

34. *Тарутта Е.П., Тарасова Н.А.* Тонус аккомодации при миопии и его возможное прогностическое значение // Вестн. офтальмол. 2012. № 2. С. 34-37.
35. *Шамшинова А.М., Волков В.В.* Функциональные методы исследования в офтальмологии. М.: Медицина, 1999. С. 361-365.
36. *Шилкин Г.А., Шилкин А.Г., Бессарабов А.Н.* Биомеханическое обеспечение зрения вдаль и вблизи у человека // Биомеханика глаза – 2004. Сб. тр. конф. М., 2004. С. 45-54.
37. *Bannon R.E.* A study of astigmatism at the near point with special reference to astigmatic accommodation // Am. J. Optometry and Archives of Am. Academy of Optometry. 1946. V. 23. P. 53-75.
38. *Bates W.H.* Shifting as an aid to vision // New York Medical Journal. 1920. N 3. P. 7.
39. *Bayramlar H., Cekic O., Hepsen I.F.* Does convergence, not accommodation, cause axial-length elongation at near? A biometric study in teens // Ophthalmic Res. 1999. V. 31, N 4. P. 304-308.
40. *Coleman D.J., Fish S.K.* Presbyopia, accommodation, and the mature catenary // Ophthalmol. 2001. V. 108, N 9. P. 1544-1551.
41. *Donders F.C.* On the anomalies of accommodation and refraction of the eye; with a preliminary essay on physiological dioptrics. London: New Sydenham Society, 1864.
42. *Drexler W., Findi O., Schmetterer L. et al.* Eye elongation during accommodation in humans: differences between emmetropes and myopes // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1998. V. 39, N 11. P. 2140-2147.
43. *Fenies H., Dauber W.* Pocket atlas of human anatomy. Stuttgart, New York: Thieme, 2000. P. 354-366.
44. *Fincham E.F.* The mechanism of accommodation // Br. J. Ophthalmol. 1937. V. 8. P. 5-80.
45. *Glasser A., Campbell M.C.W.* Biometric, optical and physical changes in the isolated human crystalline lens with age in relation to presbyopia // Vis. Res. 1999. V. 39. P. 1991-2015.
46. *Glasser A., Campbell M.C.W.* Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age // Vis. Res. 1998. V. 38, N 2. P. 209-229.
47. *Glasser A., Kaufman P.L.* The mechanism of accommodation in primates // Ophthalmology. 1999. V. 106, N 5. P. 863-872.
48. *Gullstrand A.* Wie ich den intrakapsularen Akkommodations-mechanismus fand // Arch. f. Augenheilk. 1912. Bd. 172. S. 169-172.
49. *Helmholtz H.v.* Uber die Accommodation des Auges (Accommodation of the eye) // Graefe's Arch. Ophthalmol. 1855. P. 1-89.
50. *Johnson L.* A new theory of accommodation // Arch. Ophthalmol. 1924. V. 53. P. 221-223.
51. *Kahle W.* Color atlas of human anatomy. Nervous system and sensory organs. Stuttgart, New York: Thieme, 2003. V. 3. 406 p.
52. *Listing J.B.* Wagner's Handwörterbuch. Physiologie. Braunschweig. 1853. V. 4. P. 498.
53. *Lutjen-Drecoll E., Rohen J.W.* Augenwunder – eine funktionell-anatomische Reise durch das Auge. Kaden Verlag, 2007.
54. *Mallen E.A., Gilmartin B., Wolffsohn J.S.* Sympathetic innervation of ciliary muscle and oculomotor function in emmetropic and myopic young adults // Vis. Res. 2005. V. 45, N 13. P. 1641-1651.
55. *Netter F.H.* Atlas de anatomia humana. Masson, 2007. P. 78-76.
56. *Nishi O.* Restoration of accommodation by refilling the lens capsule after endocapsular phacoemulsification // Current aspects of human accommodation / Eds. Guthoff R., Ludwig K. Kaden Verlag, 2003. P. 135-146.
57. *Pierscionek B.K., Popiolek-Masajada A., Kasprzak H.* Corneal shape change during accommodation // Eye. 2001. V. 15. P. 766-769.
58. *Schachar R.A.* Pathophysiology of accommodation and presbyopia. Understanding the Clinical Implications // J. Florida Medical Assos. 1994. V. 81. P. 268-271.
59. *Schachar R.A., Cudmore D.P., Black T.O.* Experimental support for Schachar's hypothesis of accommodation // Ann. Ophthalmol. 1993. V. 25, N 11. P. 404-409.
60. *Shum P.J., Ko L.S., Ng C.L., Lin S.L.* A biometric study of ocular changes during accommodation // Am. J. Ophthalmol. 1993. V. 115, N 1. P. 76-81.
61. *Stachs O.* Ciliary muscle continues to flex in presbyopic eyes // Eurotimes ESCRS. 2005. V. 10, issue 5. P. 13.
62. *Stachs O.* Monitoring the human ciliary muscle function during accommodation // Current aspects of human accommodation II / Eds. Guthoff R., Ludwig K. Kaden Verlag, 2003. P. 105-119.
63. *Standring S.* Gray's Anatomy / 39th ed. Elsevier, Churchill-Liverstone, 2008. 2504 p.
64. *Strobel J., Muller M.* Behavior of the central cornea during accommodation of the eye // Current aspects of human accommodation II / Eds. Guthoff R., Ludwig K. Kaden Verlag, 2003. P. 95-103.
65. *Sturm J.C.* 1697. Physica electiva sive hypothetica. Nürnberg. Reprinted: Olms, Hildesheim, 2006.
66. *Tschering M.* The theory of accommodation. Arch. Ophthalmol. Rev. Apr. 1899.
67. *Tsukamoto M. et al.* Accommodation causes with the rule astigmatism in emmetropes // Optom. Vis. Sci. 2000. V. 77, N 3. P. 150-155.
68. *Yasuda L., Yamaguchi T.* Steepening of corneal curvature with contraction of the ciliary muscle // Cataract Refract. Surg. 2005. V. 31. P. 1177-1181.

## 3

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РОЛИ АККОМОДАЦИИ В РЕФРАКТОГЕНЕЗЕ

Е.П. Тарутта, Н.В. Ходжабекян, О.Б. Филинова

В последние десятилетия накоплены многочисленные данные о роли аккомодации в формировании рефракции и, в частности, в развитии близорукости.

Однако в трактовке этой роли исследователи расходятся. Многие авторы причиной возникновения близорукости считали спазм аккомодации.

T. Sato (1957) выдвинул рефракционную теорию происхождения миопии, общая формулировка которой такова: нередко школьная миопия и эмметропия являются результатом адаптивной функции, вызванной продолжительной аккомодацией хрусталика. Школьная миопия возникает вследствие усиления этого адаптивного процесса из-за чрезмерной работы на близком расстоянии. По мнению T. Sato (1957), стойкий спазм аккомодации и, таким образом, усиление преломляющей силы хрусталика — это и есть основа приобретенной миопии. Однако более поздние работы с использованием ультразвуковой биометрии показали, что приобретенная миопия всегда формируется за счет удлинения переднезадней оси глаза и даже, более точно, за счет увеличения полости стекловидного тела, то есть расстояния от задней поверхности хрусталика до заднего полюса глаза. Иными словами, природа приобретенной миопии всегда осевая, а не хрусталиковая.

А.А. Сычев (1977) утверждает, что большое значение для объяснения начальных механизмов усиления рефракции имеет активная аккомодация при переводе взгляда вдаль. Автор допускает, что в связи с длительной работой на близком расстоянии происходит улучшение активности аккомодации для зрения вблизи, а активность для дали — уменьшается.

E. Ong, K.J. Ciuffreda (1995) провели исследование, доказывающее, что работа на близком расстоянии вызывает нестойкую миопию. Она формирует кратковременную миопическую дальнейшую точку, которая меняется непосредственно при последующей непрерывной зрительной работе на близком расстоянии.

В другой работе K.J. Ciuffreda, M. Rosenfield (1995) пишут об эффекте воздействия приближающегося тест-объекта на нестойкую миопию, создаваемую эквидиоптрическими стимулами. Нестойкая миопия может проявляться после длительной фокусировки на приближающийся тест-объект. Это связано с инертностью аккомодационного ответа.

Заслуживает большого внимания принятая в нашей стране модель рефрактогенеза, разработанная Э.С. Аветисовым (1986), в которой аккомодация выступает в роли регулятора этого процесса.

В качестве одного из этиологических моментов возникновения миопии автор рассматривает зрительную работу на близком расстоянии при наличии ослабленной аккомодационной способности. Сущность теории заключается в следующем. Рост глаза — не простое увеличение его размеров, как это представлялось ранее, а направленное формирование глазного яблока как сложной оптической системы под влиянием условий внешней среды и наследственного фактора. Одним из главных регуляторов развития оптической системы глаза служит аккомодация.

При ослабленной аккомодационной способности напряженная зрительная работа на близком расстоянии становится для глаз непосильной нагрузкой. В этих случаях сигнал

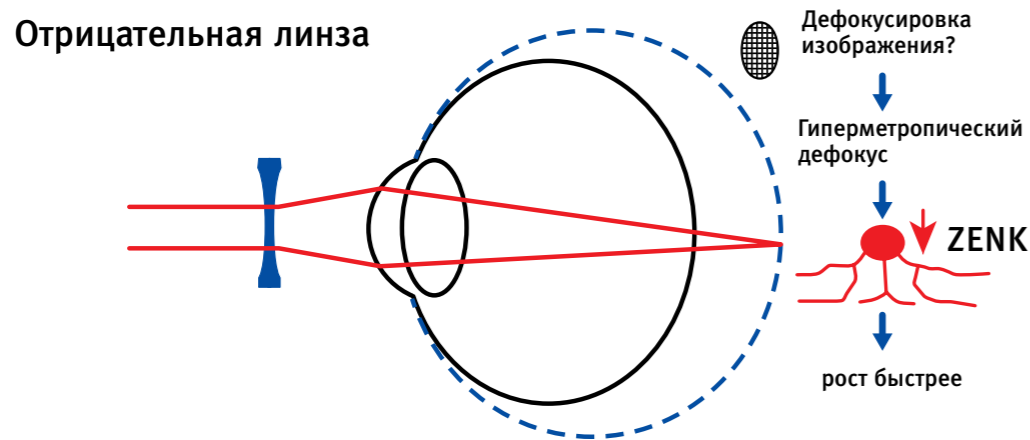


Рис. 3.1. Действие «гиперметропической» дефокусировки

с цилиарной мышцы, длительно поступающий в центр управления ростом глаза, побуждает его изменить оптическую систему так, чтобы приспособить ее к работе на близком расстоянии без напряжения аккомодации. Это достигается главным образом посредством умеренного удлинения переднезадней оси глаза в период роста. Под центром управления ростом глаза Э.С. Аветисов подразумевал «не анатомическое, а функциональное понятие — систему нейрогуморальных влияний, обеспечивающих рост глаза и направленное формирование его рефракции». Таким образом, миопию можно рассматривать как следствие приспособительной реакции организма, заключающейся не в органическом изменении формы хрусталика, как предполагал Т. Sato (1957), а в направленном удлинении глазного яблока, осуществленном по принципу обратной связи. Общие заболевания организма, слабость опорной соединительной ткани и другие факторы, которым нередко отводится ведущая роль в происхождении миопии, лишь благоприятствуют тому, чтобы причина (работа на близком расстоянии в условиях слабой аккомодационной способности) перешла в следствие (миопическую рефракцию).

В последние годы за рубежом в эксперименте на животных разработана модель так называемой линс-индуцированной эметропизации и предложена теория ретинального дефокуса как механизма регуляции роста глаза (Hung G.K., Ciuffreda K.J., 2003). Согласно этой теории, одним из самых важных стимулов

регуляции осевого роста глаза является дефокусировка изображения на сетчатке (несовпадение зрительного фокуса с плоскостью сетчатки). Дефокусировка изображения напрямую регулирует рост глаза, изменяя скорость высвобождения ретинальных нейротрансмиттеров, оказывающих прямое влияние на синтез протеогликанов и биологию склерального матрикса. Участие в этих процессах аппарата аккомодации полностью отвергается, поскольку в эксперименте пересечение зрительных нервов не предотвращало развития линс-индуцированной миопии (Wallman J., Wildsoet C., Xu A. et al., 1995).

При этом в эксперименте показано, что индуцированная рассеивающими (отрицательными) линзами «гиперметропическая» дефокусировка (то есть когда рефракция слишком слабая и изображение фокусируется за сетчаткой) стимулирует удлинение глаза с тем, чтобы совместить плоскость сетчатки с фокусом (рис. 3.1). Напротив, «миопическая» дефокусировка с помощью собирающих (положительных) линз, когда изображение формируется перед сетчаткой, тормозит у экспериментальных животных рост глазного яблока (рис. 3.2).

Регулируются эти процессы, предположительно, различными нейромодуляторами, выделяемыми амакриновыми клетками самой сетчатки. В последнее время особое внимание уделяется изучению монохроматических aberrаций, особенно после ряда публикаций о гораздо более высоком уровне последних в миопических глазах по сравнению с эметропическими.

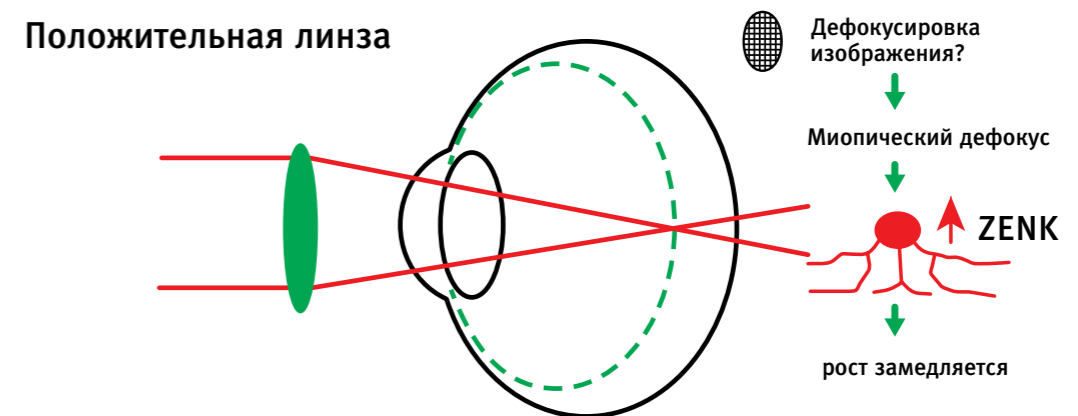


Рис. 3.2. Действие «миопической» дефокусировки

В эксперименте на животных получены данные о том, что можно изменять положение сетчатки, регулируя толщину хориоидеи, тем самым изменять фокус глаза. Основная функция хориоидеи — питание сетчатки, восстановление постоянно распадающихся зрительных пигментов. О механизмах, лежащих в основе изменения и регулирования толщины сосудистой оболочки, известно мало. Изменение кровотока хориоидеи происходит в том же направлении, что и изменение ее толщины, но всегда предшествует ему. Склера выполняет функцию наружного остова глазного яблока и также помогает компенсировать дефокус, хотя реагирует медленнее, чем сосудистая оболочка. Хориоидальное утончение сопровождается склеральным ростом, и наоборот, утолщение хориоидеи — замедлением склерального роста. Таким образом, эти два процесса являются взаимодополняющими. Основную роль в процессе регуляции играет ретиноидная кислота; навязанный дефокус оказывает противоположное влияние на ее уровень в сетчатке и хориоидеи (утолщение хориоидеи сопровождается увеличением содержания последней), кроме того, ретиноидная кислота ингибирует синтез склеральных протеогликанов (Wallman J., Wildsoet C. et al., 1995).

Однако, не оспаривая этих предположений, нельзя не вспомнить, что задача фокусировки лучей на поверхности сетчатки возложена природой именно на аппарат аккомодации. И неспособность этого аппарата к длительным усилиям по осуществлению постоянной

фокусировки изображения неизбежно будет приводить к повторяющимся эпизодам дефокуса по гиперметропическому типу, что и включает, очевидно, всю патогенетическую цепочку неуправляемого роста глаза.

Слабая миопическая дефокусировка, или дезаккомодация, или тренировка аккомодации вдаль применялись в клинике отечественными офтальмологами для торможения прогрессирования миопии. Это известные тренировки в режиме дальнего зрения: микрозатуманивания, «стеклянный» атропин, «раскачка» аккомодации вдаль, тренажер дезаккомодационный оптический (Дашевский А.И., 1971, 1973; Волков В.В., Колесникова Л.Н., 1976). Однако по понятным причинам (поскольку приставление к миопическому глазу плюсовых линз еще больше снижает остроту зрения вдаль) дезаккомодационные методы носят характер упражнений, то есть временных воздействий. В то же время представляется очевидным, что для воздействия на рост глаза и рефрактогенез по принципу «обратной связи» миопическая дефокусировка вдаль должна быть постоянной в течение всего дня. Проведенные ранее наблюдения за детьми с гиперметропией разной степени, носившими в течение нескольких лет пенализирующие очки по поводу дисбинокулярной или анизометропической амблиопии, показали, что постоянная слабomiопическая дефокусировка (то есть пенализация вдаль избыточными плюсовыми линзами) тормозит рост глаза и естественное усиление рефракции (Тарутта Е.П., 2004).

Эти наблюдения послужили основой для разработки способа профилактики и лечения начальной миопии и псевдомиопии путем постоянной слабомиопической дефокусировки с помощью специально подобранных очков. Метод разработан в МНИИ ГБ им. Гельмгольца и назван альтернирующей монолатеральной слабомиопической дефокусировкой (Тарутта Е.П., Ходжабекян Н.В., 2004).

Длительные (более 7 лет) наблюдения показали тормозящее влияние этого метода на прогрессирование миопии у детей (Филинова О.Б., 2009). Эти данные и упоминавшиеся ранее результаты различных тренировок в режиме дальнего зрения свидетельствуют о положительном влиянии стимуляции аккомодации вдаль или отрицательной аккомодации на течение миопии у детей (Волков В.В., Колесникова Л.Н., 1976; Лялин А.Н., Корепанова О.А., Корепанов А.В., 2001). Однако сущность этого процесса и методика его регистрации остаются малоизученными.

В тесной связи с состоянием аккомодации и представлениями о ее роли в рефрактогенезе, возникновении и прогрессировании миопии находятся вопросы оптической коррекции аномалий рефракции у детей.

Рекомендации по назначению оптической коррекции при миопии во многом определяются взглядами авторов на механизм ее развития. Наименее спорным является вопрос о коррекции миопии вдаль. В этом случае предлагают полную или близкую к полной коррекцию, обеспечивающую высокую остроту зрения. Авторы, связывающие развитие миопии со спазмом или слабостью аккомодации, не рекомендуют корректировать начальную близорукость у подростков, а при слабых ее степенях назначают неполную коррекцию до остроты зрения 0,7-0,8. При высокой прогрессирующей миопии они рекомендуют полную коррекцию (Ватченко А.А., 1977).

Расходятся мнения о правилах назначения при миопии очков для близи. Авторы, которые отводят ослаблению, перенапряжению или спазму аккомодации заметную роль в развитии миопии, считают, что полная коррекция для работы на близком расстоянии обычно затрудняет работу цилиарной мышцы, создает условия зрительного дискомфорта и может способствовать прогрессированию миопии. Они рекомендуют назначать для близи более слабую коррекцию (Аветисов Э.С., Розенблюм Ю.З., 1981; Oakley K.H.,

Young F.A., 1975). По данным Э.С. Аветисова, Ю.З. Розенблюма (1981), у пациентов, которые носили очки непостоянно или пользовались для работы на близком расстоянии очками с неполной коррекцией, близорукость прогрессировала реже и менее интенсивно, чем у тех, кто постоянно носил очки с полной коррекцией.

Однако существует и другое мнение: более слабая коррекция для близи не оказывает сдерживающего действия на прогрессирование близорукости и даже способствует ему.

При ослаблении аккомодации рекомендуют назначать две пары очков (для дали и для работы на близком расстоянии) или бифокальные очки для постоянного ношения. Верхняя половина стекла в таких очках служит для зрения вдаль и полностью или почти полностью исправляет близорукость, нижняя половина стекла, предназначенная для работы на близком расстоянии, слабее верхней на 1,0, 2,0 или 3,0 дптр в зависимости от глубины нарушений аккомодации, субъективных ощущений пациента и степени близорукости: чем она выше, тем обычно больше разница в силе линз, предназначенных для дали и для близи. В последние годы этот принцип реализуется с помощью прогрессивных очков. Проведенное зарубежными специалистами многоцентровое исследование (COMET) показало, что такие очки по сравнению с обычными однофокальными тормозят прогрессирование миопии на 0,2 дптр в год; впоследствии было показано, что у детей с ослабленной аккомодацией тормозящий эффект был больше и составил 0,46 дптр в год (Gwiazda J., Hyman L., Hussein M. et al., 2003). В наших исследованиях были получены аналогичные результаты (Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., 2011).

Аргументы против целесообразности полной очковой коррекции миопии были получены недавно в ряде зарубежных исследований. Было подтверждено предположение, что такая коррекция индуцирует гиперметропический периферический дефокус. Последний, по данным экспериментальных исследований, стимулирует рост глаза и, следовательно, прогрессирование миопии. В настоящее время для исключения формирования периферического гиперметропического дефокуса предлагаются средства коррекции, создающие относительную периферическую миопию. Это ортокератологические линзы (Тарутта Е.П., Вержанская Т.Ю., 2008), бифокальные контактные линзы, очковые

и контактные линзы специального дизайна с большей корригирующей миопию силой в центре и меньшей — в парацентральной зоне.

Однако, справедливости ради, следует указать, что целый ряд авторов сообщает о тормозящем влиянии полной коррекции на прогрессирование миопии.

### Литература

1. Аветисов Э.С. Близорукость. М.: Медицина, 1986. 239 с.
2. Аветисов Э.С., Розенблюм Ю.З. Оптическая коррекция зрения. М.: Медицина, 1981. 200 с.
3. Ватченко А.А. Спазм аккомодации и близорукость. Киев: Здоровья, 1977. 118 с.
4. Волков В.В., Колесникова Л.Н. О лечении спазма аккомодации, непосредственно не связанного со слабостью цилиарной мышцы // Вестн. офтальмол. 1976. № 1. С. 50-52.
5. Дашевский А.И. Патогенез ложной и истинной миопии // Профилактика, патогенез и лечение заболеваний органа зрения у детей. Материалы научн. конф. М., 1971. С. 77-80.
6. Дашевский А.И. Ложная близорукость. М.: Медицина, 1973.
7. Лялин А.Н., Корепанова О.А., Корепанов А.В. Упражнения в режиме дальнего зрения как один из положительных регулирующих факторов рефрактогенеза // Близорукость, нарушения рефракции, аккомодации и глазодвигательного аппарата. Материалы междунар. симпоз. М., 2001. С. 56-57.
8. Сычев А.А. Аккомодация и ее роль в развитии миопии небольших степеней // Офтальмол. журн. 1977. № 1. С. 56-59.
9. Тарутта Е.П., Ходжабекян Н.В. Способ профилактики и лечения начальной миопии и спазма аккомодации у детей. Патент РФ № 2271781 от 05.04.2004.
10. Тарутта Е.П., Вержанская Т.Ю. Возможные механизмы тормозящего влияния ортокерато-

логических линз на прогрессирование миопии // Рос. офтальмол. журн. 2008. № 2. С. 26-30.

11. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А. Сравнительная оценка эффективности субъективного и объективного способа подбора аддидации при назначении прогрессивных очков детям // Современная оптометрия. 2011. № 9. С. 40-44.
12. Филинова О.Б. Изучение влияния постоянной слабомиопической дефокусировки изображения на динамику рефракции, бинокулярные функции и рост глаза у детей. Дис. ... канд. мед. наук. М., 2009. 158 с.
13. Ciuffreda K.J., Rosenfield M. Effect of target proximity on transient myopia induced by equidistant stimuli // Ophthalmic Physiol. Opt. 1995. V. 15, N 2. P. 93-97.
14. Gwiazda J., Hyman L., Hussein M. et al. A randomized clinical trial of progressive addition lenses versus single vision lenses on the progression of myopia in children // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2003. V. 44, N 1. P. 492-500.
15. Hung G.K., Ciuffreda K.J. An incremental retinal-defocus theory of the development of myopia. Comments on Theoretical Biology. 2003. V. 8. P. 511-538.
16. Oakley K.H., Young F.A. Bifocal control of myopia. Am. J. Optom. Physiol. Opt. 1975. V. 52, N 11. P. 758-764.
17. Ong E., Ciuffreda K.J. Nearwork-induced transient myopia: a critical review // T. Med. Sci. 1995. V. 164, N 4. P. 269-270.
18. Sato T. The cause and prevention of acquired myopia. Tokyo, 1957. 224 p.
19. Tarutta E.P. An inhibitory effect of penalization (hyperopic overcorrection) on eye growth and refractogenesis // 10-th International Myopia Conference. Cambridge: Published by APV, 2004. P. 27.
20. Wallman J., Wildsoet C., Xu A. et al. Moving the retina: choroidal modulation of refractive state. Vision Res. 1995. V. 35. P. 37-50.
21. Wildsoet C., Wallman J. Choroidal and scleral mechanisms of compensation for spectacle lenses in chicks. Vision Res. 1995. V. 35. P. 1175-1194.

# 4

## ИССЛЕДОВАНИЕ АККОМОДАЦИИ, ВОЗРАСТНЫЕ НОРМЫ

Исследование аккомодации не стандартизовано и практически не вошло в обиход клинической офтальмологии. Исключение составляет определение запаса относительной аккомодации при миопии, практикуемое некоторыми

детскими офтальмологами. Другие способы используются еще реже. Это связано с тем, что исследование аккомодации представляется офтальмологам весьма трудоемким, а результаты малоинформативными.

### 4.1

## СУБЪЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ

О.В. Проскурина, С.Ю. Голубев, Е.Ю. Маркова

В этом разделе описаны способы субъективного измерения аккомодации с использованием стандартного оборудования офтальмологического кабинета и специальных приборов. Описанные способы измерения аккомодации не предполагают проведения сложных вычислений при расчете показателей аккомодации.

Результаты субъективной аккомодометрии зависят от множества факторов: освещения, размера и контраста тестовых стимулов, способа и скорости измерения, использования оптических средств, размера зрачка испытуемого, его физического состояния, натренированности и других факторов (Шаповалов С.Л., Корнюшина Т.А., 2005), поэтому их нельзя признать безусловно точными. Однако для клинических целей такой точности измерений, осуществляемых с некоторыми допущениями, бывает достаточно.

С помощью субъективных методов определяют рефлекторную, вергентную и тоническую аккомодацию.

### Измерение рефлекторной аккомодации

Рефлекторную аккомодацию исследуют отдельно для каждого глаза с использованием подвижного стимула и оценивают по объему абсолютной аккомодации (ОАА).

**Абсолютная аккомодация** может быть расценена как физиологический акт, не зависящий от других функций глаза. Это максимальное усиление рефракции, на которое способен глаз при максимальном напряжении аккомодационной мышцы и максимальном использовании эластичных сил хрусталика. **Объем абсолютной аккомодации** — разница в рефракции одного глаза при установке его на ближайшую (*punctum proximum*, р.р., PP) и дальнейшую (*punctum remotum*, р.г., PR) точки ясного зрения, выраженная в диоптриях. Положение дальнейшей точки ясного зрения соответствует рефракции глаза, положение ближайшей точки соответствует максимальному напряжению

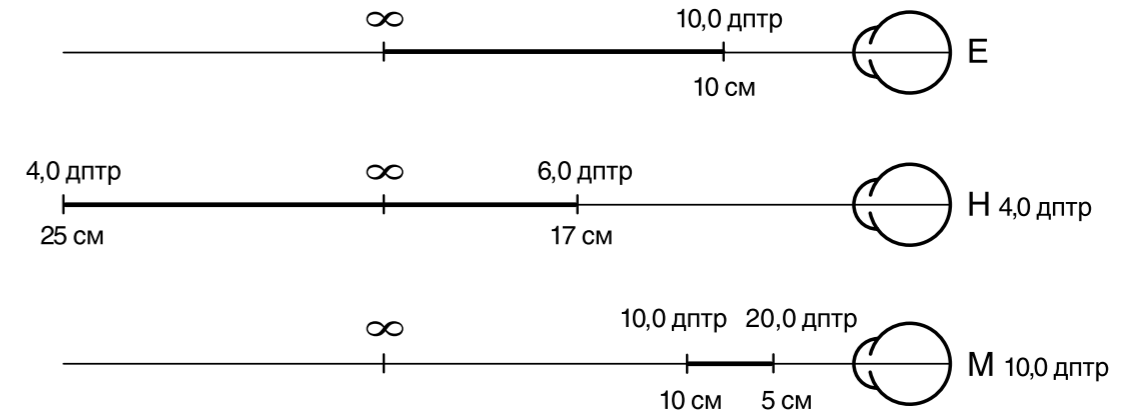


Рис. 4.1.1. Объем и область абсолютной аккомодации при разной рефракции

аккомодации. Для обозначения объема абсолютной аккомодации в иностранной литературе используют термины «амплитуда аккомодации» (Abrams D., 1978; Grosvenor T.P., 1986; Ciuffreda K.J., 2005; Scheiman M., Wick B., 2008) и « $A_{max}$ » (Methling D., Maxam U., 1989). Пространство между ближайшей и дальнейшей точками ясного зрения, выраженное в метрах, называют областью (Головин С.С., 1923; Розенблюм Ю.З., 1996; Abrams D., 1978; Grosvenor T.P., 1986), шириной (Головин С.С., 1923; Аветисов Э.С., 1999) или длиной аккомодации (Головин С.С., 1923; Шаповалов С.Л., 1977). При эметропии оно простирается от бесконечности до ближайшей точки. При гиперметропии дальнейшая точка ясного зрения представляет воображаемую точку, лежащую в отрицательном пространстве «по ту сторону бесконечности», поэтому длина аккомодации складывается из двух частей, положительной и отрицательной. И только при миопии длина аккомодации имеет «конечное» значение, ограниченное ближайшей и дальнейшей точками ясного видения (рис. 4.1.1).

Объем абсолютной аккомодации (ОАА) измеряют монокулярно с использованием подвижного стимула. Определяют ближайшую (*punctum proximum*, р.р., PP) и дальнейшую (*punctum remotum*, р.г., PR) точки ясного зрения. По разнице в положении ближайшей и дальнейшей точек ясного зрения определяют объем абсолютной аккомодации. Измерение может быть проведено несколькими способами: с помощью

измерительной линейки и оптометров для близи, с помощью аккомодометра Шаповалова, с помощью приборов АКА-01, АКТР-2 или других, предназначенных для этой цели. В качестве тестов чаще используют печатные знаки, соответствующие остроте зрения для близи 0,7-1,0. Независимо от способа измерения и рефракции исследование целесообразно проводить в условиях полной коррекции для дали.

**1. Измерение объема абсолютной аккомодации с помощью измерительной линейки и оптометров для близи.** Такой способ измерения наиболее прост, не требует дополнительного оборудования и при аккуратном проведении измерений точность его достаточна для клинической оценки.

Испытуемого в пробной оправе, в гнезда которой установлены линзы, компенсирующие аметропию, усаживают так, чтобы предъявляемый тест-объект был хорошо освещен. Обычно для этих целей используют лампочку накаливания 60 Вт, установленную сзади и чуть выше головы испытуемого. При таком расположении осветителя тест-объект хорошо освещен и на него не падает тень от измерительной линейки. Исследование начинают с правого глаза, левый глаз закрыт окклюдором (если правый глаз значительно хуже в функциональном отношении, исследование начинают с левого глаза). Знакомят испытуемого с тест-объектом и объясняют ему задачу. Нулевое деление измерительной линейки приставляют к наружному краю орбиты (такое положение нулевого деления будет



Рис. 4.1.2. Фигура Дуане

примерно соответствовать узловой точке глаза). Тест-объект для близи, соответствующий остроте зрения 0,7-1,0 (таблицу для исследования остроты зрения для близи или одиночный оптотип), или фигуру Дуане (рис. 4.1.2) устанавливают на расстоянии 2-3 см от глаза так, чтобы тест находился напротив глаза испытуемого. Медленно отдают тест-объект от глаза до тех пор, пока он не станет различим<sup>1</sup>. Оценивают это расстояние в сантиметрах. При использовании таблицы для близи просят испытуемого смотреть на букву, находящуюся в середине строки, до момента ее распознавания, при использовании одиночного опто типа испытуемый должен различить направление характерных деталей опто типа (разрыв в кольце Ландольта), в фигуре Дуане должна стать различимой полоска между двумя квадратами. Измерение повторяют три раза и вычисляют среднее арифметическое трех значений. Для получения значения ближайшей точки ясного зрения, выраженного в диоптриях, делят 100 на полученный результат. Значение рефракции в ближайшей точке ясного зрения имеет отрицательное значение, что в оптике обозначает усиление оптической системы.

Так как исследование проводят в условиях полной коррекции для дали, в глазу испытуемого индуцируется рефракция, близкая к эметропии. Поэтому предполагают, что дальнейшая точка ясного зрения находится в бесконечности, а ее величина, выраженная в диоптриях, равна нулю. Полученное таким образом значение ближайшей точки ясного зрения, выраженное в диоптриях, будет соответствовать **объему абсолютной аккомодации** (ОАА), но в отличие от ближайшей точки, ОАА не имеет знака. Часто исследование может быть закончено на этом этапе (рис. 4.1.3).

<sup>1</sup> В иностранной литературе такой способ измерения аккомодации называют pull-away метод, в противоположность более известному push-up методу. Сравнение данных, полученных двумя методами, не выявляет достоверной разницы в их результатах (Scheiman M., Wick B., 2008). Исследования С.Л. Шаповалова (1977) убедительно доказывают большую надежность результатов при отдалении теста от глаза. Поэтому нами рекомендован именно этот способ измерений.

### Пример 1.

При трехкратном измерении тест становится различимым с расстояния 9, 11 и 10 см. Среднее значение составляет 10 см.

$$\text{p.p.} = 100/10 = -10,0 \text{ дптр}$$

$$\text{ОАА} = 10,0 \text{ дптр}$$

### Пример 2.

При трехкратном измерении тест становится различимым с расстояния 11, 12 и 12 см. Среднее значение составляет 11,7 см.

$$\text{p.p.} = 100/11,7 = -8,5 \text{ дптр}$$

$$\text{ОАА} = 8,5 \text{ дптр}$$

В некоторых случаях прибегают к измерению объема абсолютной аккомодации без коррекции, в этом случае значение дальнейшей точки будет близким к значению клинической рефракции.

Для контроля положения дальнейшей точки ясного зрения (в случаях гиперметропии, эметропии, миопии слабой степени и смешанного астигматизма) прибегают к определению дальнейшей точки ясного зрения с использованием редуцирующей линзы, обычно +3,0 дптр (Шаповалов С.Л., 1977). Редуцирующая линза перемещает дальнейшую точку ясного зрения из бесконечности на конечное расстояние перед глазом. Тест-объект отодвигают от глаза на расстояние 40-50 см, а затем приближают к глазу до момента его четкого видения. Измерение проводят три раза, отмечают расстояние, с которого тест-объект различим. Вычисляют среднее арифметическое, делят 100 на полученную величину. После определения положения дальнейшей точки ясного зрения с редуцирующей линзой к полученному значению прибавляют ее величину:

$$\text{p.r.} = -\text{p.r.}_{\text{ред}} + 3,0.$$

ОАА будет соответствовать разнице в величинах ближайшей и дальнейшей точек ясного зрения.

$$\text{ОАА} = \text{p.p.} - \text{p.r.}$$

### Пример 1.

Величина punctum proximum составляет -10,0 дптр.

Величина punctum remotum, определенная с редуцирующей линзой +3,0 дптр, составляет -2,5 дптр (тест становится различим с расстояния 40 см).

$$\text{p.p.} = -10,0 \text{ дптр}$$

$$\text{p.r.} = -2,5 \text{ дптр} + 3,0 \text{ дптр} = +0,5 \text{ дптр}$$

$$\text{ОАА} = -10,0 \text{ дптр} - (+0,5 \text{ дптр}) = 10,5 \text{ дптр}$$

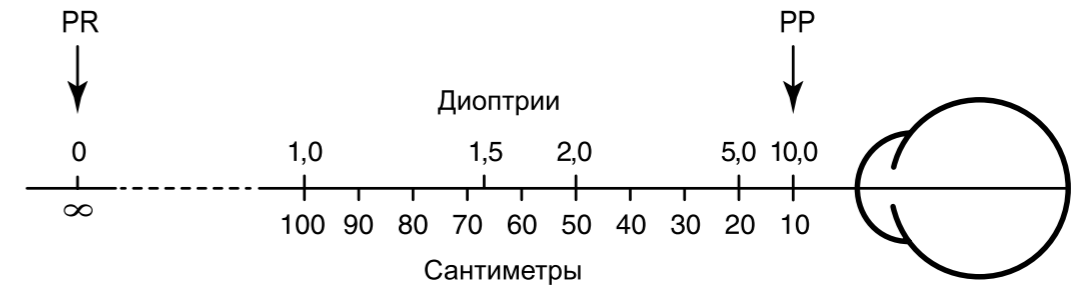


Рис. 4.1.3. При измерении объема абсолютной аккомодации при эметропии значение punctum proximum (p.p.) соответствует величине ОАА, поскольку значение punctum remotum (p.r.) равно нулю. То же при измерении ОАА в условиях полной коррекции для дали (индуцированная коррекцией рефракция эметропическая, а punctum remotum лежит в бесконечности). В этом примере величина ОАА равна 10,0 дптр

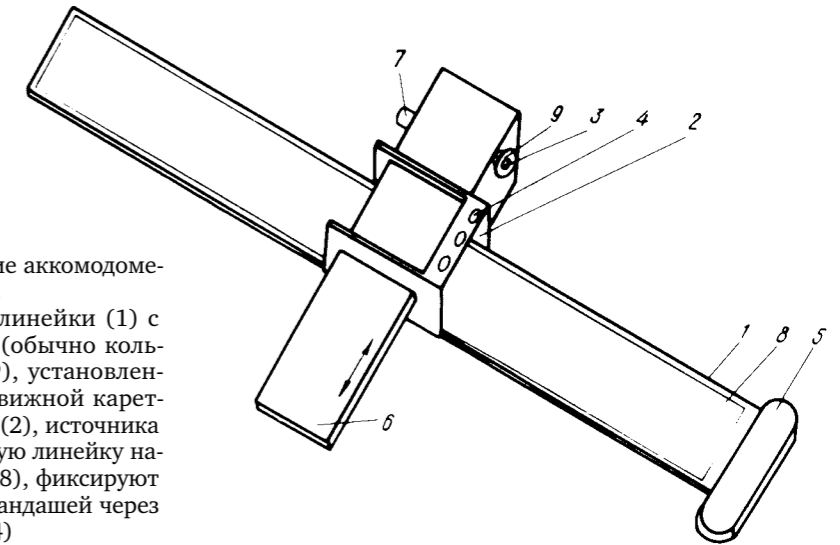


Рис. 4.1.4. Схематичное изображение аккомодометра (проксиметра) С.Л. Шаповалова. Прибор состоит из направляющей линейки (1) с упором для лица (5), тест-объекта (обычно кольца Ландольта) (3) с осветителем (9), установленного на подвижной штанге (6) подвижной каретки, перемещающейся вдоль линейки (2), источника электропитания (7). На направляющую линейку накладывают миллиметровую бумагу (8), фиксируют результаты с помощью цветных карандашей через специальные отверстия в каретке (4)

### Пример 2.

Величина punctum proximum составляет -8,5 дптр.

Величина punctum remotum, определенная с редуцирующей линзой +3,0 дптр, составляет -5,0 дптр (тест становится различим с расстояния 20 см).

$$\text{p.p.} = -8,5 \text{ дптр}$$

$$\text{p.r.} = -5,0 \text{ дптр} + 3,0 \text{ дптр} = -2,0 \text{ дптр}$$

$$\text{ОАА} = -8,5 \text{ дптр} - (-2,0 \text{ дптр}) = 6,5 \text{ дптр}$$

**2. Измерение объема абсолютной аккомодации с помощью аккомодометра Шаповалова.** Метод отличается точностью и дает наиболее стабильные результаты в случае

повторных измерений в равных условиях (Шаповалов С.Л., 1977). Для проведения исследования требуется аккомодометр (проксиметр) — простой прибор, который может быть изготовлен самостоятельно.

Схематичное изображение аккомодометра (проксиметра) Шаповалова представлено на рис. 4.1.4.

Исследование начинают с правого глаза. Левый глаз закрыт окклюдором. Лицевой упор направляющей линейки приставляют к наружному краю орбиты (такое положение будет примерно соответствовать узловой точке глаза). Тест-объект — вращающееся кольцо Ландольта,

соответствующее остроте зрения 0,7 для близи, устанавливают напротив глаза на расстоянии около 2 см и медленно отодвигают от глаза до момента его четкого видения. Расстояние, на котором испытуемый различает детали тест-объекта, отмечают на миллиметровой бумаге. Проводят три измерения, каждый раз меняя направление разрыва кольца Ландольта. Измерив расстояние от начала линейки до меток, вычисляют среднее арифметическое и определяют положение ближайшей точки ясного зрения, поделив 100 на полученный результат.

Измерение объема абсолютной аккомодации с помощью прибора АКТР-2 проводят аналогичным образом в соответствии с инструкцией к прибору.

**3. Измерение объема абсолютной аккомодации с помощью аккомодометра с аstopтмом АКА-01.** Прибор представляет собой тубу, в которой с помощью рукоятки можно перемещать тест-объект (тест-объектом служит ряд колец Ландольта, соответствующих остроте зрения 0,7 для близи). Для установки корригирующих линз в приборе предусмотрены три линзодержателя и шкала ТАБО. Для измерения дальнейшей точки в приборе имеется откидная редуцирующая линза +10,0 дптр. На левой поверхности прибора размещены две диоптрийные шкалы, по которым оценивают положение ближайшей и дальнейшей точек ясного зрения: верхняя шкала для измерения без редуцирующей линзы отградуирована от -3,25 до -9,0 дптр; нижняя шкала для измерения с редуцирующей линзой +10,0 дптр, отградуирована от +10,0 до -9,0 дптр.

Для измерения ближайшей точки ясного зрения тест-объект максимально приближают к глазу, после чего медленно отодвигают до момента, когда пациент увидит направление разрывов в кольцах Ландольта. Оценивают результат по верхней шкале прибора. Исследование повторяют три раза, вычисляют среднее значение.

Для измерения дальнейшей точки при миопии 3,0 дптр и менее, эметропии и гиперметропии используют редуцирующую линзу +10,0 дптр. Тест-объект максимально отодвигают от глаза, после чего медленно приближают до момента, когда пациент увидит направление разрывов в кольцах Ландольта.

Оценивают результат по нижней шкале прибора. Исследование повторяют три раза, вычисляют среднее.

ОАА будет соответствовать разнице величин ближайшей и дальнейшей точек ясного зрения.

$$\text{ОАА} = \text{p.p.} - \text{p.g.}$$

При использовании прибора АКА-01 не требуется перерасчета значений дальнейшей точки с учетом редуцирующей линзы, это уже учтено в нижней шкале прибора.

К недостаткам прибора следует отнести ограничение в определении ближайшей точки. Прибор позволяет определять *punctum proximum*, находящуюся на расстоянии 9,0 дптр и далее, хотя в молодом возрасте и при миопии она может находиться ближе к глазу.

**4. Измерение резерва аккомодации (по А.И. Дашевскому)** с использованием неподвижного стимула для дали, широко практикуемое до 70-х годов, не вполне отражает состояние аккомодации, дает нестабильные результаты и представляет лишь теоретический интерес.

Резерв аккомодации (по А.И. Дашевскому) отображает максимальные потенциально возможные затраты аккомодации в условиях полной коррекции для дали. Теоретически резерв аккомодации должен соответствовать объему абсолютной аккомодации, однако практически даже в здоровых глазах он оказывается меньше и составляет  $\frac{2}{3}$  или  $\frac{3}{4}$  от ОАА (Дашевский А.И., 1973). Возможно, это связано с уменьшением угловых размеров опто типов, соответствующих остроте зрения 1,0 или выше с дистанции 5 м, при приставлении отрицательных линз возрастающей силы или с нефизиологичной аккомодационной нагрузкой.

Методика определения резерва аккомодации описана А.И. Дашевским в 1973 г. Резерв аккомодации (по А.И. Дашевскому) измеряют монокулярно в условиях полной коррекции для дали, предъявляя тесты для дали, соответствующие максимальной остроте зрения. Исследование начинают с правого глаза. Левый глаз закрыт окклюдором. После определения наилучшей корригирующей аметропию линзы, с которой достигается максимальная острота зрения, перед глазом испытуемого устанавливают минусовые линзы возрастающей силы с шагом 0,5 дптр до момента ухудшения остроты зрения. Последняя минусовая линза, с которой сохраняется максимальная острота зрения, будет соответствовать резерву аккомодации.

## Измерение вергентной аккомодации

Вергентную аккомодацию исследуют с помощью неподвижного стимула и оценивают по **объему относительной аккомодации** (ОАА). **Объем относительной аккомодации** — разница в рефракции в условиях максимального напряжения и расслабления аккомодации при бинокулярной фиксации неподвижного объекта, находящегося на конечном расстоянии от глаза, выраженная в диоптриях.

Относительная аккомодация — это аккомодация, совершаемая двумя глазами при фиксации общего объекта, то есть связанная с конвергенцией. Эта связь не всегда абсолютна. Поэтому под относительной аккомодацией понимают аккомодацию, которая может напрягаться и расслабляться при неизменной конвергенции.

Объем относительной аккомодации определяют в условиях полной коррекции для дали по отношению к какому-либо конечному расстоянию. В нашей стране принято расстояние 33 см. За рубежом исследование проводят с расстояния 40 см (Grosvenor T.P., 1982; Scheiman M., Wick B., 2008). Объем относительной аккомодации вычисляют по арифметической сумме положительной и отрицательной частей относительной аккомодации: по максимально переносимой силе отрицательных и положительных линз при чтении двумя глазами тестового текста на фиксированном расстоянии. Величина объема относительной аккомодации отражает положение бинокулярной ближайшей точки ясного зрения. Положение дальнейшей точки определяет арифметическая разность величины затраченной аккомодации и силы максимальных плюсовых линз, с которыми еще возможно чтение. Как правило, эта величина равна нулю — при проведении измерений в условиях полной коррекции для дали дальнейшая точка ясного зрения лежит в бесконечности.

Особое значение придают положительной части относительной аккомодации — силе максимальных отрицательных линз. Ее называют **запасом относительной аккомодации** (*positive relative accommodation*) и обозначают как ЗОА. Это резервная (неизрасходованная) часть аккомодации, которая может быть потенциально использована. Показатель ЗОА высоко информативен и прост в определении. При

аккуратном проведении исследования точность измерения аккомодации достаточна для клинической оценки.

Вергентная аккомодация также может быть оценена по *бинокулярной оптической установке* глаз к заданному расстоянию. Ее исследуют с помощью неподвижных тестов, в которых напрямую не учитывается острота зрения для близи.

Связь аккомодации и конвергенции отражает коэффициент АК/А (отношение аккомодативной конвергенции к аккомодации). Существуют разные способы его определения. Наиболее распространены расчетный (*calculated*) и градиентный методы измерения АК/А.

**1. Измерение объема относительной аккомодации с использованием пробной оправы и таблицы для близи.** Испытуемый в пробной оправе с полной коррекцией для дали усаживается так, чтобы предъявляемая таблица для близи была хорошо освещена. Обычно для этих целей используют лампочку накаливания 60 Вт, установленную слева от испытуемого или сзади и чуть выше его головы. Исследование проводят при двух открытых глазах. Просят испытуемого удерживать таблицу для близи на расстоянии 33 см от глаза и вслух читать текст, соответствующий остроте зрения 0,7 таблицы Д.А. Сивцева.

Если испытуемый не может прочесть предъявляемый текст с расстояния 33 см, величина его затраченной (отрицательной) аккомодации составляет менее 3,0 дптр. Для определения этой величины перед глазом испытуемого симметрично устанавливают плюсовые линзы возрастающей силы с шагом 0,25-0,5 дптр до тех пор, пока он сможет читать предъявляемый текст. Величину затраченной (отрицательной) части относительной аккомодации можно определить, вычитая из 3,0 дптр силу положительной линзы, с которой чтение становится возможным. Так, если чтение текста возможно с линзой +0,5 дптр, величина затраченной аккомодации составит 2,5 дптр. Величину затраченной (отрицательной) части относительной аккомодации можно и измерить, продолжая устанавливать плюсовые линзы нарастающей силы перед глазами пациента до тех пор, пока чтение возможно. Вычитая из значения максимальной плюсовой линзы, с которой возможно чтение, значение минимальной плюсовой

линзы, получают величину отрицательной (затраченной, израсходованной) части относительной аккомодации. Так, если чтение впервые становится возможным с линзой +0,5 дптр, а последняя плюсовая линза, с которой способность к чтению сохраняется, — +3,0 дптр, то величина отрицательной части относительной аккомодации составит 2,5 дптр ( $3,0 - 0,5 = 2,5$ ).

Если испытуемый четко видит предъявляемый тест, можно предположить, что величина затраченной им аккомодации составляет 3,0 дптр. Поэтому при измерении объема относительной аккомодации определением ее отрицательной части часто пренебрегают. Если же такое измерение необходимо, для уточнения величины затраченной аккомодации в гнезда пробной оправы симметрично устанавливаются плюсовые линзы нарастающей силы с шагом 0,5 дптр до тех пор, пока испытуемый может читать предложенный текст. Максимальная плюсовая линза, с которой возможно чтение, будет соответствовать затраченной (отрицательной) части относительной аккомодации.

Для измерения резервной (положительной) части — запаса относительной аккомодации (ЗОА) — в условиях полной коррекции для дали в гнезда пробной оправы симметрично устанавливают минусовые линзы нарастающей силы с шагом 0,25-0,5 дптр до тех пор, пока испытуемый может читать предложенный текст. Максимальная минусовая линза, с которой возможно чтение, будет соответствовать резервной (положительной) части относительной аккомодации — запасу относительной аккомодации (ЗОА).

Арифметическая сумма положительной и отрицательной частей относительной аккомодации составляет объем относительной аккомодации. Эта же величина соответствует положению бинокулярной ближайшей точки ясного зрения.

Так, если величина отрицательной (затраченной) части относительной аккомодации равна 3,0 дптр, а величина положительной части (запас) относительной аккомодации — 4,0 дптр, то объем относительной аккомодации составит 7,0 дптр.

**2. Измерение объема относительной аккомодации с использованием фороптера с таблицей для близи (неподвижного стимула).** После определения с помощью фороптера наилучшей корригирующей аметропию

линзы для каждого глаза, открывают оба глаза испытуемого. Барабаны фороптера сводят для исследования вблизи с помощью специальных ручек. Испытуемому предъявляют укрепленную на штанге таблицу для близи с расстояния 33 см от глаза и просят читать текст, соответствующий остроте зрения 0,7.

В фороптере приставление over линз не предусмотрено, поэтому для исследования отрицательной части относительной аккомодации симметрично с шагом 0,25 дптр уменьшают силу корригирующих аметропию линз (уменьшают минусовую сферу или увеличивают плюсовую). Разница в величине наилучшей корригирующей аметропию линзы и линзы, с которой еще возможно чтение текста, составит отрицательную (израсходованную, затраченную) часть относительной аккомодации.

Для исследования положительной части относительной аккомодации — запаса относительной аккомодации (ЗОА) — симметрично с шагом 0,25 дптр увеличивают силу корригирующих аметропию линз (увеличивают минусовую сферу или уменьшают плюсовую). Разница в величине наилучшей корригирующей аметропию линзы и линзы, с которой еще возможно чтение текста, составит запас относительной аккомодации (ЗОА).

Арифметическая сумма положительной и отрицательной частей относительной аккомодации составит объем относительной аккомодации.

**3. Измерение объема относительной аккомодации с использованием ПОЗБ.** Корпус прибора в передней части имеет матовый экран, на котором на просвет демонстрируют таблицы и различные тесты для близи. Для исследования относительной аккомодации предъявляют таблицу для близи Д.А. Сивцева с расстояния 33 см. Просят испытуемого при двух открытых глазах в условиях полной коррекции для дали вслух читать текст, соответствующий остроте зрения 0,7. Измерение относительной аккомодации проводят так же, как и при использовании печатной таблицы.

Аналогичные ПОЗБ приборы зарубежного производства также удобны в использовании. Кроме того, они имеют дополнительные тесты для оценки зрения вблизи, в том числе поляризационные.



Рис. 4.1.5. Дуохромный тест для близи

**4. Тесты для оценки соответствия бинокулярной оптической установки глаза заданному расстоянию.** Тесты пригодны для скрининга аккомодационных нарушений, но чаще их используют при пресбиопии для оценки правильности выбранной аддидации в очках для близи.

Испытуемый в пробной оправе усаживается так, чтобы предъявляемый тест был хорошо освещен. Тесты проводят бинокулярно. Для скрининга аккомодационных нарушений — в условиях полной коррекции для дали с расстояния 33 см, при пресбиопии — с коррекцией для близи с привычного рабочего расстояния.

**Красно-зеленый тест для близи** — красно-зеленое поле с нанесенными на него черными символами (рис. 4.1.5). Для скрининга аккомодационных нарушений оценивают бинокулярную оптическую установку глаза (бинокулярный аккомодационный ответ). Если оптическая установка глаза соответствует расстоянию, символы на красном и зеленом фоне видны одинаково четко. Если символы лучше видны на зеленом поле — величина затраченной (отрицательной) аккомодации составляет менее 3,0 дптр — бинокулярный аккомодационный ответ ослаблен и не соответствует аккомодационному стимулу. Если символы лучше видны на красном поле — величина затраченной (отрицательной) аккомодации более 3,0 дптр — бинокулярный аккомодационный ответ избыточен.

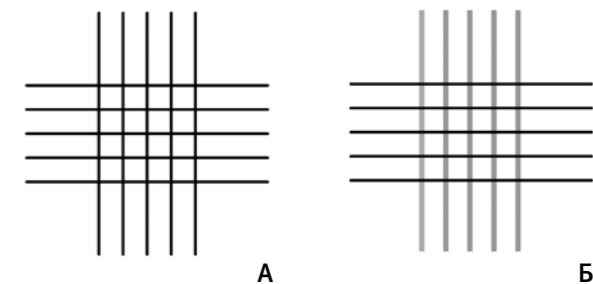


Рис. 4.1.6. Тест крестообразной решетки для близи: А — одинаковая четкость видения горизонтальных и вертикальных линий решетки при сохраненной аккомодации или оптимальной аддидации; Б — при недостаточной аккомодации или аддидации четче видны горизонтальные линии решетки

Для оценки аддидации предъявляют тест на привычном рабочем расстоянии. Если аддидация оптимальна, то символы на красном и зеленом поле видны одинаково четко. Если аддидация недостаточна, то лучше видны символы на зеленом поле, при избыточной аддидации — на красном.

**Тест с крестообразной решеткой (метод бинокулярного неподвижного кросс-цилиндра)** проводят с помощью крестообразной решетки (рис. 4.1.6) для близи и двух кросс-цилиндров  $\pm 0,25$  дптр. Бинокулярное применение последних возможно при использовании фороптера, либо в пробную оправу устанавливают комбинацию линз: сферическую линзу +0,25 дптр и цилиндр -0,5 дптр с вертикальным направлением оси. Скрещенные цилиндры индуцируют в глазу равномерно смешанный астигматизм прямого типа, который мало влияет на остроту зрения.

Для скрининга аккомодационных нарушений оценивают бинокулярную оптическую установку глаза (бинокулярный аккомодационный ответ) по четкости видения горизонтальных и вертикальных линий предъявляемой крестообразной решетки. Исследование проводят в условиях полной коррекции для дали, у пресбиопов — с выбранной аддидацией. Если оптическая установка глаза соответствует расстоянию, то четкость горизонтальных и вертикальных линий будет одинаковой. Если аккомодация

недостаточна, кросс-цилиндры вблизи индуцируют гиперметропический астигматизм (простой или сложный, в зависимости от глубины нарушений аккомодации) — горизонтальные линии видны более четко. Если аккомодация избыточна, кросс-цилиндры вблизи индуцируют миопический астигматизм — четче видны вертикальные линии.

При пресбиопии, если горизонтальные линии видны четче, выбранная аддидация недостаточна, ее усиливают до момента уравнивания четкости видения вертикальных и горизонтальных линий. При избыточной аддидации четче видны вертикальные линии.

Тесты изготавливают типографским способом, они могут демонстрироваться на экране компьютера, предъявляться с помощью прибора ПОЗБ или аналогичных ему зарубежных приборов.

### Измерение тонической аккомодации

#### Измерение привычного тонуса аккомодации

Привычный тонус аккомодации измеряют путем сравнения сферэквивалентов рефракции, выявленной в естественных условиях и при циклоплегии. Исследование проводится монокулярно. Тонус аккомодации оценивают отдельно для правого и левого глаза.

Исследуют рефракцию субъективно в естественных условиях: выбирают корректирующую линзу, с которой достигается наивысшая острота зрения. Проводят исследование с дуохромным и/или красным тестом.

После завершения исследования в естественных условиях добиваются циклоплегии путем инстилляций в конъюнктивальную полость 1% раствора циклопентолата (цикломед) дважды с интервалом в 15 минут. Исследование проводят через 30-40 мин. после первой инстилляции капель.

Исследуют рефракцию в условиях циклоплегии, традиционно субъективно. Однако для клинической оценки тонуса аккомодации часто достаточно исследования с помощью авторефрактометра, поскольку при циклоплегии данные авторефрактометрии и субъективной коррекции практически совпадают (Розенблюм Ю.З., Проскура О.В., 2001).

Таблица 4.1.1

#### Возрастные нормы аккомодации

Возраст, годы	ЗОА, дптр	ОАА, дптр
5-9	2-4	6-10
10-14	3-5	7-11
15-19	4-5*	9-12
20-24	3-5*	8-11
25-30	3-4	7-10
30-39	1-3	4-8
40-49	0-1	2-5
50 и старше	0	0-3

ПРИМЕЧАНИЕ: \* — значения величины запаса относительной аккомодации более 5,0 дптр всегда оказываются завышенными. Это происходит, во-первых, благодаря свойственной пациентам с миопией сниженной чувствительности к расфокусировке изображения, позволяющей читать текст в условиях значительного гиперметропического дефокуса. Во-вторых, получение завышенных значений ЗОА свидетельствует о диссоциации между аккомодацией и конвергенцией, исключении одного глаза из акта чтения и дальнейшей регистрации скорее абсолютной, нежели относительной аккомодации. Именно этот факт является основной причиной получаемых сверхнормальных значений ЗОА (Тарутта Е.П., Филинова О.Б., Тарасова Н.А., Кварацхелия Н.Г., 2011).

Разница в величине рефракции в естественных условиях и при циклоплегии определяет величину и знак тонуса аккомодации. Если в естественных условиях определяется рефракция +2,5 дптр, а при циклоплегии выявляется +3,25 дптр, то у испытуемого положительный тонус аккомодации -0,75 дптр. Если в естественных условиях определяется рефракция -0,75 дптр, а при циклоплегии — -1,5 дптр, у испытуемого отрицательный (обратный) тонус аккомодации +0,75 дптр.

#### Измерение тонуса покоя аккомодации (ТПА)

Субъективное измерение тонуса покоя аккомодации представляет определенные трудности, поскольку предполагает исследование в отсутствие зрительного стимула. Для преодоления этого затруднения используют методы, возбуждающие аккомодацию в минимальной степени. Наиболее прост метод измерения тонической аккомодации с использованием кобальтового стекла, основанный на явлении хроматической абберации в глазу (Волков В.В., 1976).

### Возрастные нормы аккомодации

По описанным выше методикам были определены возрастные нормы аккомодации для лиц разного возраста с рефракцией, близкой к эметропии ( $\pm 0,5$  дптр), и остротой зрения 1,0 и выше (табл. 4.1.1).

#### Литература

1. Аветисов Э.С., Дашевский А.И. Диагностика и лечение псевдомиопии // Методические рекомендации. М., 1976. 17 с.
2. Аветисов Э.С. Близорукость. М.: Медицина, 1999. 285 с.
3. Волков В.В., Горбань А.И., Джалиашвили О.А. Клиническая визо- и рефрактометрия. Л.: Медицина, 1976. 216 с.
4. Головин С.С. Клиническая офтальмология. Том 1. Методика исследования и симптоматология глазных болезней. М.: Гос. издательство, 1923. С. 452-486.
5. Дашевский А.И. Ложная близорукость. М.: Медицина, 1973. 152 с.
6. Розенблюм Ю.З. Оптометрия. СПб.: Гиппократ, 1996. 272 с.
7. Розенблюм Ю.З., Проскура О.В. Острота зрения, рефракция и аккомодация у детей // Зрительные функции и их коррекция у детей / Под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кащенко, А.М. Шамшиновой. М.: Медицина, 2005. С. 38-65.
8. Розенблюм Ю.З., Проскура О.В. Применение автоматических рефрактометров в практике врача офтальмолога и оптометриста // Вестн. оптометрии. 2001. № 5. С. 9-17.
9. Тарутта Е.П., Филинова О.Б., Тарасова Н.А., Кварацхелия Н.Г. Объективная аккомодометрия при различной клинической рефракции. Медицинская технология. 2011. 22 с.
10. Шаповалов С.Л., Корнюшина Т.А. Аккомодационная способность глаза // Зрительные функции и их коррекция у детей / Под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кащенко, А.М. Шамшиновой. М.: Медицина, 2005. С. 93-119.
11. Шаповалов С.Л. Клинико-физиологические особенности абсолютной аккомодации глаз и методы ее исследования: Дис. ... д-ра мед. наук. М., 1977. 302 с.
12. Шаповалов С.Л., Милявская Т.И., Игнатъев С.А. Аккомодация глаза и ее нарушения. М.: МИК, 2011. 184 с.
13. Abrams D. Duke-Elder's practice of refraction. Edinburg, London, New York: Churchill Livingstone, 1978. P. 61-64.
14. Ciuffreda K.J. Accommodation, the Pupil, and Presbyopia // Borish's clinical refraction / Eds by W.J. Benjamin. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006. P. 93-144.
15. Grosvenor T.P. Primary care optometry: a clinical manual. Chicago: The Professional Press, Inc., 1982. 516 p.
16. Heath G.G. Components of accommodation // Am. J. Optom. Arch. Am. Acad. Optom. 1956. V. 33. P. 569-579.
17. Methling D., Maxam U. Optometrie. Bestimmen von Sehhilfen. Berlin: VEB Verlag Technik, 1989. 232 s.
18. Scheiman M., Wick B. Clinical management of binocular vision. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2008. 752 p.



## 4.2

### ОБЪЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АККОМОДАЦИИ

#### 4.2.1

#### ОБЪЕКТИВНАЯ АККОМОДОМЕТРИЯ

Е.П. Тарутта

**А**ккомодация — способность глаза к четкому видению разноудаленных объектов за счет изменения рефракции.

По мнению многих отечественных офтальмологов, аккомодация является одним из основных регуляторов рефрактогенеза (Аветисов Э.С., 1999). Через аппарат аккомодации опосредуется влияние многих неблагоприятных факторов, способствующих развитию миопии. Эти факторы либо затрудняют его деятельность (неблагоприятные гигиенические условия зрительной работы, анизометропия, астигматизм), либо «поражают» сам аппарат аккомодации (нарушение региональной гемодинамики, дисфункция цилиарной мышцы вследствие расстройств симпатической иннервации, хронические инфекционные заболевания, общая гиподинамия). В связи

с этим приобретают особое значение клинические методы исследования аккомодации. Все методы исследования аппарата аккомодации можно разделить на субъективные и объективные (табл. 4.2.1.1).

Субъективные методы основаны на ответах испытуемого. Чаще всего это касается способности четко различать объект, перемещающийся в пространстве или расфокусированный приставлением оптических линз. Однако способность к видению объекта в изменяющихся указанных способами условиях может быть обусловлена не только собственно его фокусировкой, то есть изменением динамической рефракции, но и другими характеристиками зрительной системы — прежде всего, различительной способностью, а также сниженной чувствительностью к расфо-

кусировке изображения, позволяющей читать предъявленный текст с меньшими затратами аккомодации, то есть в условиях дефокуса.

При оценке запасов относительной аккомодации непреодолимыми являются трудности контроля конвергенции, бинокулярной фиксации и аккомодации каждого глаза. Это приводит к завышенным (монокулярным!) показателям аккомодации. Наконец, для всех субъективных методов исследования характерны ошибки и погрешности в ответах испытуемого.

Объективные методы исследования аккомодации основаны на регистрации изменений динамической рефракции в ответ на изменение аккомодационной задачи. Последнее может осуществляться с помощью перемещения объекта фиксации в пространстве (реальном или виртуальном) или с помощью линз различной силы и знака. При этом регистрируется изменение динамической рефракции (аккомодационный ответ) и результат сравнивается с аккомодационной задачей (в диоптриях).

Одними из первых объективных методов исследования аккомодации явились метод фотографической регистрации изменений кривизны передней поверхности хрусталика в процессе аккомодации по величине изображений фигурок Пуркинье-Сансона или смещения оптического среза хрусталика (Глезер В.Д., Загоруйко Л.Т., 1956) и метод регистрации положения щелевых изображений на сетчатке (Аветисов Э.С., Ананин В.Ф., Киприянова Т.И., 1971).

По мнению авторов, первый метод позволяет измерять экстракапсулярную аккомодацию. Он дает более полное представление о состоянии механизма аккомодации. Второй — экстракапсулярную и интракапсулярную аккомодацию. В 1970 г. Э.С. Аветисов, В.Ф. Ананин предложили метод объективной регистрации аккомодации, основанный на принципе сканирования отраженного от глазного дна изображения щели. Аппарат регистрирует изменения аккомодации в процессе перемещения тест-объекта из дальнейшей точки ясного видения в ближайшую. В приборе записывается не сам процесс фокусировки глазом предъявляемого стимула (в виде трех параллельных коротких линий), постепенно удаляемого от глаза и приближаемого к нему в диапазоне от 100 до 700 мм, а степень расфокусировки глаза относительно другого неподвижного и невидимого (из-за его ИК-излучения) стимула, изображение которого до начала аккомодации

было сфокусировано точно на сетчатке. По мере потери резкости указанного изображения (в связи с расширением круга светорассеяния) прибор регистрирует увеличение времени сканирования, которое необходимо для регистрации увеличивающегося по площади пятна. Таким способом можно объективно, количественно, хотя и косвенно, оценить аккомодацию. К сожалению, серийно прибор не выпускался.

Объективным методом исследования аккомодации является также динамическая скиаскопия, т. е. скиаскопия при фиксации объекта на разных расстояниях. Этот метод достаточно эффективен, в том числе у детей в возрасте от 1 года. Методика динамической скиаскопии (ретиноскопии) может осуществляться следующим образом. Исследование проводят в хорошо освещенной комнате, так как тусклое освещение может изменять аккомодационный ответ. Для проведения MEM-ретиноскопии используют MEM карты для Welch Allyn ретиноскопа, которые крепятся с помощью магнита к головке ретиноскопа. Исследования проводят с рабочей дистанции, которая должна быть 40 см для взрослых или Harmon дистанция (дистанция от локтя пациента до сустава третьего пальца) для детей. Выбирают MEM карту, соответствующую возрасту и уровню образования (рис. 4.2.1.1).

Пока пациент читает слова на карте, начинают ретиноскопию по горизонтальной оси и оценивают силу «+» или «-» линз, необходимых для нейтрализации движения рефлекса ретиноскопа. Однако методика близкой ретиноскопии предполагает регистрацию аккомодационного ответа исследователем «вручную», с помощью электрического оптометра или ретиноскопа. Это, безусловно, уменьшает достоинства динамической ретиноскопии как метода объективной оценки аккомодации, поскольку получаемый результат зависит от навыков и привычек исследователя, то есть имеет место так называемый «субъективизм исследователя». То же относится и к другим неавтоматическим методам и приборам для регистрации рефракции и аккомодации (Scheiman M., Mitchell B., 2008).

В.А. Розенберг, В.А. Коломиец (1990) разработали устройство, позволяющее объективно определить устойчивость монокулярной аккомодации при одновременном определении ее объема и рефракции. Устройство представляет собой обычный неавтоматический рефрактометр, снабженный стимулятором аккомодации.

Методы и устройства для исследования аккомодации

Таблица 4.2.1.1

Субъективные	Объективные
<ul style="list-style-type: none"> <li>– проксиметрия</li> <li>– реометрия</li> <li>– определение ЗОА и ОАА</li> <li>– кобальтовая рефрактометрия</li> <li>– дуохромная рефрактометрия</li> <li>– феномен Шейнера</li> <li>– эргометрия, эргография</li> <li>– лазерная рефрактометрия (стробоскопия)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– инфракрасный сканирующий аккомодометр</li> <li>– динамическая ретиноскопия</li> <li>– аккомодографы AA-2000 Nidek, Righton Speedy-K</li> <li>– авторефрактометры «открытого поля» Grand Seiko WR-5100K, WR-5500</li> <li>– инфракрасный авторефрактометр Plusoripix PowerRef II</li> <li>– аберрометры</li> <li>– оптическая когерентная томография структур переднего отрезка глаза (AC Master, Visante OCT)</li> </ul>



Рис. 4.2.1.1. MEM карты для ретиноскопа

Стимулирующий тест-объект устанавливается на максимально близком расстоянии и включают автоматический режим отдаления тест-объекта. За работой аккомодационного аппарата наблюдают по расхождению рефракционных меток. Если этот процесс не прекращается по достижении максимального удаления стимулирующего тест-объекта, то в канал наблюдения последовательно включают разгрузочные плюсовые сферические линзы возрастающей силы, повторяя при этом каждый раз процесс отдаления объекта. При прекращении расхождения рефракционных меток фиксируют рефрактометром клиническую рефракцию. После этого устанавливают стимулирующий объект на максимально далекое расстояние, включают автоматический режим его приближения, наблюдая при этом за расхождением рефракционных меток (процессом аккомодации), но уже в другую сторону. Если расхождение меток продолжается до максимального приближения тест-объекта, повторяют этот процесс с приставлением нагрузочных минусовых линз возрастающей силы до того момента, когда расхождение

рефракционных меток прекращается, и определяют в этот момент по шкале рефрактометра рефракцию при максимальном напряжении аккомодации. Диоптрийная разница между результатами первого и второго цикла является величиной объема аккомодации. Метод дает возможность исследовать клиническую рефракцию без циклоплегии и аккомодацию у детей дошкольного и младшего школьного возраста (Розенберг В.А., Коломиец В.А., 1990).

Исследования последних лет, проведенные зарубежными учеными, показывают, что тонус цилиарной мышцы постоянно находится в колебании (Cray L.S., Winn B., Gilmartin B., 1993). Эти колебания были названы аккомодационными микрофлюктуациями (АМФ). АМФ имеют определенную частоту и состоят из низко- и высокочастотного компонентов. Клиническое значение имеет высокочастотный компонент (частота 1,0 и 2,3 Гц), который отражает колебания хрусталика. Для исследования АМФ используется аккомодограф Righton Speedy-K ver. MF-1 с программным обеспечением, который осуществляет частотный анализ АМФ методом трансформации Фурье. Компьютерная аккомодография позволяет детально диагностировать функциональное состояние аккомодации, ее работоспособность, оценивать ее динамические изменения, в том числе в процессе лечебных мероприятий (Жаров В.В., Никишин Р.А., Егорова А.В. с соавт., 2007). Визуальная оценка аккомодограмм позволяет формировать мнение о работоспособности, функциональных возможностях цилиарной мышцы.

Для клинической оценки показателей объективного ответа аккомодации наиболее информативной методикой является регистрация быстрого аккомодационного ответа (БАО). Для установления характера БАО при миопии различной степени применяли объективную аккомодографию на аккомодографе AA-2000 Nidek. Автоматический аккомодограф AA-2000 Nidek позволял регистрировать БАО на мгновенное перемещение тестового объекта из бесконечности к глазу на 3,0 дптр и через 5 с обратно в бесконечность, а также аккомодационное слежение за медленно (со скоростью 0,25 дптр/с) перемещающимся стимулом с остановкой по достижению пика заданного объема аккомодации и возвращающимся в бесконечность (Колотов М.Г., 2007). В настоящее время прибор не производится.

Упомянутые в табл. 4.2.1.1 оптические методы (и устройства) исследования структур переднего отрезка глаза могут давать дополнительную информацию, позволяющую косвенно судить о состоянии аккомодации по изменению глубины передней камеры и толщины хрусталика при дефокусировке оптическими линзами.

Автоматическим и объективным является исследование аккомодации с помощью бинокулярных авторефкератометров «открытого поля» Grand Seiko WR-5100K, WR-5500. Отличительной особенностью этих приборов является то, что благодаря открытому для взора испытуемого полю объект фиксации предьявляется в реальном (а не виртуальном) пространстве, предусмотрена также возможность перемещения объекта на расстояние от 20 см до бесконечности (5-6 м), а также приставления к глазам испытуемого линз различной диоптрийности — то есть измерения аккомодационного ответа в условиях обоих способов дефокусировки, а также их сочетания.

Обычные рефрактометры используют специальную систему для предотвращения аккомодации у пациентов, но, несмотря на это, при проведении измерений возникают ошибки, связанные с приборной аккомодацией или так называемой инструментальной миопией. Эти ошибки вызваны тем, что пациенту необходимо смотреть на внутреннюю мишень прибора. Автоматический бинокулярный рефкератометр «открытого поля» Grand Seiko WR-5100K (рис. 4.2.1.2) исключает возможность таких ошибок, так как использует прозрачное окно вместо мишени. Рефракция вдаль измеряется при фиксации взгляда на удаленную точку (5 м) как в условиях циклоплегии, так и без нее. На основании полученных данных в пробную оправу помещают сферические и цилиндрические стекла, полностью корректирующие выявленную аномалию рефракции, проводят повторное измерение рефракции вдаль, которая в этом случае оказывается близкой к эметропии. Статический объективный аккомодационный ответ (ОАО) измеряют в пробной оправе с полной коррекцией имеющейся аметропии при предъявлении объекта фиксации (текст № 4 таблицы для близи) на расстоянии 50, 40, 33, 25 и 20 см. Исследования можно проводить как при бинокулярной, так и при монокулярной фиксации взора. В последнем случае перед парным глазом в оправу помещают заслонку.



Рис. 4.2.1.2. Бинокулярный авторефкератометр «открытого поля» Grand Seiko Binocular Open Field WR-5100K

Нами проведены объективные исследования аккомодации у 58 детей (116 глаз с различной рефракцией) в возрасте от 5 до 16 лет ( $9,54 \pm 1,73$  года) при помощи бинокулярного авторефкератометра «открытого поля» Grand Seiko WR-5100K. Были изучены следующие объективные показатели аккомодации: бинокулярный и монокулярный аккомодационный ответ (ОАО), темновой фокус (ТФ), тонус покоя аккомодации (ТПА), запасы и устойчивость аккомодации, прямая и содружественная аккомодация.

### Исследование аккомодационного ответа

Динамическую рефракцию измеряли в пробной оправе с полной коррекцией аметропии по данным авторефрактометрии без циклоплегии при фиксации объекта на разных расстояниях: 5 м, 50, 40, 33, 25, 20 см. В условиях полной эметропизации вдаль с помощью корректирующих очков показатели динамической рефракции при фиксации объекта на конечных расстояниях от 50 до 20 см соответствуют объективному аккомодационному ответу (ОАО) на данное расстояние.

В табл. 4.2.1.2 приведены результаты бинокулярного и монокулярного ОАО, а также показатели расчетной нормы для каждого расстояния.

Таблица 4.2.1.2

**Динамическая рефракция (объективный аккомодационный ответ)  
при фиксации объекта на разных расстояниях, дптр**

Рефракция (число глаз, n)	Тип фикса- ции	Рефракция (Grand-Seiko) при фиксации объекта на расстоянии					
		5 м	50 см*	40 см*	33 см*	25 см*	20 см*
М сл. ст. (32)	монок.	-2,01±0,11	-0,94±0,01	-1,36±0,04	-1,83±0,11	-2,84±0,06	-3,45±0,02
	бинок.	-2,08±0,08	-1,05±0,06**	-1,28±0,03**	-1,76±0,07**	-2,52±0,11**	-3,37±0,05**
М ср. ст. (22)	монок.	-4,98±0,14	-1,29±0,08	-1,62±0,07	-2,00±0,10	-2,71±0,11	-3,54±0,17
	бинок.	-5,03±0,12	-1,42±0,12**	-1,58±0,06**	-2,16±0,09**	-2,77±0,16**	-3,62±0,11**
М выс. ст. (16)	монок.	-7,50±0,10	-1,03±0,13	-1,50±0,11	-1,65±0,09	-2,00±0,05	-3,11±0,18
	бинок.	-7,75±0,11	-1,18±0,09**	-1,63±0,11**	-1,82±0,10**	-2,20±0,08**	-3,21±0,10**
Нм сл. ст. (20)	монок.	+2,53±0,54	-1,49±0,11	-2,34±0,03	-2,94±0,10	-3,57±0,08	-4,23±0,09
	бинок.	+3,53±0,32	-1,41±0,09	-2,01±0,10**	-2,59±0,12	-3,49±0,13**	-4,17±0,23**
Нм ср. ст. (16)	монок.	+4,37±0,64	-1,42±0,07	-2,15±0,10	-2,90±0,01	-3,72±0,11	-4,33±0,08
	бинок.	+5,77±0,60	-1,56±0,07**	-2,19±0,11**	-2,81±0,06**	-3,63±0,16**	-4,18±0,09**
Нм выс. ст. (10)	монок.	+7,12±0,44	-1,27±0,11	-1,79±0,21	-1,98±0,06	-2,79±0,10	-3,96±0,14
	бинок.	+8,34±0,28	-1,33±0,09**	-1,23±0,12	-1,84±0,09**	-2,31±0,16	-3,84±0,11**
Расчетная норма			-2,0	-2,5	-3,0	-4,0	-5,0

ПРИМЕЧАНИЕ: • — с полной коррекцией аметропии; \*\* — различие достоверно,  $p < 0,05$ .

Как показывают данные, приведенные в табл. 4.2.1.2, объективный аккомодационный ответ (ОАО), то есть динамическая рефракция на 50, 40, 33, 25 и 20 см в условиях полной эметропизации, различен при миопии и гиперметропии и снижен в большинстве случаев. ОАО практически соответствовал расчетной норме только при гиперметропии слабой и средней степени к объекту, расположенному на расстоянии 33 см (см. также рис. 4.2.1.3). В этих группах монокулярный ОАО (т. е. определяемый при закрытом парном глазу) составил в среднем -2,94 дптр при слабой и -2,90 дптр при средней гиперметропии.

Согласно известной формуле Дондерса, расчетная норма динамической рефракции при установке к объекту на расстоянии 33 см составляет -3,0 дптр, то есть в глазах с гипер-

метропией слабой и средней степеней не наблюдалось отставания аккомодационного ответа. При этом бинокулярный аккомодационный ответ (то есть полученный в условиях бинокулярной фиксации объекта) даже в указанных группах был несколько ниже монокулярного: на 0,35 дптр при слабой гиперметропии и 0,09 дптр — при средней. Монокулярный ОАО у пациентов с гиперметропией слабой и средней степени в остальном диапазоне ближнего видения (50, 40, 25, 20 см) незначительно отставал от расчетной нормы. Минимальным отставанием ОАО было на расстоянии 40 см при гиперметропии слабой степени (на 0,16 дптр), максимальным — на расстоянии 20 см при гиперметропии слабой степени (0,77 дптр). Однако и в последнем случае оно лишь незначительно превышало допустимый уровень 0,5 дптр.

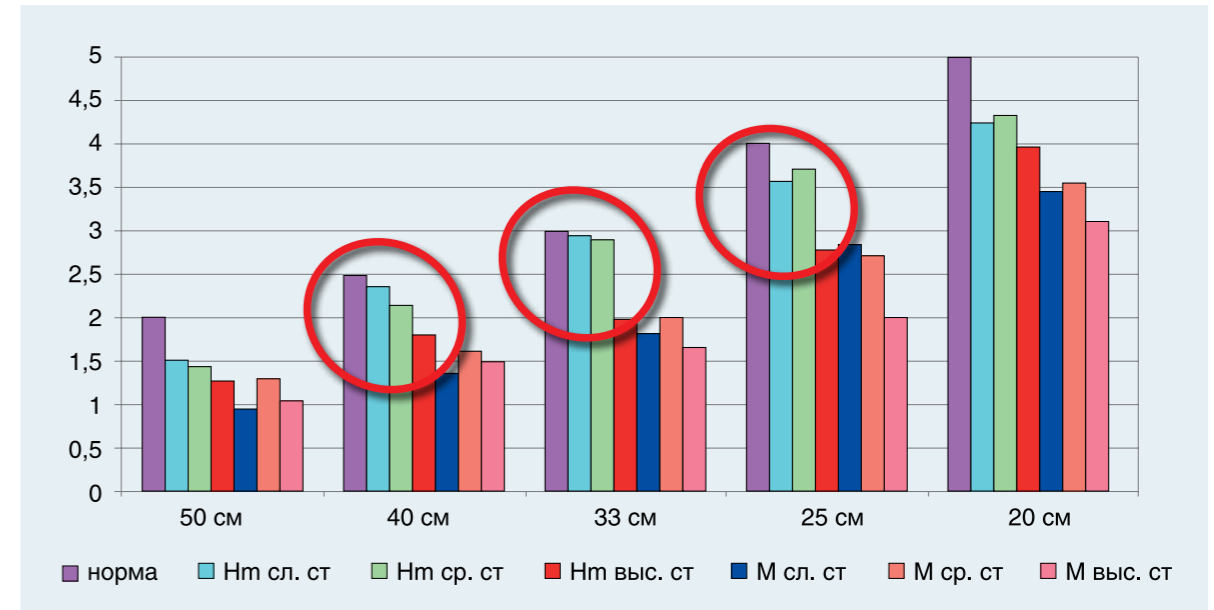


Рис. 4.2.1.3. ОАО при фиксации объекта на разных расстояниях при гиперметропии и миопии у детей

По данным объективной аккомодометрии, представленным другими авторами, в норме аккомодационный ответ к объекту в 3,0 дптр составляет 2,5-2,75 дптр. Таким образом, практически во всем диапазоне ближнего видения аккомодационный ответ в глазах с гиперметропией слабой и средней степеней соответствовал норме или приближался к ней.

Иная картина наблюдалась при гиперметропии высокой степени. Здесь отставание ОАО наблюдалось на всех расстояниях и нарастало по мере приближения объекта, то есть усложнения задачи аккомодации. Начиная с 33 см отставание превышало 1,0 дптр и достигало максимального значения в 1,21 дптр на расстоянии 25 см. При монокулярной фиксации объекта на этом расстоянии напряжение аккомодации позволило обеспечить в глазу динамическую рефракцию в -2,79 дптр вместо положенных -4,0 дптр.

В глазах с миопией любой степени отставание ОАО обнаруживалось на всех расстояниях и превышало 1,0 дптр и также нарастало с усилением аккомодационной задачи. Так, если к расстоянию 50 см аккомодация отставала на 0,71 дптр при средней миопии, -1,06 дптр — при слабой миопии, то на расстоянии 25 и 20 см отставание приближалось к 2,0 дптр.

Интересно, что показатели аккомодации при миопии слабой степени были хуже, чем при средней, а на расстоянии 40 см — даже хуже, чем при высокой степени. На наш взгляд, это подтверждает ведущую роль аккомодации в самом происхождении приобретенной миопии. При миопии средней степени отмечается тенденция к повышению аккомодационной способности, однако при высокой близорукости она еще более утрачивается. Отставание ОАО к объекту на расстоянии 40 см при высокой миопии составило 2,0 дптр (рис. 4.2.1.3).

При высокой близорукости такое снижение аккомодационной способности может быть обусловлено комплексом причин: привычной значительной гипокоррекцией для близи, снижающей потребность в аккомодации; характерной для лиц с миопией пониженной чувствительностью к расфокусировке изображения, приводящей к тому же эффекту; снижением уровня гемодинамики глаза и цилиарной мышцы в частности; нарастанием дистрофических изменений во всех оболочках глазного яблока.

На наш взгляд, выявленное нами значительное отставание аккомодации в глазах с высокой гиперметропией заслуживает особого внимания. Во-первых, это позволяет выделить по этому признаку высокую гиперметропию

в отдельную группу, отличающуюся от слабой и средней гиперметропии. Во-вторых, это противоречит устойчивому мнению, что (при отсутствии косоглазия!) чем выше гиперметропия, тем выше тонус и работа аккомодации. Это не укладывается и в современную зарубежную теорию оптической дефокусировки как регулятора роста глаза. С позиций этой теории, постоянная гиперметропическая дефокусировка изображения, а именно такая дефокусировка возникает при зрительной работе вблизи в условиях неполной, отстающей аккомодации, должна ускорять рост глаза. В глазах с миопией слабой степени, а также, по данным литературы, в глазах с эмметропией и псевдомиопией этот эффект полностью реализуется, приводя к развитию и прогрессированию близорукости (Wildsoet C., Wallman J., 1995; Hung G.K., Ciuffreda K.J., 2003).

Почему этого не происходит в глазах с высокой гиперметропией? Возможно, «виновата» повышенная биомеханическая устойчивость склеры, выявленная нами в глазах с дальнорукостью. Возможно также влияние других механизмов управления рефрактогенезом, например, постоянного ношения собирающих очковых линз значительной силы, индуцирующих в глазу положительную сферическую абберацию и связанную с ней относительно миопическую периферическую рефракцию (в очках). Последняя, по ряду сообщений, тормозит удлинение глаза и усиление рефракции.

В любом случае выявленное в глазах с высокой гиперметропией нарушение аккомодации — одного из важнейших инструментов обеспечения зрительной обратной связи, регулирующей рефрактогенез, по нашему мнению, представляет интерес и нуждается в дальнейшем разностороннем изучении.

В табл. 4.2.1.2 обращает на себя внимание еще один факт — несовпадение величин монокулярного и бинокулярного аккомодационного ответа. При слабой гиперметропии и слабой миопии во всех случаях ОАО при бинокулярной фиксации был ниже монокулярного ответа (исключение при слабой миопии составила только одна позиция — 50 см). Такую закономерность, отмеченную ранее и в эмметропических глазах (Филинова О.Б., 2009), мы расцениваем как приспособительную, т.е. как результат снижения энергозатрат при бинокулярной суммации изображений.

При средней и высокой гиперметропии бинокулярный аккомодационный ответ преимущественно также был ниже монокулярного (в 7 позициях из 10).

Противоположная картина наблюдалась при миопии средней и высокой степени. В первом случае на всех дистанциях, кроме одной, а во втором — на всех дистанциях без исключения бинокулярный ОАО превышал монокулярный. Очевидно, бинокулярное восприятие и суммация изображений усиливали стимул к аккомодации, что позволяло несколько повысить значительно отстающий от предъявляемых задач аккомодационный ответ. Следовательно, снижение аккомодационного ответа, отставание динамической рефракции от величин, требуемых для четкого видения изображения с предъявляемого расстояния, является нежелательным для зрительной системы состоянием, с которым она пытается бороться.

### Исследование тонуса аккомодации

Разницу между рефракцией, полученной в естественных условиях и в условиях циклоплегии, называют тонусом аккомодации, или привычным тонусом аккомодации, или тонической аккомодацией (Шаповалов С.Л., 1981; Проскурина О.В., 2004; Онуфрийчук О.Н., Розенблюм Ю.З., 2006). Тонус аккомодации является одним из важных показателей динамической рефракции. Однако если при эмметропии и миопии оптическая установка вдаль в большей или меньшей степени соответствует клинической рефракции или, согласно мнению В.В. Волкова (1973), В.В. Страхова (2006) и других, может быть слабее последней за счет активной аккомодации вдаль, то при гиперметропии динамическая (без циклоплегии) рефракция вдаль заведомо сильнее статической (в условиях циклоплегии) ввиду необходимости для гиперметропического глаза аккомодировать даже к удаленным объектам. Строго говоря, тоническая или привычная аккомодация гиперметропического глаза не является отражением физиологического, вегетативного тонуса цилиарной мышцы, а обусловлена стимулом к аккомодации, заведомо усиливающим динамическую рефракцию. При отсутствии данного стимула и динамическая рефракция, и вычисленный по ее величине тонус аккомодации были бы иными.

В темноте, то есть при отсутствии стимула к аккомодации, сохраняется некоторый вегетативный тонус цилиарной мышцы, за счет которого оптическая установка глаза соответствует точке, занимающей промежуточное положение между ближайшей и дальнейшей точками ясного зрения (Волков В.В., Колесникова Л.Н., 1973; Аветисов Э.С., 1999). Положение этой точки варьирует у разных лиц и при различной рефракции, однако, как правило, соответствует сдвигу рефракции в сторону миопии на величину порядка 0,75-1,75 дптр, в среднем около 1,0 дптр. Такое состояние динамической рефракции глаза соответствует оптической установке на 1 метр и зоне «покоя аккомодации» (Волков В.В., Колесникова Л.Н., 1973). На положение этой точки, называемой также точкой покоя аккомодации, может влиять состояние вегетативной нервной системы и целый ряд других факторов, имеющих большое значение для изучения патогенеза миопии. Очевидно, однако, что диоптрийное выражение значения «темнового фокуса» аккомодации будет зависеть от клинической рефракции данного глаза. Вычитание величины имеющейся статической рефракции глаза из величины «темнового фокуса» аккомодации позволит получить значение тонуса аккомодации.

В отличие от привычного тонуса, вычисляемого, как уже было сказано, по разнице рефракции в условиях действующей аккомодации и в условиях циклоплегии, данный тонус будет соответствовать покою аккомодации и определяться, очевидно, балансом вегетативной иннервации цилиарной мышцы у данного индивидуума.

**Исследования тонуса покоя аккомодации** проводили при помощи автоматического бинокулярного рефрактометра «открытого поля» Grand Seiko по методике, разработанной в МНИИ ГБ им. Гельмгольца (Тарутта Е.П., Филинова О.Б., 2010).

Способ осуществляется следующим образом. Сначала пациенту проводят измерение рефракции в условиях полной темноты («темновой фокус»). Это возможно осуществить благодаря конструктивным особенностям прибора, открытому полю, отсутствию каких-либо светящихся объектов для фиксации. От светящихся со стороны исследователя элементов прибора пациента изолируют при помощи чехла (рис. 4.2.1.4).



Рис. 4.2.1.4. Исследование тонуса покоя аккомодации

Исследование рефракции каждого глаза проводят в течение 5-10 с после выключения света, для того чтобы исключить влияние темновой адаптации. Измерения проводят для каждого глаза в отдельности. Циклоплегию вызывают путем двукратного закапывания 1% раствора циклопентолата (цикломед) с интервалом 15 мин, и через 30 мин после второй инстилляций проводят объективное исследование рефракции на том же приборе в условиях естественной освещенности.

Тонус покоя аккомодации (ТПА) рассчитывают по формуле:

$$\text{ТПА} = R_t - R_c,$$

где  $R_t$  — рефракция в условиях полной темноты («темновой фокус»);  $R_c$  — рефракция в условиях циклоплегии.

Тонус покоя аккомодации является положительным, когда рефракция в темноте («темновой фокус») сильнее (более миопическая или менее гиперметропическая), чем рефракция в условиях циклоплегии, и наоборот. Положительный тонус аккомодации обозначается знаком «минус», отрицательный — знаком «плюс».

Для исследования «темнового фокуса» нами обследован 31 ребенок (62 глаза) — 20 девочек и 11 мальчиков в возрасте от 5 до 16 лет ( $9,54 \pm 1,73$  года).

Как показали наши исследования (табл. 4.2.1.3), у всех пациентов с миопией слабой степени рефракция в условиях полной темноты

Таблица 4.2.1.3

## Тонус покоя аккомодации у детей с миопией слабой степени и гиперметропией

Рефракционная группа	Число глаз, n	Рефракция в условиях циклоплегии (РЦ), дптр	Рефракция в условиях полной темноты (ТФ), дптр	ТПА (ТФ-РЦ), дптр
М сл. ст	36	-1,91±0,59	-2,55±0,75	-0,64±0,45
Нм сл. ст	13	+1,68±0,64	+0,56±0,55	-1,12±0,52
Нм ср. ст	6	+4,62±0,29	+3,24±0,53	-1,38±0,45
	4	+4,22±0,41	+4,79±0,30	+0,58±0,15
Нм выс. ст	4	+9,27±0,58	+10,5±0,56	+1,23±0,55
	2	+6,56±0,38	+4,75±0,42	-1,81±0,80

была сильнее, т. е. более миопической, чем рефракция в условиях циклоплегии. При этом «темновой фокус» находился в пределах от -1,05 до -3,99 дптр (-2,55 ± 0,75 дптр). Тонус покоя аккомодации во всех случаях был положительным, то есть циклоплегическая рефракция была слабее рефракции без циклоплегии в полной темноте (-0,64 ± 0,45 дптр).

У пациентов с гиперметропией слабой степени «темновой фокус» составил в среднем +0,56 ± 0,55 дптр, т. е. рефракция в темноте была сильнее, чем циклоплегическая (+1,68 ± 0,64 дптр). Тонус покоя аккомодации был во всех случаях положительным и в среднем составлял -1,12 ± 0,52 дптр. У детей

с гиперметропией средней степени тонус покоя аккомодации был положительным только в 60% случаев. В этой группе «темновой фокус» аккомодации составил +3,24 ± 0,53 дптр, в то время как циклоплегическая рефракция равнялась +4,62 ± 0,29 дптр, таким образом, тонус покоя аккомодации составил -1,38 ± 0,45 дптр. Это соответствует описанной в литературе закономерности, когда тонус аккомодации при гиперметропии имеет наибольшее значение по сравнению с эмметропией и миопией (Проскурина О.В., 2004; Онуфрийчук О.Н., Розенблюм Ю.З., 2006). В то же время в 40% глаз рефракция в условиях полной темноты была слабее, более гиперметропической, чем в условиях циклоплегии.



Рис. 4.2.1.5. Тонус покоя аккомодации при различных видах рефракции

Таким образом, тонус покоя аккомодации в этой группе был отрицательным и равнялся в среднем +0,58 ± 0,15 дптр (табл. 4.2.1.3).

Данная закономерность была еще более выраженной в глазах с гиперметропией высокой степени, где положительный тонус аккомодации был выявлен только в 2 из 6 обследованных глаз. В этих глазах его величина в среднем была наиболее высокой среди всех обследованных и составила 1,81 ± 0,80 дптр. В большинстве же случаев рефракция при отсутствии стимула к аккомодации была слабее, т. е. более гиперметропической, чем рефракция в условиях циклоплегии. Тонус покоя аккомодации был отрицательным и составил в среднем +1,23 ± 0,55 дптр.

Таким образом, при миопии и гиперметропии слабой степени тонус покоя аккомодации во всех случаях был положительным. При гиперметропии средней и высокой степеней увеличивается доля случаев отрицательного тонуса аккомодации (рис. 4.2.1.5). Полученные данные могут иметь важное значение для понимания механизмов постнатального рефрактогенеза, а именно хорошо известной особой устойчивости гиперметропии средней и высокой степеней, то есть «нежеланием» этих глаз расти.

## Пример 1.

Пациент М., 10 лет. Диагноз: OU — миопия слабой степени. Рефракция до циклоплегии: OD = -1,74 дптр, OS = -2,11 дптр. Рефракция в темноте («темновой фокус»): OD = -2,82 дптр, OS = -2,89 дптр. Рефракция на том же приборе в условиях циклоплегии: OD = -2,14 дптр, OS = -2,33 дптр.

Тонус покоя аккомодации OD = -2,82 - -2,14 = -0,68 дптр.

Тонус покоя аккомодации OS = -2,89 - -2,33 = -0,56 дптр.

Заключение: тонус покоя аккомодации для правого и левого глаза соответственно равен -0,68 и -0,56 дптр. Следует обратить внимание, что при исследовании по прототипу, т.е. без учета «темнового фокуса» аккомодации, в данном случае был бы получен принципиально иной результат. Рефракция в естественных условиях (OD = -1,74 дптр, OS = -2,11 дптр) слабее, чем при циклоплегии, то есть тонус аккомодации рассматривался бы как отрицательный: тонус аккомодации OD = -1,74 - -2,14 = +0,40; тонус аккомодации OS = -2,11 - -2,33 = +0,22.

## Объективное исследование запасов и устойчивости аккомодации

Способ исследования запасов и устойчивости аккомодации включает измерение динамической рефракции и вычисление напряжения аккомодации с помощью бинокулярного рефкератометра «открытого поля» Grand Seiko WR-5100K и осуществляется следующим образом.

Сначала пациенту проводят измерение рефракции вдаль (фиксационная мишень расположена на расстоянии 5 м). На основании полученных данных в пробную оправу помещают сферические и цилиндрические стекла, полностью корригирующие выявленную аномалию рефракции, проводят повторное измерение рефракции вдаль, которая в этом случае оказывается близкой к эмметропии. На расстоянии 33 см помещают текст № 4 из таблицы для близости, проводят измерение аккомодационного ответа на данном расстоянии (рис. 4.2.1.6). Этот показатель принимается за исходный. Далее исследующий вставляет в пробную оправу одинаковые для обоих глаз отрицательные линзы нарастающей силы с шагом 0,5 дптр, проверяет, может ли пациент читать текст, делает параллельно измерения на авторефрактометре. Измеряют рефракцию каждого глаза при бинокулярной фиксации близкого объекта (текста). За счет



Рис. 4.2.1.6. Регистрация динамической рефракции при предъявлении объекта фиксации на расстоянии 33 см

дополнительного напряжения аккомодации динамическая рефракция должна оставаться близкой к исходной, т.е. до нагрузки отрицательными линзами. В норме, как уже указывалось, это значение приближается к  $-2,5 - -3,0$  дптр ( $-2,75 \pm 0,12$  дптр) (Колотов М.Г., 1999). Однако у пациентов с миопией этот показатель, как правило, снижен до  $-1,5 - -2,0$  дптр, т.е. имеет место «отставание» аккомодации. Исследование проводится до тех пор, пока объективная динамическая рефракция каждого глаза сохраняется близкой к исходным значениям (снижение не более чем на  $0,5$  дптр). Запасом аккомодации считается максимальная отрицательная линза, при измерениях с которой сохранялась объективная динамическая рефракция каждого глаза, близкая к исходным (до нагрузки) значениям. Резкое снижение исходного показателя вплоть до перехода динамической рефракции на  $33$  см в гиперметропическую расценивается как отсутствие аккомодационного ответа.

Исследование устойчивости аккомодации проводят следующим образом. Пациент продолжает чтение текста в условиях максимальной нагрузки аккомодации, выявленной в предыдущем действии. Через  $3$  мин непрерывно продолжающегося чтения повторно определяют объективную рефракцию. При отсутствии аккомодационного ответа диагностируют нарушение устойчивости аккомодации (Тарутта Е.П., Филинова О.Б., 2009).

#### Пример 1.

Пациент Б.,  $10$  лет. Диагноз: ОУ — миопия слабой степени. Характер зрения вдаль без коррекции и с коррекцией с  $5, 2,5$  и  $1$  м бинокулярный, без доминирования. Запас относительной аккомодации, измеренный субъективным методом по Э.С. Аветисову — С.Л. Шаповалову,  $-2,0$  дптр. Рефракция на  $5$  м OD =  $-2,5$  дптр, OS =  $-2,83$  дптр. Максимальная коррекция OD =  $-2,5$  дптр, OS =  $-2,75$  дптр. Аккомодационный ответ на  $33$  см (в условиях полной коррекции) OD =  $-1,59$  дптр, OS =  $-1,23$  дптр. Имеется отставание аккомодации, поскольку расчетная рефракция при чтении на расстоянии  $33$  см должна соответствовать  $-3,0$  дптр. С добавочным стеклом силой  $-1,0$  дптр аккомодационный ответ составил OD =  $-1,57$  дптр,

OS =  $-1,84$  дптр. Со стеклом силой  $-1,5$  дптр соответственно  $-1,94$  и  $-1,89$  дптр. Со стеклом  $-2,0$  дптр соответственно  $-1,29$  и  $-1,95$  дптр, то есть сохраняется аккомодационный ответ, хотя и с отставанием. Со стеклом  $-2,5$  дптр рефракция OD =  $+0,64$  дптр и OS =  $+0,32$  дптр, то есть аккомодационный ответ отсутствует. Объективный запас относительной аккомодации в данном случае соответствует субъективному и равен  $-2,0$  дптр. Через  $3$  мин чтения текста № 4 из таблицы для близи на расстоянии  $33$  см с максимальной коррекцией и дополнительной нагрузкой в  $-2,0$  дптр аккомодационный ответ OD =  $+0,62$  дптр, OS =  $+0,35$  дптр. Аккомодационный ответ отсутствует.

Заключение: отставание аккомодации, снижение ее устойчивости, объективный запас относительной аккомодации равен  $-2,0$  дптр.

#### Пример 2.

Пациент А.,  $13$  лет. Диагноз: ОУ-миопия слабой степени. Характер зрения без коррекции и с коррекцией с  $5, 2,5$  и  $1$  м бинокулярный, ведущий правый глаз. Запас относительной аккомодации по Э.С. Аветисову — С.Л. Шаповалову =  $-3,5$  дптр. Рефракция на  $5$  м OD =  $-1,3$  дптр, OS =  $-0,71$  дптр. Максимальная коррекция OD =  $-1,25$  дптр, OS =  $-0,75$  дптр. Аккомодационный ответ на  $33$  см в условиях полной коррекции OD =  $-2,0$  дптр, OS =  $-1,79$  дптр. Имеется отставание аккомодации, поскольку расчетная рефракция при чтении на расстоянии  $33$  см должна составлять  $-3,0$  дптр. Со стеклом силой  $-1,0$  дптр аккомодационный ответ составил OD =  $-1,68$  дптр, OS =  $-1,09$  дптр. Со стеклом силой  $-1,5$  дптр соответственно  $-1,96$  и  $-0,82$  дптр. Со стеклом  $-2,0$  дптр соответственно  $-1,18$  и  $-0,95$  дптр. Со стеклом  $-2,5$  дптр рефракция OD =  $-0,04$  дптр и OS =  $+1,82$  дптр. То есть аккомодационный ответ отсутствует. Объективный запас аккомодации в данном случае равен  $-2,0$  дптр. Через  $3$  мин чтения текста № 4 из таблицы для близи на расстоянии  $33$  см с максимальной коррекцией и дополнительной нагрузкой в  $-2,0$  дптр аккомодационный ответ OD =  $-1,09$  дптр, OS =  $-1,82$  дптр. Аккомодационный ответ сохраняется.

Заключение: отставание аккомодации, сохранение ее устойчивости, объективный запас относительной аккомодации равен  $-2,0$  дптр.

## Исследование прямой и содружественной аккомодации

Нами предложен способ объективного одновременного исследования прямой и содружественной аккомодации для дальнейшей диагностики ее расстройств и прогнозирования течения прогрессирующей близорукости. Все исследования проводятся при помощи бинокулярного рефрактометра «открытого поля» Grand Seiko WR-5100K. Способ осуществляется следующим образом. Сначала у пациента определяют рефракцию при взгляде вдаль (фиксационная мишень расположена на расстоянии  $5$  м). При нарушении рефракции на основании полученных данных в пробную оправу помещают сферические или цилиндрические стекла, полностью корригирующие выявленную аномалию рефракции. Затем в условиях эметропии производят разделение полей зрения двух глаз таким образом, чтобы предъявленный в зоне ближайшего видения объект был виден только одному глазу, соответственно справа или слева от перегородки (рис. 4.2.1.7). При этом взгляд парного глаза установлен в открытое пространство. Перед правым глазом помещают объект фиксации в зоне ближайшего видения и измеряют рефракцию сначала на этом глазу, затем на парном, открытом, но не фиксирующем. При этом на фиксирующем глазу регистрируют прямую аккомодацию, на парном — содружественную. Затем меняют положение объекта фиксации и вновь регистрируют прямую и содружественную аккомодацию. Поскольку, как уже было сказано, измерения проводят в условиях полной коррекции аметропии (т.е. в условиях эметропизации), полученное значение динамической рефракции соответствует аккомодационному ответу на  $33$  см (Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., 2011).

#### Пример 1.

Пациент П.,  $11$  лет. Диагноз: ОУ — миопия высокой степени. Сначала у пациента определили рефракцию на автоматическом рефрактометре Grand Seiko WR-5100K при взгляде вдаль (фиксационная мишень расположена на расстоянии  $5$  м). Рефракция OD =  $-7,0$  дптр, OS =  $-7,5$  дптр. В пробную оправу поместили сферические линзы, полностью корригирующие аномалию рефракции. Затем произвели разделение полей зрения и измерили прямую



Рис. 4.2.1.7. Способ исследования прямой и содружественной аккомодации парных глаз

и содружественную аккомодацию. Прямая аккомодация OD =  $-0,55$  дптр, соответствующая ей содружественная аккомодация OS =  $-1,66$ . Прямая аккомодация OS =  $-1,1$  дптр, соответствующая ей содружественная аккомодация OD =  $-0,8$  дптр. Прямая аккомодация правого глаза существенно меньше, чем соответствующая ему содружественная левого, что является новым диагностическим критерием расстройства аккомодационной способности при высокой миопии. Прямая аккомодация на левом глазу больше, чем соответствующая ей содружественная на правом. Это говорит о несогласованности прямой и содружественной аккомодации парных глаз при высокой миопии.

Таким образом, разработанные объективные методы аккомодометрии позволяют получать новые данные и раскрывают новые возможности детального исследования аккомодации.

При выборе оптимальной коррекции для близи детям с миопией и нарушениями аккомодации необходим индивидуальный подход с учетом величины снижения аккомодационного ответа и его изменений при приставлении положительных линз нарастающей силы.

## Литература

1. Аветисов Э.С. Близорукость. М.: Медицина, 1999. 288 с.
2. Ананин В.Ф., Аветисов Э.С., Киприянова Т.И. Объективная регистрация аккомодации глаза методом сканирования щелевого изображения, отраженного от сетчатки глаза // Вестн. офтальмол. 1971. № 2. С. 61-63.

3. Волков В.В., Колесникова Л.Н. Аккомодация и рефракция по материалам исследований с помощью кобальтового стекла // Офтальмол. журн. 1973. № 3. С. 172-176.
4. Жаров В.В., Никишин Р.А., Егорова А.В. и др. Клиническая оценка состояния аккомодации с помощью метода компьютерной аккомодографии // Ерошевские чтения. Самара. 2007. С. 437-440.
5. Колотов М.Г. Оценка аккомодационного ответа у пациентов с миопией после операции ЛАСИК // Рефракционные и глазодвигательные нарушения. Труды междунар. конф. М., 2007. С. 210-212.
6. Колотов М.Г. Объективный аккомодационный ответ при миопии и возможности его оптимизации. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1999. 21 с.
7. Онуфрийчук О.Н., Розенблюм Ю.З. и др. О привычном тоне аккомодации // Офтальмология. 2006. Т. 3, № 3. С. 84-87.
8. Проскурина О.В. Тонус аккомодации у детей // Рефракционная хирургия и офтальмология. 2004. Т. 4, № 2. С. 16-19.
9. Розенберг В.А., Коломиец В.А. Устройство для объективного исследования аккомодации // Офтальмол. журн. 1990. № 8. С. 461-462.
10. Страхов В.В. Биомеханические и физиологические аспекты аккомодации глаза // Клиническая физиология зрения. М.: Научно-мед. фирма МБН, 2006. С. 462-487.
11. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А. Способ одновременного исследования прямой и содружественной аккомодации парных глаз. Положительное решение о выдаче патента РФ на изобретение от 01.07.2011. Заявка № 20100122469 (приоритет от 02.06.2010).
12. Тарутта Е.П., Филинова О.Б. Способ определения привычного тонуса аккомодации. Патент РФ на изобретение № 2394469 от 20.07.2010 (приоритет от 27.03.2009).
13. Тарутта Е.П., Филинова О.Б. Способ исследования запасов и устойчивости относительной аккомодации. Патент РФ на изобретение № 2367385 от 10.03.2009 (приоритет от 29.05.2008).
14. Филинова О.Б. Изучение влияния постоянной слабимиопической дефокусировки изображения на динамику рефракции, бинокулярные функции и рост глаза у детей. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2009. 26 с.
15. Шаповалов С.Л. Методы исследования динамической рефракции глаза // Динамическая рефракция глаза в норме и при патологии. Сб. научн. раб. М., 1981. С. 34-51.
16. Cray L.S., Winn B., Gilmartin B. Effect of target luminance on microfluctuations of accommodation // Ophthalmol. Physiol. Opt. 1993. V. 13. P. 258-265.
17. Hung G.K., Ciuffreda K.J. An incremental retinal-defocus theory of the development of myopia // Comments on Theoretical Biology. 2003. V. 8. P. 511-538.
18. Scheiman M., Mitchell B. Clinical management of binocular vision: heterophoric, accommodative, and eye movement disorders. Philadelphia, 2008. P. 748.
19. Wildsoet C., Wallman J. Choroidal and scleral mechanisms of compensation for spectacle lenses in chicks // Vis. Res. 1995. V. 35. P. 1175-1194.

## 4.2.2

## КОМПЬЮТЕРНАЯ АККОМОДОГРАФИЯ

О.В. Жукова, А.В. Егорова

Традиционно для оценки состояния аккомодационного аппарата глаза используются такие методики, как определение объема абсолютной аккомодации, запаса относительной аккомодации (Аветисов Э.С., 1986), резерва аккомодации (Дашевский А.И., 1973). Все эти методы основаны на определении степени увеличения рефракции глаза при предъявлении зрительного стимула на близком расстоянии или в условиях, имитирующих работу на близком расстоянии. По сути своей все традиционные методики изучения аккомодативных функций являются субъективными и количественными.

Исследования последних лет показывают, что в процессе сокращения тонус волокон цилиарной мышцы постоянно колеблется. Эти колебания были названы аккомодационными микрофлюктуациями (АМФ). АМФ имеют определенную частоту и состоят из низко- и высокочастотных компонентов. Низкочастотный компонент (частота менее 0,6 Гц) является фоновым и не имеет клинического значения, а высокочастотный компонент (частота между 1,0 и 2,3 Гц) отражает флюктуации волокон цилиарной мышцы и важен для оценки ее сократительной способности (Winn B., Gilmartin B., 1992; Judge S.J., 1999; Gray L.S., Winn B., Gilmartin B., 1999; Weber H.A., Martin H., 2001).

Возможность объективной оценки функции цилиарной мышцы появилась в результате создания аппарата Righton Speedy-K ver. MF-1 (рис. 4.2.2.1), который позволяет не только регистрировать величину аккомодационного ответа, но и отражает качественные характеристики состояния цилиарной мышцы.

Данный аппарат сочетает в себе функции авторефрактометра и аккомодографа. В качестве аккомодографа прибор позволяет графически зарегистрировать изменение рефракции глаза при предъявлении зрительного стимула на различных расстояниях в виде столбиковой диаграммы. Кроме величины аккомодационного

ответа на предъявленный стандартный стимул, выраженного в диоптриях, аккомодограф осуществляет частотный анализ аккомодативных микрофлюктуаций методом трансформации Фурье. Высокочастотный компонент АМФ имеет диапазон от 50 до 80 микрофлюктуаций в минуту. Различная частота микрофлюктуаций отображается на аккомодограмме столбиками различного цвета: зелеными — 50-56 микрофлюктуаций в мин, желтыми — 58-62 микрофлюктуаций в мин, оранжевым и красным — 64 и выше микрофлюктуаций в мин. Физиологичным считается диапазон от 50 до 62, более высокая частота — свидетельство патологического функционирования цилиарной мышцы.

### Методика проведения аккомодографии

Исследование проводится монокулярно, для каждого глаза в отдельности. При этом другой глаз следует прикрыть наклейкой, для исключения перевода внимания с объектов, предъявляемых исследуемому глазу, на объекты, видимые другим глазом. Первоначально осуществляется рефрактометрия. Затем исследуемому глазу на



Рис. 4.2.2.1. Аккомодограф Righton Speedy-K ver. MF-1 (Япония)

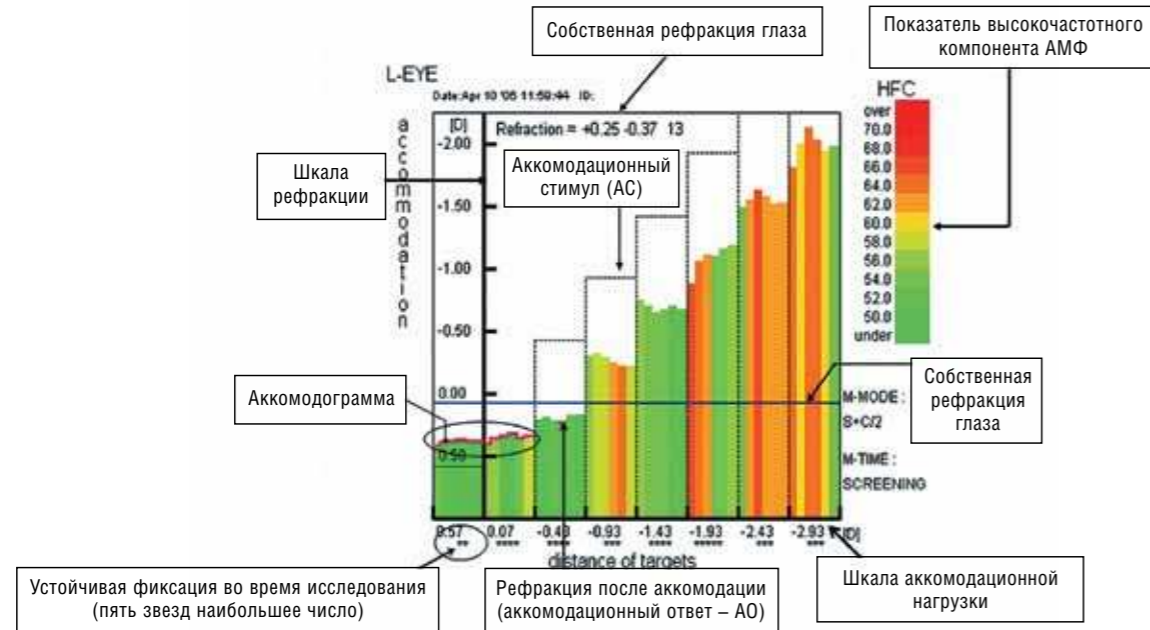


Рис. 4.2.2.2. Нормальная аккомодограмма эметропичного глаза

различном расстоянии — из бесконечности до 20 см от глаза — предъявляется зрительный стимул (мира), который называется аккомодационным стимулом (АС).

В начале исследования создаются условия слабой релаксации +0,5 дптр, затем — условия эметропии и далее ступенчато происходит увеличение рефракции стимула на 0,5 дптр: -0,5; -1,0; -1,5; -2,0 дптр и т. д., возможно до -5,0 дптр. Во время исследования рефрактометр в непрерывном режиме (частота измерения датчика составляет 600 Гц!) измеряет рефракцию глаза на фоне предъявляемой нагрузки. Тем самым определяется аккомодационный ответ (АО). Эти данные поступают на компьютер, где обрабатываются и отображаются в виде диаграмм. Нормальная аккомодограмма представлена на рис. 4.2.2.2.

Аккомодограф работает в пошаговом режиме. Шагом является многократное измерение рефракции глаза, а именно определение аккомодационного ответа при определенном (одинаковом) значении аккомодационного стимула. АС одного шага отличается от АС предыдущего шага на -0,5 дптр.

Аккомодограмма позволяет оценивать следующие показатели функционирования цилиарной мышцы (Жаров В.В. с соавт., 2006).

**1. Степень напряжения цилиарной мышцы** (должна приближаться к аккомодационному стимулу, составляет несколько меньший показатель — на 0,3-1,0 дптр) не должна быть выше аккомодационного стимула.

**2. Нарастающий (снижающийся) ход кривой.** В норме при исследовании показатель рефракции должны постоянно нарастать.

**3. Устойчивость аккомодограммы.** Патологическими являются случаи, если график через несколько шагов начинает снижаться или давать «провалы», что свидетельствует о выраженной неустойчивости аккомодации. К патологии относится также пикообразный вид кривой.

**4. Постепенность напряжения.** Аккомодограмма внутри одного шага должна постепенно нарастать, между шагами возможно скачкообразное увеличение рефракции.

**5. Выраженность высокочастотного компонента АМФ.** В норме палитра аккомодограммы должна быть представлена преимущественно зеленым цветом с единичными вкраплениями желтого цвета. В зоне конечного напряжения (АС -2,5-3,0 дптр) возможно содержание небольшого количества оранжево-красных зон.

**6. Меридиональная равномерность аккомодации (изометричность)** — в норме цилиарная мышца должна функционировать

одинаково во всех меридианах. На графиках сила астигматического компонента и его ориентация (положение оси) практически не должны меняться. Желательно, чтобы график выглядел в виде практически прямой линии.

**7. Изометропичность (равномерность между глазами) аккомодационного ответа** оценивается по графику Difference. В идеале график должен иметь равномерный характер преимущественно зеленого цвета (критерий наибольшей изометропичности).

Визуальная оценка аккомодограмм позволяет формировать мнение по состоянию работоспособности, функциональным возможностям цилиарной мышцы, оценивать ее динамические изменения в процессе лечения и т.д. Однако для более углубленного научного анализа состояния аккомодации необходимо от эмпирического описания перейти к точным (числовым) характеристикам тех или иных параметров. Поэтому мы предлагаем для оценки аккомодограмм пользоваться следующими показателями (Жаров В.В. с соавт., 2007).

**1. Коэффициент аккомодационного ответа (КАО),** характеризующий степень напряжения цилиарной мышцы:

$$\text{КАО} = \text{АО} / \text{АС},$$

где АО — аккомодационный ответ в диоптриях; АС — аккомодационный стимул в диоптриях.

Учитывая то обстоятельство, что в базу данных программы MF1 поступают данные динамической рефракции глаза без вычета собственной, целесообразно использовать данную формулу в виде:

$$\text{КАО} = (\text{АО} - \text{R}) / (\text{АС} - \text{R}),$$

где R — собственная рефракция глаза.

**Пример 1.**

R = -2,5; АС = -5,0; АО = -3,5, тогда  
 $\text{КАО} = (-3,5 - (-2,5)) / (-5,0 - (-2,5)) = 0,4.$

По данным каждой аккомодограммы предлагаем вычислять средний КАО по формуле:

$$\text{КАО}_{\text{ср}} = \sum \text{КАО} / n,$$

где  $\text{КАО}_{\text{ср}}$  — средняя величина КАО аккомодограммы;  $\sum \text{КАО}_n$  — сумма КАО всех столбцов измерений; n — количество столбцов измерений.

**2. Коэффициент роста аккомодограммы (КР)** — для оценки роста (убывания) аккомодограммы, который определяется по формуле:

$$\text{КР} = n_{\Delta \text{АО}} / n,$$

где  $n_{\Delta \text{АО}}$  — количество неотрицательных значений  $\Delta \text{АО}$ ; n — общее количество измерений.

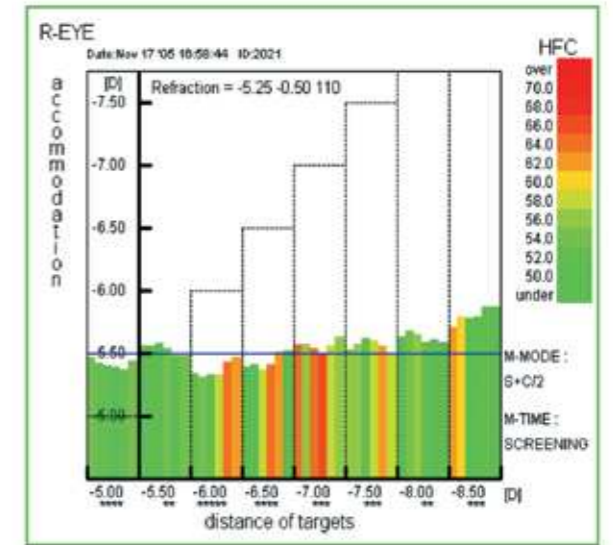


Рис. 4.2.2.3. Аккомодограмма при слабости аккомодации

**3. Коэффициент микрофлюктуаций КМФ** — для оценки выраженности высокочастотного компонента АМФ мы рекомендуем вычислять средний уровень HFC исследования:

$$\text{КМФ} = \text{HFC}_{\text{ср}} = \sum \text{HFC}_n / n,$$

где  $\text{HFC}_n$  — частота микрофлюктуаций каждого измерения.

Различные патологические состояния аккомодации вызывают изменения аккомодографической картины и количественных параметров аккомодограммы. Патологические аккомодограммы при различных нарушениях аккомодации представлены на рис. 4.2.2.3-5.

Аккомодограмма при слабости (инертности) аккомодации характеризуется следующими особенностями.

1. В сравнении с ранее представленной аккомодограммой в норме изменяется степень напряжения аккомодационной мышцы. При этом значение аккомодационного ответа составляет значительно меньший показатель относительно аккомодационного стимула, чем в норме.

2. Исчезает нарастающий ход кривой, и аккомодограмма становится «плоской», отсутствует плато подъема аккомодограммы.

3. Цветовая палитра аккомодограммы не меняется.

Аккомодограмма состояния лабильности (неустойчивости) аккомодации характеризуется следующими особенностями.



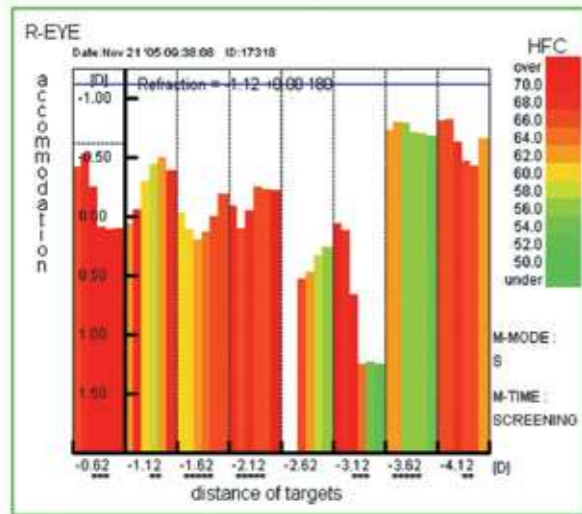


Рис. 4.2.2.4. Аккомодограмма неустойчивой аккомодации при ПИНА

1. Исчезает нарастающий ход кривой и аккомодограмма становится неустойчивой, т.е. появляются «провалы» аккомодограммы.

2. Нарастание аккомодограммы становится скачкообразным даже внутри одного шага, возможно выраженное скачкообразное увеличение рефракции между шагами.

3. Цветовая палитра аккомодограммы также неустойчива, характерны резкие изменения уровня показателя высокочастотного компонента (ПВК).

Аккомодограмма при спазме аккомодации характеризуется следующими особенностями.

1. Значительно возрастает уровень аккомодационного ответа, возможно превышение им уровня аккомодационного стимула.

2. Исчезает нарастающий ход кривой и аккомодограмма становится неустойчивой, т.е. появляются «провалы» аккомодограммы.

3. Изменяется цветовая палитра аккомодограммы. Она представлена преимущественно красно-оранжевым цветом (ПВК повышается до 70 и более микрофлюктуаций в минуту). При этом чем более выражена красная палитра в аккомодограмме, тем выше утомляемость цилиарной мышцы.

Таким образом, компьютерная аккомодография позволяет детально диагностировать функциональное состояние аккомодации, ее работоспособности, оценивать ее динамические

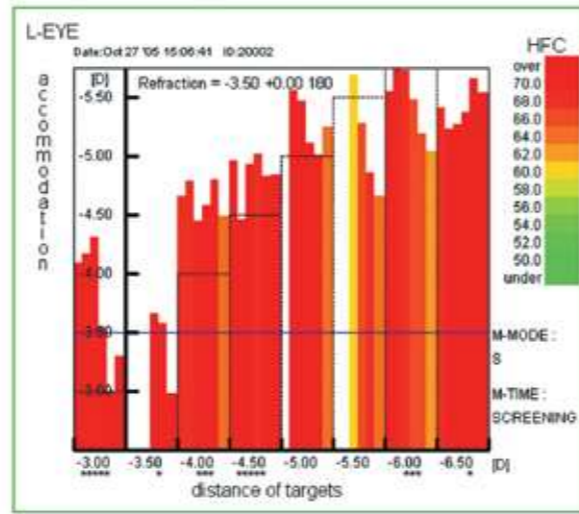


Рис. 4.2.2.5. Аккомодограмма гиперактивной аккомодации при спазматической аккомодационной астении

изменения, в том числе в процессе лечебных мероприятий. Все это является весьма ценным для изучения патогенеза ухудшения зрительных функций и выработки наиболее эффективных путей их восстановления.

### Литература

1. Аветисов Э.С. Близорукость. М.: Медицина, 1986. 239 с.
2. Дашевский А.И. Ложная близорукость. М.: Медицина, 1973. 152 с.
3. Жаров В.В., Лялин А.Н., Конькова Л.В. и др. Синдром хронического зрительного утомления и дизадапционная близорукость // Проблема офтальмологии. 2006. № 1. С. 52-55.
4. Жаров В.В., Никишин Р.А., Егорова А.В. и др. Клиническая оценка состояния аккомодации с помощью метода компьютерной аккомодографии // Ерошевские чтения. Самара, 2007. С. 437-440.
5. Weber H.A., Martin H. Finite elements simulation of accommodation // In.: Current aspects of human accommodation / Eds by Guthoff R., Ludwig K. Kaden Verlag, 2001. P. 135.
6. Judge S.J., Flavell M.J. Mechanics of accommodation of the human eye // Vision Research. 1999. V. 39. P. 1591-1595.
7. Gray L.S., Winn B., Gilmartin B. Accommodative microfluctuation and pupil diameter // Vision Research. 1999. V. 33. P. 2083-2090.
8. Winn B., Gilmartin B. Current perspective on microfluctuations of accommodation // Ophthalmol. Physiol. Opt. 1992. V. 12. P. 252-256.

## 4.2.3

### ДИНАМИЧЕСКАЯ РЕТИНОСКОПИЯ (СКИАСКОПИЯ)

О.В. Проскурина

Методика ретиноскопии (скиаскопии) впервые была предложена французским офтальмологом Caignet в 1873 г. Термин «ретиноскопия» был введен только спустя семь лет, в 1880 г., Parent и дословно обозначает «наблюдение сетчатки», позднее он же предложил термин «скиаскопия», обозначающий «наблюдение тени». Впоследствии оба термина утвердились в офтальмологии и оптометрии. Первый — более употребим в англоязычной литературе, второй — в немецкой. Российскому офтальмологу более привычен термин «скиаскопия». Именно его используют авторы большинства отечественных классических руководств по офтальмологии и оптометрии. Сложилось так, что термин «скиаскопия» ассоциируется у российского офтальмолога с исследованием рефракции при циклоплегии. Если говорят о динамическом наблюдении, чаще употребляют термин «ретиноскопия». Этой традиции мы будем придерживаться при изложении этого материала, хотя очевидно, что оба термина правильны и имеют право на существование на равных условиях.

Методика скиаскопии основана на свойстве глазного дна не только поглощать, но и отражать падающий на него свет. Если оптическая система глаза наведена на какую-то точку пространства, лучи света, отраженные от глазного дна, вернуться в эту же точку. Если глаз наблюдателя находится на пути распространения этих лучей, а источник света находится «в глазу наблюдателя», он видит равномерное красное свечение зрачка. Если вращать источник света вокруг оси, то яркость освещения зрачка будет меняться, как бы под влиянием пробегающей в просвете зрачка тени. Направление движения тени будет зависеть от трех факторов:

- оптической установки исследуемого глаза;
- свойства зеркала (плоское или вогнутое);
- расстояния между испытуемым и наблюдателем.

Направление движения тени не зависит от оптической установки (рефракции) глаза наблюдателя.

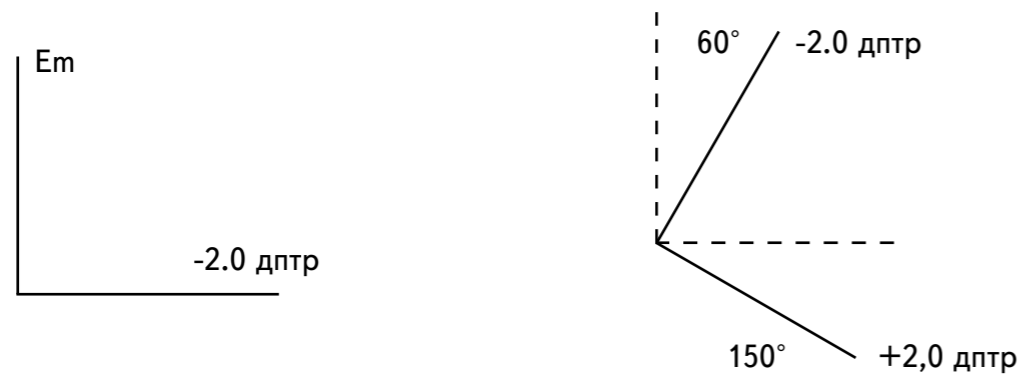
Различают статическую и динамическую ретиноскопию. Первая имеет самостоятельное значение и служит для оценки клинической рефракции глаза. Она может проводиться как в естественных условиях, так и при циклоплегии. Динамическую ретиноскопию используют для исследования аккомодации: чаще — для оценки так называемого accommodative lag (задержки аккомодации), реже — для объективного определения аддидации у пресбиопов. Исследование проводят в естественных условиях. В основе динамической ретиноскопии лежат результаты тщательно проведенной статической ретиноскопии.

### Статическая ретиноскопия (скиаскопия) в условиях циклоплегии

Метод чаще используют в детской практике, им виртуозно владеет большинство отечественных офтальмологов, в особенности старой школы.

Для определения рефракции этим методом используют скиаскопические линейки. Обычно это две линейные рамки, содержащие набор линз от  $\pm 1,0$  до  $\pm 9,0$  дптр с шагом в 1,0 дптр. Для определения рефракции большей величины и с шагом 0,5 дптр используют подвижные насадки к скиаскопической линейке с линзами  $\pm 0,5$  и  $\pm 10,0$  дптр.

В задачу исследователя входит побудить ребенка смотреть на источник света и, перемещая скиаскопическую линейку сверху вниз, добиться появления нейтрализации в двух главных меридианах. После внесения поправки на расстояние результат записывают в виде угла, в котором отражают значения рефракции в двух главных меридианах. Для перевода этой записи в привычную запись сфера-цилиндр-ось



sph 0 cyl -2,0 ax 90° или  
sph -2,0 cyl +2,0 ax 180°

sph -2,0 cyl +4,0 ax 60° или  
sph +2,0 cyl -4,0 ax 150°

Рис. 4.2.3.1. Запись данных скиаскопии (ретиноскопии)

за величину сферы берут значение одного из меридианов (обычно менее аметропичного), значение цилиндра соответствует разнице в рефракции в двух главных меридианах, ось указывают по сфере (рис. 4.2.3.1).

При проведении исследования:

- удерживают скиаскопическую линейку на расстоянии 12 мм от глаза испытуемого;
- при использовании насадки в 10,0 дптр поворачивают ее к исследуемому глазу;
- лучше проводить исследование с расстояния 67 см — расстояние вытянутой руки, которое легче соблюдать, чем расстояние в 1,0 м. Поправка на расстояние составит не 1,0, а 1,5 дптр;
- лучше использовать циклоплегические средства кратковременного действия;
- пользоваться электрическим скиаскопом или штрих-скиаскопом;
- использовать скиаскоп в режиме плоского зеркала<sup>1</sup>.

Своеобразным «золотым стандартом» циклоплегии служит трехдневная атропинизация. Однако она сопряжена с рядом неприятных особенностей: возможны общие реакции

на атропин, циклоплегия и мидриаз удерживаются длительно, дети лишены возможности чтения и письма, в редких случаях развивается длительный парез аккомодации, требуются повторные визиты к врачу, доступность атропина ограничена. Для преодоления этих и других досадных обстоятельств используют циклоплегические средства кратковременного действия — циклопентолат и тропикамид.

В России доступен циклопентолат в виде 1% раствора (цикломед), тропикамид в виде 0,5% и 1% раствора (мидрум, мидриацил, тропикамид).

По глубине циклоплегического действия циклопентолат близок к атропину. По данным скиаскопии, остаточный тонус аккомодации после его использования по сравнению с атропином в среднем составляет  $0,15 \pm 0,05$  дптр: для гиперметропии —  $-0,28 \pm 0,08$  дптр, для миопии —  $+0,1 \pm 0,11$  дптр, для смешанного астигматизма —  $-0,13 \pm 0,06$  дптр.

Тропикамид существенно слабее атропина. Остаточный тонус аккомодации после его использования по сравнению с атропином составляет  $0,64 \pm 0,09$  дптр: для гиперметропии —

Таблица 4.2.3.1

### Рефракционные границы применения циклоплегических средств кратковременного действия при первичных и повторных исследованиях рефракции у детей

	Рефракционные группы		
	гиперметропия	миопия	смешанный астигматизм
Первичные исследования	циклопентолат	циклопентолат тропикамид	циклопентолат
Повторные исследования	циклопентолат		циклопентолат тропикамид

$-0,87 \pm 0,09$ , для миопии —  $-0,4 \pm 0,10$  дптр, для смешанного астигматизма —  $-0,58 \pm 0,11$  дптр (Проскурина О.В., 2007).

Рекомендации по применению циклоплегических средств кратковременного действия представлены в табл. 4.2.3.1.

### Статическая ретиноскопия (скиаскопия) в естественных условиях

Для проведения исследований используют электрический штрих-ретиноскоп<sup>2</sup> и фороптер (использование для смены линз пробной оправы возможно, но крайне неудобно). Методика сочетает в себе технику штрих-скиаскопии (скопия с использованием источника света в виде полоски) и цилиндроскиаскопии (достижение нейтрализации с использованием комбинации сферы и цилиндра).

Осветитель штрих-скиаскопа устанавливают в положение плоского зеркала. При проведении исследования копируют меридиан, перпендикулярный ориентации полоски. Так, при исследовании горизонтального меридиана используют вертикальную полоску и «качают» ретиноскоп справа налево. При исследовании вертикального меридиана используют горизонтальную полоску — «качают» ретиноскоп сверху вниз.

Для определения рефракции меняют линзы фороптера с шагом 0,25 дптр. Для определения главных меридианов астигматического глаза определяют меридиан, в котором движение полоски ретиноскопа соответствует движению рефлекса в зрачке испытуемого.

### Контроль аккомодации

Для преодоления привычного тонуса аккомодации просят испытуемого через окошки фороптера смотреть на неаккомодативный стимул — тест «Е», соответствующий остроте зрения 0,05, находящийся на расстоянии 5 м и более от испытуемого.

Исследователь копирует правый глаз испытуемого своим правым глазом, а левый — левым. Это не всегда удобно, в особенности для начинающего исследователя, однако позволяет не перекрывать испытуемому линию взора парного глаза, фиксирующего удаленный объект.

### Рабочее расстояние

Исследование удобнее проводить с расстояния 67 см, его легче всего соблюсти, и исследователю вытянутой рукой удобно вращать диск фороптера, осуществляя смену линз. Если исследование проводят с расстояния 67 см, поправка на расстояние составит 1,5 дптр. Чтобы не проводить перерасчетов, при исследовании можно использовать рабочую линзу +1,5 дптр, предусмотренную в фороптере для этих целей. Использование плюсовой рабочей линзы не всегда удобно, в особенности при миопии, поэтому вопрос, использовать ее или нет — каждый исследователь решает для себя сам.

### Определение сферической рефракции

Если у испытуемого сферическая рефракция — методика проста. Определяют направление движения рефлекса в зрачке испытуемого, добавлением соответствующих линз добиваются

<sup>1</sup>Здесь и далее описываются методики с применением плоского зеркала. Исследование с вогнутым зеркалом возможно, но следует помнить, что движение рефлекса будет обратным. Некоторые исследователи отмечают, что при скопии вогнутым зеркалом движение рефлекса при минусовой рефракции менее очевидно, чем при использовании плоского зеркала.

<sup>2</sup>Непрозрачная насадка с щелью, входящая в комплект зеркального офтальмоскопа, хотя и предусматривалась производителями для проведения штрих-скиаскопии, для этой цели не годится — освещения недостаточно.

нейтрализации. Фиксируют значение рефракции, не забывая о поправке на расстояние. При проведении исследования следует помнить, что чем дальше от нейтрализации, тем свечение зрачка тусклее, а направление движения определяется с трудом или не улавливается. Это более свойственно высокой миопии — обратное движение тени всегда улавливается хуже, чем прямое. При таких затруднениях можно сразу начинать исследование с минусовой линзы.

#### **Определение рефракции при астигматизме**

При астигматизме копируют в двух меридианах до тех пор, пока нейтрализация не будет достигнута в слабом меридиане. После этого продолжают исследование, добавляя минусовый цилиндр с осью, ориентированной параллельно направлению полоски, и копируют в сильном меридиане.

Предположим, что у испытуемого прямой миопический астигматизм. Исследование проводят с расстояния 67 см, а рабочую линзу в +1,5 дптр не используют. В начале исследования копируют в двух меридианах — в обеих тень движется в обратном направлении. Для скопии в горизонтальном меридиане используют вертикальную полоску, для скопии в вертикальном меридиане — горизонтальную. Добавляя минусовые сферические линзы в фороптере, добиваются нейтрализации в горизонтальном (слабом) меридиане. Предположим, что в этом меридиане нейтрализация достигнута с минусовой линзой в 1,0 дптр. С этой же линзой в перпендикулярном (вертикальном) меридиане тень по-прежнему будет двигаться в обратном направлении — вертикальный меридиан более сильный. С этого момента продолжают исследование только в вертикальном меридиане, используя горизонтальную полоску. Для достижения нейтрализации в вертикальном меридиане устанавливают перед глазом испытуемого минусовые цилиндры нарастающей силы с осью, ориентированной горизонтально. Предположим, что для достижения нейтрализации в вертикальном меридиане потребовался цилиндр -1,5 дптр. После завершения исследования фиксируют результаты в виде записи сфера-цилиндр-ось, вносят поправку на расстояние для сферического компонента. В нашем примере статическая рефракция испытуемого будет sph -2,5 cyl -1,5 ax 180°.

Предположим, что у испытуемого прямой гиперметропический астигматизм. Исследование проводят с расстояния 67 см, используют рабочую линзу +1,5 дптр. В начале исследования копируют в двух меридианах — в обеих тень движется в ту же сторону, что и ретиноскоп. Добавляя плюсовые сферические линзы в фороптере, добиваются нейтрализации в вертикальном (сильном) меридиане. Предположим, что в этом меридиане нейтрализация достигнута с плюсовой линзой в 1,0 дптр. Далее продолжают исследование в горизонтальном (слабом) меридиане, меняя линзы в фороптере с шагом 0,25 дптр. Считают число «кликов», которые использовались для достижения нейтрализации в горизонтальном меридиане. Допустим, было сделано пять «кликов» — разница в рефракции в горизонтальном меридиане составила 1,25 дптр. Рефракция в горизонтальном меридиане составила 2,25 дптр (этот результат виден в барабане фороптера). Устанавливают перед исследуемым глазом минусовый цилиндр в 1,25 дптр с горизонтальным направлением оси. Проводят контроль рефракции в вертикальном меридиане. В идеале с такой комбинацией линз вертикальный меридиан должен быть нейтрализован. Если этого не происходит, уточняют рефракцию, уменьшая или усиливая минусовый цилиндр. После завершения исследования фиксируют результаты в виде записи сфера-цилиндр-ось, поправку на расстояние не вносят, так как исследование проводилось с 67 см с рабочей линзой +1,5 дптр. В нашем примере статическая рефракция испытуемого будет sph +2,25 cyl -1,25 ax 180°. В идеале после удаления рабочей линзы в +1,5 дптр с такой коррекцией испытуемый должен давать максимальную остроту зрения.

#### **Определение главных меридианов при астигматизме**

Предшествующее описание по умолчанию предполагало, что главные меридианы глаза были строго вертикальным и горизонтальным. Однако не редки случаи, когда направление главных меридианов отлично от горизонтального и вертикального. Для уточнения направления главных меридианов при астигматизме более 0,75 дптр оценивают соответствие движения световой полоски движению рефлекса в просвете зрачка. Это более всего очевидно в состоянии, близком к нейтрализации. Для определения

направления одного из главных меридианов астигматического глаза ориентируют полоску таким образом, чтобы ее движение совпадало с движением рефлекса в зрачке. Кроме того, при приближении полоски к одному из главных меридианов она будет сужаться. Если полоска находится в главном меридиане, ширина ее минимальна, а при переходе с радужки на зрачок излома полоски не наблюдается.

При астигматизме 0,75 дптр и менее эти признаки главных меридианов менее очевидны. Главным меридианом считают тот, в котором свечение полоски наиболее яркое.

#### **Близкая ретиноскопия по Mahindra**

К близкой ретиноскопии по Mahindra обычно прибегают при исследовании рефракции у маленьких детей. Объектом фиксации служит свет ретиноскопа. Исследование проводят в естественных условиях в затемненном помещении монокулярно (парный глаз прикрыт окклюдором). Для ретиноскопии используют самую низкую яркость света, при которой исследование возможно. Считают, что такое тусклое освещение обеспечивает минимальный аккомодационный стимул.

Исследование проводят с расстояния 50 см. Добиваются нейтрализации, как и при обычной скиаскопии. При оценке результатов исследования вносят поправку на расстояние в 1,25 дптр. Величина поправки в 1,25 дптр эмпирически выведена Mahindra (1977) — 0,75 дптр относят на счет аккомодации.

#### **Динамическая ретиноскопия**

Метод используют для оценки accommodative lag — задержки аккомодации. В зависимости от целей и техники исследования его проводят с одного фиксированного расстояния или более: 1,0 м, 67, 50, 40, 33, 25, 20 см или с привычного рабочего расстояния. У взрослых — чаще с 40 или 50 см, у детей — с 20 или 25 см. В качестве объекта фиксации на конечном расстоянии используют специальную таблицу, содержащую буквы, слова или силуэтные картинки для детей, соответствующие остроте зрения 0,7-1,0 для этого расстояния.

Динамическую ретиноскопию обычно выполняют после проведения статической ретиноскопии. В зависимости от задач исследования:

- в фороптере или пробной оправе сохраняют комбинацию линз, с которой достигнута нейтрализация для дали, соответствующая статической рефракции;

- в фороптере или пробной оправе устанавливают комбинацию линз, соответствующую коррекции для близи;

- проводят исследования в привычных монофокальных очках для постоянного ношения или для близи.

В последних двух случаях исследования проводят для оценки соответствия имеющейся коррекции состоянию аккомодации.

Рабочую линзу для поправки на расстояние не используют. При анализе результатов поправки на расстояние не вносят. Копируют в одном — горизонтальном — меридиане. В начале исследования просят испытуемого внимательно смотреть на таблицу, закрепленную в плоскости ретиноскопа, и называть буквы или читать слова, детей просят описывать картинки в таблице вслух. Проводят исследование, добиваясь нейтрализации.

Если аккомодационный ответ соответствует аккомодационному стимулу — испытуемый точно аккомодирует на расстояние, с которого проводят ретиноскопию, исследователь сразу обнаружит нейтрализацию. Значения рефракции останутся те же. Так, если рефракция пациента +1,0 дптр, а при проведении исследования с расстояния 40 см сразу обнаруживается нейтрализацию, аккомодационный ответ составляет 2,5 дптр — точно соответствует расстоянию до стимула.

Такая идеальная ситуация встречается не всегда.

Аккомодационный ответ считают недостаточным, если на сетчатке формируется гиперметропическая установка. Это положительный accommodative lag (Campbell C.E., Benjamin W.J., Howland H.C., 2006). При расположении фиксации таблицы и ретиноскопа в одной плоскости исследователь видит прямое движение рефлекса.

Аккомодационный ответ считают избыточным, если на сетчатке возникает миопическая установка — accommodative lag отрицательный. При расположении фиксации таблицы и ретиноскопа в одной плоскости исследователь видит обратное движение рефлекса.

Часто у лиц с нормальной аккомодацией обнаруживают accommodative lag — задержку

аккомодационного ответа в  $+0,25-0,75$  дптр. Определить значения accommodative lag возможно тремя способами (Grosvenor T.P., 1982; Campbell C.E., Benjamin W.J., Howland H.C., 2006).

**Первый способ.** Расстояние от глаза испытуемого до фиксации таблицы остается неизменным. Величину accommodative lag определяют, отодвигая ретиноскоп от глаза пациента или приближая к нему до достижения нейтрализации. Это самый распространенный способ. По имени автора его называют Nott ретиноскопия.

**Второй способ.** Во время исследования ретиноскоп и фиксационная таблица находятся в одной плоскости, расстояние от глаза до таблицы и ретиноскопа остается неизменным. Величину accommodative lag определяют, приставляя к глазу испытуемого плюсовые или минусовые линзы возрастающей силы до момента нейтрализации. Способ известен как MEM ретиноскопия (Monocular Estimation Method).

**Третий способ.** Расстояние от глаза до ретиноскопа остается неизменным. Величину accommodative lag определяют, придвигая к глазу или отдаляя от глаза испытуемого фиксационную таблицу до момента нейтрализации. Это bell ретиноскопия — в первоначальном варианте в качестве объекта фиксации использовали серебряный колокольчик.

#### **Nott ретиноскопия**

Для проведения Nott ретиноскопии удобнее пользоваться фороптером. Перед началом исследования барабаны фороптера сводят для ближних измерений. В зависимости от задач исследования в фороптере устанавливают линзы, соответствующие статической рефракции, или линзы, соответствующие привычной коррекции для постоянного ношения или для близи. Фиксационную таблицу с помощью специальной предусмотренной в фороптере штанги крепят напротив глаз испытуемого. Исследование обычно проводят для расстояния 40 см. Таблица должна иметь достаточное число стимулов, чтобы удерживать внимание испытуемого во время исследования. Для Nott ретиноскопии лучше использовать таблицу в виде вертикальной полосы, поскольку скопию проводят чуть сбоку от таблицы, а во время исследования возможно перемещение ретиноскопа в положение перед фиксационной таблицей. Таблица должна быть хорошо освещена, однако свет не должен быть слишком ярким.



**Рис. 4.2.3.2.** Проведение Nott ретиноскопии: если аккомодационный ответ недостаточен, ретиноскоп отодвигают в положение «за фиксационной таблицей» до достижения нейтрализации

Просят пациента читать буквы. Исследователь устанавливает ретиноскоп на том же расстоянии от глаза, что и фиксационная таблица, и скопирует своим правым глазом правый глаз испытуемого в горизонтальном меридиане.

Если в начале исследования отмечают нейтрализацию — accommodative lag равен нулю. Аккомодационный ответ соответствует аккомодационному стимулу. Исследование правого глаза заканчивается, приступают к исследованию левого глаза, исследователь скопирует левый глаз испытуемого своим левым глазом.

Если в начале исследования рефлекс движется в прямом направлении — accommodative lag положительный. Аккомодационный ответ недостаточен — слабее аккомодационного стимула. Продолжая скопировать, отодвигают ретиноскоп от глаза испытуемого в положение за фиксационной таблицей, до достижения нейтрализации (рис. 4.2.3.2). Расстояние, на котором достигается нейтрализация, соответствует величине аккомодационного ответа, а его отличие от расчетного значения — accommodative lag. Так, если фиксационная таблица находится на расстоянии 40 см от глаза испытуемого, а при скопии с этого расстояния отмечают прямое движение рефлекса — аккомодационный ответ составляет менее 2,5 дптр. Ретиноскоп отодвигают от глаза. Допустим, что нейтрализация отмечается только с 50 см — аккомодационный ответ 2,0 дптр, а accommodative lag —  $+0,5$  дптр. Если нейтрализация отмечается только с 1 м — аккомодационный ответ 1,0 дптр,

а accommodative lag составит  $+1,5$  дптр — значения аккомодации существенно слабее допустимых физиологических значений.

Если в начале исследования рефлекс движется в обратном направлении — accommodative lag отрицательный. Аккомодационный ответ избыточен — сильнее аккомодационного стимула. Продолжая скопировать, приближают ретиноскоп к глазу испытуемого в положение перед фиксационной таблицей, до достижения нейтрализации. Так, если фиксационная таблица находится на расстоянии 40 см от глаза испытуемого, а при скопии с этого расстояния отмечают обратное движение рефлекса — аккомодационный ответ составляет более 2,5 дптр. Ретиноскоп приближают к глазу. Допустим, что нейтрализация отмечается с 25 см — аккомодационный ответ 4,0 дптр, а accommodative lag —  $-1,5$  дптр.

#### **MEM метод (Monocular Estimation Method)**

При проведении MEM ретиноскопии требуется смена силы корректирующих линз. Для этого можно использовать фороптер. Если в задачу исследования входит оценка аккомодации в привычных очках — для смены силы линз используют пробные линзы из набора, прикладывая их к передней поверхности очковых линз.

Исследование чаще проводят для привычного рабочего расстояния. Его обычно используют, чтобы оценить, насколько адекватен аккомодационный ответ привычному рабочему расстоянию испытуемого при использовании привычной коррекции — очков для постоянного ношения, очков для близи, либо без использования очков. Привычное рабочее расстояние определяют, наблюдая за испытуемым во время работы, или измеряют величину Narmon — расстояние от локтя до сложенных кольцом большого и указательного пальцев. У детей это расстояние обычно не более 20-25 см.

Для фиксации используют специальную MEM карту с символами для близи, в центре карты имеется отверстие. Карту фиксируют к ретиноскопу таким образом, чтобы окуляр ретиноскопа оказался в центре отверстия.

Скопируют правый глаз испытуемого в горизонтальном меридиане. Если сразу отмечают нейтрализацию — исследование заканчивают, аккомодационный ответ соответствует аккомодационному стимулу, accommodative lag равен нулю.

Если рефлекс движется в прямом направлении — аккомодационный ответ недостаточный, а accommodative lag положительный. К глазу испытуемого приставляют плюсовые линзы нарастающей силы до достижения нейтрализации. Сила добавочной плюсовой линзы, с которой достигается нейтрализация, будет соответствовать значению accommodative lag. Так, если для достижения нейтрализации используют дополнительную линзу  $+0,5$  дптр — accommodative lag положительный в пределах физиологических значений. Если для достижения нейтрализации требуется линза  $+1,5$  дптр — аккомодационный ответ недостаточен. Решают вопрос о необходимости аддидации или функционального лечения.

Если рефлекс движется в обратном направлении — аккомодационный ответ избыточен, а accommodative lag отрицательный. К глазу испытуемого приставляют минусовые линзы нарастающей силы до достижения нейтрализации. Так, если для достижения нейтрализации используют дополнительную линзу  $-1,0$  дптр — аккомодационный ответ избыточен. Решают вопрос о необходимости изменения коррекции (увеличения минусовой сферы, ослабления аддидации) или функционального лечения.

#### **Bell ретиноскопия**

Исследование обычно проводят с расстояния 50 см. Методика заключается в движении к глазу или от него фиксационной таблицы, в то время как положение ретиноскопа не меняется. Принцип измерения такой же, как при других методах, но оценку результата проводят иначе.

Исследование начинают с наблюдения движения рефлекса в момент, когда фиксационная мишень и ретиноскоп находятся на одинаковом расстоянии от глаза испытуемого.

Если изначально рефлекс обратный, говорят об избыточной аккомодации для этой дистанции — отрицательный lag, и исследование заканчивают.

Если изначально наблюдают нейтрализацию или прямое движение, придвигают фиксационную таблицу к глазу испытуемого медленно, не быстрее чем 5 см в секунду, до тех пор пока движение рефлекса не станет обратным. Отмечают расстояние от пациента до мишени, на котором обратное движение стало заметно, и продолжают двигать мишень в направлении к пациенту еще на несколько сантиметров. Далее

изменяют направление движения таблицы и тянут мишень назад от пациента с той же скоростью, до тех пор пока снова не будет наблюдаться прямое движение. Отмечают и эту дистанцию. Проводят исследование на втором глазу.

Результат считают нормальным, если:

– при движении таблицы в направлении испытываемого обратное движение появляется на расстоянии между 42 и 35 см;

– при движении таблицы от испытываемого прямое движение наблюдается от 38 до 45 см.

Результат измерений записывают через дробь, например, 42/45.

При проведении bell ретиноскопии в качестве фиксационной мишени можно использовать металлический или пластиковый шарик, тогда просят испытываемого фиксировать свое отражение в шарике.

Широкое внедрение в офтальмологическую практику стандартных авторефрактометров и авторефрактометров «открытого поля», позволяющих помимо определения статической рефракции исследовать динамическую рефракцию глаза, несколько снизило значимость скиаскопии для большинства офтальмологов, в особенности нового поколения. Однако скиаскопия (ретиноскопия) остается надежным способом рефракто- и аккомодометрии, позволяющим избежать ошибок, свойственных автоматическим методам — любые измерения проводятся под визуальным контролем исследователя.

Скиаскопия (ретиноскопия) остается незаменимым методом для случаев, когда автоматические методы не могут быть применены в силу возраста пациента или других причин. Ретиноскопия может быть использована в экспериментах на животных.

### Литература

1. Проскурина О.В. Динамика рефракции, диагностика и принципы коррекции аметропии у детей и подростков. Дис. ... д-ра мед. наук. М, 2007. С. 162-182.
2. Радзиховский Б.Л. Офтальмологическая диагностика. Черновцы, 1957. С. 51-64.
3. Розенблюм Ю.З. Оптометрия. СПб.: Гиппократ, 1996. С. 68-75.
4. Campbell C.E., Benjamin W.J., Howland H.C. Objective refraction: retinoscopy, autorefraction, and photorefraction // Borish's clinical refraction / Eds by Benjamin W.J. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006. P. 682-764.
5. Grosvenor T.P. Primary care optometry: a clinical manual. Chicago: The Professional Press, Inc., 1982. 516 p.
6. Mohindra I. A non-cycloplegic refraction technique for infants and young children // J. Am. Optom. Assoc. 1977. V. 48. P. 518-523.
7. Rosner J. Pediatric optometry. Boston, London: Butterworths, 1982. P. 142-159.
8. Saladin J.J. Phorometry and stereopsis // Borish's clinical refraction / Eds by Benjamin W.J. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006. P. 899-962.

## 5

## НАРУШЕНИЯ АККОМОДАЦИИ

О.В. Проскурина, О.В. Жукова

Одну из первых попыток классифицировать аномалии аккомодации предпринял Duane в 1915 г. Некоторые из ее пунктов отражают только симптомы аккомодационных нарушений. Впоследствии эта классификация видоизменялась, но основа ее сохранилась. В современной зарубежной литературе, с различными вариациями, большинство авторов упоминают как минимум три типа нарушений аккомодации: аккомодационную недостаточность (accommodative insufficiency), чрезмерную аккомодацию (accommodative excess), невозможность аккомодации (accommodative infacility).

Несколько отличается отечественный подход к классификации аккомодационных нарушений. Этому вопросу особое внимание всегда уделяли отечественные корифеи в вопросе аккомодации Ю.З. Розенблюм, С.Л. Шаповалов, Е.Е. Сомов. Именно их работы сформировали нашу точку зрения. Особого описания заслуживают следующие патологические состояния аккомодации:

- спазм аккомодации;
- привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА);
- парез (паралич) аккомодации;
- слабость аккомодации;
- аккомодационная астиопия;
- пресбиопия, которая, впрочем, может быть отнесена к этому списку лишь условно;
- нарушения аккомодации после рефракционных операций.

### Спазм аккомодации

Спазм аккомодации — острый патологический избыточный тонус аккомодации, вызывающий миопизацию манифестной рефракции и снижающий максимальную корригированную остроту зрения.

Развивается чаще всего у подростков 12-18 лет, но может встречаться и в более раннем возрасте, редко — у взрослых. Как правило, страдают эмоционально лабильные пациенты. Предшествует обычно сильный стресс или длительное эмоциональное напряжение, иногда вкупе с чрезмерной зрительной нагрузкой. Спазм аккомодации может предшествовать черепно-мозговая травма (London R., 2003; Monteiro M.L., 2003), описаны случаи развития спазма аккомодации после рефракционных операций (Airiani S., 2006; Prakash G., 2007).

Заболевание чаще двустороннее, хотя случаи одностороннего спазма аккомодации нередки, и это более характерно для взрослых. Жалобы сводятся к резкому ухудшению зрения вдаль; способность читать, но на очень близком расстоянии, обычно сохраняется. В некоторых случаях острота зрения ухудшается одномоментно — пациент может точно указать день, час и обстоятельства ухудшения зрения, в других пациент, даже приблизительно, не может определить сроки снижения зрения — вчера, неделю, месяц или год назад. В естественных условиях определяется миопическая рефракция, обычно выше 5,0 дптр, часто около 10,0 дптр. При этом острота зрения без коррекции снижена до 0,2-0,3 — несоответствие между выявленной рефракцией и остротой зрения. Приставление минусовых линз возрастающей силы очень медленно повышает остроту зрения, а максимальная корригированная острота зрения остается менее 1,0 и составляет обычно 0,6-0,8. При этом пациент может различать оптоотипы, соответствующие остроте зрения 0,8, но делать ошибки в ряду с более крупными знаками. В редких случаях спазм аккомодации индуцирует сходящееся косоглазие. Характерным признаком стойкого спазма аккомодации служит

несоответствие выявленной в естественных условиях рефракции значениям ПЗО. Объем абсолютной аккомодации определить не удается — дальнейшая точка ясного зрения сливается с ближайшей точкой. Объем относительной аккомодации также не определяется. После инстилляций мягких циклоплегических средств (даже циклопентолата!) выявляется небольшая остаточная миопия до 2,0-3,0 дптр, не диагностированная ранее. После атропинизации выявляется эмметропия или слабая гиперметропия. После окончания действия циклоплегии ложная миопия полностью возвращается. Невропатолог отмечает функциональные нарушения центральной нервной системы. Заболевание может быть диагностировано как оптиконевроз.

Лечение весьма затруднено. Часто необходима консультация невропатолога и активная помощь психотерапевта, на которую такие пациенты соглашаются далеко не всегда. Офтальмолог может назначать адренэргические мидриатики (мезатон, ирифрин), попытки тренировок на аккомодотренере, функциональное лечение, физиопроцедуры. Хорошие результаты дает рефлексотерапия. Иногда рекомендуют длительные инстилляции атропина и бифокальные очки (Sarkies N.J., 1985; Rutstein R.P., 2010), по-видимому, в надежде «передержать» пациента до самопроизвольного купирования спазма.

Стойкий спазм аккомодации может удерживаться в течение 2-30 месяцев (Rutstein R.P., 1988) и обычно спонтанно проходит, но весьма часто дает рецидивы.

Будучи военным врачом, Ю.З. Розенблюм наблюдал спазм аккомодации у солдат срочной службы. Единственным эффективным «лечением» в этом случае стала демобилизация.

Как видим, это заболевание никак не похоже на тот «спазм», который многие офтальмологи считают предвестником и начальной фазой развития миопии. А вот следующий синдром имеет к ней прямое отношение.

### Привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА)

Привычно-избыточное напряжение аккомодации (ПИНА) — длительно существующий избыточный тонус аккомодации, вызывающий миопизацию манифестной рефракции и не снижающий максимальную скорректированную остроту зрения. Термин был предложен Е.Е. Сомовым в 1993 г.

ПИНА чаще развивается у детей и может предшествовать развитию осевой миопии, нередко случаи развития ПИНА у взрослых, занятых напряженным зрительным трудом. Часто предшествуют простудные заболевания, эмоциональное и/или зрительное напряжение. Состояние развивается постепенно, вначале имеет волнообразное течение — симптомы более выражены в конце дня, в конце рабочей недели, после зрительной нагрузки.

Жалобы пациентов сводятся к периодическому, а позднее к стойкому двустороннему снижению остроты зрения вдаль, реже снижается острота зрения одного глаза. Отмечаются также затруднения при работе на близком расстоянии.

В естественных условиях определяется миопическая рефракция, величина ее может не соответствовать снижению остроты зрения без коррекции. Приставление минусовых линз повышает остроту зрения до 1,0 и выше, но для ее достижения часто требуется затуманивание. Объем абсолютной аккомодации обычно снижен за счет приближения к глазу дальнейшей точки ясного зрения, ближайшая точка может быть отдалена, приближена к глазу или имеет нормальные значения. ЗОА почти всегда снижен, часто до нуля. После инстилляций циклоплегических средств (циклопентолата, атропина) выявляется слабая гиперметропия, эмметропия или миопия слабее выявленной в естественных условиях, а некорректированная острота зрения повышается по сравнению с исходной. После окончания действия циклоплегии ложная миопия возвращается полностью или почти полностью. Часто ложная миопия переходит в истинную осевую миопию.

Для купирования ПИНА часто используют очки, обеспечивающие слабый миопический дефокус, рекомендуют положительные линзы для чтения (Дашевский А.И., 1973), альтернирующую анизокоррекцию (Тарутта Е.П., 2008; Филинова О.Б., 2009). Назначают адренэргические мидриатики — ирифрин 2,5% или 10% (Волкова Е.М., Страхов В.В., 2005; Жукова О.В. с соавт., 2007; Бржеский В.В., Воронцова Т.Н., 2008; Егорова А.В., 2009; Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Тарасова Н.А., Филинова О.Б., 2010) и М-холиноблокаторы — циклопентолат 1% или тропикамид 1% (Заяни Набил, 2012). Используют деликатные домашние тренировки аккомодации: упражнения с меткой на стекле и очень осторожные занятия на аккомодотренере.

Для преодоления избыточного тонуса аккомодации используют тренировки дивергентной дезаккомодации (Дашевский А.И., 1973), в том числе в автоматическом режиме (Жаров В.В., Егорова А.В., 2008). Хорошие результаты дает функциональное лечение: лазер-стимуляция цилиарной зоны, инфразвуковой пневмомассаж (Лазук А.В., Иомдина Е.Н., 2004). Рефлексотерапию, физиопроцедуры также используют в комплексном лечении.

### Парез (паралич) аккомодации

Парез (паралич) аккомодации — острое или подострое расстройство аккомодации, при котором изменение оптической установки глаза к любому расстоянию за счет изменения рефракции становится временно невозможным.

Парез (паралич) аккомодации — состояние, обратное ее спазму. Встречается довольно редко, в несколько раз реже спазма аккомодации. Развивается преимущественно в возрасте 7-15 лет, чаще у девочек, редко у взрослых. Страдают часто эмоционально лабильные подростки. Парезу обычно предшествуют стресс, общее острое заболевание, диагностическая инстилляция атропина, наркоз. Заболевание также может быть индуцировано патологическими процессами в центральной нервной системе: травмой, опухолью, воспалением (Головин С.С., 1923).

Заболевание чаще двустороннее. Жалобы пациента сводятся к невозможности читать, а иногда и к ухудшению зрения вдаль. Рефракция, как правило, слабая гиперметропия. Острота зрения вдаль может быть нормальной, но чаще снижена и плохо корректируется линзами — парез аккомодации может сопровождаться амблиопией истерического типа. Острота зрения вблизи всегда значительно снижена — пациент с трудом читает ряд таблицы для близи, соответствующий остроте зрения 0,1. Острота зрения для близи, однако, хорошо корректируется положительными линзами. Приставление плюсовых линз, полностью компенсирующих парез, позволяет таким пациентам довольно свободно читать текст, соответствующий остроте зрения для близи 0,6-0,7. Объем абсолютной аккомодации определить не удается — ближайшая точка ясного зрения сливается с дальнейшей точкой. Объем относительной аккомодации равен нулю — не определяется даже отрицательная

(израсходованная) часть относительной аккомодации. Нередко отмечается концентрическое сужение поля зрения, мидриаз, затруднение конвергенции. Невропатолог отмечает функциональные нарушения ЦНС. Заболевание часто диагностируют как оптиконевроз.

Лечение сводится к назначению временных плюсовых очков для работы, мягким упражнениям по тренировке аккомодации типа «аккомодотренер», функциональному лечению (лазер-стимуляция цилиарной зоны, пневмомассаж), инстилляциям 1% пилокарпина 1-2 раза в сутки, используется рефлексотерапия, физиотерапия, массаж. Лечение во всех случаях проводится совместно с невропатологом, крайне желательно участие психотерапевта. Нередко лечение долго остается малоэффективным, а при положительных результатах возможны рецидивы.

### Слабость аккомодации

Слабость аккомодации — длительно существующее состояние недостаточной или неустойчивой аккомодации.

Обнаруживается весьма часто у детей школьного возраста (иногда у дошкольников), особенно ослабленных и страдающих хроническими или частыми простудными заболеваниями. Дети жалуются на быстрое утомление при чтении, читают и пишут, сильно приближая книгу и тетрадь к глазам, трут глаза. Острота зрения вдаль без коррекции может быть снижена, но исправляется корректирующими линзами. Острота зрения вблизи остается нормальной, либо может быть незначительно снижена — пациент может читать текст, соответствующий остроте зрения 0,5-0,6. Приставление слабых добавочных положительных линз, компенсирующих недостаточность аккомодации, повышает остроту зрения для близи до нормальных значений. В естественных условиях выявляется слабая гиперметропия, эмметропия, но чаще слабая миопия. Объем абсолютной аккомодации может соответствовать возрастной норме, хотя чаще он умеренно снижен, в основном за счет отдаления ближайшей точки ясного зрения от глаза. Нередко дальнейшая точка ясного зрения приближена к глазу. Относительная аккомодация, точнее ЗОА, резко снижен, обычно до нуля. Конвергенция бывает ослаблена. При проведении эргографии и аккомодографии определяется неустойчивость аккомодации.

Аккомодационный ответ снижен по сравнению с нормальными значениями. После инстилляций циклоплегических средств рефракция может оставаться стабильной, но чаще определяется сдвиг рефракции в сторону ее ослабления — миопия переходит в эметропию, слабую гиперметропию или миопию меньшей величины, что указывает на сопутствующее привычно-избыточное напряжение аккомодации. Длительное наблюдение за такими детьми показывает, что у большинства из них развивается истинная (осевая) миопия.

Исходя из изложенного выше, лечение данной патологии должно быть направлено не на восстановление некорригированной остроты зрения вдаль, а на развитие аккомодационной способности. Учитывая выраженную слабость и неустойчивость аккомодации, восстановление аккомодации начинают с аппаратного лечения: стимуляции цилиарной мышцы низкоэнергетическим лазером (Аветисов Э.С., Тарутта Е.П., Аникина Е.Б. с соавт., 1997); вакуумного массажа (Сидоренко Е.И., 1993). Рекомендуют деликатные тренировки аккомодации — упражнение с меткой на стекле. Для медикаментозной поддержки аккомодации назначают ирифрин 2,5% (Жукова О.В., 2008; Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Тарасова Н.А., Филинова О.Б., 2010). Позднее применяют более активные тренировки аккомодации (чтение со сменными очками по Э.С. Аветисову и К.А. Мац (1971)), упражнения на домашнем аккомодотренере (Мац К.А., Лохтина Н.И., 1974), при ПИНА — тренировки дивергентной дезаккомодации. Критериями эффективности лечения служат повышение ЗОА, приближение к глазу ближайшей точки ясного зрения и стабилизация рефракции.

### Аккомодационная астенопия

Буквальный перевод слова астенопия — «отсутствие силы зрения» (от греч. *astheos* — слабый и *ops* — глаз).

Астенопия не является самостоятельным видом нарушений аккомодации. Это симптомокомплекс, развивающийся у лиц, занятых напряженным зрительным трудом, связанный с аномалиями рефракции, аккомодационными и/или бинокулярными нарушениями. Под астенопией понимают такое состояние (расстройство зрения), при котором выполнение оператором специфической для него зрительной работы

затруднено или невозможно (Сомов Е.Е., 1989). При астенопии зрительно-напряженная работа приводит как к кратковременным (в течение рабочего дня), так и к стойким изменениям функций органа зрения. При этом грубых изменений, как правило, не выявляется, а обнаруженные функциональные нарушения могут быть незначительными, показатели их близки к нижней границе нормы. При этом жалоб непропорционально много, они сильно выражены и в особо тяжелых случаях ведут к временной утрате трудоспособности. При астенопии в первую очередь «страдает» система рефракции и аккомодации.

По А.И. Дашевскому, различают аккомодационную, мышечную, смешанную, нервную и симптоматическую астенопию. Аккомодационную форму, в свою очередь, разделяют на рефракционную, астеническую и спазматическую. Мышечную — на рефракционную и астеническую.

Рефракционная форма аккомодационной астенопии связана с некорригированными либо неправильно корригированными аномалиями рефракции (Кушнаревич Н.Ю., 2009). Астеническая — с нарушениями аккомодации, проявляющимися снижением ЗОА, отдалением ближайших точек ясного зрения от глаз и их асимметрией, снижением аккомодационного ответа и устойчивости аккомодации. У лиц старше 40 лет причиной астенической астенопии может стать некорригированная пресбиопия. Спазматическая форма аккомодационной астенопии связана со стойким или периодическим приближением к глазу дальней точки ясного зрения — ПИНА.

Рефракционная форма мышечной астенопии связана с неkoordinированностью работы аккомодации и конвергенции при близорукости, астигматизме, некорригированной дальнозоркости и анизометропии. Астеническая — с ослаблением внутренних прямых мышц глаза.

Офтальмологу чаще всего приходится сталкиваться со смешанными формами астенопии, когда рефракционные, аккомодационные и глазодвигательные нарушения связаны между собой и усугубляют друг друга. Часто не удается определить, какие из этих нарушений первичны.

Астенопия может формироваться в любом возрасте и при любой рефракции, всегда связана с более или менее активной зрительной нагрузкой и всегда снижает зрительную работоспособность. Пациенты предъявляют

многочисленные глазные и зрительные жалобы, часто сопровождающиеся общими и психоэмоциональными симптомами.

Офтальмолог выявляет: рефракционные нарушения, в том числе слабой степени и ранее недиагностированные; нарушения аккомодации, более выраженные на ведущем глазу; нарушения мышечного равновесия, чаще экзофорию для близи более 6 пр. дптр; симптомы «сухого глаза».

Диагностика сводится к установлению возможной причины астенопии. После этого принимается решение об оптической коррекции, функциональном и медикаментозном лечении. Оно бывает сугубо индивидуальным.

### Пресбиопия

Термин происходит от греч. *presbys* — старый и *ops, opos* — глаз, зрение. Большая медицинская энциклопедия предлагает следующую формулировку: «пресбиопия, или старческая дальнозоркость, представляет собой ослабление аккомодации, физиологически наступающее в пожилом возрасте». Безусловно, такая «жесткая» формулировка не может звучать в присутствии пациента.

В патогенезе пресбиопии ведущая роль принадлежит уплотнению вещества хрусталика, в результате чего он перестает изменять свою преломляющую силу при перемещении взора на конечное расстояние. Это наиболее старая в историческом смысле, но не утратившая до наших дней актуальности теория (Gullstrand A., 1908; Fincham E.F., 1937; Fisher R.F., 1971; Pau H., Kranz J., 1991; Glasser A., Campbell M.C.W., 1998).

Несмотря на очевидность процесса факосклероза, это не единственный фактор в патогенезе пресбиопии. Определенную роль играет возрастное изменение эластичности капсулы хрусталика: к 60-75 годам капсула становится толще, затем истончается, эластичность ее с возрастом резко снижается, что препятствует изменению формы хрусталика (Fisher R.F., 1969; Krag S. et al., 1997). Ряд авторов указывают на роль возрастных изменений в связочном аппарате хрусталика. За счет увеличения размера хрусталика зона прикрепления цинновых связок к экватору хрусталика смещается вперед, угол между капсулой и связками в зоне прикрепления уменьшается. Это приводит к тому, что в процессе дезаккомодации напряжения,

создаваемого связками на капсуле хрусталика, становится недостаточно для ее уплощения, хрусталик остается выпуклым и как бы все время аккомодирует (Farnsworth P.N., Shyne S.E., 1979; Koretz J.F., Handleman G.H., 1986; Bito L.Z., Miranda O.C., 1989; Pierscionek B.K., Weale R.A., 1995).

Инволюционные изменения в глазу человека затрагивают и цилиарную мышцу. Было установлено, что с 30 до 85 лет цилиарная мышца укорачивается в 1,5 раза; площадь радиальной порции уменьшается, площадь циркулярной порции увеличивается, в меридиональной порции увеличивается количество соединительной ткани, вершина мышцы приближается к склеральной шпоре, приобретая вид аккомодирующей мышцы молодого человека (Tamm S., Tamm E., Rohen J.W., 1992). Кроме того, в цилиарном теле уменьшается количество лизосом в миоцитах, нарушается миелинизация нервных окончаний, снижается эластичность коллагеновых волокон, что ведет к уменьшению сократительной способности мышцы (Lütjen-Drecoll E., Tamm E., Kaufman P.L., 1988; True-Gabelt B., Kaufman P.L., Polansky J.R., 1990; Tamm E., Lütjen-Drecoll E., Jungkunz W., Rohen J.W., 1991; Poyer J.F., Kaufman P.L., Flügel C., 1993).

Сроки начала пресбиопии и быстрота ее развития зависят от совокупности генетических, биофизических и биохимических факторов.

Пресбиопия — физиологическое состояние глаза, однако возрастное увеличение размера хрусталика и нарушение процессов аккомодации и дезаккомодации могут играть значительную роль в патогенезе глаукомы. Сама по себе пресбиопия, не являясь причиной глаукомы, в глазах с анатомической и биохимической предрасположенностью может приводить к изменениям, вызывающим повышение внутриглазного давления. В небольших по размеру глазах с узким углом передней камеры возможно развитие блокады угла и закрытоугольной глаукомы. Чаще всего эти глаза имеют гиперметропическую рефракцию. В глазах с широким углом передней камеры могут возникать изменения другого характера. Увеличение размера и уплотнение хрусталика приводит к уменьшению амплитуды экскурсий цилиарного тела, что в свою очередь уменьшает объем жидкости, вытесняемый из передней камеры. Это приводит к состоянию гипоперфузии дренажной системы глаза. В норме в трабекулярном аппарате

Таблица 5.1

Рекомендованная величина оптимальной аддидации для разных расстояний в зависимости от объема абсолютной аккомодации (ОАА), дптр\*

ОАА	Возраст	$A_{комф}$ (2/3 ОАА)**	Add для 50 см	Add для 40 см	Add для 33 см	Add для 25 см
3,0	40	2,0	не требуется	0,5	1	2,0
2,75		1,83 (1,75)	не требуется	0,75	1,25	2,25
2,5	45	1,66 (1,5)	0,5	1,0	1,5	2,5
2,25		1,5	0,5	1,0	1,5	2,5
2,0	50	1,33 (1,25)	0,75	1,25	1,75	2,75
1,75		1,16 (1,0)	1,0	1,5	2,0	3,0
1,5	55	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0
1,25		0,83 (0,75)	1,25	1,75	2,25	3,25
1,0	60	0,66 (0,5)	1,5	2,0	2,5	3,5
0,75		0,5	1,5	2,0	2,5	3,5
0,5	65	0,33 (0,25)	1,75	2,25	2,75	3,75
0		0	2,0	2,5	3,0	4,0

ПРИМЕЧАНИЕ: \* — использована таблица, предложенная пособием для офтальмологов и оптометристов «Практическая рефракция» (М.: Ессилор, 2008. С. 38);

\*\*  $A_{комф}$  — аккомодация комфорта предполагает, что для комфортной работы на близком расстоянии возможно затрачивать не более 2/3 объема абсолютной аккомодации (критерий Персиваля), именно этот критерий приведен в данной таблице. Есть мнение, что этот критерий применим для ОАА более 2,0 дптр. При меньших значениях ОАА аккомодация комфорта  $A_{комф}$  составляет 1/2 ОАА.

существует равновесие между процессами синтеза и вымывания гликозаминогликанов. Гипоперфузия дренажной системы ведет к увеличению содержания в ней сульфатированных гликозаминогликанов и, как следствие, к снижению ее проницаемости и развитию открытоугольной глаукомы (Золотарев А.В., Карлова Е.В., 2010).

Для большинства людей пресбиопия представляет возрастное изменение аккомодации, заключающееся в отдалении от глаза ближайшей точки ясного зрения, что происходит в основном за счет снижения эластических свойств хрусталика. Основоположником учения о пресбиопии признан F. Donders.

Пресбиопия неизменно развивается у всех людей независимо от рефракции и манифестирует обычно в возрасте 40-50 лет. Жалобы пациентов сводятся к снижению остроты зрения

вблизи, в том числе и в привычных очках. Очевидно, что миопы в 2,0-4,0 дптр менее всего страдают от пресбиопии — острота зрения вблизи без коррекции у них остается высокой.

Коррекция пресбиопии сводится к подбору добавочной коррекции для близости — аддидации (ADD, Add), которая постепенно усиливается по мере возрастного ослабления способности к аккомодации и выраженности симптомов пресбиопии. Ориентировочно величина аддидации может быть определена по возрасту пациента. Большинству российских офтальмологов известна формула  $A = (B - 30)/10$ , где A — величина аддидации; B — возраст пациента. Эта формула неизменно приписывается F. Donders (возможно, это и так, но в литературе мы не нашли этому подтверждений) и применима только для рабочего расстояния 33 см. Ю.З. Розенблюм с соавт. (2003) предлагает внести в эту формулу поправочный

коэффициент 0,8 ( $A = 0,8 \times (B - 30)/10$ ), что делает ее более соответствующей оптическим потребностям современного пресбиопы, однако и такой расчет может служить лишь ориентиром, поскольку при выборе аддидации учитывают не столько возраст, сколько привычное рабочее расстояние и величину остаточной аккомодации (табл. 5.1).

Коррекция пресбиопии в настоящее время может быть реализована тремя способами: очковая коррекция; контактная коррекция; интраокулярная коррекция и другие способы хирургической коррекции.

Несмотря на успехи контактологии и рефракционной хирургии, очки пока остаются приоритетным способом коррекции пресбиопии.

#### Нарушения аккомодации после рефракционных операций

Нарушения аккомодации у лиц, перенесших рефракционные операции, по-видимому, явление нередкое. Однако в литературе этому уделено очень мало внимания. Такие нарушения чаще носят транзитный характер, но могут быть и продолженными.

В послеоперационном периоде пациенты могут предъявлять жалобы на снижение зрения вблизи. При этом зрение может улучшаться при избирательном направлении взора — возникают затруднения при работе на близком расстоянии, быстрое утомление. Пациенты испытывают трудности в фокусировке при переводе взора с дальнего на ближнее расстояние.

Характер нарушений аккомодации зависит от вида вмешательства, а также связан с состоянием аккомодации до операции и предшествующей операции коррекции. Известно, что после роговичных вмешательств фокусная зона расширяется и удлиняется, поэтому субъективно определяемый по оптотипам объем абсолютной аккомодации может быть увеличен. Значения относительной аккомодации, по-видимому, зависят от ее состояния перед операцией и от сохранности бинокулярного зрения после нее (Розенблюм Ю.З.). С другой стороны, было замечено, что лица с миопией, пользовавшиеся до операции контактными линзами, менее всего склонны к аккомодационным нарушениям в послеоперационном периоде. S. Airiani (2006) и G. Prakash (2007) описаны случаи развития спазма аккомодации после рефракционных операций.

При имплантации факичных интраокулярных линз (ИОЛ) объем аккомодации обычно снижается. При артификации, в случаях имплантации монофокальных ИОЛ, объем абсолютной аккомодации отсутствует, что закономерно. Однако при попытке его измерения определяется объем абсолютной аккомодации в пределах 1,0-2,0 дптр, что следует расценивать как псевдоаккомодацию.

#### Литература

1. Аветисов Э.С., Мац К.А. Метод тренировки цилиарной мышцы при ослабленной аккомодации // Вопросы профилактики, патогенеза и лечения заболеваний органа зрения у детей. Материалы научн. конф. М., 1971. С. 60-63.
2. Бржеский В.В., Воронцова Т.Н., Ефимова Е.Л., Прусинская С.М. Эффективность препарата ирифрин 10% в лечении детей с привычно-избыточным напряжением аккомодации // Клини. офтальмол. 2008. Т. 9, № 3. С. 90-93.
3. Волкова Е.М., Страхов В.В. Применение ирифрина как стимулятора аккомодации для дали // Клини. офтальмол. 2005. Т. 6, № 2. С. 86-90.
4. Головин С.С. Клиническая офтальмология. Том 1. Методика исследования и симптоматология глазных болезней. М.: Гос. издательство, 1923. С. 452-486.
5. Дашевский А.И. Ложная близорукость. М.: Медицина, 1973. 152 с.
6. Егорова А.В., Мыкольников Е.С. Препарат ирифрин 2,5% в терапии компьютерного зрительного синдрома // Клини. офтальмология. 2009. № 1. С. 30-32.
7. Жаров В.В., Егорова А.В., Конькова Л.В. Комплексное лечение аккомодационных нарушений при приобретенной миопии. Ижевск, 2008. 104 с.
8. Жукова О.В., Смирницкая Е.Ю., Подсевакина Т.А. и др. Комплексная оценка влияния инстилляций 2,5% ирифрина на аккомодацию и состояние вегетативной нервной системы у детей с прогрессирующей близорукостью слабой степени и спазмом аккомодации // Ерошевские чтения: труды Всерос. конф., посвящ. 105-летию со дня рождения Т.И. Ерошевского. Самара, 2007. С. 650-653.
9. Жукова О.В., Ишчулова Н.А., Русяева Р.А., Скворцова С.В. Влияние инстилляций 2,5% ирифрина на выраженность астенопического синдрома у лиц молодого возраста, постоянно работающих за компьютером // Рефракция 2008: сб. науч. тр. межрег. конф., посвящ. 45-летию СКОБ им. Т.И. Ерошевского и 15-летию Самарского ЦКЗ «Октопус». Самара, 2008. С. 35-36.



10. Заяни Набил. Эффективность медикаментозных методов лечения спазма аккомодации у детей. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2012. 19 с.
11. Золотарёв А.В., Карлова Е.В. Роль пресбиопических изменений в патогенезе первичной глаукомы // IX съезд офтальмологов России. Тез. докл. М., 2010. С. 150.
12. Корнюшина Т.А., Ибрагимов А.В., Кащенко Т.П., Магарамова М.Д. Аккомодативная астигматизация у школьников с аметропией слабой и средней степени // Рос. педиатрическая офтальмол. 2011. № 1. С. 20.
13. Кушнаревич Н.Ю. Астигматизация и ошибки оптической коррекции // Рос. офтальмол. журн. 2009. Т. 2, № 2. С. 56-59.
14. Лазук А.В., Иомдина Е.Н. Результаты функционального лечения нарушений аккомодации при прогрессирующей миопии // Биомеханика глаза – 2004: сб. науч. тр. М., 2004. С. 23-25.
15. Лев О.С., Розенблюм Ю.З., Елхов Л.В., Паутова Л.В. Бинокулярная методика определения коррекции для близости с помощью комплекса «компьютер-жидкокристаллические очки». Пособие для врачей. М., 2003. 22 с.
16. Мац К.А., Лохтина Н.И. Результаты домашних тренировочных упражнений для цилиарной мышцы при слабой миопии. Миопия. М., 1974. С. 109-121.
17. Розенблюм Ю.З., Проскура О.В. Острота зрения, рефракция и аккомодация у детей // Зрительные функции и их коррекция у детей / Под ред. Аветисова С.Э., Кащенко Т.П., Шамшиновой А.М. М.: Медицина, 2005. С. 38-65.
18. Сомов Е.Е. Введение в клиническую офтальмологию. СПб.: ПМИ, 1993. 198 с.
19. Сомов Е.Е. Методы офтальмоэргоники. Л.: Наука, 1989. 157 с.
20. Сомов Е.Е. О некоторых вопросах работоспособности и зрительного утомления операторов зрительного профиля // Офтальмол. журн. 1986. № 8. С. 452-455.
21. Тарутта Е.П., Ходжабежан Н.В., Филинова О.Б., Кружкова Г.В. Влияние постоянной дозированной слабомиопической дефокусировки на постнатальный рефрактогенез // Вестн. офтальмол. 2008. № 6. Т. 124. С. 21-24.
22. Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Тарасова Н.А., Филинова О.Б. Влияние 2,5% ирифрина на показатели аккомодации и динамику рефракции у пациентов с прогрессирующей миопией // Рос. офтальмол. журн. 2010. Т. 3, № 2. С. 30-34.
23. Филинова О.Б. Динамика рефракции и мышечного баланса у детей на фоне постоянной слабомиопической дефокусировки в бинокулярном и монокулярном альтернирующем формате // Рос. педиатрическая офтальмол. 2009. № 1. С. 31-33.
24. Шаповалов С.Л., Корнюшина Т.А. Аккомодационная способность глаза // Зрительные функции и их коррекция у детей / Под ред. Аветисова С.Э., Кащенко Т.П., Шамшиновой А.М. М.: Медицина, 2005. С. 93-119.
25. Airiani S., Braunstein R.E. Accommodative spasm after laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) // Am. J. Ophthalmol. 2006. V. 141, N 6. P. 1163-1164.
26. Bito L.Z., Miranda O.C. Accommodation and presbyopia // Eds by Reinecke R.D. / Ophthalmol. Annual. 1989. P. 103-128.
27. Ciuffreda K.J. Accommodation, the Pupil, and Presbyopia // Borish's clinical refraction / Eds by Benjamin W.J. St. Louis: Butterworth-Heinemann, 2006. P. 93-144.
28. Duane A. Anomalies of the accommodation clinically considered // Trans. Am. Ophthalmol. Soc. 1915. N 1. P. 124-134.
29. Farnsworth P.N., Shyne S.E. Anterior zonular shifts with age // Exper. Eye Res. 1979. N 28. P. 291-297.
30. Fincham E.F. The mechanism of accommodation // Br. J. Ophthalmol. 1937. N 8. P. 5-80.
31. Fisher R.F. Elastic constants of the human lens capsule // J. Physiology. 1969. V. 201. P. 1-19.
32. Fisher R.F. The elastic constants of the human lens // J. Physiology. 1971. V. 212. P. 147-180.
33. Glasser A., Campbell M.C.W. Presbyopia and the optical changes in the human lens with age // Vis. Res. 1998. V. 38. P. 209-229.
34. Koretz J.F., Handleman G.H. Modeling age-related accommodative loss on the human eye // Mathematical Modellin. 1986. N 7. P. 1003-1014.
35. Krag S., Olsen T., Andreassen T.T. Biomechanical characteristics of the human anterior lens capsule in relation to age // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1997. V. 38. P. 357-363.
36. Lütjen-Drecoll E., Tamm E., Kaufman P.L. Age changes in rhesus monkey ciliary muscle: light and electron microscopy // Exper. Eye Res. 1988. V. 47. P. 885-899.
37. Lütjen-Drecoll E., Tamm E., Kaufman P.L. Age-related loss of morphologic responses to pilocarpine in rhesus monkey ciliary muscle // Arch. Ophthalmol. 1988. V. 106. P. 1591-1598.
38. London R., Wick B., Kirschen D. Post-traumatic pseudomyopia // Optometry. 2003. V. 74, N 2. P. 111-120.
39. Monteiro M.L., Curi A.L., Pereira A. et al. Persistent accommodative spasm after severe head trauma // Br. J. Ophthalmol. 2003. V. 87, N 2. P. 243-244.
40. Pau H., Kranz J. The increasing sclerosis of the human lens with age and its relevance to accommodation and presbyopia // Graefe's Arch. Clin. Exper. Ophthalmol. 1991. V. 229. P. 294-296.

41. Pierscionek B.K., Weale R.A. Presbyopia-a maverick of human aging // Arch. Gerontology and Geriatrics. 1995. V. 20. P. 229-240.
42. Poyer J.F., Kaufman P.L., Flügel C. Age does not affect contractile response of the isolated monkey ciliary muscle to muscarinic agonists // Curr. Eye Res. 1993. V. 12. P. 413-422.
43. Prakash G., Sharma N., Sharma P. et al. Accommodative spasm after laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) // Am J. Ophthalmol. 2007. V. 143, N 3. P. 540-541.
44. Rutstein R.P., Daum K.M., Amos J.F. Accommodative spasm: a study of 17 cases // J. Am. Optom. Assoc. 1988. V. 59, N 7. P. 527-538.
45. Sarkies N.J., Sanders M.D. Convergence spasm // Trans. Ophthalmol. Soc. UK. 1985. V. 104. P. 782-786.
46. Rutstein R.P. Accommodative spasm in siblings: a unique finding // Indian J. Ophthalmol. 2010. V. 58, N 4. P. 326-327.
47. Tamm E., Lütjen-Drecoll E., Jungkunz W., Rohen J.W. Posterior attachment of ciliary muscle in young, accommodating old, presbyopic monkeys // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1991. V. 32. P. 1678-1692.
48. Tamm S., Tamm E., Rohen J.W. Age-related changes of the human ciliary muscle. A quantitative morphometric study // Mechanisms of Ageing and Development. 1992. V. 62. P. 209-221.
49. True-Gabelt B., Kaufman P.L., Polansky J.R. Ciliary muscle muscarinic binding sites, choline acetyltransferase, and acetylcholinesterase in aging rhesus monkey // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1990. V. 31. P. 2431-2436.