

В.В. Гарькавенко¹, В.В. Салмин², П.М. Балашова³**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ХРУСТАЛИКА
НА ОСНОВЕ СПЕКТРОФЛУОРИМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**¹КГБУЗ «ККОКБ им. профессора П.Г. Макарова», г. Красноярск²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва³ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет
имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого», г. Красноярск

Цель исследования. Определить плотность хрусталика при возрастной катаракте на основе спектрофлуориметрического исследования и выявить корреляции данного показателя с суммарным временем ультразвукового воздействия в ходе фактоэмульсификации.

Материал и методы. На базе КГБУЗ ККОКБ им. проф. П.Г. Макарова проведена регистрация спектрофлуориметрического индекса плотности хрусталика у 60 пациентов (60 глаз) с последующей фактоэмульсификацией катаракты (ФЭК) и времени ультразвукового воздействия.

Результаты. Выявлена высокая положительная корреляция индекса плотности хрусталика с использованным при ФЭК суммарным временем ультразвукового воздействия (коэффициент корреляции Пирсона = 0,86, $p \leq 0,05$). Отражены осложнения оперативного лечения катаракт высокой плотности, потребовавшие проведения передней витрэктомии, имплантации жестких интраокулярных линз, а также противовоспалительного лечения в послеоперационном периоде.

Заключение. Спектрофлуориметрический метод исследования плотности хрусталика позволяет выявить группы риска пациентов при хирургии катаракты, основываясь на суммарном времени ультразвука.

Ключевые слова: спектрофлуориметрия, катаракта, фактоэмульсификация.

V.V. Garkavenko, V.V. Salmin, P.M. Balashova

**DETERMINATION OF THE DENSITY OF THE LENS
ON THE BASIS OF A SPECTROFLUORIMETRIC STUDY**

The objective of the study was to determine the density of the lens in age-related cataract based on a spectrofluorimetric study and to identify the correlations of this indicator with the total time of ultrasonic exposure during phacoemulsification.

Material and methods. On the base of Krasnoyarsk Regional Ophthalmological Clinical Hospital named after Professor P. G. Makarov, the registration of the spectrofluorimetric index of lens density in 60 patients (60 eyes) was carried out, followed by cataract phacoemulsification and registration of the time of ultrasonic exposure.

Results. A high positive correlation of the lens density index with the total time of ultrasonic exposure used in cataract phacoemulsification was obtained (Pearson correlation coefficient = 0,86, $p \leq 0,05$). The complications of surgical treatment of high-density cataracts that required anterior vitrectomy, implantation of rigid intraocular lenses, as well as anti-inflammatory treatment in the postoperative period are shown.

Conclusion. The spectrofluorimetric method for studying the density of the lens makes it possible to identify risk groups in cataract surgery based on the total ultrasound time.

Key words: spectrofluorimetry, cataract, phacoemulsification.

Катаракта занимает первое место среди причин абсолютной слепоты, а количество пациентов с данной патологией достигает 28,7 млн человек [1].

К 2025 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) прогнозирует увеличение численности людей, страдающих катарактой, до 50 миллионов. По опубликованной в России информации помутнение хрусталика встречается у 3,36% городского населения и у 3,63% сельского. В настоящее время в стране распространенность данной патологии достигает 1200 человек на 100 тыс. населения, что в пересчете на абсолютные значения составляет около 1 млн 750 тыс. [2]. В 2016 году в Европейском союзе было выполнено более 4 миллионов операций по поводу катаракты [3], в Великобритании в 2018–2019 годах проведено 452000 катарактальных хирургических вмешательств [4].

11 марта 2020 года ВОЗ объявила вспышку коронавируса (COVID-19) глобальной пандемией [5]. В России так же, как и во

всем мире, многие офтальмологические стационары были перепрофилированы в инфекционные госпитали для лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией. Это, в свою очередь, привело к частичной или полной остановке оказания плановой специализированной медицинской помощи и связанным с этим последующим проблемам не только у пациентов, но и у хирургов [6].

Korina Theodoraki et al, проанализировавшие 15689 пациентов в Moorfields Eye Hospital (Великобритания), прооперированных по поводу катаракты, отметили, что частота разрывов задней капсулы хрусталика увеличилась с 0,99 до 1,62% за период пандемии. Автор связывает это с увеличением количества более запущенных случаев [7]. В Греции (по материалам больницы общего профиля им. Г. Папаниколау в Салониках) в период пандемии зафиксированы снижение хирургической активности на 97% и увеличение пациентов с запущенными случаями – «white cataract» как на одном, так и на двух глазах [8].

Кроме того, увеличилось время ожидания хирургического лечения катаракты. Так, в Австралии до пандемии COVID-19 среднее время до оперативного вмешательства составляло от 3 до 15 месяцев. В настоящий момент операция по удалению катаракты в рамках бюджетного финансирования будет сделана в лучшем случае в течение 4 месяцев с момента направления пациента, а в худшем – срок ожидания может составлять более 30 месяцев [9].

Канадские офтальмологи приводят данные о том, что среднее время ожидания оперативного лечения катаракты увеличилось с $14,4 \pm 1,4$ недели в 2019–2020 гг. до $18,2 \pm 2,7$ недели в 2020–2021 гг. Количество выполненных операций уменьшилось с 13103 в 2019–2020 гг. до 9308 в течение следующих 2-х лет [10].

Vedachalam R. с соавт. (2022 г) в Индии провели анализ случаев запущенных катаракт у 1472 пациентов. Результаты проведенного анкетирования позволили установить причины позднего обращения. Причинами задержки операции по удалению катаракты были признаны: отсутствие офтальмологической помощи в районе проживания пациентов (44,2%), неосведомленность о возможности проведения плановых операций (42,6%), отсутствие общественного транспорта (37%), страх заразиться COVID-19 (23,4%) и ожидание населением выездных лагерей (20,4%) [11].

Таким образом, в связи с увеличением сроков ожидания оперативного лечения, длительной приостановкой плановой хирургической офтальмологической помощи, субъективными причинами (боязнь обращаться в медицинские учреждения), ухудшением общесоматического состояния населения увеличилось количество пациентов с запущенными стадиями катаракты (бурый, плотный хрусталик).

Разрушение ядра хрусталика при бурых катарактах может сопровождаться излишней хирургической травмой из-за длительности манипуляций и большой суммарной энергии ультразвука, в результате чего вероятен риск развития буллезной кератопатии, и, как следствие, могут потребоваться сквозная кератопластика и закрытая витрэктомия и т.д. [12].

Нами разработан спектрофлуориметрический метод исследования плотности хрусталика, основанный на регистрации количественного содержания таких флуорофоров, как никотинамидадениндинуклеотид (НАДН) и флавинадениндинуклеотид (ФАД), которые участвуют во всех реакциях биосинтеза [13], так как в основном в практической офтальмологии оценка основывается на методе биомикроскопии и опыте хирурга.

Цель исследования – определить плотность хрусталика при возрастной катаракте на основе спектрофлуориметрического исследования и выявить корреляции данного показателя с суммарным временем ультразвукового воздействия в ходе фактоэмульсификации.

Материал и методы

Исследования проводились в КГБУЗ «Красноярская краевая офтальмологическая клиническая больница им. профессора П.Г. Макарова» при поддержке кафедры медицинской биофизики ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России.

В клиническую группу входили 60 пациентов (средний возраст — $76,4 \pm 4,4$ года) с диагнозом зрелая возрастная катаракта (60 глаз), с остротой зрения 0,05 и ниже. Критериями исключения были: наличие осложненной катаракты, сопровождающейся набуханием и подвывихом хрусталика, а также травмой глаза в анамнезе.

Пациентам проведено офтальмологическое обследование с применением рефрактометрии, визометрии, биомикроскопии, тонометрии, офтальмоскопии, ультразвукового исследования за день до и на следующий день после оперативного лечения и при выписке.

Флуориметрические показатели хрусталика регистрировали с помощью офтальмологического спектрофлуориметра в предоперационном периоде (рис. 1) [14].

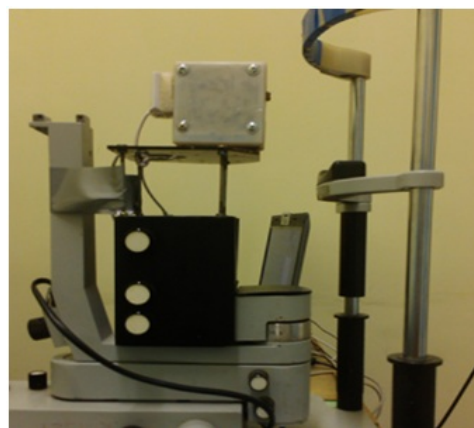


Рис. 1. Малогабаритный спектрофлуориметр «Флуорит»

Для вычисления индекса плотности хрусталика (ИПХ) был разработан специальный программный комплекс на базе операционной системы Windows 7, интерфейс которого изображен на рис. 2.

Хирургическое лечение катаракты проводили методом фактоэмульсификации (ФЭК) с имплантацией эластичных интраокулярных линз (ИОЛ) Hanita (Израиль) и Ocuflex (Индия).

Все операции были выполнены одним хирургом. В конце операции с помощью спектрофлуориметрического исследования хрусталика регистрировали total ultrasound – показатель суммарного времени ультразвука в ходе операции. Наблюдение за пациентами в послеоперационном периоде проводили в сроки до 6 дней.

В настоящей работе использовали методы описательной статистики, корреляционного анализа с применением программы Statsoft Statistica 12. Данные представляли в виде среднего значения $\pm$ стандартное отклонение ($\text{Mean} \pm \text{SD}$). Также оценивали коэффициент корреляции Пирсона ($p \leq 0,05$).



Рис. 2. Внешний вид модифицированного пользовательского интерфейса программного обеспечения (ПО) офтальмологического спектрофлуориметра

Результаты и обсуждение

Изучены корреляционные связи индекса плотности хрусталика, полученного при проведении УФ-индуцированной флуоресцентной спектроскопии с суммарным временем ультразвукового воздействия (total ultrasound) в ходе факэмульсификации, в результате чего выявлена прямая линейная ассоциация этих двух показателей (рис. 3).

Выявлена сильная положительная корреляционная связь индекса плотности катаракты с временем ультразвукового воздействия (коэффициент корреляции Пирсона = 0,86, $p \leq 0,05$): патент на изобретение РФ RU2647788C2 «Способ определения времени ультразвукового воздействия при хирургии возрастных катаракт» (В.В. Гарькавенко, В.В. Салмин, В.И. Лазаренко) [15].

Хирургия катаракты направлена на улучшение остроты зрения, однако острота зрения в послеоперационном периоде может остаться без изменения из-за наличия другой патологии (например, возрастной макулярной дегенерации). В таблице представлены осложнения, зафиксированные в клинической группе пациентов в ходе операции ФЭК, и выделенные группы риска.

Анализ исходов хирургического лечения катаракты в раннем послеоперационном периоде выявил прямую зависимость между индексом плотности хрусталика и развитием интра- и

послеоперационных осложнений. У пациентов с индексом плотности хрусталика менее 1,0 (37 глаз) операция прошла без осложнений, ИОЛ имплантирована в капсульный мешок. В первые сутки после операции роговица была прозрачной, с единичными складками десцеметовой мембраны в оптической зоне, сохраняющимися в течение 2-3 дней.

У пациентов с индексом плотности 1,0-1,5 (14 глаз) в 21,4% случаев в ходе операции был диагностирован разрыв задней капсулы, пришлось прибегнуть к проведению передней витрэктомии с последующей имплантацией эластичной ИОЛ в цилиарную борозду. У этой группы пациентов послеоперационный отек роговицы оставался более выраженными и был купирован на фоне противоотечного и противовоспалительного лечения на 5-7-й день наблюдения. При хирургическом лечении катаракты у пациентов с коэффициентом плотности хрусталика свыше 1,5 (9 глаз) в 77,8% случаев в ходе операции наблюдали разрыв задней капсулы или повреждение связок хрусталика, причиной которых явились излишние манипуляции в передней камере, связанные с высокой плотностью хрусталика. При этом пришлось прибегнуть к проведению передней витрэктомии и имплантации зрачковой или переднекамерной ИОЛ, после чего в 100% случаев отмечался выраженный диффузный отек роговицы, сохранявшийся до 10 дней.

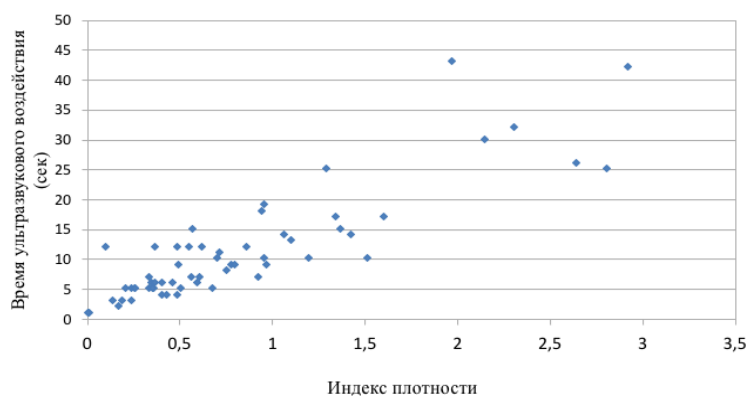


Рис. 3. Линейные зависимости времени ультразвукового воздействия при ФЭК от индекса плотности хрусталика (диаграммы рассеивания)

Таблица

Результаты интра- и послеоперационных осложнений при ФЭК в клинической группе пациентов

Индекс плотности хрусталика	Прооперированные катаракты абс (%)	Осложнения		Группа риска
		разрыв задней капсулы, абс (%)	послеоперационный отек роговицы, абс (%)	
До 1,0	37 (61,6)	0	3 (8,1)	Низкая
1,0-1,5	14 (23,3)	3 (21,42)	6 (42,8)	Средняя
Свыше 1,5	9 (15,1)	7 (77,7)	9 (100)	Высокая

В связи с частичной приостановкой плановой хирургической помощи из-за пандемии COVID-19 число пациентов с бурными, плотными, осложненными катарактами, безусловно, возросло, что требует применения дополнительных объективных методов оценки плотности хрусталика для прогнозирования возможных осложнений при удалении катаракты с помощью факэмульсификации и назначения более опытного хирурга. Спектрофлуориметрическое исследование дает возможность проведения такой диагностики. При этом возникает необходимость заранее информировать пациентов с высоким индексом плотности хрусталика о большей частоте вероятных интра- и послеоперационных осложнений на этапе подписания им добровольного информированного согласия.

Заключение

На основании применения спектрофлуориметрического метода выявлена положительная сильная корреляционная связь индекса плотности хрусталика с суммарным време-

нем воздействия ультразвука на ткани глаза в ходе факэмульсификации (коэффициент корреляции Пирсона = 0,86, $p \leq 0,05$).

С учетом величины индекса плотности хрусталика (ИПХ) у пациентов с катарактой выделены три группы риска развития интра- и послеоперационных осложнений.

У больных со значением данного показателя 1,5 и выше (высокая группа риска) осложнения (повреждение связок хрусталика, разрыв задней капсулы, послеоперационный отек роговицы) возникли в 77% случаев, с индексом 1,0-1,5 – в 21,4% (средняя группа риска), при ИПХ до 1,0 (низкая группа риска) операции прошли без осложнений.

Полученные результаты позволяют рекомендовать метод спектрофлуориметрического исследования хрусталика в качестве диагностического для прогнозирования хода течения факэмульсификации катаракты и развития возможных осложнений с целью их предотвращения.

Сведения об авторах статьи:

Гарькавенко Виктор Валерьевич – к.м.н., заведующий отделением КГБУЗ ГБУЗ ККОКБ им. профессора П.Г. Макарова. Адрес: 660022, г. Красноярск, ул. Никитина, 1в. E-mail: victor-unique@yandex.ru.

Салмин Владимир Валерьевич – д.ф.м.н., профессор кафедры лазерных микро-нано и биотехнологий (87, ИФИБ КАФ.87) Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». Адрес: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31. E-mail: vsalmin@gmail.com.

Балашова Полина Михайловна – врач-офтальмолог, ассистент кафедры офтальмологии им. проф. М.А. Дмитриева с курсом ПО ФГБОУ ВО КГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России. Адрес: 660022, г. Красноярск, ул. П. Железняк, 1. E-mail: Doctor-polly@mail.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis / R.R. Bourne [et al.] // Lancet Glob. Health. – 2017. – Vol. 5, №9. – P. 888-97. DOI 10.1016/S2214-109X(17)30293-0
2. Бранчевский, С. Л. Распространенность нарушения зрения вследствие катаракты по данным исследования RAAB в Самаре / С. Л. Бранчевский, Б. Э. Малюгин // Офтальмохирургия. – 2013. – Т. 3. – С. 82-85.
3. Surgical operations and procedures statistics [Electronic source]. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Surgical_operations_and_procedures_statistics (Date of the application 5.05.2023)
4. The Royal College of Ophthalmologists' National Ophthalmology Database study of cataract surgery: Report 1, visual outcomes and complications / A. C. Day [et al.] // Eye Lond Engl. – 2015. – Vol. 29. – P. 552-560.

5. Organization, WH WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19, 20 July 2022. [Electronic source]. URL: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-covid-19-media-briefing--20-july-2022> (Date of the application 7.05.2023)
6. Impact of COVID-19 on ophthalmic specialist training in the United Kingdom—the trainees' perspective / R. Hussain [et al.] // Eye. – 2020. – Vol. 34, № 12. – P. 2157-2160.
7. Impact of cessation of regular cataract surgery during the COVID pandemic on the rates of posterior capsular rupture and post-operative cystoid macular oedema. K. Theodoraki [et al.] // Eye. – 2022. – P. 1-6.
8. Cataract Surgery during the COVID-19 Pandemic: Insights from a Greek Tertiary Hospital / S. Tsironi [et al.] // Geriatrics. – 2022. – Vol. 7, № 4. – P. 77.
9. The true cost of hidden waiting times for cataract surgery in Australia / J. Huang-Lung [et al.] // Public Health Res Pract. – 2022. – Vol. 32, №3. – P. 31342116. DOI: 10.17061/phrp31342116
10. Eshghi, S.R. T. Effect of the COVID-19 pandemic on elective cataract surgery wait times / S. R. T. Eshghi, M. Cheema, K. F. Damji // Canadian Journal of Ophthalmology. – 2022. - S0008-4182(22)00274-5. DOI: 10.1016/j.jcjo.2022.09.001
11. Reasons for delay in cataract surgery in patients with advanced cataracts during the COVID-19 pandemic / R. Vedachalam [et al.] // Indian Journal of Ophthalmology. – 2022. – Vol. 70, № 6. – P. 2153-2157.
12. Davison J.A., Chylack L.T.Jr. Clinical application of the lens opacities classification system III in the performance of phacoemulsification. J. Cataract Refract. Surg. 2003; 29: 138–45.
13. Development of optoelectronic hardware: program complex for the analysis of hypoxia in the anterior eye camera in persons wearing contact lenses. Third International Symposium on Optics and Biophotonics and Seventh Finnish-Russian Photonics and Laser Symposium (PALS) / A. A. Topakova [et al.] // Proc. SPIE 9917, Saratov Fall Meeting 2015. – 2016. – Vol. 991715. DOI:10.1117/12.2229816
14. Владимирова, Е. С. Флуоресцентная диагностика состояния хрусталика человека in vivo / Е. С. Владимирова, В. В. Салмин, А. Б. Салмина // Журнал прикладной спектроскопии. – 2012. – Т.79, № 1. – С. 136-40.
15. Способ определения времени ультразвукового воздействия при хирургии возрастных катаракт: патент № 2647788С2 Рос. Федерации; заявл. 18. 07.2016; опубл. 19.03.2018. Бюл. № 8. 8 с.

REFERENCES

1. Bourne R.R. [et al.]. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. Lancet Glob. Health. 2017; 5(9):888-97. doi 10.1016/S2214-109X(17)30293-0 (in Engl)
2. Branchevskiy S.L., Malyugin B.E. Incidence of visual impairment due to cataract according to the RAAB study in Samara. Ophthalmosurgery = Oftal'mohirurgiya. 2013;3: 82–85. (In Russ.)
3. Surgical operations and procedures statistics [Electronic source]. URL:https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Surgical_operations_and_procedures_statistics (Date of the application 5.05.2023) (in Engl)
4. Day A. C. [et al.]. The Royal College of Ophthalmologists' National Ophthalmology Database study of cataract surgery: Report 1, visual outcomes and complications. Eye Lond Engl. 2015; 29: 552–560. (in Engl)
5. Organization, WH WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19, 20 July 2022. [Electronic source]. URL: <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-covid-19-media-briefing-20-july-2022> (Date of the application 7.05.2023) (in Engl)
6. Hussain R. [et al.]. Impact of COVID-19 on ophthalmic specialist training in the United Kingdom - the trainees' perspective. Eye. 2020; 34(12): 2157-2160. (in Engl)
7. Theodoraki K. [et al.]. Impact of cessation of regular cataract surgery during the COVID pandemic on the rates of posterior capsular rupture and post-operative cystoid macular oedema. Eye. 2022: 1-6. (in Engl)
8. Tsironi S. [et al.]. Cataract Surgery during the COVID-19 Pandemic: Insights from a Greek Tertiary Hospital. Geriatrics. 2022;7(4): 77. (in Engl)
9. Huang-Lung J. [et al.]. The true cost of hidden waiting times for cataract surgery in Australia. Public Health Res Pract. 2022; 32(3): 31342116. doi: 10.17061/phrp31342116(in Engl)
10. Eshghi S. R. T., Cheema M., Damji K. F. Effect of the COVID-19 pandemic on elective cataract surgery wait times. Canadian Journal of Ophthalmology. 2022: S0008-4182(22)00274-5. doi: 10.1016/j.jcjo.2022.09.001(in Engl)
11. Vedachalam R. [et al.] Reasons for delay in cataract surgery in patients with advanced cataracts during the COVID-19 pandemic. Indian Journal of Ophthalmology. 2022;70(6): 2153-2157. (in Engl)
12. Davison J.A., Chylack L.T.Jr. Clinical application of the lens opacities classification system III in the performance of phacoemulsification. J. Cataract Refract. Surg. 2003; 29: 138–45
13. Topakova A. A. [et al.]. Development of optoelectronic hardware: program complex for the analysis of hypoxia in the anterior eye camera in persons wearing contact lenses. Third International Symposium on Optics and Biophotonics and Seventh Finnish-Russian Photonics and Laser Symposium (PALS). Proc. SPIE 9917, Saratov Fall Meeting 2015. 2016; 991715. doi:10.1117/12.2229816(in Engl)
14. Vladimirova E. S., Salmin V. V., Salmina A. B. Fluorescent diagnostics of the state of the human lens in vivo. Journal of Applied Spectroscopy. 2012; 79(1): 136-40. (In Russ.)
15. Sposob opredeleniya vremeni ul'trazvukovogo vozdeystviya pri hirurgii vozrastnykh katarakt (A method for determining the time of ultrasonic exposure in age-related cataract surgery): patent № 2647788С2 Рос. Федерации; заявл. 18. 07.2016; опубл. 19.03.2018. Бюл. № 8. 8 с. (In Russ.)

УДК 611.728.3

© А.Р. Хурамшина, 2023

А.Р. Хурамшина
**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ
 ОЦЕНКИ КРИВИЗНЫ СУСТАВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**
*ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»
 Минздрава России, г. Уфа*

Цель исследования – выявить наиболее точный и эффективный метод определения кривизны суставных поверхностей сочленовных костей коленного сустава.

Материал и методы. Материалом служили 20 коленных суставов ампутированных конечностей лиц пожилого и старческого возрастов без травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата. Сравнивались два метода определения кривиз-