

Научная статья

УДК 616.728.3-007.248-053.9:615.847

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2024-30-3-345-352>

Результаты применения внутритканевой электростимуляции при лечении начальных стадий гонартроза у лиц пожилого и зрелого возраста

Н.А. Бурматов^{1✉}, К.С. Сергеев¹, С.Н. Лунева², А.А. Герасимов³, С.А. Копылов⁴, Н.А. Спиридонова⁵

¹ Тюменский государственный медицинский университет, Тюмень, Россия

² Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени академика Г.А. Илизарова, Курган, Россия

³ Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

⁴ Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия

⁵ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

Автор, ответственный за переписку: Никита Александрович Бурматов, burmatov.n@yandex.ru

Аннотация

Введение. Наиболее сложной задачей при лечении начальных стадий деформирующего артроза коленных суставов является подбор адекватной, патогенетически обоснованной противоболевой терапии. Необходимость изучения эффективности и механизмов действия современных методов электролечения и влияния их на качество жизни пациентов обусловлена тесной причинно-следственной связью болевого, воспалительного и деструктивного компонентов остеоартроза (ОА), одного из самых распространенных заболеваний.

Цель работы — оценить результаты использования внутритканевой электростимуляции в качестве варианта монотерапии в курсе консервативного лечения начальных стадий гонартроза на основании данных клинического и биохимического исследований.

Материалы и методы. Изучены данные рентгенографии, кожной электрометрии (объективные показатели интенсивности боли), опороспособности конечности, биохимические показатели деградации матрикса соединительной ткани в образцах сыворотки крови и суточной мочи и степень удовлетворенности проведенным лечением 43 пациентов. Пациенты, получавшие курс внутритканевой электростимуляции (ВТЭС), отнесены в основную группу ($n = 22$), пациенты, лечившиеся по стандартной схеме, не включающей ВТЭС, составили контрольную группу ($n = 21$).

Результаты. Электрометрический анализ выявил более высокую эффективность противоболевой терапии в основной группе по сравнению с контрольной (значения коэффициента асимметрии составили $3,2 \pm 0,31$ против $1,9 \pm 0,4$ при $p > 0,05$). Различались и показатели опороспособности конечности: $3,59 \pm 0,34$ против $3,26 \pm 0,2$ балла при $p > 0,05$. Установлена меньшая длительность сроков лечения пациентов основной группы: $13,21 \pm 1,2$ против $18,3 \pm 1,2$ дня в контрольной, $p > 0,05$, а также более высокая степень удовлетворенности результатами лечения в основной группе ($96,2 \pm 2,59$ балла против $86,2 \pm 3,17$). Установлено статистически достоверное различие ($p > 0,05$) показателей содержания свободного и общего гидроксипролина, характеризующих различную интенсивность распада коллагена в обследованных группах по окончании лечения.

Обсуждение. Доказана высокая эффективность применения ВТЭС в качестве противоболевой и противовоспалительной терапии, а изменения содержания гидроксипролина в исследованных средах позволяют предполагать хондропротективный эффект от применяемой терапии. На основании анализа и сравнения ряда объективных показателей показана высокая эффективность применения внутритканевой стимуляции при лечении начальных стадий гонартроза у пациентов зрелого и пожилого возраста.

Заключение. Применение ВТЭС на ранних стадиях развития гонартроза ликвидирует болевой синдром, способствует снижению интенсивности процессов деструкции коллагена и восстановлению опороспособности конечности.

Ключевые слова: остеоартрит, заболевания суставов, внутритканевая электростимуляция, восстановительное лечение, гонартроз

Для цитирования: Бурматов Н.А., Сергеев К.С., Лунева С.Н., Герасимов А.А., Копылов С.А., Спиридонова Н.А. Результаты применения внутритканевой электростимуляции при лечении начальных стадий гонартроза у лиц пожилого и зрелого возраста. *Гений ортопедии*. 2024;30(3):345-352. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-3-345-352. EDN: ELGBYC.



Interstitial electrical stimulation for middle-aged, and elderly adults with early stages of knee osteoarthritis

N.A. Burmatov^{1✉}, K.S. Sergeev¹, S.N. Luneva², A.A. Gerasimov³, S.A. Kopylov⁴, N.A. Spiridonova⁵

¹ Tyumen State Medical University, Tyumen, Russian Federation

² Ilizarov National Medical Research Centre for Traumatology and Orthopedics, Kurgan, Russian Federation

³ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russian Federation

⁴ Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

⁵ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

Corresponding author: Nikita A. Burmatov, burmatov.n@yandex.ru

Abstract

Introduction The adequate, pathogenetically substantiated pain management is essential for treatment of early stages of deforming osteoarthritis of the knee joint. There is a need to explore the effectiveness and mechanisms of modern methods of electrical therapy and their impact on the quality of life due to close cause-and-effect relationship between the pain, inflammatory and destructive components of osteoarthritis (OA) as one of the most common conditions.

The objective was to evaluate the effect of interstitial electrical stimulation (IES) as a monotherapy in the course of conservative treatment of early stages of gonarthrosis based on clinical and biochemical findings.

Materials and methods Radiographic findings, skin electromy (objective parameters of pain intensity), limb weight-bearing capacity, biochemical parameters of connective tissue matrix degradation in blood serum and 24-hour urine samples, and treatment satisfaction were explored in 43 patients. Patients who received a course of IES were assigned to the treatment group ($n = 22$) and patients who received standard treatment without IES constituted the control group ($n = 21$).

Results Electrometric analysis showed a higher effectiveness of pain relief in the treatment group compared to the controls with asymmetry coefficient measuring 3.2 ± 0.31 versus 1.9 ± 0.4 at $p > 0.05$. The weight-bearing scored 3.59 ± 0.34 versus 3.26 ± 0.2 at $p > 0.05$. The treatment group showed shorter treatment length with 13.21 ± 1.2 days versus 18.3 ± 1.2 days in the control group at $p > 0.05$ and a higher degree of satisfaction with outcomes scored 96.2 ± 2.59 in the treatment group versus 86.2 ± 3.17 in the control group. A statistically significant difference ($p > 0.05$) was established in the levels of free and total hydroxyproline characterizing the different intensity of collagen breakdown in the groups at the end of treatment.

Discussion The IES used as an analgesic and anti-inflammatory therapy was shown to be highly effective with changes in the hydroxyproline level in the media suggesting a chondroprotective effect. The analysis and comparison of objective parameters demonstrated high effectiveness of IES in the treatment of early stages of gonarthrosis in middle-aged and elderly adults.

Conclusion The IES used for treatment of early stages of gonarthrosis helps pain reducing the intensity of collagen destruction and improving weight-bearing.

Keywords: osteoarthritis, joint diseases, interstitial electrical stimulation, rehabilitation, gonarthrosis

For citation: Burmatov NA, Sergeev KS, Luneva SN, Gerasimov AA, Kopylov SA, Spiridonova NA. Interstitial electrical stimulation for middle-aged, and elderly adults with early stages of knee osteoarthritis. *Genij Ortopedii*. 2024;30(3):345-352. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-3-345-352

ВВЕДЕНИЕ

По мнению ряда исследователей, среди множества дегенеративно-дистрофических заболеваний опорно-двигательного аппарата безусловным лидером является гонартроз [1], во всем мире от проявлений данного заболевания страдают свыше 240 млн. человек [2]. От 40 до 70 % случаев заболевания приходится на лиц в возрастном диапазоне 60–70 лет, при этом значимая часть патологии (от 40 до 65 % случаев) связана с генетическим фактором [3]. Несмотря на известные меры профилактики и лечения, количество людей с проявлениями остеоартроза коленного сустава возрастает, при этом отмечается тенденция к снижению возраста больных и увеличению числа лиц молодого, трудоспособного возраста, что негативно сказывается на качестве жизни пациентов [4]. Несмотря на постоянный поиск и совершенствование методик и способов лечения остеоартроза крупных суставов, экономические затраты ряда экономически развитых стран, связанные с лечением и реабилитацией данной категории пациентов, составляют до 2,5 % национального валового продукта [5]. В настоящее время проводится поиск патогенетически обоснованных методов лечения первичного остеоартроза (ОА) коленных суставов, в основе развития которого лежит сложный комплекс биохимических и структурных изменений, охватывающих все суставные компоненты, включая гиалиновый хрящ и субхондральную кость [6–8]. В современной практике с высокой степенью эффективности применяют различные методики лечения болевого и воспалительного компонентов ОА и их комбинации, включающие внутрисуставные инъекции компонентов крови, костного мозга и различные фармакологические и физиотерапевтические пособия. Но проблема лечения болевого синдрома при ОА в настоящее время полностью не решена и, следовательно, является актуальной. Костная ткань богата остеорецепторами, реагирующими на снижение парциального давления кислорода в костных сосудах, обусловленное развитием гипоксии, вызванной венозным застоем в субхондральных отделах кости [9, 10]. Нарушение кровообращения вызывает хронический костно-болевой синдром, характерный для гонартроза. Доказано, что чем хуже кровоснабжение кости, тем интенсивнее боль. Нарушение микроциркуляции в субхондральной кости приводят к резкому снижению диффузии необходимых питательных веществ в матрикс хряща. Снижение внутрикостного давления ликвидирует одно из препятствий для адекватной трофики гиалинового хряща, что подтверждается данными проведенных клинического и биохимического исследований.

Цель работы — оценить результаты использования внутритканевой электростимуляции в качестве варианта монотерапии в курсе консервативного лечения начальных стадий гонартроза на основании данных клинического и биохимического исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлась когорта пациентов обоего пола в возрасте 45–65 лет ($n = 43$). Клиническое обследование включало специализированную оценку антропометрических параметров с вычислением индекса массы тела (ИМТ) по известной формуле:

$$I = \frac{m}{h^2}, \text{ кг/м}^2,$$

где I — индекс массы тела, m — масса тела в килограммах, h — рост в метрах.

Для определения степени ожирения руководствовались значениями индекса массы тела, выявляли наличие и степень тяжести сопутствующих заболеваний, согласно действующим Клиническим рекомендациям по лечению гонартроза (Утверждены Минздравом РФ 03.09.2021). При помощи «Калькулятора экологической коморбидности» вычисляли числовой показатель – индекс коморбидности (ИК) [11].

Критерии включения в исследование:

- наличие в анамнезе установленного диагноза «гонартроз», «артроз коленного сустава» (код M17 согласно МКБ-10);
- стадия заболевания I–II (по Kellgen – Lowrence) [12];
- односторонний характер заболевания.

Критерии исключения:

- системные, аллергические, ревматические и опухолевые поражения суставов, асептический некроз, ожирение выше 1 степени;
- отличный от механического фенотип скелетно-мышечной боли;
- оперативные вмешательства на коленном суставе;
- патология почек;
- заболевания опухолевой и эндокринной природы;
- количество баллов по результатам теста ходьбы Хаузера менее 5 [13].

Исходя из методов лечения, исследуемая совокупность пациентов разделена на 2 группы. Контрольную группу ($n = 21$) составили пациенты, получавшие курс лечения, включавший медикаментозное пособие, курсы физио- и кинезиотерапии, в рамках действующего Приказа Минздрава России от 27.10.2022 № 706 «Об утверждении стандарта медицинской помощи взрослым при гонартрозе (диагностика, лечение и диспансерное наблюдение)». Лица, при лечении которых в качестве монотерапии применяли внутритканевую электростимуляцию по А.А. Герасимову (ВТЭС), отнесены в основную группу ($n = 22$). Распределение показателей больных дает основание считать, что сравниваемые группы являются сопоставимыми ($p < 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1
Характеристики исследуемых групп

Показатель		Основная группа	Контрольная группа
Мужчины	абс.	10	10
	%	45,5	47,6
Женщины	абс.	12	11
	%	54,5	52,4
Возраст (лет)		$70,00 \pm 2,65$	$69,60 \pm 2,93$
ИК (балл)		$9,42 \pm 0,86$	$9,73 \pm 0,42$
ИМТ (балл)		$23,85 \pm 3,24$	$23,33 \pm 2,3$

Примечание: ИК — индекс коморбидности; ИМТ — индекс массы тела.

Длительность курса лечения и количество процедур были индивидуальны (от 7 до 21 дня) и варьировали, исходя из необходимости и состояния пациента. Субъективную оценку степени интенсивности болевого синдрома проводили по визуально-аналоговой шкале ВАШ (от 0 до 10 баллов). Характеристики интенсивности боли определяли методом кожной электрометрии по А.А. Герасимову [14]. Для расчета показателей опороспособности нижних конечностей использовали оригинальное программное обеспечение — программа SupportTest [15]. Исследование проводили с помощью напольных весов. Испытуемый вставал одной ногой на весы, а другой ногой — на подставку. Показания весов регистрировали каждые 15 сек. в течение 5 мин. Предварительно на тех же весах определяли массу тела пациента (P), которую принимали за 100 %. По показаниям весов для стоящей на них ноги вычисляли среднюю величину $P1$, а затем определяли величину опороспособности конечности (X) по формуле:

$$X = \frac{P1 \times 100}{P}, \%$$

Путем вычитания полученного значения из 100 % вычисляли процент распределения массы тела на другую ногу. Опороспособность конечности считали восстановленной в случае, если показатели пострадавшей конечности достигали значения не менее (80 ± 10) % от здоровой. При отсутствии нарушения и при полном (100 %) восстановлении ОС начисляли 5 баллов, при значениях в 90, 80 и 70 % — по 4, 3 и 2 балла соответственно.

Изучение биологического материала (сыворотки крови и суточной мочи) включало определение ряда показателей — маркеров деградации хрящевой ткани (свободного и общего гидроксипролина). Исследование проводили по методу, предложенному П.Н. Шараевым [16]. Забор биологического материала проводили перед началом курса лечения и через 45 сут. со дня последней процедуры или пребывания в отделении восстановительного лечения. В качестве референсных значений использовали аналогичные показатели здоровых людей в возрастном диапазоне от 45 до 65 лет. Степень удовлетворенности лечением определяли согласно персонифицированной оценке результатов лечения [17], при этом в качестве базовой использовали шкалу WOMAC (англ. Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis Index).

Результаты исследования обработаны непараметрическими методами вариационной статистики для малых выборок. Статистическую значимость различий подтверждали при значении $p < 0,05$. Показатели проверены на нормальность по критериям Шапиро – Уилка и Титъена – Мура.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ стандартных рентгенограмм пациентов обеих групп выявил рентгенологические признаки, характерные для ОА коленных суставов, описанные J. Kallgren и J. Lawrence [12], где нулевое значение свидетельствует об отсутствии изменений, при значении I (сомнительная степень) визуализируются незначительные остеофиты. Степень II (минимальная) характеризуется наличием четко выраженных остеофитов. У 11 пациентов отмечены минимальное сужение суставной щели (менее чем на $2/3$ по сравнению с нормальными показателями), единичные субхондральные кисты и незначительные краевые костные разрастания. В 32 случаях видимых изменений структуры кости или анатомии сустава выявлено не было (рис. 1).

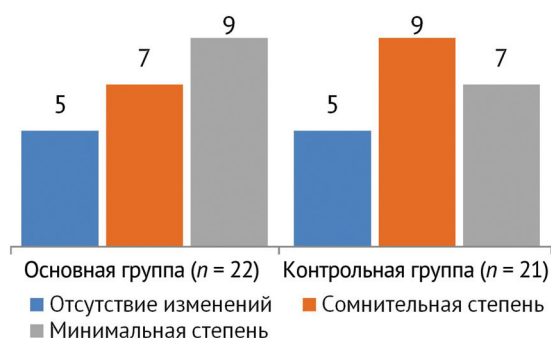


Рис. 1. Распределение пациентов согласно классификации Kellgren & Lawrence

Объективные показатели, характеризующие опороспособность конечности и степень болевого синдрома, перед началом лечения в обеих группах были сопоставимы (табл. 1). Согласно данным локомоторного тестирования перед началом лечения, нарушение опороспособности выявлено у 70 % пациентов основной и 70 % пациентов контрольной группы. Сравнительный анализ данных показателей в отдаленном периоде выявил статистически подтвержденное различие в полученных значениях ($p < 0,05$), что указывает на более эффективное восстановление опороспособности конечности в основной группе: $(3,59 \pm 0,31)$ против $(3,26 \pm 1,2)$.

Путем измерений кожного электропотенциала перед началом курса лечения у большинства обследуемых пациентов установили наличие болевого синдрома различной интенсивности (от умеренной до сильной). Объективное количественное измерение электропотенциала в виде коэффициента асимметрии (КА) стойко коррелировало ($r = 0,97$) с аналогичными субъективными показателями ВАШ (табл. 2). Клиническое и электрометрическое исследование подтвердило наличие болевого синдрома различной интенсивности у равного числа пациентов, при этом статические и ночные боли также испытывали 55 % ($n = 11$) пациентов основной и 57 % ($n = 11$) пациентов контрольной группы. Ликвидации болевого синдрома удалось добиться у всех пациентов основной и у 65 % пациентов контрольной группы. Сравнив числовые значения КА в отдаленном периоде, установили наличие болевого синдрома (от умеренного до незначительного) у 15 пациентов контрольной группы и у 2 человек основной группы. Результат подтвержден данными ВАШ. Выявлено статистически подтвержденное различие ($p < 0,05$) в показателях, характеризующих наличие и степень интенсивности боли в отдаленном периоде, что указывает на более высокую эффективность противоболевой терапии в основной группе.

Таблица 2

Распределение показателей результатов антропометрического, локомоторного, электрометрического и клинического исследования в различные периоды лечения

Показатели	Основная группа ($n = 22$)		Контрольная группа ($n = 21$)	
	до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
ВАШ (балл)	$6,7 \pm 2,6$	$0,6 \pm 0,02$	$6,5 \pm 2,3$	$4,6 \pm 0,02^*$
КА (балл)	$3,2 \pm 0,3$	$1,1 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,3$	$1,9 \pm 0,4^*$
ОС (балл)	$3,4 \pm 0,31$	$3,59 \pm 0,14$	$3,21 \pm 0,2$	$3,26 \pm 0,15^*$

Примечание: КА — коэффициент асимметрии; ВАШ — визуально-аналоговая шкала; ОС — опороспособность конечности; * — различия между группами достоверны при $p \leq 0,05$.

При изучении биохимических показателей в качестве референсных были использованы аналогичные данные, полученные при обследовании молодых здоровых людей в возрасте 30–45 лет, которые составили референсную группу ($n = 20$). Биохимический анализ перед началом курса лечения выявил одинаково повышенное содержание уровня общего и свободного гидроксипролина в сыворотке крови пациентов обеих групп ($p > 0,05$). Содержание свободного гидроксипролина в анализах суточной мочи также было повышенным, при этом полученные значения отличались от аналогичных показателей группы контроля, что свидетельствует о повышенном разрушении коллагена в обеих группах (табл. 3, 4).

Таблица 3

Сравнительный анализ результатов биохимического исследования сыворотки крови пациентов

Показатели	Референсная группа ($n = 20$)	Основная группа ($n = 22$)		Контрольная группа ($n = 21$)	
		до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
Гидроксипролин общий (ммоль/л)	$3,28 \pm 0,11$	$3,43 \pm 0,08$	$3,31 \pm 0,07^*$	$3,46 \pm 0,07$	$3,06 \pm 0,05$
Гидроксипролин свободный (ммоль/л)	$0,29 \pm 0,10$	$0,25 \pm 0,13$	$0,27 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,09$	$0,28 \pm 0,06$

Примечание: * — различия между группами достоверны при $p \leq 0,05$.

Таблица 4

Результаты биохимического исследования суточной мочи пациентов обеих групп

Показатель	Референсная группа ($n = 20$)	Основная группа ($n = 22$)		Контрольная группа ($n = 21$)	
		до лечения	после лечения	до лечения	после лечения
Гидроксипролин свободный (ммоль/л)	$0,12 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,05$	$0,17 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,02^*$

Примечание: * — различия между группами достоверны при $p \leq 0,05$.

Сравнительный анализ показателей биохимического исследования до и после лечения (длительность отдаленного периода составила $(45,3 \pm 1,22)$ сут. в основной и $(44,1 \pm 1,03)$ сут. в контрольной группе) выявил ряд статистически значимых различий ($p > 0,5$), косвенно указывающих на улучшение биохимических показателей обмена соединительной ткани в основной группе.

Персонализированная оценка результатов лечения [17] также показала различную степень удовлетворенности проведенным лечением пациентов основной и контрольной групп ($p < 0,05$). В качестве базовой при оценке функции коленного сустава использовали шкалу WOMAC [18].

Согласно ожиданиям пациентов, проведенное лечение должно купировать болевой синдром, улучшать опороспособность, расширять функциональные возможности и улучшать качество жизни. Высокие показатели степени удовлетворенности лечением зарегистрированы у 95 % пациентов основной группы и у 55 % пациентов контрольной группы. По результатам вводного тестирования каждая из групп была поделена на 2 подгруппы (табл. 5). Подгруппу «А» составили пациенты, ожидания которых находились в диапазоне «отлично» или у верхней границы диапазона «хорошо» ($n = 21$). При этом показатель ЖР составил ≥ 85 баллов. В подгруппу «В» вошли пациенты, ожидания которых находились у нижней границы диапазона «хорошо». В данной подгруппе преобладали лица старшей возрастной категории с нарушением опороспособности конечности. Показатель ЖР у этих пациентов составил ≤ 84 баллов. Анализ результатов оценки эффективности лечения выявил различную степень удовлетворенности лечением у пациентов основной и контрольной групп. Установлено, что результатами лечения осталось довольно большинство пациентов основной группы, при этом в 25 % случаев достигнутый результат превзошел ожидаемый. Количество удовлетворенных результатами лечения пациентов в контрольной группе было ниже, чем в основной, выявлено 2 случая с неудовлетворительной результативностью, что, очевидно, являлось результатом низкой эффективности противоболевой и противовоспалительной терапии. Основанием для прекращения процедур внутритканевой электростимуляции (и курса лечения) в основной группе являлись ликвидация болевого синдрома и восстановление параметров опороспособности конечности. Установлено, что длительность сроков лечения пациентов различалась в пользу пациентов основной группы: $(13,21 \pm 1,2)$ дня против $(18,3 \pm 1,2)$ дня в контрольной.

Таблица 5

Показатели персонализированной оценки результатов и длительности лечения пациентов

Показатель	Основная группа			Контрольная группа		
	А, $n = 11$	В, $n = 6$	С, $n = 21$	А, $n = 12$	В, $n = 7$	С, $n = 22$
ЖР (балл)	$91,8 \pm 3,8$	$77,5 \pm 6,09^*$	$87,05 \pm 8,28$	$96,2 \pm 3,25$	$85,5 \pm 5,68^*$	$92,6 \pm 6,59$
ДР (балл)	$96,2 \pm 3,25$	$85,5 \pm 5,68^*$	$92,6 \pm 2,59$	$89,1 \pm 3,68$	$81,1 \pm 2,79$	$86,21 \pm 3,17^{**}$
ИР (балл)	$104,9 \pm 4,43$	$110,89 \pm 11,3$	$106,9 \pm 7,66$	$97,9 \pm 5,97$	$106,9 \pm 5,15$	$101,24 \pm 7,1$
Курс лечения (дни)	$8,2 \pm 1,2$	$11,3 \pm 2,2$	$13,21 \pm 1,2$	$10,2 \pm 2,3$	$13,5 \pm 3,4$	$18,3 \pm 1,2^{**}$

Примечание: А — группа пациентов с ожиданиями в диапазоне «отлично» или у верхней границы диапазона «хорошо»; В — группа пациентов, ожидания которых находятся у нижней границы диапазона «хорошо»; С — группа пациентов с ожиданиями «отлично» и «хорошо»; ЖР — желаемый результат; ДР — достигнутый результат; ИР — итоговый результат; * — различия между подгруппами А и В достоверны при $p \leq 0,05$; ** — различия между подгруппами С основной и контрольной групп достоверны при $p \leq 0,05$.

ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что течение ранних стадий остеоартроза характеризуется наличием хронического костно-болевого синдрома различной интенсивности, сопровождается характерными изменениями биомеханических, прочностных свойств кости, обусловленных перестройкой и изменением её качества. Собственные клинические наблюдения, подтвержденные данными литературы, указывают на то, что наиболее интенсивная боль локализуется в брадитрофных зонах костей, образующих коленный сустав (метафизарных отделах голени) [1, 4]. Известно, что результатом применения ВТЭС на ранних стадиях ОА, помимо снятия болевого синдрома, является восстановление локальной микроциркуляции костной и хрящевой тканей [19]. Результаты проведенных ранее полярографических и реографических исследований показали достоверно значимое ускорение процессов латентного периода доставки и утилизации кислорода в костной ткани после проведения курса электростимуляции. Доказано, что восстановление микроциркуляции и васкуляризации усиливает активность процессов энергетического обмена, что приводит к ликвидации локальных очагов асептического воспаления кости, восстановлению ее пьезоэлектрических и биохимических свойств [19]. В ряде отечественных и зарубежных исследований, посвященных вопросам лабораторной диагностики, показана специфичность маркеров деградации и синтеза хрящевой ткани и субхондральной кости — основных патогенетических звеньев ОА [20], изучена взаимосвязь структурных нарушений гиалинового хряща сустава и параметров системных проявлений воспалительной реакции на различных (в том числе доклинических) стадиях течения заболевания [22, 23]. Известно, что разрушение коллагеновых волокон сопровождается повышением экскреции гидроксипролина и увеличением его содержания в сыворотке крови. По имеющимся в настоящее время данным, гидроксипролин, определяемый в сыворотке крови и моче, является продуктом распада коллагена, причем свободная фракция ГП считается маркером деструкции, а связанная — маркером активности метаболизма соединительной ткани [23–26]. После проведения

курса внутритканевой электростимуляции мы отметили уменьшение содержания общего и свободного гидроксипролина в сыворотке крови и суточной моче пациентов преимущественно в основной группе, что косвенно свидетельствовало о более активном торможении процессов распада коллагена и восстановлении активности метаболизма соединительной ткани в этой группе пациентов [27, 29]. Изученные нами биохимические маркеры обладают невысокой специфичностью и высокой диагностической значимостью, поэтому являются косвенным признаком торможения распада коллагена. Однако изменение биохимических маркеров в совокупности с данными клинического и электрометрического исследований позволяют с высокой долей вероятности предполагать хондропротективный эффект от применения внутритканевой электростимуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ВТЭС на ранних стадиях развития гонартроза ликвидирует болевой синдром, способствует снижению интенсивности процессов деструкции коллагена и восстановлению опороспособности конечности.

Внутритканевая электростимуляция является эффективным, патогенетически обоснованным методом лечения пациентов с остеоартрозом коленных суставов, сопровождающимся хроническим болевым синдромом.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования не заявлен.

Этическая экспертиза. Локальный этический комитет постановил, что метод ВТЭС внедрен в рутинную клиническую практику, имеет 15-летний период применения, не требует одобрения локальным этическим комитетом на использование. Разрешение на применение медицинской технологии «Лечение болевых синдромов позвоночника и суставов внутритканевой электростимуляцией» выдано Федеральной службой по надзору в сфере здравоохранения и социального развития, ФС 210/379 от 26.10.10. Используемый аппарат Вектор-МС находится в серийном выпуске с 2003 г., регистрационное удостоверение № РЗН 2013/1050 от 14.08.13.

Информированное согласие. Каждый пациент (законные представители) был ознакомлен с условиями лечения и исследования, подписал добровольное информированное согласие.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хело М.Д., Ахтямов И.Ф., Абдуллах А.М., Саид Ф.М. Лечение гонартроза — современные тенденции и проблемные вопросы. *Практическая медицина*. 2018;16(7 (часть 1)):48-53. doi: 10.32000/2072-1757-2018-16-7-48-53
2. Katz JN, Arant KR, Loeser RF. Diagnosis and Treatment of Hip and Knee Osteoarthritis: A Review. *JAMA*. 2021;325(6):568-578. doi: 10.1001/jama.2020.22171
3. Новаков В.Б., Новакова О.Н., Чурносков М.И. Связь полиморфизма генов LYPLAL1 и TGFA с прогрессированием остеоартроза коленного сустава у жителей Центрального Черноземья России. *Травматология и ортопедия России*. 2022;28(4):42-53. doi: 10.17816/2311-2905-1979
4. Алексеева Л.И., Таскина Е.А., Кашеварова Н.Г. Остеоартрит: эпидемиология, классификация, факторы риска и прогрессирования, клиника, диагностика, лечение. *Современная ревматология*. 2019;13(2):9-21. doi: 10.14412/1996-7012-2019-2-9-21
5. Повзун А.С., Мазуров В.И., Повзун К.А., Костенко В.А.. Оценка текущей экономической эффективности лечения больных остеоартритом в Санкт-Петербурге и ее перспективы. *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета*. 2017;9(3):89-96.
6. Rizk E, Tajchman S, Fink E, et al. Quality indicators for osteoarthritis pain management in the primary care setting. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023;24(1):538. doi: 10.1186/s12891-023-06637-x
7. Eymard F, Ornetti P, Maillet J, et al. Intra-articular injections of platelet-rich plasma in symptomatic knee osteoarthritis: a consensus statement from French-speaking experts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021;29(10):3195-3210. doi: 10.1007/s00167-020-06102-5
8. Fiz N, Delgado D, Garate A, et al. Intraosseous infiltrations of Platelet-Rich Plasma for severe hip osteoarthritis: A pilot study. *J Clin Orthop Trauma*. 2020;11(Suppl 4):S585-S590. doi: 10.1016/j.jcot.2019.12.012
9. Абушева Г.Р., Ковлен Д.В., Пономаренко Г.Н. и др. Физические методы реабилитации пациентов с остеоартрозом: наукометрический анализ доказательных исследований. *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(1):190-200. doi: 10.21823/2311-2905-2020-26-1-190-200.
10. Garvey WT, Garber AJ, Mechanick JI, et al. American association of clinical endocrinologists and american college of endocrinology position statement on the 2014 advanced framework for a new diagnosis of obesity as a chronic disease. *Endocr Pract*. 2014;20(9):977-989. doi: 10.4158/EP14280.PS
11. Рагозин О.Н., Малахов Ю.В., Дьячкова Э.Э., Рагозин Р.О. *Калькулятор экологической коморбидности*. Свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ № 2017663878. 13.12.2017. Доступно по: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet. Ссылка активна на 09.04.2024.
12. Kellgren JH, Jeffrey M, Ball J. *Atlas of standard radiographs*. Vol 2. Oxford: Blackwell Scientific; 1963.
13. Коваленко А.П., Камаева О.В., Мисиков В.К. и др. Шкалы и тесты для оценки эффективности лечебно-реабилитационных мероприятий у пациентов со спастичностью нижней конечности. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2018;118(5):120-128. doi: 10.17116/jnevro201811851120
14. Герасимов А.А. Способ объективной диагностики болевых синдромов. *Российский журнал боли*. 2013;1(36):76-77.
15. Бурматов Н.А., Сергеев К.С., Копылов С.А. и др. *Способ расчёта объективных показателей опороспособности нижней конечности (SUPPORTTEST)*. Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023616226. 23.03.2023. Доступно по: https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet. Ссылка активна на 10.04.2023.

16. Шараев П.Н., Сахабутдинова Е.П., Лекомцева О.И., Кошикова С.В. Определение свободного и пептидосвязанного гидроксипролина в сыворотке крови. *Клиническая лабораторная диагностика*. 2009;(1):7-9.
17. Гаркави Д., Гаркави А., Лычагин А. Универсальный способ персонифицированной оценки результатов лечения у пациентов ортопедо-травматологического профиля. *Врач*. 2014;(7):31-34.
18. Иржанский А.А., Куляба Т.А., Корнилов Н.Н. Валидация и культурная адаптация шкал оценки исходов заболеваний, повреждений и результатов лечения коленного сустава WOMAC, KSS и FJS-12. *Травматология и ортопедия России*. 2018;24(2):70-79. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-70-79
19. Герасимов А.А. Лечение больных с дистрофическими заболеваниями суставов и позвоночника способом внутритканевой электростимуляции: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Санкт-Петербург; 1995;27. Доступно по: <https://medical-diss.com/medicina/lechenie-bolnyh-s-distroficheskimi-zabolevaniyami-sustavov-i-pozvonochnika-sposobom-vnutritkanevoy-elektrostimulyatsii>. Ссылка активна на 10.04.2024.
20. Белова С.В., Гладкова Е.В., Ульянов В.Ю., Блиникова В.В. Метаболические сдвиги у лиц с потенциальным риском развития первичного остеоартроза. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2018;14(3):511-514.
21. Гладкова Е.В., Иванов А.Н. Взаимосвязь структурных нарушений суставного гиалинового хряща и параметров системных проявлений воспалительной реакции в патогенезе ранних стадий первичного остеоартроза. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2018;14(3):518-523.
22. Галашина Е.А., Бондаренко А.С., Ульянов В.Ю., Климов С.С. Роль маркеров ремоделирования скелетной ткани в патогенезе имплантат-ассоциированного воспаления после первичной артропластики коленного сустава. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2018;14(3):515-518.
23. Носивец Д.С. Биохимические маркеры при патологии хрящевой и костной ткани. *Материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Н.П. Демичева «Современные аспекты травматологии, ортопедии и реконструктивной хирургии»*, Астрахань, 22-23 марта 2019. Астрахань: Изд-во Астраханского государственного медицинского университета; 2019:90-92.
24. Русланова Н.М., Поспелова К.И., Бахтин В.М. и др. Клиническое значение гидроксипролина в диагностике соединительнотканной дисплазии. *Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов, посвященной году науки и технологий «Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения»*, Екатеринбург, 8-9 апреля 2021. Екатеринбург: Изд-во УГМУ; 2021:369-374.
25. Kurd MF, Kreitz T, Schroeder G, Vaccaro AR. The Role of Multimodal Analgesia in Spine Surgery. *J Am Acad Orthop Surg*. 2017;25(4):260-268. doi: 10.5435/JAAOS-D-16-00049
26. Рассказов Н.И., Колокольцев В.В., Рассказов Д.Н. Перспективы изучения аутоантител к коллагенам. *Вестник дерматологии и венерологии*. 1994;(3):12-15.
27. Лунева С.Н., Сазонова Н.В., Мальцева Л.В., Матвеева Е.Л. Оценка эффективности препарата Терафлекс® в лечении начальных стадий остеоартрита и его влияния на структуру и метаболизм хрящевой ткани. *Consilium Medicum*. 2018;20(9):63-70. doi: 10.26442/2075-1753_2018.9.63-70
28. Parry DDA, Squire JM. Fibrous proteins: new structural and functional aspects revealed. In: *Advances in protein chemistry*. Elsevier Publ.; 2005:1-10.

Статья поступила 17.05.2023; одобрена после рецензирования 24.01.2024; принята к публикации 08.04.2024.

The article was submitted 17.05.2023; approved after reviewing 24.01.2024; accepted for publication 08.04.2024.

Информация об авторах:

Никита Александрович Бурматов — кандидат медицинских наук, врач травматолог-ортопед, ассистент кафедры, burmatov.n@yandex.ru;

Константин Сергеевич Сергеев — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой, <https://orcid.org/0000-0002-6621-9449>;

Светлана Николаевна Лунева — доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, luneva_s@mail.ru, SPIN-код: 9572-2655, <https://orcid.org/0000-0002-0578-1964>;

Андрей Александрович Герасимов — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры, <https://orcid.org/0000-0002-3581-1917>;

Семен Александрович Копылов — студент 5 курса, <https://orcid.org/0009-0001-7031-2646>;

Наталья Александровна Спиридонова — кандидат физико-математических наук, <https://orcid.org/0000-0002-2918-6609>.

Information about the authors:

Nikita A. Burmatov — Candidate of Medical Sciences, traumatologist-orthopedist, Assistant at the Department, burmatov.n@yandex.ru;

Konstantin S. Sergeev — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of Department, <https://orcid.org/0000-0002-6621-9449>;

Svetlana N. Luneva — Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher, luneva_s@mail.ru, SPIN-code: 9572-2655, <https://orcid.org/0000-0002-0578-1964>;

Andrey A. Gerasimov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor, <https://orcid.org/0000-0002-3581-1917>;

Semyon A. Kopylov — student, 5th year, <https://orcid.org/0009-0001-7031-2646>;

Natalia A. Spiridonova — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-2918-6609>.

Вклад авторов:

Бурматов Н.А. — концептуализация, методология, валидация, исследование, написание — первоначальный вариант, написание — рецензирование и редактирование, визуализация, контроль.

Сергеев К.С. — концептуализация, методология, написание — рецензирование и редактирование, управление проектом.

Лунева С.Н. — методология, валидация, исследование.

Герасимов А.А. — концептуализация, методология, контроль, написание — рецензирование и редактирование.

Копылов С.А. — обработка данных, визуализация, исследование.

Спиридонова Н.А. — методология, валидация, формальный анализ.