

DOI: 10.17238/issn2226-2016.2018.1.14-17

УДК 617.574-001.5-055.2 : 616.71-007.234

© В.Е. Ершов, А.В. Кривова, 2018

ЭПИДЕМИОЛОГИЯ НИЗКОТРАВМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПРЕДПЛЕЧЬЯ У ЖЕНЩИН ТВЕРИ

В.Е. ЕРШОВ^а, А.В. КРИВОВА^б*Кафедра травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО, Тверской государственный медицинский университет Минздрава России, Тверь, 170100, Россия*

Резюме: В настоящей статье рассматриваются актуальные вопросы распространенности низкоэнергетических переломов дистального отдела предплечья у городских жителей Твери женского пола старше 30 лет на основании данных эпидемиологического ретроспективного исследования и анализа деятельности медицинских учреждений, оказывающих специализированную травматологическую помощь, за 2016 год. Рассматриваемые повреждения не только относятся к наиболее часто встречающимся, но и являются предикторами остеопороза. Учитывая демографические показатели Тверского региона, связанные с преобладанием пожилого и женского населения, а также увеличение продолжительности жизни, следует ожидать повышение частоты низкоэнергетических переломов. Результаты исследования могут быть полезны как практикующим травматологам-ортопедам, так и руководителям медицинских учреждений для планирования лечебно-профилактической деятельности в борьбе с остеопорозом и его клиническими проявлениями.

Ключевые слова: низкотравматические переломы, остеопороз, эпидемиология.

EPIDEMIOLOGY OF LOW-ENERGY FRACTURES OF THE DISTAL FOREARM AMONG FEMALES OF TVER

ERSHOV V.E.^a, KRIVOVA A.V.^b*Tver State Medical University, Tver, 170100, Russia*

Summary: This article considers topical issues of the prevalence of low-energy fractures of the distal forearm among female population of Tver over the age of 30 on the results of these epidemiological retrospective study and analysis of activity of medical institutions providing specialized trauma care, for the year 2016. The injuries in question not only belong to the most common, but also are predictors of osteoporosis. According to the demographic indicators of the Tver region, associated with the predominance of the elderly and the female population, as well as the increase in life expectancy, we should expect an increase in the frequency of low-energy fractures. The results of the study can be useful both for practicing orthopedists, and heads of medical institutions for the planning of therapeutic and preventive activities in the fight against osteoporosis and its clinical manifestations.

Key words: low-energy fractures, osteoporosis, epidemiology.

Цель работы – исследование распространенности низкоэнергетических переломов дистального отдела предплечья у городских жителей Твери женского пола старше 30 лет.

Актуальность

Распространенность остеопороза и низкотравматических переломов различной локализации в России высокая, чем обуславливается высокая социальная значимость данного заболевания и его клинических проявлений. В 2010 г. в странах Восточной Европы и Центральной Азии был проведен аудит «Эпидемиология и социально-экономические последствия остеопороза». Аудит обозначил основные проблемы, связанные с организацией помощи пациентам с остеопорозом и остеопорозными переломами в нашей стране и показал отсутствие эпидемиологических данных. Поэтому логичным продолжением аудита стал проект, предложенный Российской ассоциацией по остеопорозу и получивший название ЭВА («Эпидемиология остеопорозных переломов в странах Евразии»), позволяющий на единой мето-

дологической базе организовать сбор эпидемиологической информации по остеопорозным переломам в разных странах [1]. В России за последние годы проведено несколько серьёзных исследований по определению инцидентности основных остеопорозных переломов. На основе полученного материала разработана российская модель FRAX [2]. В тех странах, где имеются эпидемиологические данные, они свидетельствуют о том, что частота переломов очень высока и варьирует в зависимости от возраста популяции. Остеопороз и переломы несут серьёзную нагрузку на системы здравоохранения, и в будущем тяжесть проблемы будет только увеличиваться по мере старения населения стран и увеличения доли людей старше 50 лет [3].

Согласно данным Росстата, продолжительность жизни городского населения Тверской области (оба пола) в 2016 году составила 70,4 года. В последующие годы прогнозируется увеличение ожидаемой продолжительности жизни до 71,3 года – в 2019 году и до 72 лет - в 2022 году (Постановление администрации города Твери от 26.10.2017 N 1427 «О прогнозе социально-экономическо-

^а E-mail: vsedoc@yandex.ru

^б krivova267@gmail.com

го развития города Твери на долгосрочный период до 2022 года»). Учитывая эти демографические прогнозы, следует ожидать увеличение частоты переломов у женщин старше 50 лет. Ряд исследователей, особенно в российских регионах, отмечают, что количество регистрируемых остеопоротических переломов позвонков и проксимального отдела бедренной кости не соответствует реальной картине. Например, в Твери в среднем по области частота встречаемости переломов проксимального отдела бедренной кости на 100 тыс. населения в год составила 58,9. Этот показатель существенно ниже, чем по России [4]. В связи с этим статистическим маркером клинических проявлений остеопороза должен служить такой низкотравматический перелом, регистрация которого максимально приближена к действительности. Исследование переломов на уровне дистального отдела предплечья и анализ их распространенности в Тверском регионе является наиболее перспективным.

Материалы и методы

Для изучения распространённости низкотравматических переломов дистального отдела предплечья у женщин Твери проведён ретроспективный анализ журналов регистрации обращений и учётных карт пациентов травматологических пунктов за период с 01.01.16. по 31.12.16. В целевую группу вошли больные женского пола, проживающие в Твери, перенесшие перелом дистального отдела предплечья при минимальной травме (S52.5, S52.6 по МКБ-10), старше 30 лет. В группу включения не вошли пациенты, постоянно проживающие вне Твери, лица мужского пола, а также женщины, моложе 30 лет, с подобным диагнозом. Также учитывался механизм травмы. В частности, не регистрировались переломы, полученные в результате дорожно-транспортных происшествий и падения с высоты выше собственного роста. Сбор сведений выполнен во всех травматологических пунктах г. Твери. На сегодняшний день функционируют три поликлинических отделения на базе муниципальных учреждений здравоохранения по оказанию амбулаторной помощи пациентам с различными повреждениями опорно-двигательного аппарата. Следует отметить, что амбулаторная травматологическая помощь городским жителям Твери не оказывается врачами общей практики и иными специалистами. Данные по распределению городского населения Твери по полу и возрасту в 2016 году получены на основании бюллетеня Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Тверской области (по официальному запросу). На 01 января 2016 г. численность населения муниципалитета составляло 419363 человек, из них женщин – 233043 чел. (55,57%). Женское население старше 30 лет, согласно статистике на изучаемый период времени, – 161040 чел.

Результаты

В 2016 году зарегистрировано 41751 случаев первичных обращений в травматологические пункты г. Твери – около 10% населения, из которых 879 случаев составили больные с критериями включения – 0,54% женского населения старше 30 лет. Средний возраст составил $61,6 \pm 12,5$ лет. Среди исследуемой группы работающих женщин было 316 (36%), неработающих – 563 (64%).

Однако надо понимать, что это распределение учитывает только официально работающих граждан (рис. 1).

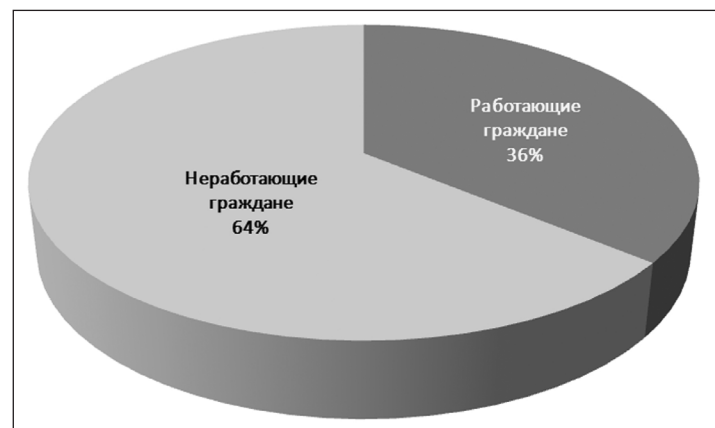


Рис. 1 Статус пациентов, перенесших низкотравматический перелом дистального отдела предплечья в 2016 году

При изучении травматизма определено, что 559 переломов (63,6%) относится к уличным, а 320 переломов дистального отдела предплечья (36,4%) получено в домашних условиях при падении с высоты собственного роста. Абсолютное количество переломов увеличивалось в период с ноября по март, а пик обращений пришёлся на февраль 2016 года – 160 зарегистрированных случаев (рис. 2).

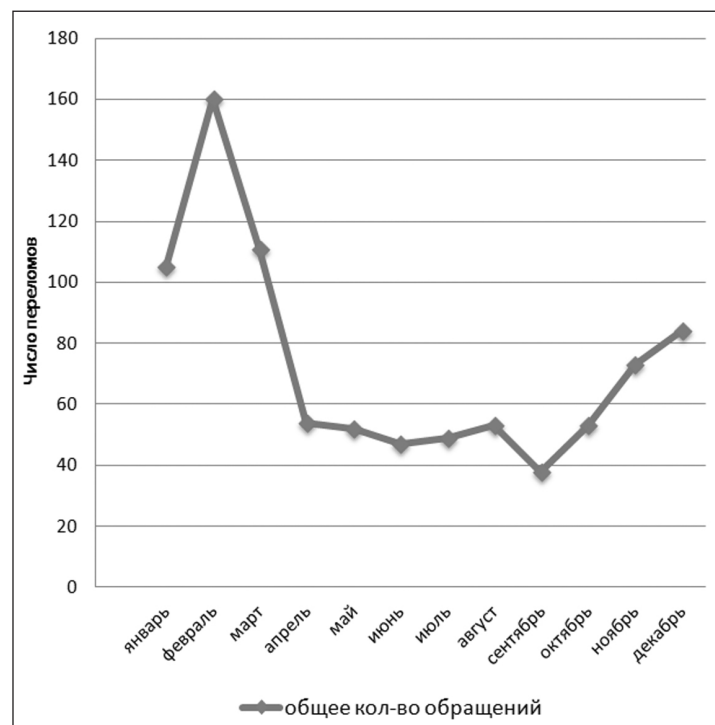


Рис. 2 Сезонные колебания первичных обращений пациентов с переломами дистального отдела предплечья

В безгололёдный период (апрель-октябрь) число обращений пациентов в травматологические пункты Твери ежемесячно колебалось на уровне 4-6% от общего количества зарегистрированных случаев (рис. 3).

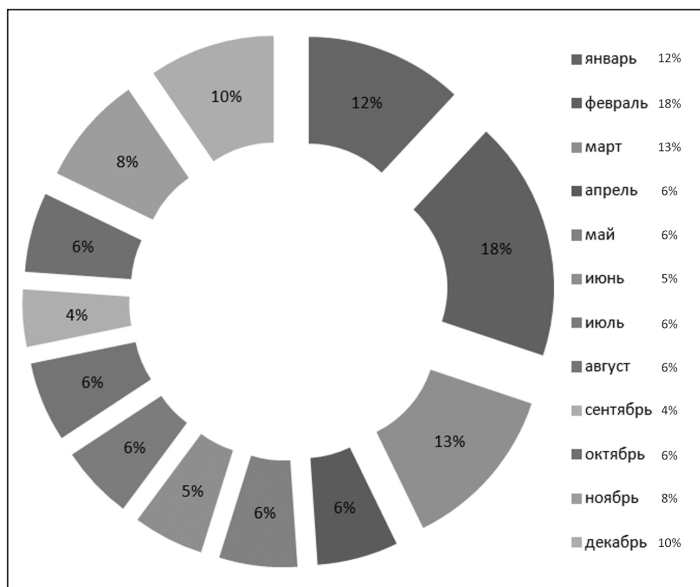


Рис. 3 Распределение случаев переломов дистального отдела предплечья у женщин Твери в течение 2016 года

Как видно из следующего графика, такие сезонные колебания были вызваны преобладанием уличного травматизма, закономерно увеличивающегося в зимний период. Бытовой травматизм не оказывал существенного влияния на увеличение общего числа переломов предплечья, оставаясь практически неизменным в течение всего календарного года (рис. 4).

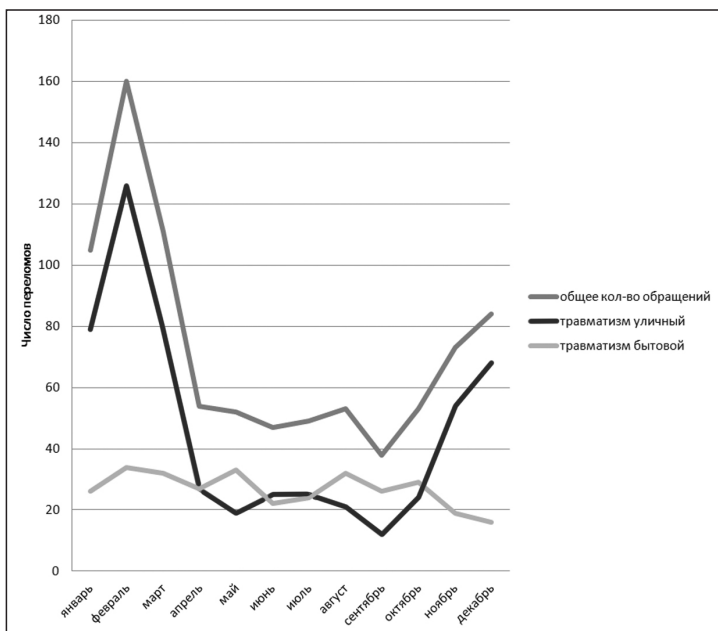


Рис. 4 Сезонные колебания переломов дистального отдела предплечья в зависимости от вида травматизма

Однако наибольший интерес представляет влияние фактора возраста. У молодых женщин до 50 лет сезонные колебания встречаемости переломов предплечья при минимальной травме незначительные. Это косвенно может свидетельствовать об отсутствии влияния времени года на вероятность получения по-

вреждений в данной группе. С увеличением возраста повышается и число пациентов женского пола с переломами дистального отдела предплечья в зимний период (рис. 5).

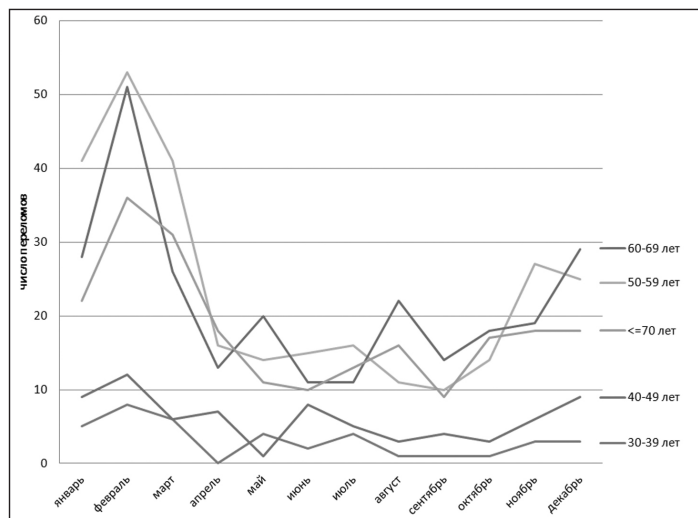


Рис.5 Сезонные колебания переломов дистального отдела предплечья в зависимости от возраста

Соединив эти полученные сведения в одно целое, можно сделать выводы, что основными факторами риска получения данных повреждений являются сезонно-климатические изменения, повышающие уличный травматизм, и возраст женщин старше 50 лет.

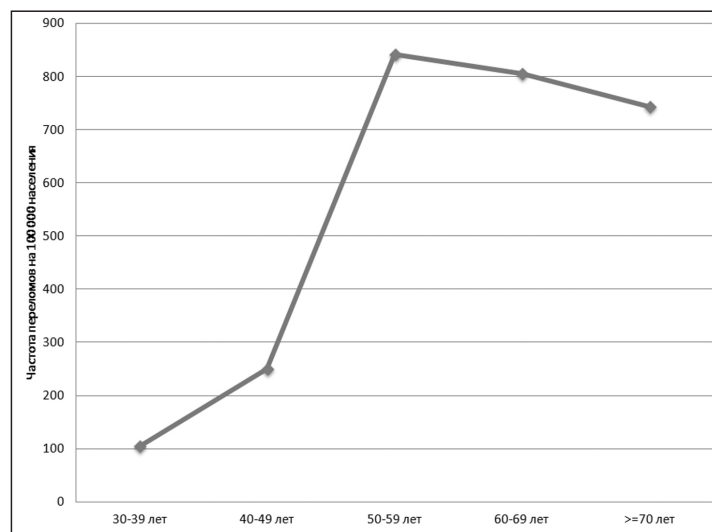


Рис. 6 Распространённость низкотравматических переломов дистального отдела предплечья у женщин Твери

Распространённость низкотравматических переломов дистального отдела предплечья рассчитывалась у женщин старше 30 лет на 100000 населения в каждой возрастной группе (30-39 лет, 40-49 лет, 50-59 лет и т.д.) за 2016 год, в соответствии с данными Тверьстата о численности населения. Как уже было указано выше, всего за истекший период было зарегистрировано 879 переломов предплечья при минимальной травме. Для городских жителей Твери женского пола старше 30 лет распространённость

составила 546/100000 населения, увеличиваясь с возрастом. Пик встречаемости подобных повреждений приходится на возрастную интервал 50-59 лет и составляет 841/100000 населения. В целом, у женщин Твери старше 50 лет распространённость переломов дистального отдела предплечья в 2016 году составила 804/100000 населения (табл. 1).

Таблица 1

Распространённость низкотравматических переломов предплечья у женщин Твери старше 30 лет на 100000 населения

Возраст	30-39 лет	40-49 лет	50-59 лет	60-69 лет	старше 70 лет	Всего
Численность населения женского пола	36286	29163	33653	32502	29436	161040
Число переломов предплечья	38	73	284	263	221	879
Распространённость переломов на 100000 населения	105	250	841	806	744	546

По сравнению с другими регионами показатели Твери занимают промежуточные позиции (табл. 2) [2,5,6,7,8].

Таблица 2

Распространённость низкотравматических переломов предплечья в различных городах и регионах России у женщин старше 50 лет на 100000 населения

Тверь	Московская область	Екатеринбург	Ярославль	Иркутская область	Республика Бурятия	Первоуральск
804	1458,5	1064	794	720	1194	773

Выводы

Распространённость переломов дистального отдела предплечья у женщин города Твери высокая. Высокий процент травмированных в целевой группе относились к работающим гражданам, что влечет серьёзные экономические потери для региона. В ходе исследования установлено, что сезонные факторы существенно не влияют на частоту переломов дистального отдела предплечья у женщин моложе 50 лет. Учитывая демографические прогнозы, следует ожидать увеличение частоты остеопоротических переломов у женщин старше 50 лет, в связи с чем на первый план выступают превентивные мероприятия, включающие создание службы профилактики остеопороза и ассоциированных с ним низкотравматических переломов.

Список литературы/References

1. *Лесняк О.М.* Международные научные проекты в области остеопороза: общие усилия, одна цель // Российский семейный врач. - 2016. - № 20(2). - С. 43-46.
2. *Lesnyak O, Ershova O, Belova K, et al.* Epidemiology of fracture in the Russian Federation and the development of a FRAX model. Arch Osteoporos. 2012;7(1-2):67-73.
3. *Лесняк О.М.* Аудит состояния проблемы остеопороза в странах Восточной Европы и Центральной Азии // Остеопороз и остеопатии. - 2011. - № 2. - С. 3-6.

4. *Быстров, С.В.* Оказание специализированной травматологической помощи пациентам с переломами проксимального отдела бедра в Тверской области / С.В. Быстров, С.В.Червонцев // Сборник материалов международной конференции «Повреждения и заболевания тазобедренного сустава». -Казань. - 2013. - С.17-18.
5. *Лесняк О.М., Евстигнеева Л.П., Кузьмина Л.И. и др.* Эпидемиология переломов позвоночника и периферических костей в старших возрастных группах жителей г. Екатеринбурга // Остеопороз и остеопатии. — 1999. — № 2. — С. 2-5.
6. *Меньшикова Л.В., Храмцова Н.А.* Ретроспективное изучение частоты переломов проксимального отдела бедра и дистального отдела предплечья среди жителей Иркутской области // Остеопороз и остеопатии. 2000. No 4. С. 5—8.
7. *Батудаева Т.И., Спасова Т.Е., Меньшикова Л.В.* Частота переломов бедра и предплечья у лиц 50 лет и старше, проживающих в Республике Бурятия // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. - 2011. - № 1. - С. 35-39.
8. *Онопrienko Г.А., Древаль А.В., Марченкова Л.А., Крюкова И.В.* Ретроспективный анализ частоты и стоимости лечения переломов проксимального отдела бедра и дистального отдела предплечья в Московской области (1998-2002 гг.) // Вестник травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова, 2006 № 2. С. 10-16.

Информация об авторах

Еришов Всеволод Евгеньевич – аспирант кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Тверской государственный медицинский университет Минздрава России», врач травматолог-ортопед. E-mail: vsedoc@yandex.ru., Тел. +7 920 157 7272

Кривова А.В. – доктор медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии ГБОУ ВПО «Тверской государственный медицинский университет Минздрава России». E-mail: krivova267@gmail.com Телефон для связи: +7 920 156 16 52

Information about the authors

Yershov Vsevolod E. – PhD student of the Department of traumatology and orthopedics chair of Tver State Medical University, traumatologist-orthopedist. E-mail: vsedoc@yandex.ru., Phone number: +7 920 157 7272

Krivova A. V. – Doctor of Medical Sciences, associate professor of the Department of Traumatology and Orthopedics of the State Medical University of Tver «Tver State Medical University of the Ministry of Health of Russia». E-mail: krivova267@gmail.com, Phone number: +7 920 156 1652

Финансирование: Исследование не имело спонсорской поддержки.

Funding: The study had no sponsorship.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interest.

Для цитирования:

Еришов В.Е., Кривова А.В. ЭПИДЕМИОЛОГИЯ НИЗКОТРАВМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕЛОМОВ ДИСТАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПРЕДПЛЕЧЬЯ У ЖЕНЩИН ТВЕРИ// Кафедра травматологии и ортопедии. 2018.№1(31). с. 14-17. [Ershov V.E., Krivova A.V., EPIDEMIOLOGY OF LOW-ENERGY FRACTURES OF THE DISTAL FOREARM AMONG FEMALES OF TVER// The Department of Traumatology and Orthopedics. 2018.№1(31). p. 14-17. In Russ]

DOI: 10.17238/issn2226-2016.2018.1.18-22

УДК 617.3

© Кавалерский Г. М., Кавалерский М. Г., Дугина Ю. Л., Рукин Я. А., 2018

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВНУТРИСУСТАВНЫХ ПРОТЕЗОВ НА ОСНОВЕ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Г.М. КАВАЛЕРСКИЙ^{1,a}, М.Г. КАВАЛЕРСКИЙ^{2,b}, Ю.Л. ДУГИНА^{3,c}, Я.А. РУКИН^{1,d}¹Кафедра травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, ФGAOУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, 119991, Россия²ООО «Ингал», Москва 127051, Россия³AG Oncor, LLC, 1209 Orange Street Wilmington, DE 19801

Резюме:

Введение: остеоартроз различной этиологии является наиболее распространенным заболеванием суставов, поражающим более 80% людей старше 55 лет. Приоритетным методом лечения остеоартроза считается использование «заместительных» внутрисуставных инъекций гиалуроновой кислоты. В мировой практике используют протезы суставной жидкости, содержащие гиалуроновую кислоту различной молекулярной массы, структуры и концентрации.

Цель исследования: изучить и сравнить вязко-эластичные свойства различных препаратов гиалуроновой кислоты, доступных к коммерческому использованию.

Материалы и методы: исследование препаратов гиалуроновой кислоты включало измерение показателей динамической вязкости и вязко-эластических свойств (модуля упругости G', и модуля потерь G''). Динамическую вязкость измеряли методом ротационной вискозиметрии с использованием циркуляционного термостата.

Результаты и их обсуждение: результаты оценки реологических свойств исследуемых образцов показали, что ряд имплантов имеет неоднородные вязкоупругие характеристики. Оптимальным набором характеристик, позволяющим их эффективно использовать для внутрисуставного введения в качестве средств лечения воспалительно-дегенеративных заболеваний суставов обладают препараты Рипарт, Рипарт Лонг (Ингал, Россия) и Гиалурон Гексал (Lifecor Biomedical, США).

Ключевые слова: остеоартроз, гиалуроновая кислота, реологические свойства, внутрисуставные инъекции.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF INTRA-ARTICULAR PROSTHESES BASED ON HYALURONIC ACID.

KAVALERSKY G.^{1,a}, KAVALERSKY M.^{2,b}, DUGINA YU.^{3,c}, RUKIN YA^{1,d}.¹Department of Trauma, Orthopaedics and Disaster Surgery, Sechenov University, Moscow, 119991, Russia²ООО "Ingal", 28-1, Cvetnoy Bulvar, 127051, Moscow, Russia³AG Oncor, LLC, 1209 Orange Street Wilmington, DE 19801

Summary:

Introduction: Osteoarthritis is the most common joint disease affecting more than 80 % people older than 55 years. The priority treatment method of osteoarthritis is the use of intraarticular injections of the hyaluronic acid. Many hyaluronic acid preparations with different molecular weight, structure and concentration are used in the world practice

The purpose of the study was to study and compare the visco-elastic properties of various hyaluronic acid preparations available for commercial use.

Materials and methods: the study of hyaluronic acid preparations included the measurement of dynamic viscosity and visco-elastic properties (elastic modulus G' and loss modulus G''). The dynamic viscosity was measured by rotational viscosimetry using a circulation thermostat.

Results and discussion: The results of evaluating the rheological properties of the test samples showed that some implants have inhomogeneous viscoelastic characteristics. Ripart, Ripart Long (Ingal, Russia) and Hyaluron Hexal (USA) possess the optimal set of characteristics that allow them to be used effectively in the form of intra-articular injections for the treatment of inflammatory-degenerative joint diseases.

Key words: osteoarthritis, hyaluronic acid, rheological properties, intraarticular injections.

^a E-mail: gkavalerskiy@mail.ru^b E-mail: kavalerskiy@ingal-med.ru^c E-mail: dugina@nativa.pro^d E-mail: yar.rukin@gmail.com

Введение

Более чем у 80% населения земного шара в возрасте старше 55 лет в суставах наблюдаются признаки тех или иных дегенеративных, воспалительных и/или дистрофических изменений. Ведущей патологией при дегенеративно-дистрофическом поражении сустава является остеоартроз, который объединяет группу разнородных заболеваний различной этиологии. Патологический процесс при остеоартрозе затрагивает не только суставной хрящ, но и весь сустав, в том числе субхондральную кость, связки, капсулу, синовиальную оболочку и периартикулярные мышцы с последующим развитием дегенеративных изменений суставного хряща [1]. Заболевание носит возрасто-зависимый характер - у лиц старше 50 лет процент распространения заболевания составляет 27%, у лиц старше 60 лет - 97% [2], а после 75 лет - остеоартроз диагностируется практически у всего населения [3]. Согласно прогнозам, к 2020 году общая распространенность заболевания среди населения составит 57% [2].

Клиническая картина остеоартроза формируется следующими комплексами взаимозависимых симптомов: болевой синдром, скованность, крепитация, изменение внешнего вида сустава и вовлечение периартикулярных структур. Боль обычно обусловлена механическим воздействием - усиливается при нагрузке и уменьшается при устранении причины перегрузки. При вовлечении в воспалительно-дегенеративный процесс капсулы сустава наблюдается усиление болевой симптоматики вследствие ее растяжения. Также происходит нарушение конгруэнтности суставных поверхностей, что ведет к превращению артикулярной крепитации в грубый хруст, сопровождающийся усилением боли, тугой подвижности сустава. В результате непрерывного прогрессирования процесса может развиваться деформация суставов с последующим анкилозом, что приводит к значительному снижению качества жизни и инвалидизации [2].

Основные цели лечения остеоартроза сводятся к предотвращению прогрессирования дегенеративного процесса в суставе, уменьшению болевого синдрома и проявлений синовита и восстановлению функций сустава [2]. Различные суставы в течение жизни испытывают разную нагрузку, по этой причине наиболее часто встречаются поражения коленного и тазобедренного суставов. Поскольку поражение носит локальный характер, лечение данного заболевания требует применения средств местной терапии [4].

В качестве лечения остеоартроза распространено внутрисуставное введение различных препаратов [5, 6]. Приоритетным методом лечения воспалительно-дегенеративных заболеваний суставов считается использование «заместительных» внутрисуставных инъекций гиалуроновой кислоты и ее производных. Гиалуроновая кислота является заменителем (протезом) суставной жидкости. Очевидно, что особую важность при таком использовании имеют вязко-эластичные характеристики гиалуроновой кислоты. Кроме того, гиалуроновая кислота влияет на функциональное состояние суставов посредством регуляции баланса анаболических и катаболических процессов в хряще [2]. Препараты гиалуроновой кислоты являются по сути хондропротекторами, которые снижают износ суставной поверхности и препятствуют повреждению хрящевого матрикса. К сожалению, часто существует необходимость повторного использования протезов

синовиальной жидкости через определенные периоды времени, поэтому особое внимание ревматологи и хирурги уделяют препаратам пролонгированного действия.

Внутрисуставное введение препаратов гиалуроновой кислоты с целью лечения остеоартроза применяют с 60-70-х годов прошлого века, и в настоящее время данный метод входит в руководство по лечению заболеваний суставов разных стран [7]. Имеются положительные результаты применения внутрисуставных инъекций гиалуроновой кислоты при остеоартрозе различных суставов, в том числе коленных, бедренных, плечевых [8;9]. Синовиальная жидкость при остеоартрозе и других воспалительно-дегенеративных заболеваниях суставов характеризуется снижением концентрации и средней молекулярной массы гиалуроновой кислоты, что влияет на ее реологические, а, следовательно, и защитные свойства [10]. В 1 мл синовиальной жидкости здоровых добровольцев содержится 3-4 мг гиалуроновой кислоты [11]. Помимо гиалуроновой кислоты в синовиальной жидкости содержатся и другие вещества, например, гликопротеины, фосфолипиды, однако они не оказывают значимого влияния на ее реологические характеристики [12]. Поскольку именно гиалуроновая кислота определяет трибологические свойства синовиальной жидкости и обуславливает эффективную работу сустава, предотвращая стирание суставной поверхности, снижая силу трения и обеспечивая плавное движение всех элементов сустава, то ее использование в лечении воспалительных, дегенеративно-дистрофических и травматических заболеваний суставов является патогенетически оправданным.

Для наиболее эффективного и безопасного применения препаратов гиалуроновой кислоты в виде внутрисуставных инъекций при заболеваниях суставов предпочтительно использование препаратов с определенными физико-химическими характеристиками. С этой целью в мировой практике используют протезы суставной жидкости, содержащие гиалуроновую кислоту различной молекулярной массы, структуры и концентрации. Как следствие, количество инъекций на курс лечения также может варьировать [13].

Механические свойства водных растворов гиалуроновой кислоты связаны с ее молекулярной структурой. Чем ниже молекулярная масса при определенной концентрации и ниже концентрация при определенной молекулярной массе, тем ниже вязкость раствора. И, напротив, вязкость увеличивается при увеличении молекулярной длины гиалуроновой кислоты и отношения длины к диаметру. Более длинные и запутанные цепи усиливают упругие эффекты [14].

О вязко-эластичных свойствах препаратов гиалуроновой кислоты судят по двум основным параметрам: модулю упругости и модулю вязкости. Способность раствора гиалуроновой кислоты противостоять деформирующим силам и принимать первоначальную форму после прекращения их действия, количественно выражается как модуль упругости или модуль накопления (G'), а показатель устойчивости жидкости, подвергшейся деформации за счет натяжения или механического раздражения, характеристика текучести препарата, количественно выражается как модуль вязкости или модуль потерь (G''). Важной характеристикой препаратов гиалуроновой кислоты является значения модулей упругости G' и вязкости G'' в точке пересечения, перехода от вязкого поведения жидкости к упругому,

по данному показателю судят об однородности состава и прогнозируют клинический эффект протеза. При патологии сустава снижаются эластические свойства синовиальной жидкости (снижается модуль упругости), поэтому пациенты могут хорошо переносить только небольшие нагрузки. Отмечается также повышение частоты при которой происходит пересечение кривых модуля упругости и модуля вязкости, то есть момента, когда свойства синовиальной жидкости изменяются с преимущественно вязких на преимущественно упругие.

В Российской Федерации в настоящий момент можно приобрести протезы синовиальной жидкости более 10 российских и зарубежных производителей. Самыми популярными медицинскими изделиями являются Ферматрон (Healtech, Великобритания) и Гиалурон (Rompharma, Румыния). Также хорошо известны препараты Синокрон (Австрия) и Остенил (Швейцария).

Материалы и методы

В эксперименте изучали вязко-эластичные свойства доступных к коммерческому приобретению медицинских изделий: Гиаларт (BiofarmItalia, Италия) 10 мг/мл, Остенил Мини (TRB Chemica, Германия) 10 мг/мл, Гиалурон Гексал (Lifecote Biomedical, США) 10 мг/мл, Гиалган Фидия (Fidia Farmaceutici S.p.A., Италия) 10 мг/мл, Дьюролан (Bioventus, США) 20 мг/мл, Синокрон Мини (Stroma-Pharma, Австрия/Сотэкс, Россия), 10 мг/мл, Ферматрон (Hyaltech Ltd., Великобритания), 10 мг/мл, Рипарт 10 мг/мл и Рипарт Лонг 20 мг/мл. (Ингал, Россия).

Изучение реологических характеристик образцов гиалуроновой кислоты разных производителей включало измерение показателей динамической вязкости и вязко-эластических свойств (модуля упругости G' , и модуля потерь G'').

Динамическую вязкость измеряли методом ротационной вискозиметрии (Реометр Haake Mars 40, Thermo Fisher Scientific, США). Регистрацию динамической вязкости вели с использованием циркуляционного термостата Huber CC-202C (Huber, Германия) при температуре $20,0^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$; измерительной ячейки «конус-плоскость» (угол 1° , фактические значения диаметра конуса и плоскости – 35 мм); высоте зазора – 0,052 мм; градиенте скоростей сдвига – от 0,01 до 10 с⁻¹; логарифмической прогрессии градиента скоростей сдвига; количестве измерений на декаду – 5; времени ожидания равновесия в точке измерения – 10 с.

Также определяли вязко-упругие характеристики образцов в следующих условиях: режим измерения – контролируемое напряжение сдвига (метод частотного сканирования с определением точки пересечения $G'G''$); измерительная ячейка «конус-плоскость» (угол 1° , фактические значения диаметра конуса и плоскости – 35 мм); температура термостата – $25,0^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$; высота зазора – 0,052 мм; градиент угловых скоростей – от 0,1 до 500 рад/с; логарифмическая прогрессия градиента угловых скоростей; количество измерений на декаду – 6; время ожидания равновесия в точке измерения – 10 с.

За значение динамической вязкости (η , Па·с) принимали величину, рассчитанную по формуле:

$$\eta = \frac{\tau}{D} = \frac{C \times \alpha}{D}, \text{ где}$$

C – постоянная ротора, Па/рад; α – относительный угол вращения, рад; D – скорость сдвига, с⁻¹.

Результаты и обсуждение

Известно, что синовиальная жидкость здоровых добровольцев характеризуется высоким модулем вязкости при малой нагрузке ($\sim 0,5$ Hz) и высоким модулем упругости при большой нагрузке ($\sim 2,3-2,5$ Hz) [12]. В модельных системах данные частоты отражают нагрузку на сустав при ходьбе и при беге. Оптимально, когда вязко-эластичные характеристики препаратов максимально приближены к вязкоупругим свойствам синовиальной жидкости. Необходимые характеристики для обеспечения такого рода свойств препаратов гиалуроновой кислоты – перекрест кривых модуля вязкости (G') и модуля упругости (G'') в диапазоне частоты нагрузки 0,5-2,5 Гц. При небольшой нагрузке (например, при ходьбе) или в покое важно, чтобы преобладала вязкость и происходило эффективное смазывание суставных поверхностей. При прыжках и беге введение таких протезов должно обеспечивать амортизацию и защиту сустава от повреждения (упругость преобладает над вязкостью).

Результаты оценки реологических свойств исследуемых образцов показали, что ряд имплантов имеет неоднородные вязкоупругие характеристики, что, вероятнее всего, обусловлено неоднородностью их состава (Таблица 1).

Таблица 1

Вязко-эластичные характеристики исследуемых препаратов

Препарат	Точка пересечения $G'G''$		Вязко-эластичные характеристики при 0,5 Гц, Па		Вязко-эластичные характеристики при 2,3 Гц, Па	
	f, Гц	$G'G''$	G'	G''	G'	G''
Гиаларт	9,03	3,89	0,003	0,259	0,096	1,202
Остенил Мини	3,4	25,22	5,045	10,19	19,55	21,98
Дьюролан	–*	–*	373,6	47,91	422,9	67,09
Гиалурон Гексал	1,26	26,5	13,39	18,48	39,30	32,42
Гиалган Фидия	15,9	10,7	0,017	0,4519	0,264	2,002
Синокрон Мини	9,4	26,5	1,144	4,643	7,509	14,01
Ферматрон	3,96	33,5	5,686	12,31	23,37	27,76
Рипарт	2,02	21,2	7,318	11,92	23,66	22,78
Рипарт Лонг	1,2	91,5	47,41	65,04	135,4	109,9

Примечание: * – отсутствие пересечения $G'G''$.

Так у медицинских изделий Гиаларт и Синокрон Мини переход $G'G''$ наблюдался практически при 10 Гц, а у препарата Гиалган Фидия даже превышал порог в 10 Гц. Дьюролан, при производстве которого была использована кросс-сшивка молекул гиалуроновой кислоты с целью улучшения его вязко-эластических свойств, напротив, продемонстрировал резкую потерю вязкости, что выразилось в отсутствии пересечения кривых модуля вязкости и модуля упругости. У препаратов Остенил Мини и Ферматрон точки пересечения $G'G''$ были зарегистрированы при частоте нагрузки 3,4 и 3,96 Гц соответственно, что выходит за пределы оптимального диапазона частот (0,5-2,5 Гц). У остальных

ных исследуемых образцов переход от вязкости к упругости был отмечен в диапазоне частот от 0,5-2,5 Гц, что полностью соответствует требованиям, предъявляемым к заменителям суставной жидкости.

При сравнении образцов по параметру динамическая вязкость выявлено наличие первоначального плато на диаграмме зависимости динамической вязкости от скорости сдвига, при этом значения динамической вязкости на плато превышают 5 Па·с, а переход от вязкого к упругому течению (переход плато-склон) происходит при значениях скорости сдвига от 0,5 до 2,5 с⁻¹ (Рисунок 1).

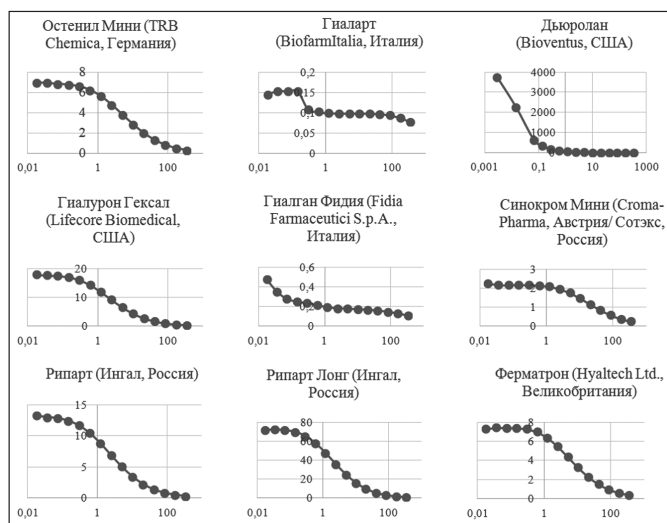


Рисунок 1. Зависимость динамической вязкости η (Па·с) от скорости сдвига $\dot{\gamma}$ (1/с) исследуемых препаратов (по оси абсцисс – скорость сдвига $\dot{\gamma}$ (1/с), по оси ординат – динамическая вязкости η (Па·с))

Анализ зависимости динамической вязкости от скорости сдвига выявил отклонения в данном параметра у медицинских изделий Гиаларт, Дьюролан, Гиалган Фидия и Синокрон мини. Графики зависимостей динамической вязкости от скорости сдвига остальных образцов имели характерный вид, что свидетельствует о наличии у данных препаратов гиалурановой кислоты необходимых характеристик для их эффективного использования в качестве протезов синовиальной жидкости.

Изучение реологических свойств представленных образцов гиалурановой кислоты показало, что медицинские изделия Рипарт, Рипарт Лонг (Ингал, Россия) и Гиалурон Гексал (Lifecore Biomedical, США) обладают оптимальным набором характеристик, позволяющим их эффективно использовать для внутрисуставного введения в качестве средств лечения воспалительно-дегенеративных заболеваний суставов. Необходимо отметить, что Остенил Мини (TRB Chemica, Германия) и Ферматрон (Hyaltech Ltd., Великобритания) также продемонстрировали неплохие результаты, хотя и несколько уступающие таковым вышеперечисленных медицинских изделий.

Таким образом, из представленных на рынке в России протезов гиалурановой кислоты можно выделить Рипарт и его пролонгированную форму Рипарт Лонг, производимые Российской компанией Ингал, а также Гиалурон Гексал компании Lifecore Biomedical (США) - как наиболее соответствующие требованиям, предъявляемым к реологическим характеристикам препаратов-заменителей синовиальной жидкости.

Список литературы / References

1. Ревматология: национальное руководство / Под ред. *Е.Л. Насонов, В.А. Насоновой*. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008.- С. 573-588. [Revmatologija: nacional'noe rukovodstvo / Pod red. *E.L. Nasonova, V.A. Nasonovoj*. М.: GJeOTAR-Media, 2008.- P. 573-588. In Russ]
2. *Мартусевич Н.А.* Остеоартроз. Вопросы эпидемиологии, этиопатогенеза, клиники, диагностики и лечения: Метод. рекомендации / Н.А. Мартусевич. - Мн.: БГМУ, 2003. - 28 с. [*Martusevich N.A.* Osteoartroz. Voprosy epidemiologii, etiopatogeneza, kliniki, diagnostiki i lecheniya: Metod, rekomendatsii / N.A. Martusevich. - Мн.: BGMU, 2003. - 28 p. In Russ]
3. *Huskisson EC.* Nimesulide, a balanced drug for treatment for treatment of osteoarthritis. *Clin Exp Rheumatol.* 2001; 19: Suppl 22: 21-5.
4. *Загородний Н.В.* Внутрисуставная и периартикулярная терапия заболеваний опорно-двигательного аппарата: Учебно-метод. пособие. М.. 2002. 48 с. [*Zagorodnii N.V.* Vnutrisustavnaya i periartikulyarnaya terapiya zabolevanii oporno-dvigatel'nogo apparata: Uchebno-metod. posobie. М.. 2002. 48 p. In Russ]
5. *Третьяков В.Б.* Применение препарата алфлутоп в комплексе лечения посттравматического остеоартроза коленного сустава. // Кафедра травматологии и ортопедии, 2017. № 3. С. 11 – 13. [*Tret'jakov V.B.* Primenenie preparata alflutop v komplekse lechenija posttravmaticheskogo osteoartroza kolennogo sustava. *Kafedra travmatologii i ortopedii*, 2017. № 3. S. 11 – 13. In Russ]
6. *Лазышвили Г.Д., Егиазарян К.А., Данилов М.А.* Исследование клинической эффективности применения обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении остеоартроза коленного сустава // Кафедра травматологии и ортопедии, 2016. № 1. С. 10 – 15. [*Lazishvili G.D., Egiazarjan K.A., Danilov M.A.* Issledovanie klinicheskoi jeffektivnosti primeneniya obogashhennoj trombocitami plazmy V lechenii osteoartroza kolennogo sustava *Kafedra travmatologii i ortopedii*, 2016. № 1. S. 10 – 15. In Russ]
7. *Страхов М.А., Загородний Н.В., Скороглядов А.В. и др.* Особенности лечения и профилактики остеоартрита в молодом возрасте // РМЖ. 2016. No 8. С. 498–504. [*Strakhov M.A., Zagorodnii N.V., Skoroglyadov A.V. i dr.* Osobennosti lecheniya i profilaktiki osteoartrita v molodom vozraste *RMZh.* 2016. No 8. P. 498–504. In Russ]
8. Blaine T, Moskowitz R, Udell J, Skyhar M, Levin R, Friedlander J, Daley M, Altman R. *J Bone Joint Surg Am.* 2008 May;90(5):970-9.
9. Witteveen AG, Giannini S, Guido G, Jerosch J, Lohrer H, Vannini F, Donati L, Schulz A, Scholl J, Sierevelt IN, van Dijk CN. A prospective multi-centre, open study of the safety and efficacy of hylan G-F 20 (Synvisc) in patients with symptomatic ankle (talo-crural) osteoarthritis. *Foot Ankle Surg.* 2008;14(3):145-52. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2008.01.001>
10. Balazs E.A. The Physical Properties of Synovial Fluid and the Special Role of Hyaluronic Acid. 1974. Disorders of the Knee (Ed. Helfet A.) T.B. Lippincott Company. Philadelphia. pp. 63-75.
11. Johnsson H1, Eriksson L, Jonzon A, Laurent TC, Sedin G. Lung hyaluronan and water content in preterm and term rabbit pups exposed to oxygen or air. *Pediatr Res.* 1998 Nov;44(5):716-22.
12. *Швайчак Э.* Зависимость вязкости водного раствора гиалурановой кислоты от ее микроструктуры. часть I Российский журнал биомеханики, том 7, № 3: 87-98, 2003. [*Shvaichak E.* Zavisimost' vyazkosti vodnogo rastvora gialuronovoi kisloty ot ee mikrostruktury. chast' I Rossiiskii zhurnal biomekhaniki, tom 7, № 3: 87-98, 2003. In Russ]
13. *Хабаров В.Н., Бойков П.Я., Селянин М.А.* «Гиалурановая кислота». Москва.: Практическая медицина. 2012. 224с. [*Khabarov V.N., Boikov P.Ya., Selyanin M.A.* «Gialuronovaya kislota». Moskva.: Prakticheskaya meditsina. 2012. 224p. In Russ]
14. *Madkhali A, Chernos M, Grecov D, Kwok E.* Osteoarthritic synovial fluid rheology and correlations with protein concentration. *Biorheology.* 2016 Nov 9;53(3-4):111-122. DOI: 10.3233/BIR-15078

Сведения об авторах

Кавалерский Геннадий Михайлович – профессор, д. м. н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), 119991, Москва, ул. Б. Пироговская, д.2, стр. 4. E-mail gkavalerskiy@mail.ru

Кавалерский Михаил Геннадьевич – к. м. н., руководитель проекта ООО Ингал, 127051, Россия, г. Москва, Цветной бульвар, дом 28, строение 1, помещение 3. E-mail kavalerskiy@ingal-med.ru

Дугина Юлия Леонидовна – к. м. н., директор по исследованиям и развитию Oncon LLC, 1209 Orange Street Wilmington, DE 19801. E-mail dugina@nativa.pro

Рукин Ярослав Алексеевич – к. м. н., доцент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет), 119991, Москва, ул. Б. Пироговская, д.2, стр. 4. E-mail yar.rukin@gmail.com

Information about the authors

Kavalerskiy Gennadiy Mychaylovich – Professor, Doctor of Medicine, Department of Trauma, Orthopaedics and Disaster Surgery, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2-4 Bolshaya Pirogovskaya st., 119991 Moscow, Russia. E-mail gkavalerskiy@mail.ru

Kavalerskiy Mychail Gennadyevich – PhD in Medicine, Cheaf of the Project ООО «Ingal», 28-1, Cvetnoy Bulvar, 127051, Moscow, Russia.

E-mail kavalerskiy@ingal-med.ru

Dugina Yuliya Leonidovna – PhD in Medicine, Director for Researches and Development, Oncon LLC, 1209 Orange Street Wilmington, DE 19801. E-mail dugina@nativa.pro

Rukin Yaroslav Alekseevich – PhD in Medicine, Associate Professor of the Department of Trauma, Orthopaedics and Disaster Surgery, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, 2-4 Bolshaya Pirogovskaya st., 119991 Moscow, Russia.

E-mail yar.rukin@gmail.com

Финансирование: Исследование не имело спонсорской поддержки.

Funding: The study had no sponsorship.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interest.

Для цитирования: *Кавалерский Г.М., Кавалерский М.Г., Дугина Ю.Л., Рукин Я.А., СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВНУТРИСУСТАВНЫХ ПРОТЕЗОВ НА ОСНОВЕ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ.* // Кафедра травматологии и ортопедии. 2018.№1(31). с. 18-22. [*Kavalerskiy G.M., Kavalerskiy M.G., Dugina Yu.L., Rukin Ya.A., COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE RHEOLOGICAL PROPERTIS OF INTRA-ARTICULAR PROSTHESES BASED ON HYALURONIC ACID.* // The Department of Traumatology and Orthopaedics. 2018.№1(31). p. 18-22. In Russ]