

ЗАВИСИМОСТЬ ТОЛЕРАНТНОГО ВНУТРИГЛАЗНОГО ДАВЛЕНИЯ ОТ АРТЕРИАЛЬНОГО ДИАСТОЛИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В А. BRACHIALIS

Проведен сравнительный анализ результатов исследования максимально допустимого истинного внутриглазного давления, основанного на модели внутриглазного кровообращения, разработанной офтальмологами в прошлом веке с использованием офтальмодинамометрии, и максимального толерантного внутриглазного давления, проведенного на большом клиническом материале, по данным С.В. Балалина. В обоих случаях прослеживалась четкая зависимость истинного внутриглазного давления от величины артериального диастолического давления, более выраженная при математических расчетах.

Ключевые слова: глаукома, толерантное давление, артериальное диастолическое давление.

Под нормальным внутриглазным давлением принято считать такое давление, которое существует у большинства здоровых людей, т. е. соответственно среднестатистическим нормативам. Решающее значение в установлении нормы внутриглазного давления имели фундаментальные исследования А.П. Нестерова, А.Я. Бунина, Л.А. Кацнельсона [16] и других авторов [1], [8], [10], [17]. В настоящее время верхней границей истинного ВГД принято считать 21 мм рт.ст. По мнению многих авторов при лечении начальных стадий глаукомы следует стремиться к средней величине истинного ВГД, составляющей 13–16 мм рт.ст., а при далекозашедшей глаукоме желательно достичь отчетливой офтальмогипотонии (8–9 мм рт.ст.).

Многочисленные теории патогенеза глаукомной атрофии зрительного нерва можно объединить в две основные концепции: механическую и сосудистую [17]. Сторонники механической теории утверждают, что глаукомный процесс начинается с расширения физиологической экскавации диска зрительного нерва за счет компрессии его глиального остова в результате прямого механического действия повышенного внутриглазного давления [24], [31], [32]. Сторонники васкулярной природы атрофии зрительного нерва [6], [21], [22], [29], [30], [34] считают, что повышенное ВГД вызывает повреждение волокон 3-го нейрона сетчатки из-за ишемии, которая возникает вследствие сдавления сосудов, обеспечивающих кровоснабжение головки зрительного нерва. Вместе с тем, имеются многочисленные свидетельства о роли пониженного системного АД, приводящего к снижению артериального давления в глазничной ар-

терии и перфузионного давления в глазу, вызывающее прогрессирующее снижение зрительных функций у больных первичной открытоугольной глаукомой [13], [20], [23].

Факторами прогрессирования глаукомной оптической нейропатии многие авторы считают повышение офталмотонуса выше индивидуально переносимого (толерантного) внутриглазного давления. Впервые этот термин и метод исследования толерантного внутриглазного давления был предложен и разработан проф. А.М. Водовозовым в 1975 г. [7]. По данным автора «толерантным» следует считать только ту, поддающуюся измерению величину ВГД, при которой начинают функционировать заторможенные избыточным давлением нервные волокна. Толерантное давление приобретает особое значение при сопоставлении его с тонометрическим давлением у конкретного больного. Автором была отмечена зависимость толерантного давления от возраста пациента и артериального давления в плечевой артерии. При изучении зависимости между уровнем толерантного ВГД и значениями артериального давления была установлена прямая корреляционная связь – с увеличением артериального давления возрастает и толерантное ВГД [4].

Балалин [2], проведя тщательные исследования толерантного внутриглазного давления в зависимости от величины системного артериального давления у больных с первичной открытоугольной глаукомой, показал, что толерантное ВГД лучше коррелировало с диастолическим артериальным давлением в плечевой артерии, чем с систолическим. Поэтому уровень диастолического артериального давления был

выбран в качестве одного из важных факторов, оказывающих влияние на толерантное давление. Автор считает, что толерантное давление является верхней границей индивидуальной нормы и соответствует максимальному уровню внутриглазного давления, которое не вызывает ухудшения гемодинамики глаза и морфометрических показателей диска зрительного нерва. Результаты своих исследований автор суммировал в представленной ниже таблице 1.

Морфологические и экспериментальные исследования, проведенные учеными в 50–70 гг. прошлого столетия, показали, что несмотря на то, что кровоснабжение всех отделов диска зрительного нерва осуществляется за счет системы задних коротких цилиарных артерий, не подверженных непосредственному воздействию повышенного ВГД, сосуды в преламинарной части ДЗН оказались наиболее чувствительными к облитерации при повышении ВГД [30]. В такой же или в меньшей степени оказался восприимчив к облитерации и перипапиллярный хороид, что приводит к нарушению кровоснабжения ламинарной и ретроламинарной части диска зрительного нерва.

В середине прошлого века были проведены тщательные офтальмомодинамометрические исследования давления крови в различных отделах ретиальной циркуляции [5]. В результате

были определены средние значения систолического и диастолического давления в центральной артерии сетчатки и в центральной вене сетчатки, в капиллярах сетчатки, было введено понятие «баланс питания сетчатки» (Sobanski J., 1936; Виленкина А, 1940; Ремизов М.С., 1955) [5], определяемого разностью между диастолическим давлением в центральной артерии сетчатки и внутриглазным давлением, которая, по мнению авторов, не должна быть меньше 20 мм рт.ст.

Lobstein с соавт. [33] предложил использовать для этих целей разницу между средним динамическим давлением в центральной артерии сетчатки и внутриглазным давлением, обозначив ее как «перфузионное давление». В последующие годы появились работы по определению «коэффициента перфузионного давления» [13], [26], [27], «показателя трофики внутренних оболочек глаза» (25), «коэффициента индивидуальной толерантности» [18] и другие.

В 2005 г. нами была опубликована статья [14], которая имеет близкое отношение к работам Волгоградской школы офтальмологов и других ученых, указывающих на большую роль в определении толерантного ВГД состоянию кровоснабжения глазного яблока. К сожалению, мы не имели возможности провести такие тщательные клинические исследования, какие провел Балалин, но полученные им цифровые дан-

Таблица 1. Определение толерантного истинного ВГД у больных ПОУГ с учетом возраста и диастолического артериального давления в плечевой артерии (по данным Балалина)

АД диаст.	Возраст										
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
50	14,7	14,6	14,5	14,4	14,3	14,1	14,0	13,9	13,8	13,7	13,5
55	15,1	15,0	14,9	14,7	14,6	14,5	14,4	14,3	14,1	14,0	13,9
60	15,4	15,3	15,2	15,1	15,0	14,8	14,7	14,6	14,5	14,4	14,2
65	15,8	15,7	15,6	15,4	15,3	15,2	15,1	15,0	14,8	14,7	14,6
70	16,1	16,0	15,9	15,8	15,7	15,5	15,4	15,3	15,2	15,1	14,9
75	16,5	16,4	16,3	16,1	16,0	15,9	15,8	15,7	15,5	15,4	15,3
80	16,8	16,7	16,6	16,5	16,4	16,2	16,1	16,0	15,9	15,8	15,6
85	17,2	17,1	17,0	16,8	16,7	16,6	16,5	16,4	16,2	16,1	16,0
90	17,5	17,4	17,3	17,2	17,1	16,9	16,8	16,7	16,6	16,5	16,3
95	17,9	17,8	17,7	17,5	17,4	17,3	17,2	17,1	16,9	16,8	16,7
100	18,2	18,1	18,0	17,9	17,8	17,6	17,5	17,4	17,3	17,2	17,0
105	18,6	18,5	18,4	18,2	18,1	18,0	17,9	17,8	17,6	17,5	17,4
110	18,9	18,8	18,7	18,6	18,5	18,3	18,2	18,1	18,0	17,9	17,7
115	19,3	19,2	19,1	18,9	18,8	18,7	18,6	18,5	18,3	18,2	18,1
120	19,6	19,5	19,4	19,3	19,2	19,0	18,9	18,8	18,7	18,6	18,4

ные заставили нас провести сравнение с нашими математическими расчетами.

Цель работы

Провести сравнение величины толерентного давления и его зависимости от диастолического артериального давления по данным Балалина с нашими теоретическими расчетам, основанными на модели внутриглазной гемодинамики, проведенной офтальмологами в середине прошлого века.

Материал и методы

В таблицах 2 и 3 представлены результаты исследования давления крови в центральной артерии сетчатки с помощью офтальмодинамометрии, полученных большой группой авторов на здоровых глазах, которые мы использовали для определения «баланса питания сетчатки» или по современной терминологии «перфузионного давления» в глазу в зависимости от величины артериального диастолического давления в плечевой артерии. Нами взята за основу модель внутриглазного кровообращения здоровых людей с артериальным давлением 120/80 мм рт.ст., разработанная Ohaschi [5].

Принцип наших расчетов заключается в следующем:

Нами взято за основу не среднединамическое артериальное давление в центральной артерии сетчатки, которое предлагал использовать Lobstein [33] и другие авторы [28], [29], но именно диастолическое артериальное давление в ц.а.с., на правомерность которого указывали многие другие офтальмологи в прошлом и настоящем времени [5], [7], [12], [18], [25], [27] и которое также является величиной динамической и определяется пульсовым давлением, составляющим в норме 40 ± 10 мм рт.ст. [19].

Перфузионное давление в здоровом глазу составляет 0,56 от величины диастолического артериального давления в плечевой артерии. Этот коэффициент рассчитан нами на основании средней величины артериального диастолического давления в центральной артерии сетчатки, равной 44,7 мм рт.ст. (табл. 3), поделенной на среднюю величину артериального диастолического давления в плечевой артерии, составляющей у здоровых лиц 80 мм рт.ст. ($44,7/80=0,56$). Это значение немного превышает данные Ohaschi (40 мм рт.ст.), но мы счита-

ем, что средние данные, полученные на основании большой группы исследователей, более достоверны. Кроме того, такой же коэффициент использует при расчетах С.В. Балалин.

Это перфузионное давление в глазу обеспечивает нормальное кровоснабжение сетчатки, хориоидеи и диска зрительного нерва, которое возможно только при условии постоянного поддержания давления в центральной вене сетчатки на уровне не менее 19–20 мм рт. ст. (табл. 2). Однако такой уровень давления в центральной вене сетчатки обеспечивается только при АД диастолическом на уровне 80 мм рт.ст. и есте-

Таблица 2. Давление крови в сосудах сетчатки (по данным Ohaschi)

Сосуд, в котором измеряется давление	Давление (в мм рт.ст.)	
	Систолическое	Диастолическое
Центральная артерия сетчатки	75	40
Капилляры сетчатки (макулярной области)	50	30
Центральная вена сетчатки	30	20
Внутриглазное давление	18	

Таблица 3. Давление крови в центральной артерии сетчатки

Автор	Давление крови в центральной артерии сетчатки (в мм рт.ст.)	
	Диастолическое	Систолическое
Bailliant	35	65
Самойлов А.Я.	40	65
Smith-Pristley	40-50	70-90
Duke-Elder	60	80-90
Sobanski	48-56	80-90
Кашук М.Э.	42	85
Виленкина А.Я.	45-50	65-70
Car H.O.	40	70
Кизельман З.Д.	33	70
Ohaschi at al.	40	75
Назаров В.В.	41	67
Weigelin & Lobstein	60	90
Ремизов М.С.	47	-
Итого (в среднем)	44,7	75,3

ственно, что при снижении или увеличении АД диастолического, давление в центральной вене сетчатки будет соответственно уменьшаться или увеличиваться в среднем на 1 мм рт.ст. в каждой группе (см.табл.4,столбец 3). Это рассчитывается простым математическим соотношением в соседних группах. Например, в группе с АД диаст., равным 80 мм рт.ст. (столбец 1) перфузионное давление в глазу составляет 45 мм рт.ст. (столбец 2), а давление в центральной вене сетчатки – 20 мм рт.ст. (столбец 3). В группе с АД диаст. 60 мм рт.ст. перфузионное давление в глазу составляет 34 мм рт.ст. а давление в центр.вене сетчатки составит $34 \cdot 20 / 45 = 15,1$ мм рт.ст. и т. д. В группе с АД диаст. 100 мм рт.ст. перфузионное давление составляет 56 мм рт.ст., а давление в центральной вене сетчатки – $56 \cdot 20 / 45 = 24,9$ мм рт.ст. и т. д.

Согласно данным исследователей [5], [12] нормальное кровоснабжение в глазу может осуществляться только при условии, что истинное ВГД должно быть на 1–1,5 мм рт.ст. ниже давления в центральной вене сетчатки. Поэтому, вычтя 1,0 мм рт.ст. из величины давления в ц.в.с. мы получим максимально допустимую величину истинного ВГД, при котором сохраняется нормальный баланс питания сетчатки (столбец 4).

Результаты и обсуждение

В таблице 4 даются результаты наших математических расчетов максимально допустимой величины истинного ВГД (P_0) в зависимости от перфузионного давления в глазу и величины максимального толерантного давления (P_0) по данным Балалина (табл. 1). В первом столбце таблицы представлена величина диастолического АД в а. brachialis у конкретного пациента, во втором – 0,56 от этой величины, которая практически и является перфузионным давлением, обеспечивающим нормальное кровоснабжение в тканях глазного яблока. В третьем столбце дается минимальная величина АД в центральной вене сетчатки, необходимая для поддержания тонуса хориоидального кровообращения и, наконец, в четвертом столбце – максимально допустимая величина истинного ВГД (P_0), при котором в любой момент, в случае его значительных колебаний, возможно нарушение кровоснабжения сетчатки и зрительного нерва.

В 5-м столбце указаны величины максимального толерантного давления (P_0) по данным Балалина. Для лучшего восприятия при сравнении этих результатов мы решили взять среднюю возрастную группу из таблицы Балалина (65 лет), поскольку именно она составляет

Таблица 4. Зависимость максимального уровня истинного внутриглазного давления (P_0) от перфузионного давления в глазу по нашим математическим расчетам и по данным Балалина (в мм рт.ст.)

АД диаст. в а.brach.	АД диаст. в ц.а.с. (0,56 от АД диаст. в а. brach.) – перфузионное давление	Миним. АД в центр. вене сетчатки	Максим. допустим. P_0 (Мачехин)	Максим. уровень толерантного P_0 (Балалин)	Максим. допуст. P_0 (на 30% меньше) (Мачехин)	Максим. уровень толерантного P_0 (на 30% меньше) (Балалин)
50	28	12,5	11,5	14.1	8,0	9,9
55	31	13,8	12,8	14.5	9,0	10,2
60	34	15,1	14,1	14.8	9,9	10,4
65	36	16,0	15,0	15.2	10,5	10,6
70	39	17,3	16,3	15.5	11,4	10,9
75	42	18,6	17,6	15.9	12,3	11,1
80	45	20,0	19,0	16.2	13,3	11,3
85	47	20,9	19,9	16.6	13,9	11,6
90	50	22,2	21,2	16.9	14,8	11,8
95	53	23,6	22,6	17.3	15,8	12,1
100	56	24,9	23,9	17.6	16,7	12,3
105	59	26,2	25,2	18.0	17,6	12,6
110	62	27,6	26,6	18.3	18,6	12,8
115	64	28,4	27,4	18.7	19,2	13,1
120	67	29,8	28,8	19.0	20,2	13,3

наиболее многочисленную группу среди больных глаукомой по данным всех обследований, проводимых многими авторами. Кроме того, различие в величине толерантного P_0 в возрастных группах 40 и 90 лет составило в среднем всего 1,0 мм рт.ст. и при необходимости его можно увеличить на 0,5 мм рт.ст. у более молодых или уменьшить на такую же величину в старшей группе.

А теперь сравним наши данные (4-й столбец) с данными Балалина (5-й столбец). Можно видеть более низкий уровень максимально допустимого P_0 по нашим расчетам по сравнению с толерантным P_0 (Балалин) в первых трех группах, практически одинаковое в 4-й группе (АД диаст. = 65 мм рт.ст.) и затем максимально допустимое P_0 по нашим данным начинает заметно превышать величину максимального толерантного давления (Балалин) по мере повышения перфузионного давления. В повседневной практике принято считать, что давление «цели» достигается снижением исходного уровня ВГД в зависимости от стадии глаукомы более чем на 30% [10], [11], поэтому в 6 и 7 столбце мы представили величину P_0 на 30% меньше, при которой значительно уменьшается риск нарушения кровоснабжения при суточных биологических колебаниях ВГД и артериального давления.

По данным С.В. Балалина количество глаз с толерантным P_0 до 13,0 мм рт.ст. имело место в 5,5% всех случаев, однако нам не удалось в его диссертации найти сведения о количестве пациентов с уровнем артериального диастолического давления 50–60 мм рт.ст. Наши данные

подтверждают также мнение других исследователей о том, что высокая устойчивость зрительного нерва к повышенному ВГД у лиц с глазной гипертензией обусловлена усиленным кровоснабжением глазного яблока [3], [22].

Заключение

Расчеты истинного толерантного ВГД (по методу Балалина) и максимально допустимого P_0 (по нашему методу) основаны на их зависимости от уровня артериального диастолического давления в глазу. Мы несколько не сомневаемся в достоверности данных Балалина, основанных на большом клиническом материале, и считаем необходимым использовать их в клинической практике. Но если рядом будут стоять и наши математические расчеты, основанные на стандартной модели внутриглазной гемодинамики здорового глаза человека, это поможет правильнее оценить ситуацию.

К сожалению, в большинстве случаев (особенно при постановке диагноза глаукомы низкого давления или офтальмогипертензии) мы удовлетворяемся однократным измерением кровяного давления пациента или даже устной его информацией. Считаем необходимым во всех случаях повышенного ВГД и при первых признаках глаукомной оптической нейропатии более четко оценивать состояние перфузионного давления в глазу, сопоставляя результаты диастолического артериального давления с уровнем истинного внутриглазного давления.

20.09.2014

Список литературы:

1. Алексеев, В.Н. О распределении уровней внутриглазного давления в нормальной популяции / В.Н. Алексеев, Е.А. Егоров, Е.Б. Мартынова // Клиническая офтальмология. – 2001. – Т.2. – №2. – С. 38–40.
2. Балалин, С.В. Система диагностики и лечения первичной открытоугольной глаукомы с использованием гемодинамических критериев в оценке их эффективности : дисс. ...докт. мед. наук / С.В. Балалин. – Волгоград. – 2014. – 325 с.
3. Басинский, С.Н. Гемодинамические процессы в моделях глаза при различных уровнях ВГД / С.Н. Басинский // Вестн. офтальмол. – 1990. – №6. – С. 33–37.
4. Борискина, Л.Н. Определение толерантного внутриглазного давления при глаукоме и его клиническое значение : дисс. канд. мед. наук / Л.Н. Борискина. – Куйбышев. – 1985. – 139 с.
5. Бунин, А.Я. Гемодинамика глаза и методы ее исследования / А.Я. Бунин. – М. – 1971. – 196 с.
6. Бунин, А.Я. Об ауторегуляции сосудов глаза при открытоугольной глаукоме / А.Я. Бунин // Глаукома: Сборник научных трудов МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца. – М. – 1994. – С. 5–11.
7. Водовозов, А.М. Толерантное и интолерантное внутриглазное давление при глаукоме / А.М. Водовозов. – Волгоград. – 1991. – 160 с.
8. Волков, В.В. Глаукома при псевдонормальном давлении / В.В. Волков. – М. – Медицина. – 2001.
9. Волков, В.В. Глаукома открытоугольная / В.В. Волков. – М. – 2008. – 352 с.
10. Глаукома. Национальное руководство / Под ред. Е.А. Егорова. – М. – 2013. – 824 с.
11. Кански, Д.Д. Клиническая офтальмология: систематизированный подход. Глава 13 «Глаукома» / Д.Д. Кански ; под ред. В.П. Еричева. – М. – 2010. – 104 с.
12. Краснов, М.М. К анализу особенностей внутриглазной гемодинамики и возможности терапевтического воздействия на нее при глаукоме и дефиците кровоснабжения / М.М. Краснов // Вестн. офтальмол. – 1989. – №6. – С. 36–43.
13. Кунин, В.Д. Состояние кровоснабжения глаз у больных первичной открытоугольной глаукомой с нормальным давлением / В.Д. Кунин // Вестн. офтальмол. – 2003. – №1. – С. 10–13.

14. Мачехин, В.А. Номограмма для определения состояния кровоснабжения сетчатки и зрительного нерва в зависимости от величины артериального и внутриглазного давления / В.А. Мачехин, Г.Е. Манаенкова // Глаукома и другие проблемы офтальмологии. – Тамбов. – 2005. – С. 27–33.
15. Нестеров, А.П. Гидродинамика глаза / А.П. Нестеров. – М. – 1968. – 144 с.
16. Нестеров, А.П. Внутриглазное давление. Физиология и патология / А.П. Нестеров, А.Я. Бунин, Л.А. Кацнельсон. – М. – 1974. – 384 с.
17. Нестеров, А.П. Глаукома / А.П. Нестеров. – М., МИА. – 2008. – 360 с.
18. Новак, В.А. Индивидуальное толерантное внутриглазное давление и его определение в ранней диагностике глаукомы / В.А. Новак // Офтальмол. журн. – 1987. – №4. – С. 223–226.
19. Савицкий, Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики / Н.Н. Савицкий. – М. – Медицина. – 1974. – 415 с.
20. Страхов, В.В. Офтальмоплетизмография с минимальной компрессионной нагрузкой в норме и при первичной открытоугольной глаукоме / В.В. Страхов, В.В. Алексеев, Н.В. Корчагин // Вестн. офтальмол. – 2009. – №3. – С. 34–38.
21. Федоров, С.Н. Патогенез первичной открытоугольной глаукомы / С.Н. Федоров // Вопросы патогенеза и лечения глаукомы: Сб. труд. Московского НИИ Микрохирургия глаза. – М. – 1981. – С. 3–7.
22. Фламмер, Д. Глаукома / Д. Фламмер. – WWP. – 2003. – 416 с.
23. Хадикова, Э.В. О способе определения индивидуально переносимого внутриглазного давления у больных глаукомой / Э.В. Хадикова, Т.Е. Егорова // Клиническая офтальмология. – 2004. – Т. 5. – №2. – С. 51–53.
24. Шамшинова, А.М. Функциональные методы исследования в офтальмологии / А.М. Шамшинова, В.В. Волков. – М. – 1988. – 416 с.
25. Шлопак, Т.В. Показатель трофики внутренних оболочек глаза как прогностический тест при глаукоме / Т.В. Шлопак // Офтальмол. журн. – 1977. – №5. – С. 339–341.
26. Шмырева, В.Ф. К определению индивидуально переносимого внутриглазного давления (давления цели) при первичной глаукоме / В.Ф. Шмырева, О.А. Шмелева-Демир, Ю.В. Мазурова // Вестн. офтальмол. – 2003. – №6. – С. 3–5.
27. Шмырева, В.Ф. Офтальмическое перфузионное давление и давление «цели» при первичной глаукоме / В.Ф. Шмырева, Е.Н. Мостовой // Тез. докладов IX съезда офтальмологов России. – М. – 2009. – С. 186.
28. Ocular perfusion pressures and retinal and neuroretinal rim blood flow in primary open-angle glaucoma patients / D. Damato [et al.] // World Glaucoma Congress. – Paris. – 2011. – P. 132.
29. Harris, A. Vascular Considerations in Glaucoma / A. Harris. – 2012. – 123 p.
30. Heyreh, S.S. Optic disc changes in glaucoma / S.S. Heyreh // Brit. J. Ophthalmol. – 1972. – V. 56. – N 3. – P. 175–185.
31. Leveny, R. Low-tension glaucoma: Critical review and new material / R. Leveny // Surv. Ophthalmol. – 1980. – V. 24. – P. 621–664.
32. Linner, E. Ocular Hypertension / E. Linner // Acta ophthalmol. (Kbh). – 1976. – V. 54. – P. 707–712.
33. Lobstein, A. L'ophthalmodynamometrie le glaucoma / A. Lobstein, F. Herr // Annal. Oculist. – 1966. – V. 199. – P. 38–69.
34. Sponsel, W.E. Association of retinal capillary perfusion with visual status during chronic glaucoma therapy / W.E. Sponsel, P.L. Kautman, F.G. Blum // Ophthalmol. – 1997. – V. 104. – №6. – P. 1026–1032.

Сведения об авторе:

Мачехин Владимир Александрович, главный научный консультант
«МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н.Федорова» Минздрава России, г. Тамбов,
доктор медицинских наук, профессор кафедры глазных и нервных болезней
Медицинского института ТГУ им. Г.Р.Державина
392000, г. Тамбов, Рассказовское шоссе, 1, e-mail: naukatmb@mail.ru