

Н. М. Сергиенко, Д. П. Никоненко

Национальная медицинская академия  
последипломного образования имени П.Л. Шупика МЗ Украины  
– Киев, Украина

УДК 617.726-009.17

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛУБИНЫ ФОКУСА И ОБЪЕМА ПСЕВДОАККОМОДАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С АРТИФАКИЕЙ

**Целью** работы было измерение объема аккомодации и объема псевдоаккомодации, используя разработанный метод с опто типами с постоянным угловым размером, соответствующим остроте зрения 1,0.

**Методы и материалы.** В исследовании приняли участие 20 пациентов после катарактальной хирургии. Для измерения объема аккомодации использовался push-up метод с наборами кругов Ландольта. Угловой размер кругов соответствовал остроте зрения 1,0, 0,8 и 0,5 для различных расстояний – от 5,0 см до 40 см. Чтобы обеспечить точность размера тестовых объектов, была применена электронно-лучевая литография.

**Результаты и их обсуждение.** Полученные данные совпадают с данными предыдущих исследований; глубина фокуса, согласно работе Сергиенко Н. М., Тутченко Н. Н., –  $1,12 \pm 0,086$  дптр, что почти совпадает с полученными нами результатами –  $1,04 \pm 0,50$  дптр.

**Выводы.** Разработанный метод измерения глубины фокуса, базирующийся на использовании пороговых тест-объектов, позволяет получить точные результаты. Полученные результаты совпадают с полученными Н.М. Сергиенко и Н.Н. Тутченко ранее результатами, хотя были использованы другие оптические принципы.

**Ключевые слова:** *опто типы постоянного углового размера, псевдоаккомодация, проксиметрия, push-up метод, объем аккомодации, катарактальная хирургия.*

Способность человеческого глаза видеть четко на разные расстояния обеспечивается в основном за счет изменения оптической силы хрусталика. Однако имеется еще одна – пассивная функция, недавно получившая название псевдоаккомодации. Это – способность глаза иметь достаточно высокую остроту зрения без активной деятельности хрусталика или даже при его отсутствии. Примерами такого феномена является афакическая аккомодация. Кроме того, пожилой человек с пресбиопией и эмметропической рефракцией, тем не менее, способен различать мелкий (газетный) шрифт через диафрагму порядка 1 мм в диаметре.

Псевдоаккомодацию представляет, прежде всего, глубина фокуса, выражаемая в диоптриях и относящаяся к самой высокой остроте зрения каждого отдельного глаза в пределах 1,0–2,0. Проекция глубины фокуса в пространство получила название глубины поля (depth of field). Важно отметить, что человеческий глаз способен различать достаточно мелкие объекты, соответственно остроте зрения 0,9–0,5, и эта способность, выраженная в диоптриях, значительно превышает глубину фокуса, но также представляет псевдоаккомодацию.

Точная оценка объема псевдоаккомодации приобрела в настоящее время весьма актуальное значение в связи с необходимостью оценки реальной эффективно-

сти мультифокальных и аккомодирующих хрусталиков. Недавно опубликованная работа по измерению глубины фокуса (Сергиенко Н.М., Тутченко Н.Н.) признана одной из лучших, выполненных за последние 15 лет (по данным BioMedLib). Однако технически известный метод отличается громоздкостью. В связи с этим возникла необходимость разработки нового устройства и метода, которые были бы удобны и легко выполнимы на практике, но принципиальная база оставалась бы такой же.

**Материалы и методы.** Двадцать системно и офтальмологически здоровых субъектов приняли участие в исследовании. Протокол исследования был одобрен Этической комиссией НМАПО им. П. Л. Шупика (Киев, Украина). Информированное согласие на участие в исследовании было получено от всех субъектов исследования.

Критерием включения была острота зрения 1,0. Критериями исключения были отсутствие полного понимания или согласия с требованиями исследования, близорукость, дальновзоркость. Для рефрактометрии использовался автокераторефрактометр (Topconcorp., RM-A2000).

Исследование проводилось в дневное время суток. Все измерения проводились дважды, регистрировался средний арифметический результат.

Глубина фокуса определялась при помощи специально созданного устройства для точного определения объема аккомодации с упором для подбородка и лба и подвижной частью, которая содержит оптоотипы (рис. 1).



Рис. 1. Устройство для измерения ближайшей точки ясного зрения

В качестве оптоотипов использовались кольца Ландольта. Оптоотипы были нанесены на стеклянную пластину и расположены в группах по 5 оптоотипов. Каждая группа располагалась в отдельной ячейке (рис. 2а). Расстояние между оптоотипами в одной группе было бóльшим, чем сам оптоотип, в 1–2 раза в разных группах (рис. 2б).

Для обеспечения высокого контраста и высокой точности нанесения ахроматических оптоотипов на стеклянную пластину использовалась электронно-лучевая литография (цвет оптоотипов – черный, контраст по Веберу – 97%). Устройство позволяет показывать только одну группу оптоотипов на каждой дистанции. При изменении расстояния изменяется и экспонируемая группа оптоотипов. Яркость фона регулировалась и в среднем составляла 75 кд/м<sup>2</sup>. Принципом устройства является то, что каждая группа оптоотипов, а именно колец Ландольта, точно соответствует нормальному зрению на каждой дистанции. Для остроты зрения 1,0 размер кольца Ландольта составляет 5 угловых минут, размер разрыва в кольце – пятую часть этой величины, то есть 1 угловую минуту. Линейный размер оптоотипов для каждой дистанции рассчитывался по формуле:

$$L = 2D \tan \frac{\alpha}{2},$$

где

L – линейный размер оптоотипа;

D – расстояние от глаза субъекта до плоскости, в которой находится оптоотип;

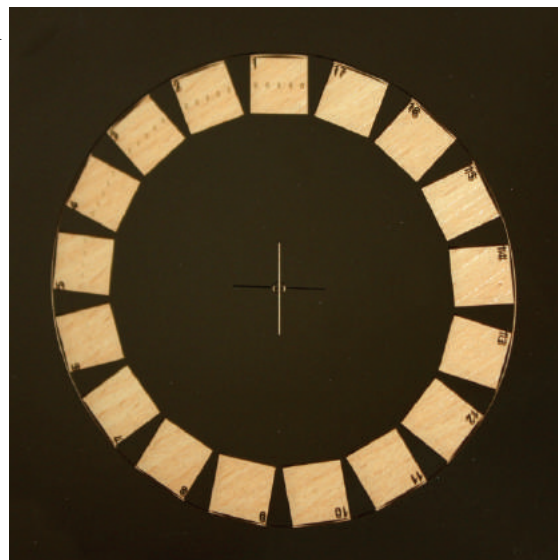
$\alpha$  – угловой размер оптоотипа.

Для остроты зрения 0,8 и 0,5 были проведены соответствующие перерасчеты дистанции экспозиции и аккомодационного стимула. При экспозиции оптоотипов использовались дополнительные стекла с оптической силой 4, 5 или 8 дптр.

Линейный размер оптоотипов каждой группы отвечал 5 угловым минутам для дистанций от 20 до 33,3 см.

Голова фиксировалась в упорах для лба и подбородка. Парный глаз закрывался заслонкой. Перед началом измерения у участников исследования уточняли, какой глаз субъективно лучше. Если участник не отмечал разницы между качеством зрения на обоих глазах, измерение проводили на правом глазу, иначе измерение проводили на субъективно лучшем глазу.

А



Б

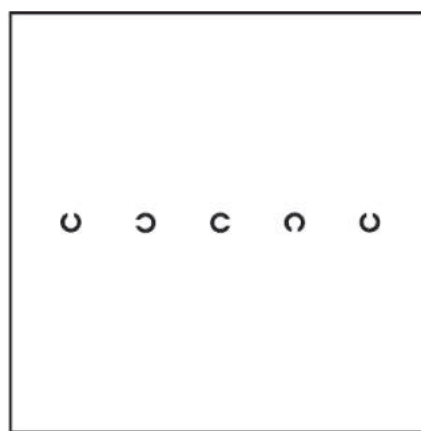


Рис. 2. (а) Стеклянная пластинка с наборами оптоотипов, (б) Пример размещения оптоотипов в одной группе

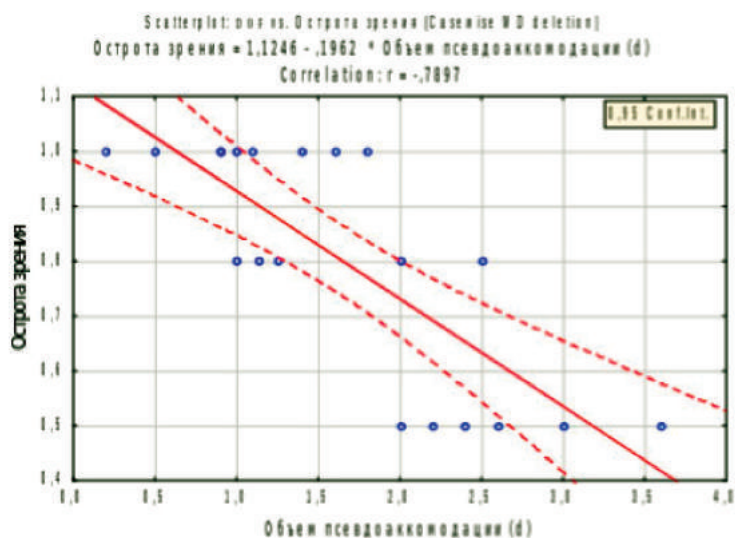


Рис. 3. Зависимость объема псевдоаккомодации от остроты зрения при диаметре зрачка 3,24 мм. Сплошная линия показывает тенденцию средних величин, пунктирные – доверительный интервал (для доверительного уровня 95%)

Оптотипы располагались перед глазом по зрительной оси. Испытуемых просили указать направление разрывов в кольцах Ландольта слева направо и справа налево. Исследователь проверял правильность ответов с помощью таблицы. Положительный результат по группе оптопов регистрировался, если была допущена максимум одна ошибка. Ширина зрачка измерялась фотографически.

Оптотипы экспонировались на расстояниях соответственно предварительным расчетам так, чтоб линейный размер оптопов каждой группы отвечал 5 угловым минутам. Наиболее близкая глазу позиция и наиболее дальняя от глаза позиция, в которых не наблюдалось размытия оптопов, считались границами зоны приемлемого дефокуса ΔF (или границами глубины фокуса и объема псевдоаккомодации).

**Результаты и их обсуждение.** В группе пациентов с остротой зрения 1,0 глубина фокуса составила  $1,04 \pm 0,50$  дптр при ширине зрачка –  $3,39 \pm 1,33$  мм.

В группе пациентов с остротой зрения 0,8 объем псевдоаккомодации составил  $1,57 \pm 0,65$  дптр при ширине зрачка –  $3,11 \pm 1,21$  мм.

В группе пациентов с остротой зрения 0,5 величина объема псевдоаккомодации составила  $2,63 \pm 0,58$  дптр в условиях ширины зрачка –  $3,13 \pm 1,08$  мм.

Полученные результаты указывают на достоверное снижение объема псевдоаккомодации с ростом остроты зрения.

Результаты нашего исследования логически совпадают с результатами предыдущих исследований. Глубина фокуса, согласно исследования Сергиенко Н.М. и Тутченко Н.Н., составляла  $1,12 \pm 0,086$  дптр, что почти совпадает с результатом, полученным нами –  $1,04 \pm 0,50$  дптр, несмотря на существенное различие в методах. Наш результат также совпадает с результата-

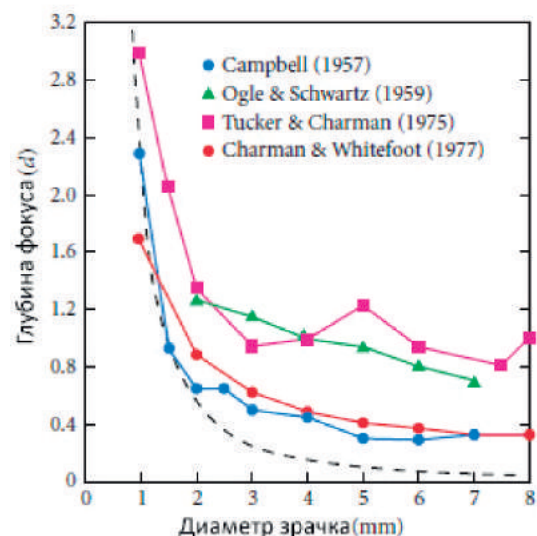


Рис. 4. Зависимость глубины фокуса от диаметра зрачка, данные предыдущих исследований

ми исследований, полученными ранее зарубежными учеными, особенно близки результаты Ogle&Schwarz (1959) и Tucker&Charman (1975) [1–5].

Полученные результаты указывают на достоверное снижение глубины фокуса с ростом остроты зрения (коэффициент корреляции Пирсона  $r = -0,7897$ ,  $p < 0.01$ ). Это совпадает с концепциями геометрической и физической оптики, поскольку низкая острота зрения, как и монохроматические аберрации, увеличивают дефокус ΔF [6–9].

### Выводы

Разработанный метод измерения глубины фокуса основан на использовании пороговых объектов, что создает условия для получения точных результатов.

Полученные данные глубины фокуса совпали с результатами предыдущих исследований, построенных также на использовании пороговых объектов.

Величина объема псевдоаккомодации зависит от угловой величины тестовых объектов.

### Литература

1. Cheng X. Predicting Subjective Judgement of Best Focus with Objective image Quality Metrics / X. Cheng, A. Bradley, L. N. Thibos // Journal of vision. – 2004. – № 4. – С. 310–321.
2. Ogle K. N. Depth-of-Focus for the Human Eye / K. N. Ogle, J. T. Schwartz // Journal of the Optical Society of America. – 1959. – № 49. – С. 273–280.
3. Tucker J. The Depth-of-Focus of the Human Eye for Snellen Letters / J. Tucker, W. N. Charman // American journal of optometry and physiological optics. – 1975. – № 52. – С. 3–21.
4. Charman W. N. Pupil Diameter and Depth-of-Field of the Human Eye as Measured by Laser Speckle / W. N. Charman, H. Whitefoot. // Optica Acta: In-



- ternational Journal of Optics. – 1977. – № 24. – С. 1211–1216.
5. *Atchison D. A.* Subjective Depth-of-Focus of the Eye / D. A. Atchison, W. N. Charman, R. L. Woods // *Optometry And Vision Science.* – 1997. – № 74. – С. 511–520.
  6. *Byram G. M.* The Physical and Photochemical Basis of Resolving Power. Part I. The Distribution of Illumination in Retinal Images. / G. M. Byram // *Journal of the Optical Society of America.* – 1944. – № 34. – С. 571–591.
  7. *Hallden U.* Diffraction and Visual Resolution. Part I. The Resolution of Two Point Sources of Light / U. Hallden // *Acta Ophthalmologica.* – 1973. – № 51. – С. 72–79.
  8. *Riggs L. A.* Visual Acuity // *Vision and Visual Perception* / L.C.Riggs; H. Graham (ed.). – New York, Wiley, 1966. – С. 321–349.
  9. *Green D. G.* Effect of Focus on the Visual Response to a Sinusoidally Modulated Spatial Stimulus / D. G. Green, F. W. Campbell // *Journal of the Optical Society of America.* – 1965. – № 55. – С. 1154–1157.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГЛИБИНИ ФОКУСУ ТА ОБ'ЄМУ ПСЕВДОАКОМОДАЦІЇ У ПАЦІЄНТІВ З АРТИФАКІЄЮ

*М. М. Сергієнко, Д. П. Никоненко*

**Метою** роботи було вимірювання об'єму акомодациі і обсягу псевдоакомодациі використовуючи розроблений метод з опто типами з постійним кутовим розміром, що відповідає гостроті зору 1,0.

**Методи та матеріали.** У дослідженні взяли участь 20 пацієнтів після катарактальної хірургії. Для вимірювання об'єму акомодациі використовувався push-up метод з наборами кілець Ландольта. Кутовий розмір кілець відповідав гостроті зору 1,0, 0,8 і 0,5 для різних відстаней – від 5,0 см до 40 см. Щоб забезпечити точність розміру тестових об'єктів, була застосована електронно-променева літографія.

**Результати та їх обговорення.** Отримані дані збігаються з даними попередніх досліджень; глибина фокуса, згідно роботи Сергієнка М. М., Тутченка М. М., –  $1,12 \pm 0,086$  дптр, що майже збігається з отриманими нами результатами –  $1,04 \pm 0,50$  дптр.

**Висновки.** Розроблений метод вимірювання глибини фокуса, який базується на використанні граничних тест-об'єктів, дозволяє отримати точні результати. Отримані результати збігаються з отриманими М. М. Сергієнком та Н. Н. Тутченком раніше результатами, хоча були використані інші оптичні принципи.

**Ключові слова:** *оптотипи постійного кутового розміру, псевдоакомодациія, проксиметрія, push-up метод, обсяг акомодациі, катарактальна хірургія.*

## DEPTH OF FIELD AND AMPLITUDE OF PSEUDOACCOMMODATION MEASUREMENT IN PATIENTS WITH ARTIPHAKIA

*N. M. Sergienko, D. P. Nikonenko*

National Medical Academy of Postgraduate Education named after P. L. Shupik  
of the Ministry of Public Health of Ukraine  
*Kyiv, Ukraine*

**Background.** The aim was to evaluate the amplitude of accommodation and pseudoaccommodation using test objects designed with constant angular size corresponding to 6/6 visual acuity.

**Methods.** In total, 20 patients with good ocular and systemic health having cataract surgery were recruited for the study. A push-up method was conducted, with the near-vision target having a set of Landolt's broken circles. The angular size of the circles corresponded to a 1,0, 0,8 and 0,5 visual acuity for various distances from 5.0cm to 40cm. To ensure precision of the object size, the electron beam lithographic technique was applied.

**Results.** Obtained data is coincident with data from previous studies; the depth of focus according to the study Sergienko NM and NN Tutchenko was  $1,12 \pm 0,086$  diopters, which is almost identical with the obtained results –  $1,04 \pm 0,50$  diopters.

**Conclusion.** The developed method of measuring the depth of focus is based on a threshold objects, the method allows obtaining more accurate results. The results are coincident with the results of previous studies by M.M. Sergienko and N.N. Tutchenko, although latter were obtained using another optical principles.

**Key words:** *constant angular size target, pseudoaccommodation, proximeter, push-up method, volume of accommodation, cataract surgery.*