

7. Elastichnaya intraokulyarnaya linza s torsionnoi gaptikoi (Elastic intraocular lens with torsional haptics): patent № 2208418 Ros. Federaciya; zayavl. 08.06.2001; opubl. 20.07.2003. Bjul. №20. (in Russ)
8. Kuznetsov S.L., Uzunyan D.G., Zakhidov A.B., Novikov S.V., Selifanov Yu.V. IOL s torsionnoi gaptikoi. Klinicheskie rezul'taty izucheniya ob'emozameshchayushchei modeli IOL with «torsion» haptics. (Clinical results of studying the volume-substituting model). Oftal'mokhirurgiya. 2010; 2:24-29. (in Russ)
9. Holladay J.T. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculation. J. Cataract Refr. Surg. 1997; 23:1356-1370. (in Engl)
10. Cooke David L, Waldron Rhonda, Savini Giacomo, Riaz Kamran M Taroni Leonardo, Murphy David A., Guaraldi Fabio. Immersion ultrasound biometry vs optical biometry. J. Cataract Refr. Surg. 2022; 48(7):819-825. (in Engl) DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000865
11. Lens Constants. East Valley Ophthalmology Eye Doctors Mesa AZ. Optical Biometry Lens Constants. [Electronic resource] URL: <https://doctor-hill.com/iol-power-calculations/optical-biometry/lens-constants/> (date of access: 01.02.2025) (in Engl)

УДК 617.741-007.

© Э.Н. Билалов, А.Э. Нозимов, О.И. Орипов, 2025

Э.Н. Билалов, А.Э. Нозимов, О.И. Орипов
**ДИАГНОСТИКА СЛАБОСТИ
 СВЯЗОЧНО-КАПСУЛЯРНОГО АППАРАТА ХРУСТАЛИКА
 I СТЕПЕНИ МЕТОДОМ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ПНЕВМОТОНОМЕТРИИ**
Ташкентская медицинская академия, г. Ташкент

Цель. Оценить эффективность измерения внутриглазного давления (ВГД) в разных положениях тела как метода диагностики слабости связочно-капсулярного аппарата хрусталика (СКАХ) I степени.

Материал и методы. Обследованы 34 пациента (59 глаз) с диагнозом возрастной катаракты. Всем пациентам проводили измерение ВГД в положении сидя и лежа с помощью бесконтактного пневмотонометра Keeler Pulsair IntelliPuff. Критерием диагностики слабости СКАХ I степени считалась разница ВГД ≥ 4 мм рт. ст. между измерениями. Пациенты с выявленной слабостью СКАХ дополнительно обследовались с помощью ОКТ переднего отрезка глаза и ультразвуковой биомикроскопии (УБМ).

Результаты. У 17 пациентов (25 глаз) выявлена слабость СКАХ I степени. Средняя разница ВГД у этих пациентов составила $5,7 \pm 1,2$ мм рт. ст. ($p < 0,001$) по сравнению с пациентами с нормальной стабильностью хрусталика - $1,7 \pm 0,8$ мм рт. ст. Дополнительные методы диагностики подтвердили нестабильность связочного аппарата у 84% пациентов по данным ОКТ и у 88% по данным УБМ.

Вывод. Метод сравнительной пневмотонометрии является простым, доступным и информативным способом диагностики слабости СКАХ I степени.

Ключевые слова: слабость связочно-капсулярного аппарата хрусталика, диагностика, внутриглазное давление.

E.N. Bilalov, A.E. Nozimov, O.I. Oripov
**DIAGNOSIS OF GRADE I WEAKNESS OF THE ZONULAR-CAPSULAR
 APPARATUS OF THE LENS USING COMPARATIVE PNEUMOTONOMETRY**

Objective. To evaluate the effectiveness of intraocular pressure (IOP) measurement in different body positions as a diagnostic method for Grade I weakness of the zonular-capsular apparatus of the lens (ZCAL).

Material and methods. The study included 34 patients (59 eyes) diagnosed with age-related cataracts. All patients underwent IOP measurement in sitting and supine positions using a Keeler Pulsair IntelliPuff non-contact pneumotonometer. A difference in IOP ≥ 4 mmHg between measurements was considered a diagnostic criterion for Grade I ZCAL weakness. Patients with detected ZCAL weakness underwent additional anterior segment OCT and ultrasound biomicroscopy (UBM) examinations.

Results. Grade I ZCAL weakness was identified in 17 patients (25 eyes). The average IOP difference in these patients was 5.7 ± 1.2 mmHg ($p < 0.001$), whereas in patients with normal lens stability, it was 1.7 ± 0.8 mmHg. Additional diagnostic methods confirmed zonular instability in 84% of cases according to OCT and in 88% according to UBM.

Conclusion. Comparative pneumotonometry is a simple, accessible, and informative method for diagnosing Grade I ZCAL weakness.

Key words: weakness of the zonular-capsular apparatus of the lens, diagnostics, intraocular pressure.

Катаракта – одно из наиболее распространенных заболеваний органа зрения у пожилых пациентов, требующих хирургического вмешательства. Однако успешность операций по ее удалению во многом зависит от состояния связочно-капсулярного аппарата (СКАХ) хрусталика, который обеспечивает его стабильность [1-3].

Одним из ключевых факторов риска осложнений при факоэмульсификации является слабость связочного аппарата хрусталика, особенно на ранних стадиях (I степень), когда стандартные методы диагностики не всегда позволяют точно выявить патологию [4,6,9]. На сегодняшний день диагностика слабости

СКАХ I степени остается сложной задачей. Существующие методы, такие как биомикроскопия, позволяют выявить только выраженные изменения, а незначительные дефекты волокон цинновых связок или небольшие изменения глубины передней камеры часто остаются незамеченными. Ультразвуковая биомикроскопия (УБМ) требует специализированного оборудования и не всегда оказывается информативной при равномерном растяжении связок. Исследование цинновых связок при псевдоэксфолиативном синдроме ограничено лишь пациентами с данной патологией, а математические методы расчета биометрических данных неэффективны при равномерном ослабле-

нии связочного аппарата [4,5,8,10]. В связи с этим существует необходимость в разработке простого, доступного и точного метода диагностики, который можно использовать в повседневной офтальмологической практике без дополнительных сложных расчетов и дорогостоящего оборудования.

Предложенный метод основан на измерении внутриглазного давления (ВГД) в различных положениях тела – сидя и лежа. Физиологически в нормальном глазу ВГД в положении больного лежа выше, чем в положении сидя. Однако при наличии слабости СКАХ наблюдается обратная закономерность: ВГД в положении сидя оказывается выше, чем в положении лежа, с разницей 4 мм рт. ст. и более. Это связано с тем, что при изменении положения тела происходит смещение стекловидного тела и иридохрусталиковой диафрагмы, приводящее к нарушению циркуляции внутриглазной жидкости. Внедрение данного метода может способствовать раннему выявлению пациентов с риском нестабильности хрусталика во время операции, что позволит офтальмохирургам более точно планировать тактику вмешательства и снизить число интраоперационных осложнений.

Целью исследования явилась оценка эффективности нового метода диагностики слабости СКАХ I степени путем анализа показателей ВГД у пациентов с катарактой без явных признаков данной патологии.

Материал и методы

Критериями включения в исследование были: наличие возрастной катаракты (незрелой или зрелой), глубина передней камеры 2,4-3,0 мм, а также отсутствие выраженных сопутствующих офтальмологических заболеваний, которые могли бы повлиять на результаты измерения ВГД. Были исключены пациенты с любыми клиническими формами глаукомы, миопией высокой степени, подвывихом хрусталика II–III степеней, а также лица, у которых в анамнезе были операции на глазах или системные заболевания, способные оказывать влияние на показатели ВГД.

Методика определения СКАХ заключалась в измерении ВГД в двух положениях тела – сидя и лежа с использованием бесконтактного портативного пневмотонометра Keeler Pulsair IntelliPuff (Великобритания). Внутриглазное давление определялось на первом этапе в положении сидя – пациент находился в стандартном офтальмологическом кресле, его голова фиксировалась на уровне прибора. Выполнялось три последовательных измерения, из которых фиксиро-

валось среднее значение. Следующим этапом пациент принимал горизонтальное положение на кушетке. В этом положении находился 5 минут, затем проводилось повторное измерение ВГД аналогичным образом. Критерием нестабильности иридохрусталиковой диафрагмы и ослабления связочного аппарата I степени считалась разница ВГД между положением сидя и положением лежа ≥ 4 мм рт. ст.

Всем пациентам дополнительно выполняли оптическую когерентную томографию (ОКТ) переднего отрезка глаза для оценки глубины передней камеры и состояния цинновых связок, гониоскопию для исключения повреждений угла передней камеры, а пациентам с выявленной нестабильностью хрусталика – по предложенной методике УБМ для подтверждения диагноза.

На основе полученных данных была сформирована основная группа пациентов, у которых была выявлена нестабильность связочного аппарата хрусталика 17 (25 глаз). В контрольную группу вошли 17 пациентов (34 глаза). У пациентов этой группы не было выявлено признаков слабости связочно-капсулярного аппарата хрусталика, так как разница ВГД между положением сидя и лежа составила менее 4 мм рт. ст. Группы были сопоставимы между собой по полу и возрасту.

Статистический анализ данных проводился с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 26.0. Для сравнения средних значений ВГД между группами использовался t-критерий Стьюдента для независимых выборок.

Результаты и обсуждение

Как видно из данных таблицы, у пациентов с нормальной стабильностью хрусталика ВГД в положении лежа было выше, чем в положении сидя (разница $1,7 \pm 0,8$ мм рт. ст., $p < 0,001$), что соответствует нормальному физиологическому ответу. Напротив, у пациентов со слабостью связочного аппарата хрусталика наблюдалась обратная закономерность – ВГД в положении сидя было значительно выше, чем в положении лежа (разница $5,7 \pm 1,2$ мм рт.ст., $p < 0,001$).

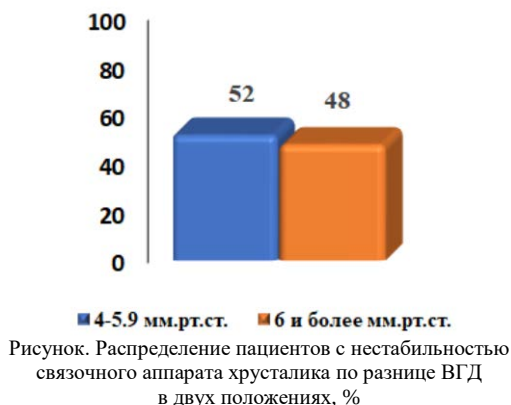
Таблица

Сравнительная характеристика ВГД у пациентов обеих групп (n – кол-во глаз)

Параметр	Основная группа (n=25)	Контрольная группа (n=34)	p
ВГД в положении сидя, мм рт. ст.	$25,2 \pm 3,0$	$18,4 \pm 2,1$	$< 0,001$
ВГД в положении лежа, мм рт. ст.	$19,5 \pm 2,8$	$20,1 \pm 2,3$	0,41
Разница ВГД (сидя-лежа), мм рт. ст.	$5,7 \pm 1,2$	$1,7 \pm 0,8$	$< 0,001$

Статистически достоверно при $p < 0,05$.

Среди пациентов нестабильностью связочного аппарата хрусталика и разницей ВГД ≥ 4 мм рт. ст., у 12 (48%) различие показателей ВГД в положении лежа и сидя превышало 6 мм рт. ст., что может свидетельствовать о значительной нестабильности связочного аппарата и потенциальных рисках во время хирургического вмешательства (см. рисунок).



В основной группе в 21-м из 25-и (84%) случаев на ОКТ были обнаружены признаки изменения положения иридохрусталиковой диафрагмы. Ультразвуковая биомикроскопия, проведенная пациентам с выявленной нестабильностью, подтвердила наличие дефектов или истончения цинновых связок в 22 из 25 случаев (88%).

Полученные результаты подтверждают эффективность предложенного метода диагностики слабости связочно-капсулярного аппарата хрусталика. У пациентов с нормальной стабильностью СКАХ разница ВГД меж-

ду положениями сидя и лежа была незначительной (в среднем 1,7 мм рт. ст.), тогда как у пациентов с нестабильностью связочного аппарата разница превышала 4 мм рт. ст. и достигала 7 мм рт. ст. в отдельных случаях.

Дополнительные методы обследования (ОКТ, УБМ) подтвердили, что выявленные изменения ВГД действительно коррелируют с анатомической нестабильностью хрусталика. При этом предложенный метод является намного более доступным и быстрым по сравнению с УБМ, так как не требует специализированного оборудования и может быть проведен любым офтальмологом в амбулаторных условиях.

Таким образом, предложенный метод позволяет своевременно выявлять пациентов с нестабильностью хрусталика, что дает возможность заранее подготовиться к возможным интраоперационным трудностям и снизить риски осложнений во время хирургического вмешательства, так как офтальмохирург заранее осведомлен о возможных проблемах с фиксацией хрусталика.

Заключение

Анализ результатов исследования показал, что измерение ВГД в разных положениях тела является простым, объективным и высокоинформативным методом диагностики слабости связочно-капсулярного аппарата хрусталика I степени. Применение разработанного нами метода позволяет упростить диагностику слабости СКАХ I степени без дополнительных исследований.

Сведения об авторах статьи:

Билалов Эркин Назимович – д.м.н, профессор кафедры офтальмологии Ташкентской медицинской академии. Адрес: 100109, г. Ташкент, ул. Фараби 3А. E-mail: dr.ben58@mail.ru.
Нозимов Ахмаджон Эркинович – PhD, ассистент кафедры офтальмологии Ташкентской медицинской академии. Адрес: 100109, г. Ташкент, ул. Фараби 3А. E-mail: dr.nae@mail.ru.
Орипов Окилхон Ильясевич – PhD, старший преподаватель кафедры офтальмологии Ташкентской медицинской академии. Адрес: 100109, г. Ташкент, ул. Фараби 3А. E-mail: okil.oripov@mail.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потёмкин В.В., Агеева Е.В. Нестабильность связочного аппарата хрусталика у пациентов с псевдоэкзофолиативным синдромом: анализ 1000 последовательных фактоэмульсификаций // Офтальмологические ведомости. – 2018. – Т. 11, № 1. – С. 41-46.
2. Билалов Э.Н., Нозимов А.Э., Орипов О.И. Способ оценки слабости связочно-капсулярного аппарата хрусталика I степени // Передовая офтальмология. – 2024. – Т. 10, № 4. – С. 17-22.
3. Тахчиди Х.П. Несостоятельность связочного аппарата хрусталика: современные подходы к диагностике и лечению // Вестник РГМУ. – 2024. – Т. 6, № 9. – С. 45-52.
4. Каприн А.Д. Современные методы диагностики слабости связочно-капсулярного аппарата хрусталика // Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2023. – Т. 14, № 2. – С. 33-38.
5. Иванов П.А., Смирнова Е.В. Факоэмульсификация катаракты при несостоятельности связочного аппарата хрусталика // Российский офтальмологический журнал. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 109-115.
6. Экспресс-метод оценки состояния цинновой связки: патент № RU2609048C1 Рос. Федерация; заявл. 19.01.2016; опубл. 30.07.2017. Бюл. № 4. 7 с.
7. Johnson, A. W. Advances in the Management of Zonular Weakness During Cataract Surgery / R. T. Smith // Journal of Cataract & Refractive Surgery. – 2020. – Vol. 46, No. 5. – P. 698-705.
8. Lee, C. Y. Novel Techniques in Assessing Zonular Integrity Preoperatively / Y. H. Chen // Ophthalmology and Therapy. – 2019. – Vol. 8, No. 4. – P. 499-510.
9. Martinez-Torres, J. A. Outcomes of Capsular Tension Ring Implantation in Patients with Zonular Weakness / L. Lopez-Marin // International Ophthalmology. – 2019. – Vol. 39, No. 2. – P. 345-352.
10. Garcia, G.A. Evaluation of Zonular Stability Using Ultrasound Biomicroscopy in Pseudoexfoliation Syndrome / F. J. Rodriguez // Clinical Ophthalmology. – 2018. – Vol. 12. – P. 1231-1237.

REFERENCES

1. Potyomkin V. V., Ageeva E. V. Instability of the lens zonular apparatus in patients with pseudoexfoliation syndrome: analysis of 1000 consecutive phacoemulsifications. *Ophthalmological Bulletin*. 2018;11(1):41–46. (in Russ)
2. Bilalov E. N., Nozimov A. E., Oripov O. I. Method for assessing Grade I weakness of the zonular-capsular apparatus of the lens. *Advanced Ophthalmology*. 2024;10(4):17–22. (in Russ)
3. Takhchidi K. P. Zonular apparatus insufficiency: modern approaches to diagnosis and treatment. *Bulletin of RSMU*. 2024; 6(9):45–52. (in Russ)
4. Kaprin, A. D. Modern diagnostic methods for lens zonular-capsular apparatus weakness. *Medical Education and Professional Development*. 2023;14(2):33–38. (in Russ)
5. Ivanov P. A., Smirnova E. V. Phacoemulsification of cataract in cases of lens zonular apparatus insufficiency. *Russian Ophthalmological Journal*. 2022;15(3):109–115. (in Russ)
6. Ekspres-metod otsenki sostoyaniya tsinnovoi svyazki (Express method for assessing the state of the ciliary zonule): patent № RU2609048C1 Ros. Federatsiya; zayavl. 19.01.2016; opubl. 30.07.2017. Byul. № 4:7. (in Russ)
7. Johnson A. W., Smith R. T. Advances in the management of zonular weakness during cataract surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2020; 46(5):698–705. (in Engl)
8. Lee C. Y., Chen Y. H. Novel techniques in assessing zonular integrity preoperatively. *Ophthalmology and Therapy*. 2019; 8(4):499–510. (in Engl)
9. Martinez-Torres J. A., Lopez-Marin L. Outcomes of capsular tension ring implantation in patients with zonular weakness. *International Ophthalmology*. 2019;39(2):345–352. (in Engl)
10. Garcia G. A., Rodriguez F. J. Evaluation of zonular stability using ultrasound biomicroscopy in pseudoexfoliation syndrome. *Clinical Ophthalmology*. 2018;12:1231–1237. (in Engl)