

О РЕФЕРЕНТНЫХ НОРМАХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПУПИЛЛОМЕТРИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЬЮТЕРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ И ОЦЕНКИ ЗРАЧКОВОЙ РЕАКЦИИ

М.В. Цимбал, А.Л. Куцало, Н.В. Штейнберг, Д.С. Хомич

ФГУП «НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека» ФМБА России

Отмечено, что референтные нормы диаметра зрачков, амплитудных, временных и скоростных показателей зрачковых реакций, полученные при обследовании на сертифицированном цифровом автоматизированном бинокулярном пупиллометрическом комплексе КСРЗРц практически здоровых лиц (889 мужчин и 1103 женщины, в возрасте от 20 до 70 лет), проходивших плановые медицинские осмотры, имеют возрастную динамику. С возрастом диаметр зрачков уменьшается, а зрачковая реакция снижается по амплитуде и становится замедленной. Разработка референтных норм для диаметра зрачка и комплекса показателей пупиллометрии и учет их возрастной динамики необходимы при пупиллометрическом обследовании в практике профосмотров в динамике, в неврологии, профпатологии, спортивной медицине, наркологии для оценки вегетативного дисбаланса, связанного с нарушением вегетативной функции пупилломоторной системы.

Ключевые слова: бинокулярный автоматизированный пупиллометрический комплекс, референтные нормы показателей зрачковой реакции.

DOI 10.19163/1994-9480-2020-1(73)-124-128

ON THE REFERENCE STANDARDS FOR PUPILLOMETRY ON A COMPUTER COMPLEX FOR RECORDING AND ASSESSMENT OF THE PUPILLARY RESPONSE

M.V. Tsimbal, A.L. Kutsalo, N.V. Shtejnberg, D.S. Khomich

FSUE «Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology» of the FMBA

It was noted that the reference standards for pupil diameter, amplitude, time and speed parameters of pupil reactions in practically healthy people (889 men and 1103 women, aged from 20 to 70 years), who underwent planned medical examinations on the certified digital automated binocular pupillometric complex KSRZRts-01, showed age dynamics. With age, both the pupil diameter and the amplitude and speed of the pupil reaction decreased. The development of reference standards for pupil diameter and a complex of pupillometry parameters, including their age dynamics, is necessary for the analysis of pupillometry data in the practice of periodic occupational health examinations, neurology, occupational pathology, sports medicine, and narcology to assess the functional state of the autonomic nervous system.

Key words: binocular automated pupillometric complex, reference standards for pupil reaction parameters.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка референтных норм для диаметра зрачка и комплекса показателей пупиллометрии и учет их возрастной динамики, поскольку они необходимы при пупиллометрическом обследовании в практике профосмотров в динамике, в неврологии, профпатологии, спортивной медицине, наркологии для оценки функционального состояния вегетативной нервной системы.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования использовали цифровой автоматизированный бинокулярный пупиллометрический комплекс КСРЗРц (разработчик ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, Санкт-Петербург), позволяющий измерять показатели зрачковой реакции у человека в динамическом режиме в течение 3 секунд. Технические решения комплекса КСРЗРц защищены патентом Российской Федерации, имеется разрешение к применению в медицинской практике в Российской Федерации [3].

Комплекс разрешен к применению в медицинской практике в Российской Федерации.

В основу работы комплекса положено определение вертикального и горизонтального диаметров обоих зрачков до и после подачи светового стимула, амплитудных, временных и скоростных показателей зрачковых реакций. КСРЗРц обеспечивает вычисление следующих показателей зрачковых реакций на световой стимул обоих глаз: Дн (мм) – начальный диаметр зрачков, предшествовавший стимулу; Тл (с) – время латентное (время начала зрачковой реакции после подачи светового стимула); Ас (мм) – амплитуда сужения зрачков; Тс (с) – время сужения зрачков; Тр (с) – время расширения зрачков; Vc (мм/с) – средняя скорость сужения зрачков; Vr (мм/с) – средняя скорость расширения зрачков; Дк (мм) – конечный диаметр зрачков. Комплекс обеспечивает автоматизированный режим получения пупиллометрической информации об обследуемом, проведение математической обработки данных.

Исследование зрачковой реакции на световой стимул проводилось в затемненном помещении (освещенность не более 30 лк). Обследовано 1992 человека (889 мужчин и 1103 женщины) в возрасте от 20 до 70 лет, проходивших плановые медицинские осмотры в медсанчастях. На момент обследования эти лица были оценены как практически здоровые.

Полученные в процессе обследования данные обрабатывались при помощи программной системы Statistica for Windows (версия 6.0). Использовали t-критерий Стьюдента, проводили корреляционный анализ показателей пупиллометрии. В тех случаях, когда коэффициент корреляции был больше 0,3, данные подвергались регрессионному анализу и строилась линейная регрессия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе проведения оценки полученных при обследовании пупиллометрических данных было замечено, что у лиц различного возраста имеются характерные вариации показателей функций зрачка. Для проверки этого обстоятельства нами был проведен анализ возрастных изменений показателей пупиллометрии. В качестве исходного материала использовали результаты регистрации пупиллограмм у 1992 практически здоровых мужчин и женщин, различных возрастных групп, проходящих профилактическое диспансерное обследование. Следует отметить, что гендерных отличий в показателях пупиллометрии не выявлено, поэтому в таблице представлены обобщенные данные, характеризующие нормы показателей зрачковой реакции для различных возрастных групп всей выборки обследованных лиц. По возрасту обследуемые были разделены на следующие группы: 1-я группа 20–29 лет; 2-я группа 30–39 лет; 3-я группа 40–49 лет; 4-я группа 50–59 лет; 5-я группа 60–69 лет.

Референтные нормы показателей пупиллометрии

Параметр	Сред- нее	Незначительные вариации		Умеренные отклонения	
		от	до	от	до
20–29 лет					
Дн, мм	6,26	5,50	7,02	4,75	7,77
Тл, с	0,26	0,23	0,28	0,20	0,31
Ас, мм	1,56	1,33	1,79	1,10	2,02
Тс, с	0,50	0,44	0,57	0,37	0,63
Тр, с	2,23	2,13	2,32	2,04	2,41
Ус, мм/с	3,15	2,73	3,58	2,31	4,00
Ур, мм/с	0,70	0,60	0,81	0,49	0,92
Дк, мм	5,91	5,22	6,60	4,53	7,29

Окончание табл.

Параметр	Сред- нее	Незначительные вариации		Умеренные отклонения	
		от	до	от	до
30–39 лет					
Дн, мм	5,69	4,82	6,55	3,96	7,41
Тл, с	0,26	0,24	0,29	0,21	0,31
Ас, мм	1,48	1,21	1,75	0,93	2,02
Тс, с	0,49	0,42	0,57	0,35	0,64
Тр, с	2,20	1,99	2,41	1,78	2,62
Ус, мм/с	3,04	2,58	3,50	2,12	3,96
Ур, мм/с	0,69	0,52	0,85	0,36	1,02
Дк, мм	5,35	4,55	6,16	3,74	6,97
40–49 лет					
Дн, мм	5,21	4,29	6,14	3,37	7,06
Тл, с	0,27	0,24	0,29	0,21	0,32
Ас, мм	1,38	1,09	1,66	0,80	1,95
Тс, с	0,48	0,41	0,55	0,34	0,62
Тр, с	2,22	2,08	2,36	1,94	2,50
Ус, мм/с	2,89	2,44	3,34	1,99	3,79
Ур, мм/с	0,62	0,49	0,76	0,36	0,89
Дк, мм	4,89	4,03	5,74	3,18	6,60
50–59 лет					
Дн, мм	4,82	3,96	5,68	3,09	6,54
Тл, с	0,27	0,24	0,29	0,22	0,32
Ас, мм	1,31	1,01	1,60	0,71	1,90
Тс, с	0,47	0,38	0,56	0,29	0,65
Тр, с	2,18	1,91	2,45	1,64	2,72
Ус, мм/с	2,81	2,40	3,23	1,98	3,65
Ур, мм/с	0,62	0,44	0,80	0,26	0,97
Дк, мм	4,53	3,76	5,30	3,00	6,07
60–69 лет					
Дн, мм	4,45	3,57	5,34	2,69	6,22
Тл, с	0,28	0,25	0,30	0,22	0,33
Ас, мм	1,16	0,84	1,48	0,52	1,81
Тс, с	0,47	0,36	0,58	0,25	0,69
Тр, с	2,17	1,95	2,39	1,73	2,61
Ус, мм/с	2,53	2,02	3,04	1,51	3,55
Ур, мм/с	0,54	0,39	0,70	0,24	0,85
Дк, мм	4,21	3,42	4,99	2,64	5,78

Приведены средние значения показателей пупиллометрии для указанных групп, и предложены границы значений, соответствующих различным градациям изменений этих показателей. Так, например незначительными вариациями показателей предложено считать изменения в пределах: $X - \sigma < x < X + \sigma$ (1), где X – среднее значение рассматриваемого показателя x , σ – среднее

квадратичное отклонение этого параметра. При соблюдении нормального распределения исследуемого параметра, примерно, для 68 % обследуемых результаты пупиллометрии будут лежать в указанных границах. Эти пределы приведены в графе «незначительные вариации». Умеренными отклонениями результатов пупиллометрии предложено считать такие значения, которые попадают в следующие пределы: $X - 2\sigma < x < X - \sigma$ (2); $X + \sigma < x < X + 2\sigma$ (3).

В указанные пределы, при условии выполнения нормальности распределения, попадают еще около 27 % от числа обследованных лиц. В графе «умеренные отклонения» указаны границы показателей пупиллометрии, соответствующие неравенствам (2) и (3). Таким образом, в группы «незначительные вариации» и «умеренное отклонение» попадают 95 % от общего числа обследуемых лиц. Значения параметров пупиллометрии, удовлетворяющие условиям: $x < X - 2\sigma$ (4) и $x > X + 2\sigma$ (5) предлагается классифицировать как «выраженные отклонения». Вероятность таких отклонений не превышает 5 %.

Для классификации пупиллограммы конкретного обследуемого по степени отклонений необходимо выполнить следующие действия: найти возрастную группу, к которой он относится; сопоставить значения его показателей с пределами, указанными для группы «незначительные вариации». Если данные лежат внутри границ «от» и «до» для всех показателей, то пупиллограмму следует отнести к группе «незначительные вариации». При выходе за пределы группы «незначительные вариации» необходимо провести сравнения с пределами группы «умеренные отклонения». При попадании значений пупиллометрии в эти пределы пупиллограмму следует отнести к группе «умеренные отклонения». При выходе значений показателей пупиллометрии за пределы, указанные для группы «умеренные отклонения» ее нужно классифицировать как принадлежащую группе «выраженные отклонения» и отметить показатель, по которому наблюдается такое отклонение. Итак, выраженные отклонения оцениваются как достоверные отклонения показателей пупиллометрии, выходящие за границы возрастных норм.

Почти все приведенные в таблице показатели имеют динамику возрастных изменений. Так, например, с возрастом происходит уменьшение начального диаметра зрачка – Дн, амплитуды сужения – Ас, скорости сужения – Vc и скорости расширения – Vp, латентное время реакции с возрастом увеличивается. Таким образом, с возрастом зрачки уменьшаются, реакция на свет становится более слабой и менее глубокой.

На рис. 1 приведена зависимость Дн от возраста в норме. Видно, что диаметр зрачка с возрастом уменьшается, коэффициент корреляции равен 0,57. По линейной регрессии с определенной точностью можно прогнозировать, какой величины должен быть диаметр зрачка при определенном возрасте. Так, например, диаметр зрачка в 4,45 мм соответствует в норме возрасту в 65 лет (измерения проводятся при освещенности не более 30 лк).

Для подтверждения и количественного описания отмеченных тенденций был проведен корреляционный анализ показателей пупиллометрии. В тех случаях, когда коэффициент корреляции был больше 0,3, исходные данные подвергались регрессионному анализу и строилась линейная регрессия вида: $y = a \cdot x + d$ (6). Результаты корреляционного анализа и уравнение регрессии для большинства значений пупиллометрии приведены на соответствующих графиках (рис. 1–5).

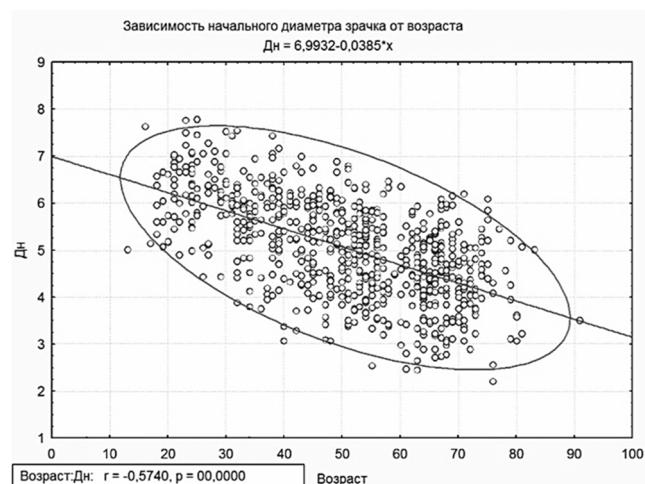


Рис. 1. Зависимость начального диаметра (Дн, мм) зрачка от возраста (лет)

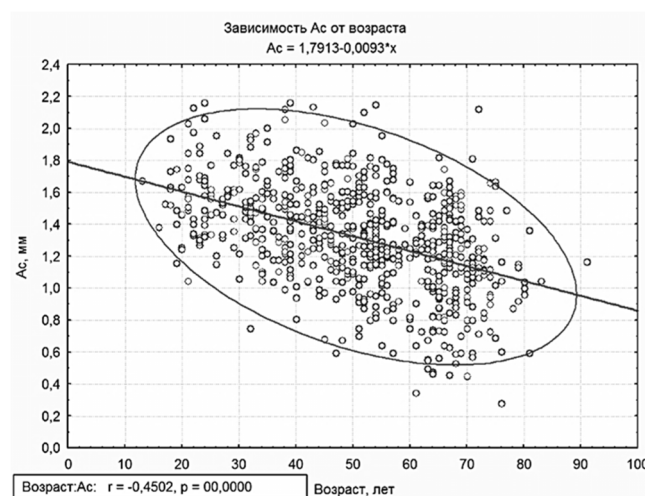


Рис. 2. Зависимость амплитуды сужения зрачка (Ас, мм) от возраста (лет)

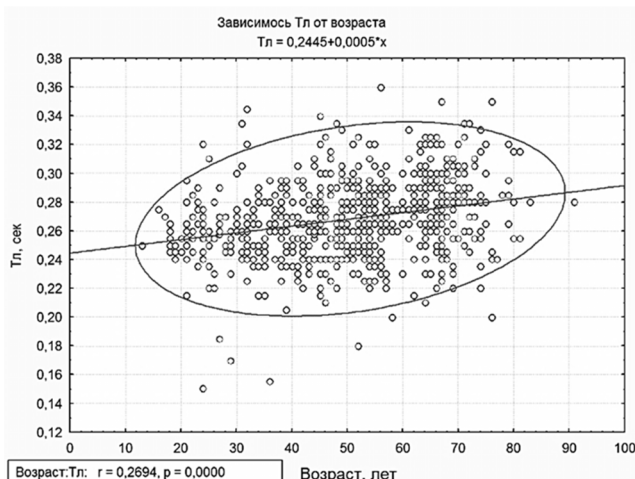


Рис. 3. Зависимость латентного времени зрачковой реакции (Тл, с) от возраста (лет)

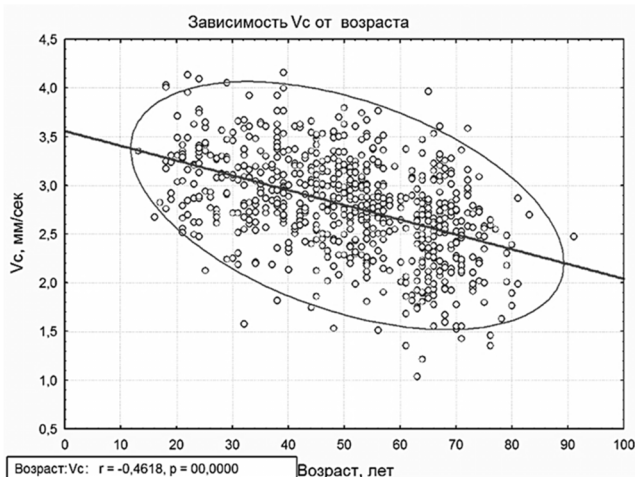


Рис. 4. Зависимость средней скорости сужения зрачка (Vс, мм/с) от возраста (лет)

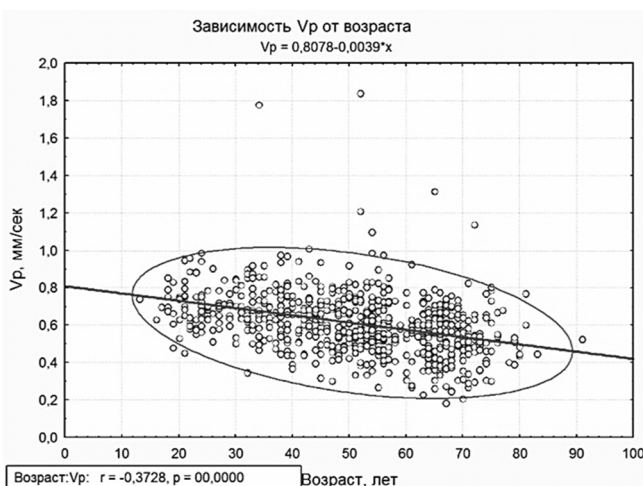


Рис. 5. Зависимость средней скорости расширения зрачка (Vр, мм/с) от возраста (лет)

Вопрос о физиологических нормах пупилломоторной системы и ее центрального отдела – зрачка – обсуждался в литературе давно [6, 8].

Вопросы, касающиеся функциональной активности системы, нормативных параметров зрачковой реакции, в частности зрачковой реакции на свет, рассматривались Е.С. Вельховером и В.Ф. Ананиным [1].

В литературе имеются сведения, что в течение жизни размеры зрачков претерпевают значительные изменения, колеблясь от 1 до 8 мм. Для детей первого полугодия жизни характерен миоз, связанный с недостаточным развитием дилатора. С первого года жизни зрачки начинают увеличиваться и достигают максимума к 10–15 годам [6, 1], после чего постепенно уменьшаются в размерах, приходя к старческому миозу. Известно, что размер зрачков увеличивается при миопии средней степени (более 3 диоптрий) и уменьшается у гиперметропов [1].

Имеется достаточно данных об изменении зрачковой реакции при ряде соматических заболеваний, в неврологии, наркологии, при утомлении [1, 2, 4, 5, 7].

Понятно, что для оценки тонуса и реактивности симпатического и парасимпатического отделов ВНС диаметр зрачка может использоваться только при учете его возрастной динамики. Следует отметить, что в литературе имеют место существенные расхождения во мнении относительно физиологических норм параметров пупиллометрии, поскольку до настоящего времени не были стандартизованы как условия регистрации пупиллограмм (освещенность, параметры светового стимула), так и сама система показателей пупиллометрии и методы их расчета. Поэтому весьма необходимым явилось определение физиологических норм показателей пупиллометрии на репрезентативной выборке у лиц различных возрастных групп при стандартизованных условиях по освещенности и при строго контролируемых параметрах светового стимула.

Разработанные референтные нормы для метода компьютерной пупиллометрии позволят выполнять сравнительный анализ данных обследования в динамике и выявлять вегетативный дисбаланс и признаки ряда заболеваний, связанных с нарушением вегетативной функции и нервной проводимости в пупилломоторной системе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований изучены закономерности изменения показателей пупиллометрии у людей с возрастом. Анализ пупиллограмм, зарегистрированных у репрезентативной группы обследуемых, показал, что с возрастом диаметр зрачков, а также амплитуда зрачковой реакции, скорости сужения и расширения уменьшаются, вместе с тем латентное время (время начала зрачковой реакции после подачи

светового стимула) имеет тенденцию к увеличению, то есть в целом зрачковая реакция становится более замедленной.

На основании полученных данных сформированы нормы параметров пупиллометрии для различных возрастных групп. Установленные нормы параметров пупиллометрии включены в состав программного обеспечения комплекса КСРЗРц-01, что позволяет автоматизировать, объективизировать и ускорить процесс оценки полученных при обследовании данных. Это особенно актуально при массовых обследованиях пациентов в поликлинических условиях и в медсанчастях, в практике профосмотров, когда высокая пропускная способность обследований имеет значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вельховер Е.С., Ананин В.Ф. Пупиллодиагностика. – М.: Изд-во УДН, 1991. – 212 с.
2. Веселовская Н.В., Коваленко А.Е. Наркотики. – М.: Триада-Х, 2000. – 204 с.
3. Грачев В.И., Казенасhev В.Ф., Киселев М.Ф., Мишин В.В., Пелищук В.К., Цимбал Ф.А. Способ регистрации зрачковых реакций и устройство для его осуществления. Патент на изобретение. № 2207040 от 27.06.2003 г.
4. Егоров Е.А., Савицкая Т.В., Тутаева Е.С. Офтальмологические проявления общих заболеваний. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2006. – 592 с.
5. Нейроофтальмология: руководство / под ред. А.С. Никифорова, М.Р. Гусевой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 624 с.

6. Смирнов В.А. Зрачки в норме и патологии. – М.: Медицина, 1953. – 232 с.

7. Томпсон Х.С. Зрачок и вегетативная нервная система / под ред. С. Лессела, пер. с англ. – М.: Медицина, 1983. – С. 264–279.

8. Шахнович А.Р., Шахнович В.Р. Пупиллография. – М.: Медицина, 1964. – 250 с.

REFERENCES

1. Vel'hover E.S., Ananin V.F. Pupillodiagnostika [Pupillodiagnosis]. Moscow: Izd-vo UDN, 1991. 212 p.
2. Veselovskaja N.V., Kovalenko A.E. Narkotiki [Drugs]. Moscow: Triada-H, 2000. 204 p.
3. Grachev V.I., Kazenashev V.F., Kiselev M.F., Mishin V.V., Pelishhuk V.K., Cimbali F.A. Sposob registracii zrachkovykh reakcij i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [A method of registering pupillary reactions and a device for its implementation]. Patent na izobretenie. № 2207040 ot 27.06.2003 g.
4. Egorov E.A., Savickaja T.V., Tutaeva E.S. Oftal'mologicheskie projavlenija obshhih zabolevanij [Ophthalmic manifestations of common diseases]. Moscow: GJeOTAR-MED, 2006. 592 p.
5. Nejrooftal'mologija: rukovodstvo [Neuroophthalmology: a guide]. In A.S. Nikiforov, M.R. Guseva (ed.). Moscow: GJeOTAR-Media, 2008. 624 p.
6. Smirnov V.A. Zrachki v norme i patologii [Pupils are normal and pathological]. Moscow: Medicina, 1953. 232 p.
7. Tompson H.S. Zrachok i vegetativnaja nervnaja sistema [Pupil and autonomic nervous system]. In S. Lessel (ed.), per. s angl. Moscow: Medicina, 1983. P. 264–279.
8. Shahnovich A.R., Shahnovich V.R. Pupillografija [Pupillography]. Moscow: Medicina, 1964. 250 p.

Контактная информация

Цимбал Марина Васильевна – к. м. н., ведущий научный сотрудник ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, e-mail: mar.tsimbal@yandex.ru