

ИЗМЕНЕНИЕ КОНТРАСТНО-ЦВЕТОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ГИПЕРКАПНИИ И ГИПЕРОКСИИ

Обухович О.П., Третьяков Д.С., Анисимов А.А.

Белорусский государственный медицинский университет,
кафедра нормальной физиологии
г. Минск

Ключевые слова: контрастно-цветовая чувствительность, карбоген, углекислый газ, гипероксия, гиперкапния

Резюме: Представлены результаты исследования влияния гиперкапнии и гипероксии на контрастно-цветовую чувствительность зрительной системы. Определены направленность и выраженность изменений контрастно-цветовой чувствительности.

Resume: The effect of hypercapnia and hyperoxya in the contrast-color sensitivity of the visual system were presented. The direction and degree of contrast sensitivity were determined.

Актуальность. Содержание углекислого газа и кислорода в крови являются важными регуляторными факторами кровотока в сетчатке и головном мозге, а ответ сосудов сетчатки тесно связан с реакцией сосудов головного мозга [7]. В связи с высоким уровнем метаболизма клеток сетчатки [1] любые морфометрические или гемодинамические изменения в сосудах сетчатки могут оказывать существенное влияние на ее функционирование.

Многие исследования показывают, что при гипероксии наблюдается сужение сосудов сетчатки и уменьшение кровотока, в то время как при гиперкапнии наблюдается противоположный эффект, однако, с учетом сложности анатомической структуры системы кровообращения сетчатки [2] и механизмов, контролирующих ее гемодинамику [3], выраженность и направленность этих реакций не всегда однозначна.

В связи с высокой зависимостью функции нервных элементов зрительной системы, и в первую очередь, функции фоторецепторов сетчатки, от состояния системы доставки к ним кислорода и питательных веществ [4], состояние кровотока в макро- и микроциркуляторном русле можно оценить путем измерения порогов контрастно-цветовой чувствительности (КЦЧ) [5].

Для изучения влияния кислорода и углекислого газа на состояние кровотока в сосудах сетчатки в данном исследовании использовалась смесь, близкая по составу к карбогену, используемому в медицине для лечения пациентов с обструкцией центральной артерии сетчатки с целью улучшить оксигенацию сетчатки глаза [6].

Цель: определить пороги контрастно-цветовой чувствительности при вдыхании 6% углекислого газа и смеси, близкой по составу к карбогену, следующего состава: 6% CO₂ и 94% O₂.

Задачи: 1. Определить направленность изменения КЦЧ при гиперкапнии и одновременно при развитии гиперкапнии и гипероксии

2. Оценить степень выраженности изменений КЦЧ в различных областях поля зрения

Материал и методы. Пороги КЦЧ были определены у 19 здоровых студентов БГМУ (средний возраст [\pm SD] 19,4 \pm 2.43 года) с нормальным состоянием здоровья и отсутствием жалоб на зрение. Гиперкапния моделировалась посредством вдыхания атмосферного воздуха с 6% содержанием углекислого газа. Гиперкапния и гипероксия достигалась путем вдыхания карбогена следующего состава: 6% CO₂ и 94% O₂, полученного с использованием концентратора кислорода. Испытуемым надевали специальную маску с встроенными клапанами и трубкой, присоединяемой к пакету с газовой смесью. Глубина гиперкапнии и гипероксии исследовалась путем анализа состава альвеолярного воздуха на газовом анализаторе.

Измерение порогов КЦЧ осуществлялось методом кампиметрии после 20-минутного периода темновой адаптации испытуемых в условиях физического и психологического комфорта в экранированном, шумо- и светоизолированном помещении.

Испытуемого при определении КЦЧ просили поместить подбородок и зафиксировать голову на подставке на расстоянии 35 см от экрана монитора размером 30,48 x 22,86 см так, чтобы зрительная ось располагалась на уровне центра экрана. На один глаз надевалась повязка.

Перед измерением КЦЧ определялось время визуальной сенсомоторной реакции (СМР) испытуемых, для чего их просили надеть маску, расслабиться, привыкнуть к обстановке, и затем 8-10 раз нажимать как можно быстрее клавишу ввода на клавиатуре после появления на экране яркого визуального объекта. Среднее значение времени СМР автоматически учитывалось компьютером при определении КЦЧ. Среднее время СМР для 19 человек составило 0,385 \pm 0,45 мс.

Испытуемых просили удерживать взор на слабо светящейся центральной точке-метке в центре экрана и при восприятии боковым зрением периодически возникающих в разных участках экрана точек красного цвета нарастающей яркости как можно быстрее нажимать клавишу ввода [2].

Для исследования зависимости КЦЧ от повышения концентрации кислорода испытуемые были разделены на 2 случайные группы. Первая группа использовала для дыхания смесь атмосферного воздуха с 6% CO₂, вторая – смесь, состоящую из 94% кислорода и 6% углекислого газа (карбоген).

Исследование КЦЧ проводилось в 3 этапа с 10-минутными интервалами между ними: тренировочное тестирование; тестирование при вдыхании атмосферного воздуха (контроль); тестирование при вдыхании воздуха с повышенным содержанием углекислого газа (для первой группы) или карбогена (для второй группы) (опыт). Перед каждым этапом проводилось измерение скорости реакции. Между этапами контролировался состав выдыхаемого воздуха.

Значения КЦЧ рассчитывали для 2 областей: области области поля зрения за вычетом макулы и слепого пятна (рис. 1).

Обработка данных проводилась в программе Statistica 10.0. Достоверность оценивалась с использованием коэффициента Стьюдента.

Результаты и их обсуждение.

В результате эксперимента были выявлены значимые изменения КЦЧ различной направленности (таблица 1).

В соответствии с характером выявленных изменений КЦЧ испытуемые каждой группы были разделены на 2 подгруппы: испытуемые, КЦЧ которых улучшилась, и испытуемые, КЦЧ которых ухудшилась (рис. 1).

Таблица 1. Изменения контрастно-цветовой чувствительности при гиперкапнии и гипероксии

Группа испытуемых (состав смеси)	Область	Характер изменения КЦЧ (% испытуемых)	Порог КЦЧ (контроль)	Порог КЦЧ (опыт)	Разница ('контроль' - 'опыт')	p
6% CO ₂ , 21% кислорода, 73% азота (10 чел)	Макула	↑10	25,4	25,2	0,2	0,0003
		↓90	27,1±1,6	28,4±1,8	-1,2±0,9	0,0110
	Поле за вычетом	↑40	28,9±2,2	28,3±2,0	0,6±0,2	0,0193
		↓60	27,2±1,2	28,7±1,2	-1,5±1,0	-
6% CO ₂ , 94% O ₂ (карбоген) (9 чел)	Макула	↑22,2	26,4	25,5	0,9	-
		↓77,8	25,0±1,6	26,6±2,1	-1,6±1,0	0,0048
	Поле за вычетом	↑0	-	-	-	-
		↓100	24,2±1,8	25,9±2,4	-1,6±1,4	0,0068

* ↑ - улучшение КЦЧ; ↓ - ухудшение КЦЧ

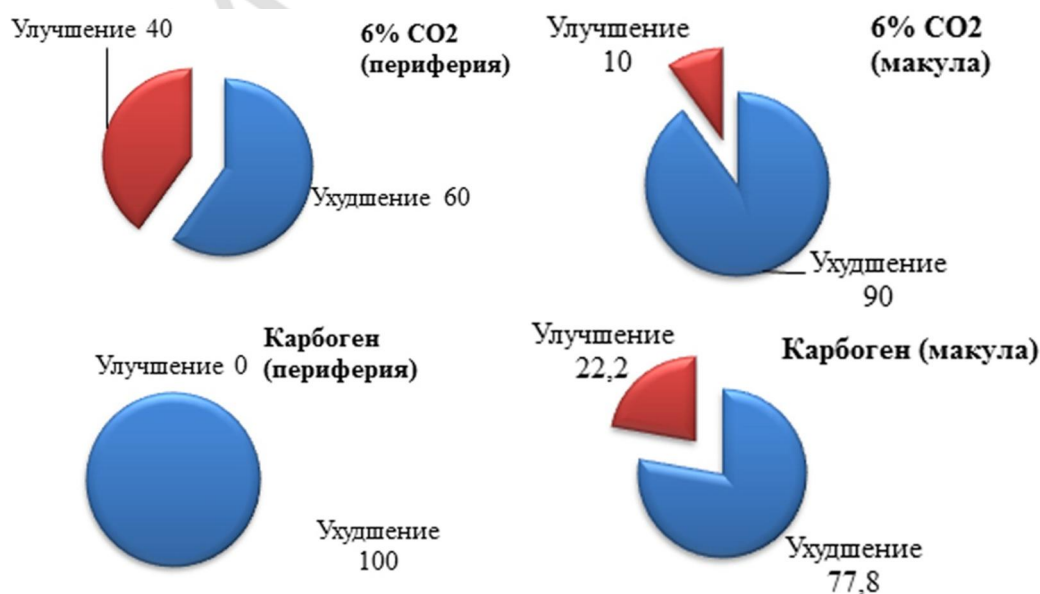


Рис. 1 – Характер изменения КЦЧ

В первой группе (6% CO₂) в области макулы улучшение КЦЧ наблюдалось в 10% случаев, во второй группе (карбоген) – в 22,2% случаев. Как в первой группе, так и во второй чаще всего в области макулы наблюдалось ухудшение КЦЧ у 90 % испытуемых в первой группе и у 77,8 % испытуемых во второй группе.

В области поля зрения за вычетом макулы и слепого пятна в первой группе улучшение отмечалось в 40% случаев, в то время как во второй группе улучшения

не было зарегистрировано и у всех испытуемых наблюдалось стойкое ухудшение КЦЧ. В первой группе ухудшение регистрировалось у 60% испытуемых.

Для более детального анализа полученных результатов для каждой подгруппы была построена диаграмма, характеризующая степень выраженности наблюдаемых изменений (рисунок 2).

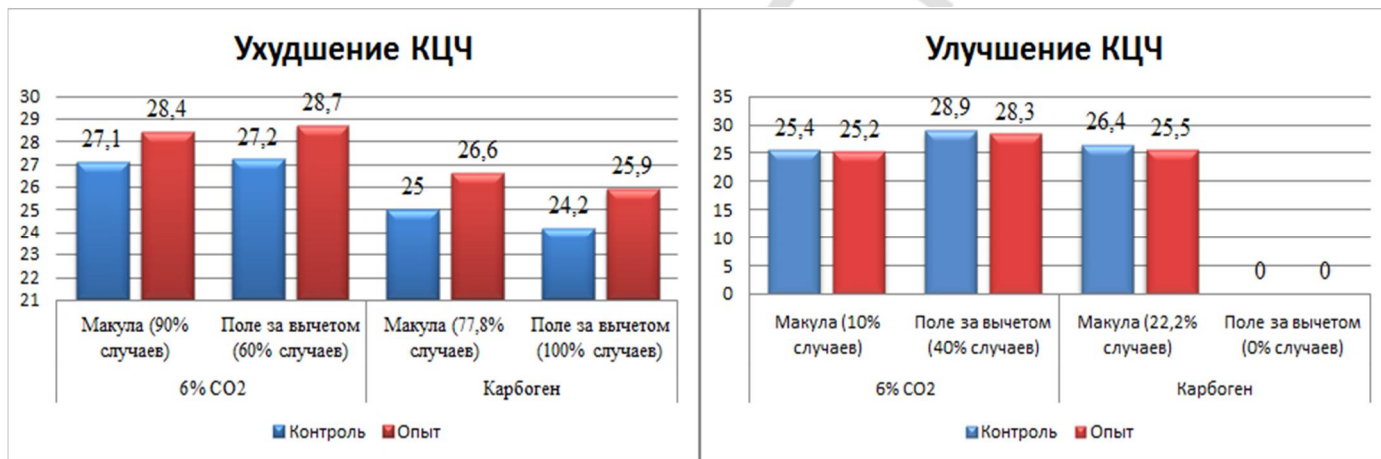


Рис. 2 – Степень выраженности изменений КЦЧ

В подгруппе с ухудшением КЦЧ (рис. 2, слева) у испытуемых, вдыхавших воздух с 6% CO₂, в области макулы наблюдалось ухудшение КЦЧ на 1,2 относительных единиц (о.е.), в то время как у испытуемых, использовавших для дыхания карбоген, КЦЧ ухудшилась на 1,6 о.е. В периферической области в группе с 6% CO₂ ухудшение составило 1,5 о.е., а в группе с карбогеном - 1,6 о.е.

В подгруппе испытуемых с улучшением КЦЧ (рис. 2, справа), использовавших для дыхания воздух с 6% CO₂, в области макулы наблюдалось улучшение КЦЧ на 0,2 относительных единиц (о.е.), в то время как у испытуемых, вдыхавших карбоген, в области макулы улучшение КЦЧ составило 0,9 о.е. В периферической области у испытуемых, дышавших воздухом с 6% CO₂ КЦЧ улучшилась на 0,6 единицы.

В связи с тем, что периферия сетчатки и макулярная область снабжаются различными системами кровообращения, а также с тем, что в области макулы при использовании для дыхания карбогена улучшение КЦЧ встречалось чаще, можно предположить, что в данной области преимущественное влияние на состояние сосудов оказывает углекислый газ. На периферии сетчатки, где при использовании карбогена не было выявлено ни одного случая улучшения КЦЧ, преимущественное влияние оказывает кислород, что согласуется с данными литературы [7].

Выводы: 1. Как при гиперкапнии, так и при одновременном развитии гиперкапнии и гипероксии наблюдалось изменение КЦЧ различной направленностью, обусловленной сложностью механизмов регуляции кровотока сетчатки.

2. Как улучшение КЦЧ, так и ее ухудшение наиболее выражены при одновременном развитии гиперкапнии и гипероксии.

3. В области макулы при гипероксии улучшение встречается чаще, чем при гиперкапнии, но является более выраженным, ухудшение же встречается реже, но

также является более выраженным. В периферической области выраженность ухудшения КЦЧ при обоих смоделированных состояниях находится примерно на одном уровне, но при вдыхании карбогена встречается чаще. Улучшение КЦЧ в этой области наблюдалось только при вдыхании углекислого газа.

Литература

1. Macaluso C., Onoe S., Niemeyer G. Changes in glucose level affect rod function more than cone function in the isolated, perfused cat eye // *Investigative Ophthalmology & Visual Science* - 1992. - №33. - P. 2798 – 2808.
2. Kergoat H., Faucher C. Effects of Oxygen and Carbogen Breathing on Choroidal Hemodynamics in Humans// *Investigative Ophthalmology & Visual Science* – 1999. - №40 – P. 2906-2911.
3. Ed. G. Burnstock, A.M. Sillito. *Nervous Control of the Eye*. - Amsterdam: Informa Healthcare, 2000. - 320 p.
4. S. F. Nilsson, O. Mäepea, A. Alm et al. Ocular blood flow and retinal metabolism in abyssinian cats with hereditary retinal degeneration // *Investigative Ophthalmology & Visual Science* - 2001. - №42. - P. 1038 – 1044.
5. Кубарко А.И., Кубарко Н.П., Кубарко Ю.А. Контрастно-цветовая чувствительность зрения как биомаркер состояния гемодинамики в сосудах системного и микроциркуляторного русла // *Здравоохранение*. - 2014. - №9. - С. 57-66.
6. Pakola SJ, Grunwald JE. Effects of oxygen and carbon dioxide on human retinal circulation // *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. - 1993. - №34. - p. 2866-2870.
7. Geiser MH, Riva CE, Dorner GT, Diermann U, Luksch A, Schmetterer L. Response of choroidal blood flow in the foveal region to hyperoxia and hyperoxia-hypercapnia. // *Curr Eye Res.* - 2000. - №21. - P. 669-76.