкие» признаки сниженной гипоксической резистентности важны для прогноза развития функционального состояния при действии разнообразных неблагоприятных факторов, следовательно, перспективно их внедрение в практику авиационной, космической, морской и спортивной медицины.

Цель исследования – разработка оригинальных динамических критериев нормобарической гипоксической пробы.

Методика исследований

При выполнении гипоксических проб в реакции организма различают две основные фазы: фаза «переходных процессов», характеризующаяся ростом частоты сердечных сокращений (ЧСС), колебаниями артериального давления (АД), приростом показателей вентиляции легких, газообмена и т.д.; фаза «устойчивого состояния» (steady state), когда физиологические показатели имеют тенденцию к стабилизации на новом устойчивом уровне. Оценка длительности и выраженности фаз динамики физиологических показателей, а также восстановительного процесса после пробы, по нашему мнению, перспективны с точки зрения преодоления сложностей в интерпретации результатов гипоксических проб.

К наиболее информативным критериям функциональных проб относится ряд амплитудных и временных параметров динамики показателей во время вы-

полнения пробы и в восстановительном периоде после нее [15]. Первые включают в себя величины показателей на стационарном уровне при воздействии (П); «реакцию перерегулирования» (РПР) – величину превышения уровня П (в случае гипермобилизации физиологических резервов в начале воздействия); «реакцию» показателя во время фазы «скрытой декомпенсации» – РФСД (разность между значением показателя в этой фазе и П), если имеет место увеличение абсолютных значений показателя в конце пробы.

Временные характеристики динамики показателя учитывают длительность фаз «перерегулирования» (ДФПР), «скрытой декомпенсации» (ДФСД), а также время «переходных процессов» (ВПП) – время перехода показателя на новый устойчивый уровень и время восстановления показателя до исходных значений (ВВ).

Нами использовалась так называемая унифицированная нормобарическая гипоксическая проба (с содержанием кислорода в дыхательной смеси 10 %, продолжительностью непрерывного дыхания ГГС 30 мин). Обследовано 65 практически здоровых мужчин в возрасте от 18 до 40 лет. У 25 из них, удовлетворительно перенесших гипоксическое воздействие, после выполнения первой гипоксической пробы была проведена 10-дневная нормобарическая гипоксическая тренировка (НГТ) с целью повышения гипоксической резистентности, после чего проводилась повторная гипоксическая проба в том же режиме. Результаты повторной пробы у данных лиц служили примерным ориентиром хорошей переносимости пробы.

Для оценки субъективного состояния использовали вопросник САН (самочувствие, активность, настроение) и специально составленные анкеты самочувствия, предъявляемые в исходном состоянии, во время и после окончания гипоксического воздействия. Одним из критериев плохой переносимости пробы была невозможность проведения пробы в полном объеме в связи с ухудшением самочувствия. Объективными критериями переносимости являлись амплитудные и временные параметры динамики ЧСС, минутного объема дыхания (МОД), потребления кислорода (VO_2) и насыщения крови кислородом.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных испытаний все обследуемые были разделены на 3 группы в зависимости от переносимости использованной гипоксической пробы – с хорошей, удовлетворительной и неудовлетворительной. К лицам с заведомо хорошей переносимостью условно были отнесены испытуемые, выполнявшие гипоксическую пробу после курса НГТ. У 100 % этих лиц отсутствовали жалобы на ухудшение самочувствия во время пробы, отмечены минимальные изменения динамических характеристик. На физиологические показатели, зарегистрированные в процессе выполнения пробы у этих испытуемых, ориентировались

при определении критериев хорошей переносимости пробы. К лицам с плохой переносимостью были отнесены испытуемые, не выполнившие пробы в связи с резким ухудшением самочувствия (3 человека, 4,6 %). Физиологические показатели, регистрируемые у этих испытуемых, служили ориентиром для определения критериев плохой переносимости пробы.

По результатам субъективной оценки состояния были выделены наиболее типичные жалобы испытуемых во время и после проведения гипоксической пробы (табл. 1).

Таблица 1

Показатели субъективного состояния у лиц с разной переносимостью гипоксической пробы

Жалоба	Переносимость		
	плохая	удовлетворительная	хорошая
Головная боль	+	±	–
Чувство «нехватки воздуха»	+	–	–
Боль в области сердца	+	–	–
Сердцебиение	+	–	–
Общая слабость	+	±	–
Сонливость	–	±	±

Примечание. «+» – наличие признака; «±» – наличие либо отсутствие признака; «–» – отсутствие признака.

Жалобы на боли в области сердца, сердцебиение, выраженное затруднение дыхания, сильную головную боль, общую слабость являлись безоговорочными признаками плохой переносимости пробы. Всего по субъективным показателям к группе лиц с плохой переносимостью было отнесено 6 человек (9,2 %). Следует отметить, что наличие хотя бы одной из перечисленных жалоб при проведении пробы требует прекращения проведения пробы, переход на дыхание воздухом или кислородом (в более тяжелых случаях), а в случае необходимости проведения симптоматической терапии.

При незначительной выраженности указанных жалоб оценка переносимости осуществлялась по объективным физиологическим показателям. Ориентировочные значения динамических характеристик физиологических показателей у лиц с разной переносимостью нормобарической гипоксической пробы представлены в табл. 2, 3.

Динамическими критериями *плохой* переносимости гипоксической пробы являются значительная выраженность и длительность фаз «перерегулирования», «скрытой декомпенсации» и «компенсации», большая продолжительность переходных процессов физиологических показателей при гипоксии и в период восстановления.

Таблица 2

**Амплитудные и временные параметры динамики МОД и VO_2
у лиц с разной переносимостью гипоксической пробы**

Показатель	Переносимость		
	плохая	удовлетворительная	хорошая
<i>МОД</i>			
Реакция, л/мин: «перерегулирования»	>1,1	0,3–1,1	<0,3
на гипоксию,	>2,7	0,7–2,7	<0,7
в фазе «скрытой декомпенсации», л/мин	>2,1	0–2,1	0
Время, с: «перерегулирования» (ВПР)	>90	30–90	<30
переходного процесса	>150	60–150	<60
восстановления	>180	90–180	<90
Длительность фазы «скрытой декомпенсации», с	>90	0–90	0
<i>VO_2</i>			
Реакция, мл/мин: «перерегулирования»	>60	15–60	<15
на гипоксию	>90	35–90	<35
В фазе «скрытой декомпенсации»	>100	0–100	0
Время, с: «перерегулирования»	>90	30–90	<30
переходного процесса	>150	60–150	<60
восстановления	>180	90–180	<90
Длительность фазы скрытой декомпенсации, с	>60	0–60	0

Таблица 3

**Амплитудные и временные параметры динамики ЧСС
и насыщения крови кислородом у лиц с разной переносимостью гипоксической пробы**

Показатель	Переносимость		
	плохая	удовлетворительная	хорошая
<i>ЧСС</i>			
Реакция, уд./мин: «перерегулирования»	>4	0–4	0
на гипоксию	>10	4–10	<4
в фазе «скрытой декомпенсации»	>5	0–5	0
Время, с: «перерегулирования»	>45	0–45	0
переходного процесса	>125	95–125	<95
восстановления	>155	30–155	<30
Длительность фазы «скрытой декомпенсации», с	>75	0–75	0
<i>Насыщение крови кислородом</i>			
Реакция, %: «перерегулирования»,	>7	0–7	0
на гипоксию	>32	20–32	<20
в фазе «скрытой декомпенсации»	>8	3–8	<3
Время, с: «перерегулирования»	>45	0–45	0
переходного процесса	>160	85–160	<85
восстановления	>120	80–120	<80
Длительность фазы «скрытой декомпенсации», с	>120	60–120	<60

К признакам *удовлетворительной* переносимости гипоксической пробы относятся меньшая выраженность и длительность фаз переходных процессов изученных показателей.

Признаками *хорошей* переносимости гипоксической пробы следует считать незначительное изменение амплитудных характеристик физиологического показателя, меньшую длительность или отсутствие основных фаз переходных процессов во время и после дыхания гипоксической смесью.

Следует отметить, что при вынесении экспертной оценки возможны затруднения, возникающие в случае «пограничных» значений некоторых из предлагаемых физиологических критериев. В подобной ситуации «группа переносимости» определяется исходя из превалирования значений показателей, относимых к данной группе, а также прогностической надежности конкретного показателя.

С целью определения степени «надежности» предлагаемых критериев переносимости гипоксической

пробы проведен многофакторный корреляционный анализ между числом жалоб «гипоксического» генеза и динамическими характеристиками регистрируемых физиологических показателей.

Установлено, что практически все исследуемые показатели имели положительную корреляционную связь с числом жалоб на самочувствие, при этом величины коэффициентов корреляции Пирсона колебались от 0,12 до 0,56. Наиболее существенные и достоверные корреляционные связи выявлены с динамическими характеристиками показателя насыщения крови кислородом (в среднем $r = 0,35$). В частности, коэффициент корреляции с реакцией показателя на гипоксию составил 0,56 ($p < 0,01$), с длительностью фазы «скрытой декомпенсации» – 0,51 ($p < 0,01$).

Несколько меньшие величины коэффициентов корреляции Пирсона зарегистрированы между самочувствием испытуемых во время гипоксических проб и динамическими характеристиками потребления кислорода (в среднем $r = 0,32$). Наиболее значимыми были коэффициенты корреляции амплитудных характеристик VO_2 для реакции на нагрузку (R_n) – ($r = 0,44$; $p < 0,01$), РПР ($r = 0,35$; $p < 0,05$); из временных характеристик – для ВПР ($r = 0,33$; $p < 0,05$), ДФСД ($r = 0,35$; $p < 0,01$).

Статистически значимой оказалась связь негативного самочувствия испытуемых с амплитудными показателями ЧСС – R_n ($r = 0,31$; $p < 0,05$), РФСД ($r = 0,34$; $p < 0,05$). Из временных характеристик ЧСС коэффициенты корреляции были существенными для ДФСД ($r = 0,41$; $p < 0,05$).

Связь динамических характеристик МОД с субъективной переносимостью пробы была слабее (в среднем $r = 0,21$). Из амплитудных характеристик динамики МОД статистически значимыми были коэффициенты корреляции для РПР ($r = 0,29$; $p < 0,1$); из временных – для ВПП ($r = 0,33$; $p < 0,05$) и ДФСД ($r = 0,30$; $p < 0,05$).

Таким образом, динамические характеристики насыщения гемоглобина кислородом и потребления кислорода при гипоксической пробе наиболее тесно связаны с самочувствием испытуемых и являются предпочтительными в качестве критериев переносимости гипоксической пробы. По прогностической ценности показатели распределяются следующим образом (по убыванию): насыщение крови кислородом, VO_2 , ЧСС, МОД. Наиболее информативными динамическими характеристиками показателей следует считать «первичную (максимальную) реакцию» показателя на воз-

действие, «реакцию» показателя на нагрузку, время перерегулирования и переходных процессов, длительность фазы скрытой декомпенсации. По нашему мнению, в случае сложности определения «группы переносимости» пробы преимущественными критериями вынесения экспертного заключения должны служить эти характеристики. Повышение надежности экспертной оценки переносимости гипоксической пробы достигается также путем использования динамических характеристик показателей нескольких функциональных систем организма (гемодинамики, внешнего дыхания, крови).

Литература

1. Молчанов Н. С. Электрокардиография в условиях пониженного давления кислорода как метод функциональной оценки состояния коронарного кровообращения. Л., 1941. № 31. С. 106–120.
2. Новиков В. С., Горанчук В. В., Шустов Е. Б. Физиология экстремальных состояний. СПб., 1998. С. 88–255.
3. Горанчук В. В., Сапова Н. И., Иванов А. О. Гипокситерапия. СПб., 2003.
4. Сверчкова В. С. Гипоксия-гиперкапния и функциональные возможности организма. Алма-Ата, 1985.
5. Koepchen H. P. Central interaction-between respiratory cardiovascular control system. Berlin, 1980.
6. Алифанов В. Н. Специальная функциональная диагностика. М., 1970.
7. Березовский В. А., Дейнега В. Г. Физиологические механизмы саногенных эффектов горного климата. Киев, 1988.
8. Витрук С. К. Пособие по функциональным методам исследования сердечно-сосудистой системы. Киев, 1990. С. 24–45.
9. Муравьева Л. Ф., Цепкова Н. К., Орлов Ю. П. // Гипоксия нагрузки, математическое моделирование, прогнозирование и коррекция. Киев, 1990.
10. Раевский И. Н. // Материалы Всерос. науч. конф. СПб., 2003. С. 162–163.
11. Dillard T. A. et all // Chest. 1995. Vol. 107. № 2. P. 352–357.
12. Акимов А. Г. и др. // Материалы Всерос. науч. конф., посв. 150-летию И. П. Павлова. 1999. С. 120.
13. Береговкин А. В., Буянов П. В., Малкин В. Б. // Авиационная и космическая медицина. М., 1963.
14. Вядро М. О., Малкин В. Б. // Методы исследования сердечно-сосудистой системы при врачебной экспертизе летного состава. Л., 1965. С. 154–161.
15. Сапова Н. И., Горанчук В. В., Иванов А. О. // Морской мед. журн. 1999. № 4. С. 16–18.