

## К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ В ИНФРАКРАСНОМ СПЕКТРЕ ПРИ СЕКРЕТОРНОМ БЕСПЛОДИИ У МУЖЧИН

© М.К. Потапова, С.Ю. Боровец, А.В. Соколов, С.Х. Аль-Шукри, В.Н. Ткачук

ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Для цитирования: Потапова М.К., Боровец С.Ю., Соколов А.В., и др. К вопросу об эффективности низкоинтенсивной лазерной терапии в инфракрасном спектре при секреторном бесплодии у мужчин // Урологические ведомости. – 2019. – Т. 9. – № 4. – С. 11–17. <https://doi.org/10.17816/uroved9411-17>

Поступила: 10.10.2019

Одобрена: 14.11.2019

Принята к печати: 18.12.2019

Оценено влияние низкоинтенсивной лазерной терапии (НИЛТ) в инфракрасном спектре на основные показатели сперматогенеза, фрагментацию ДНК сперматозоидов и показатель MAR-теста у мужчин с необструктивной патозооспермией. **Цель исследования.** 50 мужчин в возрасте от 23 до 40 лет (средний —  $31,0 \pm 5,4$  года) с секреторным бесплодием. Всем больным выполняли физикальное обследование, спермограмму, MAR-тест, определяли степень фрагментации ДНК сперматозоидов, проводили оценку гормонального статуса, исследовали микробиоценоз предстательной железы, выполняли анализ крови на онкомаркеры, ультразвуковое исследование органов мошонки с режимом цветного доплеровского картирования. После обследования пациентам проводили курс НИЛТ в инфракрасном спектре на аппарате «Рубин-Ц»: 10 процедур через день, с поочередным освечиванием по 3 мин обоих яичек. Контрольное обследование пациентов проводили сразу после окончания терапии, а также через один и два месяца после окончания курса лечения. **Результаты.** После проведенной НИЛТ было отмечено повышение концентрации сперматозоидов (в среднем на 25 %), количества прогрессивно-подвижных форм (в среднем на 25 %) и количества нормальных форм (в среднем на 58 %). Сразу после курса НИЛТ величина MAR-теста снизилась в среднем на 69 %. У 9 из 10 пациентов с изначально повышенной степенью фрагментации ДНК сперматозоидов после окончания лечения отмечена нормализация показателя. Через один месяц после проведения НИЛТ наблюдали повышение общей и свободной фракций тестостерона в плазме крови. В результате лечения беременность наступила у 11 из 50 (22 %) супружеских пар. **Выводы.** Низкоинтенсивная лазерная терапия в инфракрасном спектре способствует улучшению основных показателей сперматогенеза у пациентов с секреторным бесплодием, снижению титра антиспермальных антител в эякуляте, нормализации степени фрагментации ДНК сперматозоидов, а также наступлению беременности в естественном репродуктивном цикле, что позволяет рекомендовать данный метод больным при подготовке к процедурам вспомогательных репродуктивных технологий.

**Ключевые слова:** мужское бесплодие; низкоинтенсивная лазерная терапия; инфракрасный спектр.

## REGARDING THE EFFICACY OF LOW-LEVEL LASER THERAPY IN INFRARED SPECTRUM IN MALE SECRETORY INFERTILITY

© М.К. Potapova, S.Yu. Borovets, A. V. Sokolov, S.Kh. Al-Shukri, V.N. Tkachuk

Academician I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia

For citation: Potapova MK, Borovets SYu, Sokolov AV, et al. Regarding the efficacy of low-level laser therapy in infrared spectrum in male secretory infertility. *Urologicheskie vedomosti*. 2019;9(4):11-17. <https://doi.org/10.17816/uroved9411-17>

Received: 10.10.2019

Revised: 14.11.2019

Accepted: 18.12.2019

**The aim** of study was to assess the effect of low-level laser therapy (LLLT) in infrared spectrum on the main sperm parameters, sperm DNA fragmentation, MAR-test in men with nonobstructive pathozoospermia. **Patients and methods.** The study included 50 men from 23 to 40 years old (average age  $31.0 \pm 5.4$ ), suffering from secretory infertility. Physical examination, semen analysis, MAR-test, sperm DNA fragmentation analysis, male hormone panel, assessment of prostate microbiocenosis, testes and prostate tumor markers, ultrasound examination with color flow mapping were performed. After the examination patients had a course of LLLT in infrared spectrum on a Rubin-C device. 10 laser therapy procedures were carried out every two days with active luminescence for 3 minutes of both testicles. Control examination was done immediately after the

LLLT, within one and two months. **Results.** Increase in sperm concentration (by an average of 25%), active mobile sperm forms (by an average of 25%), morphologically normal sperm forms (by an average of 58%) was noticed after the LLLT. MAR-test decreased by an average of 69% after the therapy. From 10 patients with initially increased sperm DNA fragmentation level, in 9 patients its level became normal after the treatment. Increase in concentration of total and free testosterone in blood plasma was noticed within one month after the LLLT. As a result of the treatment pregnancies developed in 11 (22%) out of 50 couples. **Conclusions.** LLLT in infrared spectrum improves sperm quality in patients with secretory infertility, decreases MAR-test level, normalizes sperm DNA-fragmentation level, increases chances of pregnancy in reproductive cycle, which allows to recommend this method as preparation for assisted reproductive technologies.

⊗ **Keywords:** male infertility; low-level laser therapy; infrared spectrum.

## ВВЕДЕНИЕ

Бесплодие в браке — это ненаступление беременности у супруги/половой партнерши при регулярной половой жизни без контрацепции в течение года в том случае, если половой акт происходил не реже одного раза в период овуляции [1]. Бесплодием страдает каждая четвертая семейная пара в мире. Бесплодный брак сегодня занимает важное место в структуре медико-социальных проблем. Уровень фертильности во многих странах мира достаточно низкий, что ведет к серьезным демографическим и социальным последствиям [2]. В 30–50 % случаев бесплодие в браке обусловлено мужским фактором infertility [2, 3].

Мужское бесплодие является полиэтиологическим заболеванием, которое может быть результатом различных расстройств [3–5]. Чаще всего причинами секреторной формы бесплодия являются варикоцеле, урогенитальные инфекции, гормональные, аутоиммунные и генетические нарушения. При этом в 40–50 % случаев причина мужской infertility остается невыясненной [6].

При аутоиммунной форме мужского бесплодия в эякуляте выявляют аутоантитела (Ig классов А и G) [7]. Для исключения аутоиммунного фактора мужской infertility показано выполнять MAR-тест (Mixed Antiglobulin Reaction Test), а при низком содержании прогрессивно-подвижных форм сперматозоидов антиспермальные антитела определяют в плазме крови [8]. Повышение показателя MAR-теста свидетельствует о выработке большего, чем допустимо, количества антиспермальных антител, что приводит к агрегации и агрегации сперматозоидов, а также к их повреждению, вследствие чего снижается подвижность и количество сперматозоидов. Кроме того, сперматозоид с фиксированными на его поверхности антиспермальными антителами не способен проникать в яйцеклетку и оплодотворять ее [9].

В последние годы в отечественной и зарубежной литературе все больше данных, что помимо хромосомных и генных мутаций значительную роль в проблеме мужского бесплодия играет изменение структуры самой ДНК сперматозоидов, что проявляется ее повышенной (патологической) фрагментацией — возникают одно- и двухцепочечные разрывы ДНК сперматозоидов. Патологическая фрагментация ДНК сперматозоидов (ФДНКС) существенно ухудшает репродуктивный потенциал мужского организма, может способствовать наступлению замершей беременности у половой партнерши на ранних сроках, возникновению пороков и генетических аномалий плода, а также стать причиной выкидышей при выполнении процедур вспомогательных репродуктивных технологий — экстракорпоральное оплодотворение [10, 11].

Медикаментозное лечение секреторной и аутоиммунной форм мужского бесплодия в большинстве случаев недостаточно эффективно [12], в связи с чем возрастает потребность в использовании и совершенствовании методов вспомогательных репродуктивных технологий. Однако они являются весьма дорогостоящими, а их результативность не превышает 30 % [13].

Новым перспективным методом лечения секреторной и аутоиммунной форм мужского бесплодия является низкоинтенсивная лазерная терапия (НИЛТ) органов мошонки [12, 14]. Однако в отечественной и зарубежной литературе мы встретили лишь единичные публикации, посвященные изучению ее влияния на патологическую ФДНКС и/или показатель MAR-теста.

Целью настоящего исследования явилась оценка влияния НИЛТ в инфракрасном спектре на основные показатели сперматогенеза, фрагментацию ДНК сперматозоидов и показатель MAR-теста у мужчин с необструктивной патозоспермией.

## ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ЛЕЧЕНИЯ

В основу исследования положены результаты обследования и лечения 50 мужчин в возрасте от 23 до 40 лет (средний возраст —  $31,0 \pm 5,4$  года), страдающих идиопатическим секреторным бесплодием в течение 1–6 лет (в среднем  $2,1 \pm 0,8$  года). Обследование пациентов включало сбор анамнеза, объективное исследование, выполнение спермограммы, определение антиспермальных антител в эякуляте (MAR-тест), степени ФДНКС методом проточной цитофлуорометрии, определение концентрации гормонов в плазме крови (тестостерона общего и свободного, фолликулостимулирующего гормона, лютеинизирующего гормона, пролактина, эстрадиола, глобулина, связывающего половые гормоны). Для исключения воспалительных болезней мужских половых органов выполняли посев эякулята на условно-патогенную флору и/или анализ эякулята методом «Андрофлор» в режиме PCR Real-time. Для исключения новообразований яичка и предстательной железы определяли уровень онкомаркеров в плазме крови: альфа-фетопротеина, лактатдегидрогеназы, свободной бета-субъединицы хорионического гонадотропина человека, простатического специфического антигена. Всем пациентам проводили ультразвуковое исследование органов мошонки с использованием режима цветового доплеровского картирования.

Оценку результатов спермограммы проводили в соответствии с критериями Всемирной организации здравоохранения 2010 г. Основными параметрами при оценке эякулята являлись концентрация, прогрессивная подвижность сперматозоидов (категории подвижности классов А + В), количество нормальных форм сперматозоидов. Морфологию сперматозоидов оценивали с использованием строгих критериев тонкой морфометрии по методу Крюгера. Нормативным показателем ФДНКС считали  $\leq 15$  %, MAR-теста —  $\leq 10$  % [15].

Критериями исключения из исследования были азооспермия, гемоспермия, варикоцеле (II–III стадии и/или признаки ретроградного кровотока в режиме цветового доплеровского картирования), гидроцеле, новообразования органов мошонки, воспалительные болезни уретры и мужских половых органов в фазе активного или латентного воспаления, тяжелая сопутствующая патология.

После проведенного обследования пациентам проводили курс НИЛТ яичек в инфракрасном спектре (длина волны — 870 нм, мощность — 24 мВт) на аппарате «Рубин-Ц» (Россия). Выполняли 10 процедур лазеротерапии через день с очередным освещиванием по 3 мин тканей обоих яичек (воздействие на 5 точек с экспозицией по 35 с на каждую, по передней и задней поверхности, в верхнем, нижнем и центральном сегментах яичка). Сразу после окончания терапии, а также через один и два месяца после курса лечения проводили контрольное обследование, которое включало выполнение спермограммы, MAR-теста, определение степени ФДНКС и оценку гормонального статуса.

Статистический анализ полученных данных проводили с помощью программы Statistica for Windows, v.6.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

После проведенного курса НИЛТ было отмечено повышение концентрации сперматозоидов (в среднем на 17 %) сразу после лечения и через месяц после него (в среднем на 25 %). Количество прогрессивно-подвижных форм сперматозоидов к моменту окончания курса НИЛТ возросло в среднем на 25 % и оставалось таким в течение месяца. Количество нормальных форм сперматозоидов повысилось в среднем на 26 и 58 % сразу и через месяц после окончания курса НИЛТ соответственно. К концу второго месяца после проведенного курса НИЛТ было отмечено некоторое снижение значений вышеперечисленных показателей, но не достигло уровней до начала лечения (см. таблицу). Таким образом, положительное влияние НИЛТ на основные показатели спермограммы сохранялось в течение одного месяца после окончания лечения.

Сразу после курса НИЛТ величина MAR-теста снизилась в среднем на 69 %, данный эффект сохранялся у 11 из 12 (92 %) пациентов в течение двух месяцев после лечения (см. таблицу). Следует отметить, что достоверное снижение значения MAR-теста мы отмечали лишь у больных с исходным уровнем менее 60%.

Средний уровень ДНК-фрагментации сперматозоидов до лечения и в течение двух месяцев последующего наблюдения не превышал 15 %. У 10 пациентов было отмечено исходное повышение индекса ФДНКС, который у 9 из них нормализовался

Таблица

**Влияние низкоинтенсивной лазерной терапии на лабораторные показатели у больных не obstructивной патозооспермией, M (SD)**

Table

**The effect of low-level laser therapy on laboratory parameters in patients with nonobstructive pathozoospermia, M (SD)**

Параметры	До лечения	Сразу после курса НИЛТ	Через 1 месяц после курса НИЛТ	Через 2 месяца после курса НИЛТ
Концентрация сперматозоидов, млн/мл	61,9 (51,5)	72,5 (61,4)	82,5 (79,9)**	62,9 (58,7)
Число прогрессивно-подвижных форм сперматозоидов, %	30,9 (13,7)	38,6 (17,4)*	36,5 (16,8)*	33,5 (15,1)
Число морфологически нормальных форм сперматозоидов, %	3,1 (1,8)	3,9 (2,1)	4,9 (2,5)*	3,4 (1,9)
MAR-тест, %	14,9 (29,3)	4,7 (9,6)	4,4 (4,6)*	2,8 (2,2)*
Фрагментация ДНК сперматозоидов, %	21,4 (16,2)	13,3 (8,5)*	12,6 (7,8)*	9,7 (5,6)**
Общий тестостерон, нмоль/л	15,4 (4,3)	17,2 (4,6)	17,6 (5,1)*	16,9 (4,8)
Свободный тестостерон, пмоль/л	44,4 (20,7)	51,4 (21,6)	53,1 (31,5)*	46,2 (23,7)

*Примечание.* \*Различие показателей до и после лечения достоверно ( $p < 0,05$ ); \*\*различие показателей до и после лечения достоверно ( $p < 0,01$ ). НИЛТ — низкоинтенсивная лазерная терапия.

к моменту окончания курса НИЛТ и находился в пределах референсных значений в течение двух месяцев последующего наблюдения. Только у одного пациента с изначально повышенной степенью ФДНКС этот параметр не улучшился сразу после окончания курса НИЛТ, но полностью нормализовался через один месяц и оставался таковым при контрольном исследовании, проведенном через два месяца.

Проведение курса НИЛТ способствовало повышению общей и свободной фракций тестостерона в плазме крови через один месяц после лечения (см. таблицу). При этом уровни фолликулостимулирующего гормона, лютеинизирующего гормона, эстрадиола, глобулина, связывающего половые гормоны, в плазме крови до и после лечения достоверно не изменялись.

Результатом проведенного курса НИЛТ явилось наступление беременности у 11 из 50 (22 %) супружеских пар: у 8 — в естественном репродуктивном цикле, у 3 — после проведения процедур вспомогательных репродуктивных технологий.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Низкоинтенсивная лазерная терапия в настоящее время находит все более широкое применение в андрологической практике [16, 17]. При этом, чаще используют низкоинтенсивный ближний инфракрасный (в диапазоне 800–1000 нм) спектр

излучения, который обладает наибольшей проникающей способностью в ткани яичка (до 2 см) и обладает мягкими биологическим и лечебным эффектами.

Существует несколько представлений о механизмах терапевтического воздействия НИЛТ на клетки яичка. Одним из них является влияние лазерного излучения на тканевые фотосенсибилизаторы — порфирины, цитохром С оксидазу, никотинамидадениндинуклеотид и др. Фотосенсибилизаторы поглощают свет электромагнитного излучения, ионизируют его и передают энергию соседним молекулам, что создает дополнительный электрохимический потенциал в митохондриях, вследствие чего происходит увеличение синтеза аденозинтрифосфата и, как следствие, повышение подвижности сперматозоидов [18].

Согласно другой теории, положительный терапевтический эффект лазерного воздействия связан с повышением концентрации NO в тканях яичка, который способствует увеличению концентрации циклического гуанозинмонофосфата в сосудистом русле, снижению концентрации ионов  $Ca^{2+}$ , что приводит к расширению капилляров и улучшению оксигенации тканей [18]. Улучшение микроциркуляции тканей яичек способствует повышению концентрации в плазме крови собственного тестостерона за счет стимуляции клеток Лейдига, так же как и концентрации спер-

матозоидов вследствие активации клеток Сертоли [14, 16].

Проведенные многочисленные экспериментальные и клинические исследования доказывают безопасность НИЛТ, отсутствие мутагенного и канцерогенного эффектов. Так, в исследовании А.К. Силуянова (2009) пациентам проводили биполярное лазерное облучение яичек в инфракрасном спектре (длина волны — 0,89 мкм, мощность — до 10 Вт) в боковой и продольной проекциях ежедневно, по 10 мин на каждое яичко в течение 10 дней. После проведенной терапии не было выявлено увеличения уровня маркеров опухолей яичка бета-хорионического гонадотропина человека и альфа-фетопротеина в плазме крови [19].

Доказательства эффективности НИЛТ были получены в экспериментальных и клинических исследованиях на нативной сперме. Авторы отметили улучшение подвижности, морфологии и концентрации сперматозоидов [18, 20–24]. Выявленное в нашем исследовании улучшение основных параметров эякулята совпадает с результатами других исследователей [19, 23, 24].

Одним из известных механизмов повреждения структуры ДНК сперматозоидов является повышение содержания активных форм кислорода, что приводит к разрушению мембран и к уменьшению оплодотворяющей способности сперматозоидов. Высокие концентрации активных форм кислорода могут вызывать денатурацию ДНК, одно- и двухцепочечные разрывы нитей ДНК [25]. В проанализированной нами литературе мы нашли только одно исследование, посвященное изучению влияния НИЛТ на целостность структуры ДНК сперматозоидов, в котором оценку степени ФДНКС выполняли до и после 120 мин облучения нативной спермы. При этом каких-либо негативных влияний на показатель ФДНКС выявлено не было [26]. В нашей работе у большинства пациентов после курса НИЛТ было отмечено достоверное снижение степени патологической ФДНКС. Предполагаемым механизмом действия НИЛТ на снижение ФДНКС является фотомодификация активности антиоксидантных ферментов и фотодиссоциация нитрозильных комплексов, что приводит к снижению продуктов свободнорадикального окисления в тканях и нивелированию негативного влияния оксидативного стресса на целостность структуры ДНК сперматозоидов [27]. Другим возможным механизмом влияния НИЛТ на ФДНКС является

способность лазерного излучения воздействовать на процессы репарации полового хроматина, что способствует репарации нитей ДНК сперматозоидов [28].

В доступной нам отечественной и зарубежной литературе исследований о воздействии НИЛТ на показатель MAR-теста найдено не было. По нашему мнению, снижение значений MAR-теста под воздействием НИЛТ происходит вследствие стабилизации мембранного потенциала сперматозоидов, что препятствует адгезии антиспермальных антител. В связи с тем что НИЛТ снижала величину MAR-теста при начальном его значении менее 60 %, остальным пациентам целесообразно рекомендовать выполнение процедур вспомогательных репродуктивных технологий.

## ВЫВОДЫ

Низкоинтенсивная лазерная терапия в инфракрасном спектре способствует улучшению основных показателей сперматогенеза у пациентов с секреторным бесплодием, снижению титра антиспермальных антител в эякуляте, нормализации степени фрагментации ДНК сперматозоидов, а также наступлению беременности в естественном репродуктивном цикле, что позволяет рекомендовать данный метод больным при подготовке к процедурам вспомогательных репродуктивных технологий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Zegers-Hochschild F, Adamson GD, de Mouzon J, et al. International Committee for Monitoring Assisted Reproductive Technology (ICMART) and the World Health Organization (WHO) revised glossary of ART terminology, 2009. *Fertil Steril.* 2009;92(5): 1520-1524. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2009.09.009>.
2. Leung AK, Henry MA, Mehta A. Gaps in male infertility health services research. *Transl Androl Urol.* 2018;7(Suppl. 3):S303-S309. <https://doi.org/10.21037/tau.2018.05.03>.
3. Москвин С.В., Боровец С.Ю., Торопов В.А. Клиническое обоснование эффективности лазерной терапии мужского бесплодия // Урологические ведомости. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 47–55. [Moskvin SV, Borovets SYu, Toropov VA. Clinical justification of laser therapy efficiency of men's infertility. *Urologicheskie vedomosti.* 2018;8(1):47-55. (In Russ.).] <https://doi.org/10.17816/uroved8147-55>.
4. Корнеев И.А., Засеев Р.Д., Шевчук И.Г., и др. Распространенность инфекций, передающихся половым путем, у мужчин, состоящих в бесплодном браке // Урологические ведомости. – 2018. – Т. 8. – № 2. – С. 30–35. [Korneev IA,

- Zasseev RD, Shevchuk IG, et al. Prevalence of sexually transmitted diseases among men from infertile couples. *Urologicheskie ведомosti*. 2018;8(2):30-35. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/uroved8230-35>.
5. Лихоносов Н.П., Аюб А.Х., Бабенко А.Ю., и др. Роль ингибина В в регуляции сперматогенеза и его клиническая значимость при мужском бесплодии // Урологические ведомости. – 2019. – Т. 9. – № 1. – С. 39–45. [Likhonosov NP, Ayub AKh, Babenko AYU, et al. The role of inhibin B in the regulation of spermatogenesis and its clinical significance in male infertility. *Urologicheskie vedomosti*. 2019;9(1):39-45. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/uroved9139-45>.
  6. Чальый М.Е., Ахвледиани Н.Д., Харчилава Р.Р. Мужское бесплодие // Урология. – 2017. – № 2-S2. – С. 4–19. [Chalyu ME, Akhvlediani ND, Kharchilava RR. Male infertility. *Urologiia*. 2017;(2-S2):4-19. (In Russ.)]
  7. Bozhedomov VA, Nikolaeva MA, Ushakova IV, et al. Functional deficit of sperm and fertility impairment in men with antisperm antibodies. *J Reprod Immunol*. 2015;112:95-101. <https://doi.org/10.1016/j.jri.2015.08.002>.
  8. WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen. 5<sup>th</sup> ed. Cambridge: University Press; 2010.
  9. Lotti F, Baldi E, Corona G, et al. Epididymal more than testicular abnormalities are associated with the occurrence of antisperm antibodies as evaluated by the MAR test. *Hum Reprod*. 2018. <https://doi.org/10.1093/humrep/dey235>.
  10. Coughlan C, Clarke H, Cutting R, et al. Sperm DNA fragmentation, recurrent implantation failure and recurrent miscarriage. *Asian J Androl*. 2015;17(4):681-685. <https://doi.org/10.4103/1008-682X.144946>.
  11. Park YS, Lee SH, Choi HW, et al. Abnormal Human Sperm Parameters Contribute to Sperm DNA Fragmentation in Men with Varicocele. *World J Mens Health*. 2018;36(3):239-247. <https://doi.org/10.5534/wjmh.180014>.
  12. Moskvina SV, Apolikhin OI. Effectiveness of low level laser therapy for treating male infertility. *Biomedicine (Taipei)*. 2018;8(2):7. <https://doi.org/10.1051/bmdcn/2018080207>.
  13. Гамидов С.И., Овчинников Р.И., Попова А.Ю., и др. Эффективность программ вспомогательных репродуктивных технологий в зависимости от характера изменений спермограммы // Андрология и генитальная хирургия. – 2018. – Т. 19. – № 2. – С. 82–87. [Gamidov SI, Ovchinnikov RI, Popova AY, et al. Effectiveness of assisted reproductive treatment programs depending on the characteristics of spermogram changes. *Andrology and genital surgery journal*. 2018;19(2):82-87 (In Russ.). <https://doi.org/10.17650/2070-9781-2018-19-2-82-87>.
  14. Borhani S, Yazdi RS. Clinical Applications of Low-Level Laser Therapy in Reproductive Medicine; A Literature Review. *Preprints*. 2018;2018040086. <https://doi.org/10.20944/preprints201804.0086.v1>.
  15. Андрология. Клинические рекомендации / Под ред. П.А. Щеплева. – М.: Медпрактика-М, 2012. [Andrologiya. Klinicheskie rekomendatsii. Ed. by P.A. Shcheplev. Moscow: Medpraktika-M; 2012. (In Russ.)]
  16. Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии. Серия «Эффективная лазерная терапия». Т. 2. – М., Тверь: Триада, 2014. [Moskvina SV. Effektivnost' lazernoy terapii. Seriya "Effektivnaya lazernaya terapiya". Vol. 2. Moscow, Tver': Triada; 2014. (In Russ.)]
  17. Аль-Шукри С.Х., Кузьмин И.В., Слесаревская М.Н., и др. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на показатели эякулята у больных хроническим простатитом // Урологические ведомости. – 2015. – Т. 5. – № 4. – С. 8–12. [Al-Shukri SKh, Kuz'min IV, Slesarevskaya MN, et al. The effect of low-intensity laser radiation on semen parameters in patients with chronic prostatitis. *Urologicheskie vedomosti*. 2015;5(4):8-12. (In Russ.). <https://doi.org/10.17816/uroved548-12>.
  18. Yeste M, Castillo-Martin M, Bonet S, Rodriguez-Gil JE. Impact of light irradiation on preservation and function of mammalian spermatozoa. *Anim Reprod Sci*. 2018;194:19-32. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.02.004>.
  19. Мазо Е.Б., Силуянов К.А. Применение низкоинтенсивного лазерного излучения в комплексном лечении мужчин с секреторным бесплодием // Фарматека. – 2008. – № 9. – С. 44–47. [Mazo EB, Siluyanov KA. Primenenie nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya v kompleksnom lechenii muzhchin s sekretornym besplodiem. *Farmateka*. 2008;(9):44-47. (In Russ.)]
  20. Москвин С.В., Боровец С.Ю., Торопов В.А. Экспериментальное обоснование эффективности лазерной терапии мужского бесплодия // Урологические ведомости. – 2017. – Т. 7. – № 4. – С. 44–53. [Moskvina SV, Borovets SJu, Toropov VA. Experimental justification of laser therapy efficiency of men's infertility. *Urologicheskie vedomosti*. 2017;7(4):44-53. (In Russ.)] doi: 10.17816/uroved7444-53.
  21. Corral-Baques MI, Rivera MM, Rigau T, et al. The effect of low-level laser irradiation on dog spermatozoa motility is dependent on laser output power. *Lasers Med Sci*. 2009;24(5):703-713. <https://doi.org/10.1007/s10103-008-0606-7>.
  22. Siqueira AF, Maria FS, Mendes CM, et al. Effects of photobiomodulation therapy (PBMT) on bovine sperm function. *Lasers Med Sci*. 2016;31(6):1245-1250. <https://doi.org/10.1007/s10103-016-1966-z>.
  23. Salman Yazdi R, Bakhshi S, Jannat Alipoor F, et al. Effect of 830-nm diode laser irradiation on human sperm motility. *Lasers Med Sci*. 2014;29(1):97-104. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1276-7>.
  24. Ban Frangez H, Frangez I, Verdenik I, et al. Photobiomodulation with light-emitting diodes improves sperm motility in men with asthenozoospermia. *Lasers Med Sci*. 2015;30(1):235-240. <https://doi.org/10.1007/s10103-014-1653-x>.

25. Макутина В.А., Балезин С.Л., Рослый О.Ф., и др. Фрагментация ДНК в мужских половых клетках: влияние на репродукцию, причины происхождения и методы диагностики // Уральский медицинский журнал. – 2010. – № 3. – С. 123–128. [Makutina VA, Balezin SL, Roslyy OF, et al. Fragmentation of DNA in the male germ cells: impact on reproduction, the causes of origin and methods of diagnosis. *Ural'skiy meditsinskiy zhurnal*. 2010;(3):123-128 (In Russ.)]
26. Firestone RS, Esfandiari N, Moskovtsev SI, et al. The effects of low-level laser light exposure on sperm motion characteristics and DNA damage. *J Androl*. 2012;33(3):469-473. <https://doi.org/10.2164/jandrol.111.013458>.
27. Владимиров Ю.А., Осипов А.Н., Клебанов Г.И. Фотобиологические принципы применения лазерного излучения // Биохимия. – 2004. – Т. 65. – № 1. – С. 103–113. [Vladimirov YuA, Osipov AN, Klebanov GI. Photobiological principles of therapeutic applications of laser radiation. *Biokhimiia*. 2004;(1):81-103. (In Russ.)]
28. Москвин С.В., Хадарцев А.А. Лазерный свет — можно ли им навредить? (Обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. – 2016. – Т. 23. – № 3. – С. 265–283. [Moskvin SV, Khadartsev AA. Laser light — it can harm them? (literature review). *Journal of new medical technologies*. 2016;23(3):265-283. (In Russ.)]. doi: 10.12737/21772.

## Сведения об авторах:

**Мария Кирилловна Потапова** — аспирант кафедры урологии. ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: maria.potapova.92@mail.ru.

**Сергей Юрьевич Боровец** — д-р мед. наук, профессор кафедры урологии. ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: sborovets@mail.ru.

**Аркадий Викторович Соколов** — заведующий отделением лазерной медицины клиники. ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: sok003@yandex.ru.

**Сальман Хасунович Аль-Шукри** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой урологии. ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: alshukri@mail.ru.

**Владимир Николаевич Ткачук** — д-р мед. наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры урологии. ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург. E-mail: tkachuk1@yandex.ru.

## Information about the authors:

**Maria K. Potapova** — Postgraduate Student, Department of Urology. Academician I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: maria.potapova.92@mail.ru.

**Sergey Yu. Borovets** — Doctor of Medical Science, Professor, Department of Urology. Academician I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: sborovets@mail.ru.

**Arkadiy V. Sokolov** — Head of the Department of Laser Medicine, Urologist. Academician I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: sok003@yandex.ru.

**Salman Kh. Al-Shukri** — Doctor of Medical Science, Professor, Head of the Department of Urology. Academician I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: alshukri@mail.ru.

**Vladimir N. Tkachuk** — Doctor of Medical Science, Professor, Honored Science Worker of Russian Federation, Department of Urology. Academician I.P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Saint Petersburg, Russia. E-mail: tkachuk1@yandex.ru.