

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ У ЛЕТНОГО СОСТАВА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА ПРИ БАРОКАМЕРНОМ ИССЛЕДОВАНИИ НА ПЕРЕНОСИМОСТЬ УМЕРЕННЫХ СТЕПЕНЕЙ ГИПОКСИИ

Государственное учреждение «223 центр авиационной медицины ВВС и войск ПВО Вооруженных Сил Республики Беларусь»

На основании ретроспективного анализа 611 барокамерных исследований на переносимость умеренных степеней гипоксии произведена комплексная оценка изменений показателей центральной гемодинамики у лиц летного состава авиации Вооруженных Сил Республики Беларусь, а также разработаны формулы данных изменений с использованием коэффициента диагностической значимости. Результаты исследования позволят выявлять отклонение индивидуальной реакции сердечно-сосудистой системы на воздействие гипоксической гипоксии от общей возрастной закономерности; латентно протекающие заболевания сердечно-сосудистой системы у лиц летного состава авиации ВС РБ, а также своевременно рекомендовать комплекс мероприятий по повышению устойчивости организма к высотной гипоксии.

Одной из основных задач врачебно-летной экспертизы является сохранение и укрепление здоровья летного состава, а также продление летного долголетия на максимально возможный срок, однако, несмотря на прогрессивное развитие научных знаний и совершенствование способов диагностики латентно протекающих заболеваний, в целях врачебно-летной экспертизы используются те же методики, что и 30-40 лет назад.

Анализ причин дисквалификации летного состава показывает, что наиболее актуальной на сегодняшний день является патология сердечно-сосудистой системы. Проведенные исследования Разолова Н.А. и соавт. показали, что только в группе здоровых лиц выявлено замедленное (4%) и своевременное (21%) старение кардиореспираторной системы. У всех остальных летчиков установлено преждевременное старение: у лиц с атеросклеротическим кардиосклерозом на 16 лет раньше по сравнению с паспортным возрастом, с гипертонической болезнью — на 25 лет, с хроническим бронхитом — на 13 лет [6].

Преждевременно стареющие пилоты-«поставщики» раннего атеросклероза и ишемической болезни сердца и мозга, злокачественных новообразований, артериальной

гипертензии, диабета и другой патологии, связанной с возрастом. Перечисленные заболевания, являясь следствием преждевременного старения, сами способствуют его ускорению, что создает «порочный круг».

Стратегия борьбы за увеличение профессионального долголетия должна включать обеспечение надежности организма за счет увеличения его функциональных резервов, в основе которых лежит общая неспецифическая резистентность к широкому спектру повреждающих факторов, и в первую очередь — профессиональным.

Наиболее важным фактором, оказывающим неблагоприятное влияние на организм человека в полете является пониженное парциальное давление кислорода и, как следствие, закономерно развивающаяся гипоксическая гипоксия [1].

В связи с вышеуказанным, одним из наиболее важных разделов авиационной медицины является совершенствование методики проведения и оценки результатов высотных и специальных исследований летному составу, в частности исследований в барокамере, позволяющих оценить толерантность обследуемых к воздействию умеренной степени гипоксической гипоксии и перепадов баро-

☆ В помощь войсковому врачу

метрического давления. Данная методика позволяет выявить неадекватность приспособительных реакций у летного состава, что позволяет своевременно рекомендовать комплекс мероприятий по повышению устойчивости организма к высотной гипоксии, оценить регуляторные возможности вегетативного отдела ЦНС, степень компенсации заболевания, а также получить косвенные данные о наличии скрыто протекающего патологического процесса, и тем самым в значительной степени снизить частоту летных происшествий [5].

Следует отметить, что диагностические возможности отделения летной экспертизы весьма ограничены, так как приходится оценивать переносимость гипоксии лишь по динамике изменения пульса, а также изменению артериального давления и результатов электрокардиографии до и после исследования.

Исходя из вышеизложенного, целью настоящего исследования явился поиск новых информативных методик экспресс-оценки динамики основных показателей гемодинамики при воздействии на организм умеренных степеней гипоксии и перепадов барометрического давления в зависимости от возраста.

Материал и методы

Ретроспективный анализ проведен на основании результатов 611 барокамерных исследований на переносимость умеренных степеней гипоксии летного состава авиации ВС РБ, курсантов летного факультета, летного состава Минского центрального аэроклуба, а также абитуриентов летного факультета Военной академии Республики Беларусь (ВА РБ) путем сплошной выборки.

Для более детального анализа изменений гемодинамики в исследуемой выборке были выделены следующие группы: абитуриенты летного факультета ВА РБ – 128 человек; курсанты летного факультета ВА РБ – 91 человек; лица летного состава в возрасте 21-30 лет – 136; 31-40 лет – 188 и старше 40 лет – 68 случаев.

Исследования проведены в барокамере ПБК-50. «Подъемы» осуществлялись по стандартной методике: скорость подъема 15 м/с на высоту 5000 м; «площадка»-30 минут; спуск до 2500 м осуществлялся со скоростью 30 м/с, с 2500 м до 0 – со скоростью 15 м/с [3,5].

Перед началом и по окончании исследования всем испытуемым проводилась ЛОР-эндоскопия, измерение артериального давления, частоты сердечных сокращений. В начале, середине и в конце «площадки» у обследуемых регистрировалась частота сердечных сокращений.

По результатам измерений вышеуказанных показателей проведен расчет:

-среднего артериального давления (АД_{ср}) по формуле: $АД_{ср} = (САД + (2 \times ДАД)) / 3$;

-среднего артериального давления (АД_х) по формуле Хикема: $АД_{х} = ДАД + (САД + 3)$;

-пульсового артериального давления (ПД) по формуле: $ПД = САД - ДАД$;

-среднединамического артериального давления (СДД) по формуле:

$$СДД = (ПД \times 3) + ДАД;$$

-минутного объема кровотока (МОК) по формуле:

$$МОК = ((ПД \times 100) + ((САД + ДАД) \times 2)) \times PS;$$

где САД – систолическое артериальное давление; ДАД – диастолическое артериальное давление, PS – частота сердечных сокращений, уд./мин.

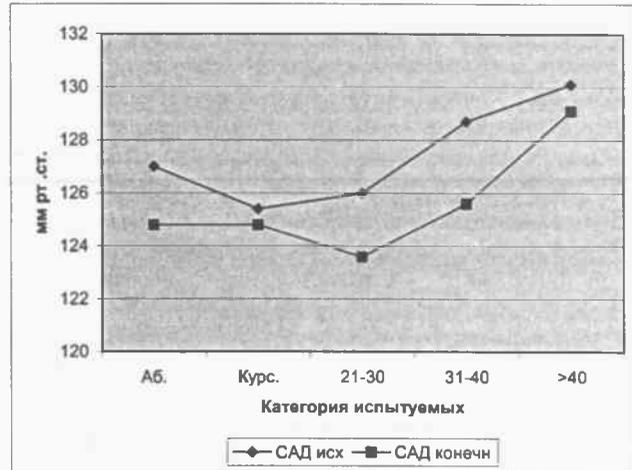


Рис. 1. Динамика систолического артериального давления у обследуемых различных групп.

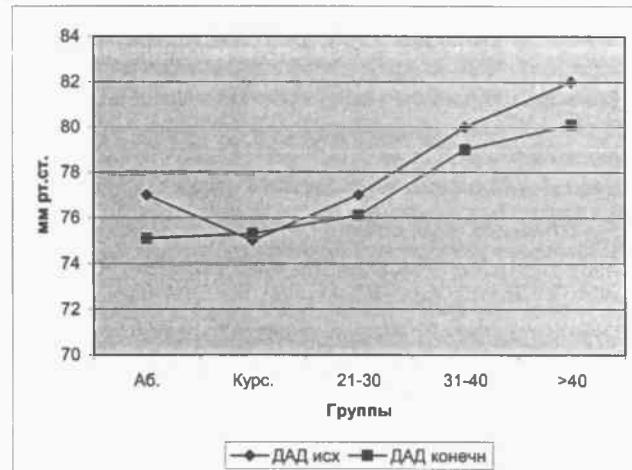


Рис. 2. Динамика диастолического артериального давления у обследуемых различных групп.

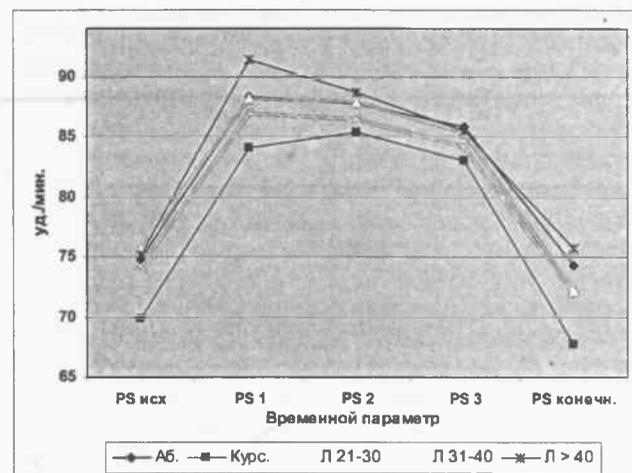


Рис. 3. Динамика изменений ЧСС во время барокамерного исследования в различных возрастных группах.

Для оценки деятельности вегетативной нервной системы вычислялся индекс Кердо (ВИК) [3] по формуле: $ВИК = (1 - (ДАД + PS)) \times 100$.

Также применялся экспресс-способ оценки типа саморегуляции кровообращения (ТСК) [2]: $ТСК = ДАД + PS \times 100$.

Динамика изменений показателей центральной гемодинамики при воздействии умеренных степеней гипоксии в зависимости от возраста (M±m)

Показатель, единицы	Категория испытуемых	Абитуриенты	Курсанты	Летчики		
				21-30 лет	31-40 лет	старше 40 лет
САД исх., мм рт.ст.		127,0±1,69	125,39±2,07	126,03±1,69	128,67±1,51	130,07±2,5
САД конечн., мм рт.ст.		124,8±1,84	124,78±2,27	123,64±1,92	125,64±1,84*	129,12±3,05
ДАД исх., мм рт.ст.		76,53±1,29	75,06±1,72	76,9±1,35	80,13±1,15	82,15±1,79
ДАД конечн., мм рт.ст.		75,08±1,46	75,33±1,75	76,07±1,42	79,02±1,43	80,07±2,07
АД средн. по Хикему исх., мм рт.ст.		118,85±1,34	116,65±2,06	119,91±1,73	122,86±1,53	124,35±2,82
АД средн. по Хикему конечн., мм рт.ст.		115,77±2,52*	116,92±2,17	117,28±1,83*	120,9±1,85	122,75±2,72
АД ср. исх., мм рт.ст.		93,34±1,16	91,83±1,6	93,95±1,31	96,31±1,13	97,49±1,92
АД ср. конечн., мм рт.ст.		90,94±1,93*	91,81±1,62	91,92±1,39*	94,56±1,4	96,13±2,08
АД пульс. исх., мм рт.ст.		50,42±1,83	50,33±1,91	48,13±1,47	48,54±1,25	48,27±2,14
АД пульс. конечн., мм рт.ст.		49,72±1,88	49,45±2,23	47,57±1,69	46,62±1,56	48,82±2,51
ЧСС (PS) исх., уд./мин.		74,73±1,72	69,85±1,88	75,57±1,58	74,25±1,27	75,09±1,83
ЧСС конечн., мм рт.ст.		74,31±1,82	67,69±2,15	72,25±1,43**	71,9±1,28*	75,72±2,07
ВИК исх., усл. ед.		-4,05±2,79	-8,99±3,53	-4,58±2,78	-9,04±2,04	-9,98±3,08
ВИК конечн., усл. ед.		-2,91±2,81	-13,35±3,86	-6,67±2,84	-11,35±2,65	-6,91±3,76
МОК исх., мл/мин.		3690±146	3508±158	3576±135	3449±99	3412±161
МОК конечн., мл/мин.		3678±152	3330±161	3455±143	3284±121**	3533±193
СДД исх., мм рт.ст.		93,34±1,16	91,83±1,6	93,95±1,31	96,31±1,13	98,24±1,81
СДД конечн., мм рт.ст.		90,94±1,93*	91,81±1,62	91,92±1,39*	94,56±1,4	96,35±2,11
ТСК исх., мм рт.ст.		104,05±2,79	108,99±3,53	104,58±2,78	109,04±2,04	110,23±3,1
ТСК конечн., мм рт.ст.		102,91±2,81	113,35±3,86	106,67±2,84	111,35±2,65	106,93±3,75
ОПСС исх., дин. ¹ × см ³ /м ²		2131±98	2197±115	2210±97	2325±79	2382±118
ОПСС конечн., дин. ¹ × см ³ /м ²		2119±110	2339±146	2266±112	2478±120*	2306±156

Примечание: * - различия достоверны (p<0,05) по сравнению с исходным уровнем; ** - различия достоверны (p<0,01) по сравнению с исходным уровнем.

По результатам вычислений составлялись рейтинговые алгоритмы и формулы изменений гемодинамических показателей с использованием коэффициента диагностической ценности по формуле А.Д.Горелика и В.А.Скрипкина [4]:

$$K_j = 2 \times (\delta_1^2 + \delta_2^2) + (M_1 + M_2)^2;$$

где δ_1 и δ_2 – среднее квадратичное отклонение, M_1 и M_2 – средняя арифметическая величина показателя.

Полученные результаты обработаны с помощью программы «STATISTICA» (V.6). Достоверность различий определяли с помощью параметрических и непараметрических методов статистики. Различия принимались достоверными при p<0,05.

Результаты и обсуждение

Проведенный анализ показал, что переносимость умеренных степеней гипоксии была оценена как удовлетворительная и неудовлетворительная лишь в 10 случаях (1,64% от общего числа наблюдений), причем экстренный спуск с высоты и оказание неотложной помощи понадобились только в 1 случае. Наибольшее количество случаев неудовлетворительной переносимости пробы закономерно наблюдалось в группе абитуриентов (3,9% от общего количества испытуемых в группе). Из вышеуказанных фактов можно сделать выводы об относительной безопасности методики.

Анализ изменений систолического артериального давления показал, что воздействие гипоксии приводило к его снижению во всех группах наблюдения, однако, различия между исходным уровнем и конечным показателем были достоверны только в группе летчиков в возрасте 31-40 лет (рис. 1). Различия приближались к достоверному уровню также в группе испытуемых в возрасте старше 40 лет (p<0,057).

Диастолическое артериальное давление достоверно снижалось к концу обследования, либо оставалось на прежнем уровне, причем наиболее существенное снижение показателя наблюдалось в группах летчиков 31-40 и старше 40 лет (на 1,39% и 2,53% соответственно к исходному уровню) (рис. 2).

В учебном пособии В.Ю.Голофеевского и соавт. «Врачебно-летная экспертиза: методики терапевтического обследования» для оценки состояния вегетативной нервной системы летного состава во время барокамерного испытания рекомендован к применению вегетативный индекс Кердо [3]. В анализируемых группах испытуемых ВИК колебался в широких пределах от -60 до 28 усл. ед., однако, в подавляющем большинстве случаев преобладали его отрицательные значения как до, так и после обследования. В группах абитуриентов и летчиков старше 40 лет отмечалось достоверное стимулирующее влияние барокамерного исследования на симпатическую нервную сис-

тему, что проявлялось в увеличении ВИК на 28,15% и 30,76% соответственно. Однако следует отметить, что средние значения ВИК как до, так и после барокамерного исследования были отрицательными (табл. 1).

Анализ расчетных показателей минутного объема кровообращения также выявил неоднородность изменений данного параметра центральной гемодинамики под действием гипоксии в зависимости от возраста: в группе летчиков старше 40 лет отмечено его достоверное повышение на 3,42%, а в группах абитуриентов, курсантов, летчиков 21-30 и 31-40 лет – понижение на 0,33%; 5,07% и 4,78% (p<0,01).

При оценке типа саморегуляции кровообращения выявлено, что во всех группах преобладали его сосудистый и сердечно-сосудистый типы, что свидетельствовало об экономизации регуляции кровообращения, стремлении организма к повышению функциональных резервов в ответ на гипоксическое воздействие.

Во всех анализируемых группах временное изменение частоты сердечных сокращений подчинялось закону параболы, причем в группах обследуемых летчиков в возрасте 21-30 и 31-40 лет были выявлены достоверные различия между исходным и конечным показателями пульса [рис. 3]. Снижение данного параметра по отношению к исходному уровню составило 4,39% (p<0,01) и 3,16% (p<0,05).

Важнейшим фактором, определяющим постнагрузку на сердце, является общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС). Ретроспективный анализ динамики изменений постнагрузки на сердце под воздействием гипоксии выявил, что в зависимости от возраста он может повышаться (группа курсантов, летчиков в возрасте 21-30 и 31-40 лет – на 6,07%; 2,47% и 6,17% (p<0,05) соот-

Формула изменений показателей центральной гемодинамики при барокамерном исследовании в зависимости от возраста

Возраст, категория испытуемых	Формула изменений показателей центральной гемодинамики при воздействии умеренных степеней гипоксии
Абитуриенты летного факультета ВА РБ	СДД (-) = АДср (-); СДх (-); САД (-)
Курсанты летного факультета ВА РБ	ВИК (+) = ТСК (+); МОК (+); ОПСС (-)
Летчики 21-30 лет	PS (-); АДср (-) = СДД (-); АДх (-)
Летчики 31-40 лет	PS (-); САД (-); ОПСС (+)
Летчики старше 40 лет	ДАД (-); СДД (-); ТСК (-)

Примечание: (=) - показатели имеют одинаковый коэффициент диагностической ценности.

ответственно), снижаться (группа летчиков старше 40 лет – на 3,19%) или оставаться практически неизменным (в группе абитуриентов среднее изменение данного показателя не превысило 0,6%).

Используя полученные результаты, мы произвели расчет диагностической ценности изменений каждого параметра во всех группах наблюдения, в результате чего были впервые разработаны формулы изменений показателей центральной гемодинамики у летного состава в ответ на воздействие умеренных степеней гипоксии в зависимости от возраста (табл. 2).

Выводы:

1. Нами впервые разработаны формулы изменений показателей центральной гемодинамики в ответ на воздействие на организм умеренных степеней гипоксии в зависимости от возраста, что позволит проводить экспресс-диагностику нарушения толерантности к гипоксической гипоксии, латентно протекающих заболеваний сердечно-сосудистой системы у лиц летного состава авиации ВС РБ, а также своевременно рекомендовать комплекс мероприятий по повышению устойчивости организма к высотной гипоксии.

2. Перспективное внедрение в систему контроля за состоянием летчиков во время барокамерного исследования новейших систем дистанционного объективного контроля (холтеровское мониторирование, динамическое электрокардиографическое исследование; УЗИ сердца и т.д.) позволит разработать более точные и совершенные формулы изменений показателей центральной, а, возможно, и органной гемодинамики, что в конечном итоге позволит получить полную картину о состоянии соматического здоровья, адаптационных резервах организма и степени толерантности к гипоксической гипоксии каждого конкретного летчика.

3. Проведенный анализ позволяет прогнозировать

наиболее выраженные положительные результаты лечения пациентов с артериальной гипертензией и нейроциркуляторной дистонией с применением методики гипобарической гипоксии в возрастной группе старше 31 года.

4. Следует отметить, что использованные в исследовании расчетные показатели центральной гемодинамики имеют довольно большую погрешность и далеко не всегда совпадают с реальными значениями, полученными при использовании методик объективного контроля, однако, их применение на большой выборке позволяет достоверно судить об общих закономерностях ответа сердечно-сосудистой системы на гипоксическое воздействие, а оценка изменений данных показателей у конкретного обследуемого позволит выявить значительные индивидуальные отклонения от общей возрастной закономерности, что в свою очередь будет диктовать необходимость проведения ряда дополнительных обследований.

Литература

1. Авиационная медицина: (Руководство) / Под ред. Н.М.Рудного, И.В.Васильева, С.А.Гозулова. – М.: Медицина, 1986. - 580 с.
2. Аринчин, А.Н., Наливайко Г.В., Жерко О.М., Лаптенко С.А. Использование типов саморегуляции кровообращения для оценки адаптации сердечно-сосудистой системы у детей, пострадавших от аварии на ЧАЭС // Научно-практические аспекты сохранения здоровья людей, подвергшихся радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС: Тез. докл. 3-й респ. конф. / НИИ радиац. медицины. - Минск, 1992. - Ч.1. - С. 158-159.
3. Голофеевский, В.Ю. и др. Врачебно-летная экспертиза: методики терапевтического обследования. Учебное пособие. – СПб.: ВМедА, 2003. – 212 с.
4. Клиническая иммунология: Учебник для студентов медицинских вузов / Под ред. А.В.Караулова – М.: Медицинское информационное агенство, 1999. – С. 402.
5. Методика барокамерного исследования летного состава на переносимость умеренной степени гипоксии и перепадов барометрического давления: Учебно-методическое пособие / А.Э.Тригунов, С.С.Горохов, Ю.С.Денецук, Ю.А.Соколов - Минск.: БГМУ, 2006. - 20 с.
6. Разолов, Н.А., Чижов А.Я., Потиевский Б.Г., Потиевская В.И. Нормобарическая гипокситерапия: Методические рекомендации для авиационных врачей – М., 2002. - 19 с.