

УДК 591.463.12

DOI 10.34014/2227-1848-2022-1-87-93

## ВЛИЯНИЕ ВАСКУЛЯРНОГО ЭНДОТЕЛИАЛЬНОГО ФАКТОРА РОСТА НА СПЕРМАТОГЕНЕЗ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНАМИ ДОЗОЙ 2 Гр

Г.А. Демьяшкин<sup>1,2</sup>, Л.Н. Бондурко<sup>1</sup>, Н.К. Фомина<sup>1</sup>, Л.Е. Севанькаева<sup>1</sup>,  
Л.Н. Михина<sup>1</sup>, В.В. Глушак<sup>2</sup>, В.И. Щекин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии»  
Минздрава России, г. Обнинск, Россия;

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет  
им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), г. Москва, Россия

*Плазма, обогащенная тромбоцитами (PRP), потенциально влияет на восстановление тканей за счет стимуляции пролиферации и дифференцировки клеток-предшественников.*

*Цель исследования – оценка влияния васкулярного эндотелиального фактора роста (VEGF) на сперматогенез после облучения электронами дозой 2 Гр.*

*Материалы и методы. Семенники экспериментальных животных 5 групп (I – контроль (n=10), II – 2IR (n=35; доза – 2 Гр), III – 2IR+LP-PRP+IGF-1 (n=30), IV – 2IR+LP-PRP (n=30), V – LP-PRP (n=30)) были изучены методом световой микроскопии и с помощью иммуногистохимических реакций с антителами к VEGF.*

*Результаты. После облучения обнаружили уменьшение количества VEGF-позитивных клеток, которое восстанавливалось на фоне введения PRP.*

*Выводы. Облучение электронами дозой 2 Гр в семенниках приводит к уменьшению VEGF-позитивных клеток, а введение PRP, содержащей в т.ч. васкулярный эндотелиальный фактор роста, усиливает репаративные процессы, восстанавливая сперматогенез.*

**Ключевые слова:** сперматогенез, апоптоз, бесплодие, семенные каналы, бета-излучение.

**Введение.** Одной из наиболее частых причин снижения фертильности у мужчин, затрагивающего около 7 % населения, является ионизирующее излучение, используемое для лечения злокачественных опухолей яичек [1]. Некоторые авторы сообщают о том, что под действием облучения наблюдается снижение количества сперматозоидов, изменение их морфологии и подвижности, что связано с нарушением репликации ДНК и транскрипции РНК [2].

Регуляция сперматогенеза на всех стадиях осуществляется одним из паракринных факторов местного действия – васкулярным эндотелиальным фактором роста (VEGF), который продуцируется в т.ч. тромбоцитами [3]. VEGF способствует пролиферации и дифференцировке сперматогоний, влияет на микросреду яичка и, следовательно, на формирование сперматозоидов [4].

В последнее время васкулярный эндотелиальный фактор роста используют в различ-

ных областях медицины, в т.ч. и для коррекции сниженной фертильности у мужчин, но его влияние на сперматогенез остается малоизученным.

**Цель исследования.** Оценка влияния васкулярного эндотелиального фактора роста на сперматогенез после облучения электронами дозой 2 Гр.

**Материалы и методы.** Исследование проводили на базах Медицинского радиологического научного центра им. А.Ф. Цыба и Сеченовского Университета. Использовали самцов половозрелых крыс линии Wistar. Все манипуляции выполняли согласно Международным рекомендациям по проведению медико-биологических исследований с использованием животных (ЕЭС, Страсбург, 1985) и Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации.

Экспериментальные животные (n=135) были поделены на 5 групп: I – контрольные крысы (n=10), которым внутрибрюшинно вво-

дили физиологический раствор (0,9 % раствор NaCl, 33,6 мл/кг); II (n=35), III (n=30), IV (n=30) группы – однократное локальное облучение семенников электронами (доза 2 Гр, мощность дозы 1 Гр/мин, энергия 10 МэВ, частота 9 Гц, диаметр поля 100 мм, использован линейный акселератор NOVAC-11). Кроме того, в III группе крысам вводили плазму, обогащенную тромбоцитами, с низким содержанием лейкоцитов (LP-PRP) и рекомбинантный инсулиноподобный фактор роста (IGF-1); в IV и V группах – LP-PRP. Длительность эксперимента – 84 сут – выбрана в соответствии с продолжительностью двух циклов сперматогенеза крыс. Животных всех групп выводили из эксперимента путем введения высоких доз анестетика. Извлеченные семенники взвешивали, фиксировали в растворе Буэна, заливали в парафиновые блоки, срезы толщиной 3–4 мкм окрашивали гематоксилином и эозином и готовили для иммуногистохимического исследования.

Микроскопический анализ выполняли с помощью системы видеомикроскопии (микроскоп Leica DM2000, Германия; камера Leica ICC50 HD; компьютер Platrun LG), морфометрические данные получали с использованием программного обеспечения для обработки и

анализа изображений Leica Application Suite, Version 4.9.0.

Для иммуногистохимического исследования в качестве первичных использовали кроличьи поликлональные антитела к VEGF-A (Millipore; клон ABS82; 1:50), вторичных – универсальные антитела (HiDef Detection™ HRP Polymer system, Cell Marque, США). Ядра клеток докрашивали гематоксилином Майера. Подсчет клеток (в %) проводили в 10 случайно отобранных полях зрения при увеличении  $\times 400$ .

Полученные в результате подсчета данные обрабатывали с использованием компьютерной программы SPSS 12 for Windows statistical software package (IBM Analytics, США). Сравнение между группами проводили с использованием однофакторного дисперсионного анализа ANOVA со значимостью  $p < 0,01$ .

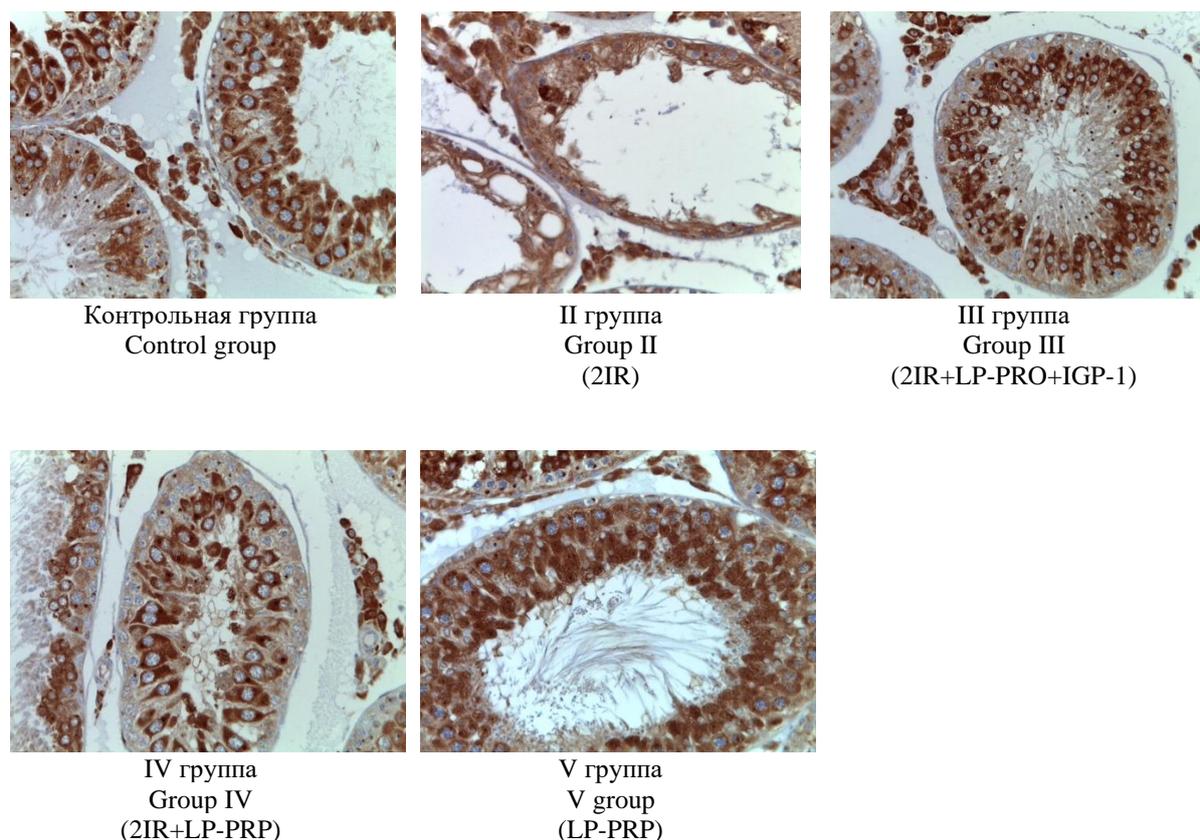
**Результаты и обсуждение.** В семенниках контрольной группы отмечали умеренную положительную цитоплазматическую ИГХ-реакцию с антителами к VEGF во всех половых клетках на разных стадиях сперматогенеза ( $22,1 \pm 3,4\%$ ), особенно в сперматогониях, а также в клетках Сертоли и Лейдига (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1  
Table 1

**Доля VEGF-позитивных клеток в семенниках групп животных, %**

**The proportion of VEGF-positive cells in testes of the experimental and control animals, %**

Группа Group	Половые клетки Germ cells	Клетки Сертоли Sertoli cells	Клетки Лейдига Leydig cells
Контроль Control	89,2 $\pm$ 1,1	84,1 $\pm$ 2,1	76,2 $\pm$ 2,4
2IR 84-е сут 2IR 84 <sup>th</sup> day	12,2 $\pm$ 1,1	83,2 $\pm$ 1,3	74,1 $\pm$ 1,5
2IR+LP-PRP+IGF-1 84-е сут 2IR+LP-PRP+IGF-1 84 <sup>th</sup> day	76,4 $\pm$ 2,3	84,1 $\pm$ 1,1	76,6 $\pm$ 2,1
2IR+LP-PRP 84-е сут 2IR+LP-PRP 84 <sup>th</sup> day	71,1 $\pm$ 1,3	83,3 $\pm$ 1,5	75,2 $\pm$ 1,3
LP-PRP 84-е сут LP-PRP 84 <sup>th</sup> day	88,2 $\pm$ 1,0	83,7 $\pm$ 0,7	75,7 $\pm$ 1,3



**Рис. 1.** Семенные каналцы крыс после локального облучения электронами дозой 2 Гр. Иммуногистохимические реакции с антителами к VEGF-A, докрасивание гематоксилином,  $\times 400$

**Fig. 1.** Seminiferous tubules of rats after local electron irradiation (2 Gy). Immunohistochemical reactions with antibodies to VEGF-A, stained with hematoxylin, magnification  $\times 400$

Через 2 нед. после локального облучения у животных II, III, IV групп обнаружили нарушение гистоархитектоники семенников, проявляющееся гипосперматогенезом. Данные патоморфологические изменения сохранялись во II группе весь период эксперимента.

После облучения наблюдали снижение числа ИГХ-положительных половых клеток в 2,0 раза ( $10,2 \pm 1,2\%$ ) по сравнению с группой контроля.

У животных III и IV групп на фоне введения LP-PRP, содержащей в т.ч. васкулярный эндотелиальный фактор роста, обнаружили постепенное увеличение VEGF-окрашенных половых клеток в 2,0 раза ( $18,2 \pm 1,2\%$ ) и 1,5 раза ( $16,1 \pm 1,1\%$ ) соответственно, в первую очередь пула сперматогенных стволовых клеток, сперматогоний, что, вероятно, связано с действием VEGF. При этом в III группе репаративные процессы произошли с опереже-

нием на 3–4 нед. за счет того, что животным дополнительно вводили рекомбинантный IGF-1.

В V группе, не подвергавшейся облучению, после введения LP-PRP значительных изменений по сравнению с контролем не выявлено.

Члены семейства VEGF (VEGF-A, VEGF-B, VEGF-C, VEGF-D, VEGF-E) являются лигандами трансмембранных рецепторов VEGFR-1, VEGFR-2 и VEGFR-3 [5], которые экспрессируются в т.ч. в сперматогонимальных стволовых клетках. Реализация положительных эффектов происходит при связывании VEGF с его рецептором после аутофосфорилирования и последующей активации PI3K/AKT- и Ras/MAPK-путей [6, 7, 9, 10]. В результате активации данных путей наблюдаются неоваскулогенез и увеличение площади кровеносных сосудов в семенниках, что улучшает трофику и проницаемость гематоте-

стикулярного барьера для транспорта биологически активных веществ [8], тем самым стимулируя пролиферацию и дифференцировку половых клеток, способствуя восстановлению сперматогенеза и спермиогенеза, усиливая эффекты других факторов роста [9].

**Заключение.** Облучение электронами дозой 2 Гр в семенниках приводит к уменьшению VEGF-позитивных клеток, а введение PRP, содержащей в т.ч. васкулярный эндотелиальный фактор роста, усиливает репаративные процессы, восстанавливая сперматогенез.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Литература

1. *Serdaroğulları M.* Causes of Male Infertility. *Experimed.* 2020; 10 (3): 144–147.
2. *Kesari K.K., Agarwal A., Henkel R.* Radiations and male fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology.* 2018; 16 (1): 118.
3. *Kubatiev A.A., Borovaya T.G., Zhukhovitskii V.G., Shevlyagina N.V., Andreevskaya S.G.* Platelets: a modern view on the structure and function. *Patogenez (Pathogenesis).* 2016; 14 (1): 4–13.
4. *Ntemou E., Kadam P., Laere S.V., Saen D.V., Vicini E., Goossens E.* Effect of recombinant human vascular endothelial growth factor on testis tissue xenotransplants from prepubertal boys: a three-case study. *Reprod. Biomed. Online.* 2019; 39 (1): 119–133. DOI: 10.1016/j.rbmo.2019.02.012.
5. *Cross M., Dixelius J., Matsumoto T., Claesson-Welsh L.* VEGF-receptor signal transduction. *Trends in Biochemical Sciences.* 2003; 28 (9): 488–494. DOI: 10.1016/S0968-0004(03)00193-2.
6. *Pandey A., Singhi E., Arroyo J.P., Ikizler T.A., Gould E., Brown J., Beckman J., Harrison D., Moslehi J.* Mechanisms of VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor) Inhibitor-Associated Hypertension and Vascular Disease. *Hypertension.* 2018; 71 (2): e1–e8. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.10271.
7. *Nakatsu M., Sainson R., Pérez-del-Pulgar S., Aoto J., Aitkenhead M., Taylor K., Carpenter P., Hughes C.* VEGF121 and VEGF165 Regulate Blood Vessel Diameter Through Vascular Endothelial Growth Factor Receptor 2 in an in vitro Angiogenesis Model. *Laboratory investigation.* 2003; 83 (12): 1873–1885. DOI: 10.1097/01.lab.0000107160.81875.33.
8. *Elmi A., Zannoni A., Govoni N., Bertocchi M., Forni M., Ventrella D., Bacci M.L.* Uncovering the Physiological Mechanisms Underlying the Roe Deer (*Capreolus capreolus*) Testicular Cycle: Analyses of Gelatinases and VEGF Patterns and Correlation with Testes Weight and Testosterone. *Animals.* 2020; 10 (3): 444. DOI: 10.3390/ani10030444.
9. *Santos T., Cavariani M.M., Pereira D.N., Schimming B.C., Chuffa L.G., Domeniconi R.F.* Maternal Protein Restriction Modulates Angiogenesis and AQP9 Expression Leading to a Delay in Postnatal Epididymal Development in Rat. *Cells.* 2019; 8 (9): 1094. DOI: 10.3390/cells8091094.
10. *Leung D.W., Cachianes G., Kuang W.J., Goeddel D.V., Ferrara N.* Vascular endothelial growth factor is a secreted angiogenic mitogen. *Science.* 1989; 246 (4935): 1306–1309. DOI: 10.1126/science.2479986.

Поступила в редакцию 18.10.2021; принята 21.11.2021.

### Авторский коллектив

**Демяшкин Григорий Александрович** – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией радиационной патоморфологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России. 249036, Россия, г. Обнинск, ул. Королева, 4; ведущий научный сотрудник Института трансляционной медицины, ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). 119048, Россия, г. Москва, ул. Трубецкая, 8; e-mail: dr.dga@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8447-2600>.

**Бондурко Любовь Николаевна** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории радиационной патоморфологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России. 249036, Россия, г. Обнинск, ул. Королева, 4; e-mail: lyuba37148@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1649-4319>.

**Фомина Наталья Константиновна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории радиационной патоморфологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России. 249036, Россия, г. Обнинск, ул. Королева, 4; e-mail: nkfomina@rambler.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1499-1349>.

**Севаньяева Лариса Евгеньевна** – научный сотрудник лаборатории радиационной патоморфологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России. 249036, Россия, г. Обнинск, ул. Королева, 4; e-mail: larisa.sevankaeva@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6016-5032>.

**Михина Людмила Николаевна** – научный сотрудник лаборатории радиационной патоморфологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России. 249036, Россия, г. Обнинск, ул. Королева, 4; e-mail: mikhina1976@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7600-7901>.

**Глушак Валентина Вадимовна** – студент, ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). 119048, Россия, г. Москва, ул. Трубецкая, 8; e-mail: glushak.v.v@inbox.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3007-5498>.

**Щекин Владимир Иванович** – лаборант-исследователь лаборатории радиационной патоморфологии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России. 249036, Россия, г. Обнинск, ул. Королева, 4; студент Института клинической медицины, ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). 119048, Россия, г. Москва, ул. Трубецкая, 8; e-mail: dr.shchekin@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3763-7454>.

#### Образец цитирования

Демяшкин Г.А., Бондурко Л.Н., Фомина Н.К., Севаньяева Л.Е., Михина Л.Н., Глушак В.В., Щекин В.И. Влияние васкулярного эндотелиального фактора роста на сперматогенез после облучения электронами дозой 2 Гр. Ульяновский медико-биологический журнал. 2022; 1: 87–93. DOI: 10.34014/2227-1848-2022-1-87-93.

## EFFECT OF VASCULAR ENDOTHELIAL GROWTH FACTOR ON SPERMATOGENESIS AFTER 2 GY ELECTRON IRRADIATION

G.A. Demyashkin<sup>1,2</sup>, L.N. Bondurko<sup>1</sup>, N.K. Fomina<sup>1</sup>, L.E. Sevan'kaeva<sup>1</sup>,  
L.N. Mikhina<sup>1</sup>, V.V. Glushak<sup>2</sup>, V.I. Shchekin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> National Medical Research Radiological Centre,  
Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Russia;

<sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,  
Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russia

*Platelet-rich plasma (PRP) influences tissue repair, stimulating the proliferation and differentiation of progenitor cells.*

*The aim of the study was to evaluate the effect of vascular endothelial growth factor (VEGF) on spermatogenesis after 2 Gy electron irradiation.*

*Materials and Methods. Light microscopy and immunohistochemical reactions with antibodies to VEGF were used to examine testes of 5 groups of experimental animals (Group 1 – control (n=10), Group 2 – 2IR (n=35), Group 3 – 2IR+LP-PRP+IGF-1 (n=30), Group 4 – 2IR+LP-PRP (n=30), Group 5 – LP-PRP (n=30)).*

*Results. After irradiation, a decrease in the number of VEGF-positive cells was observed, which was restored under PRP administration.*

*Conclusion. 2 Gy electron irradiation of the testes leads to a decrease in VEGF-positive cells. PRP administration, containing vascular endothelial growth factor, enhances reparative processes and restores spermatogenesis.*

**Key words:** spermatogenesis, apoptosis, infertility, seminiferous tubules, beta radiation.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Serdaroğulları M. Causes of Male Infertility. *Experimed*. 2020; 10 (3): 144–147.
2. Kesari K.K., Agarwal A., Henkel R. Radiations and male fertility. *Reproductive Biology and Endocrinology*. 2018; 16 (1): 118.
3. Kubatiev A.A., Borovaya T.G., Zhukhovitskii V.G., Shevlyagina N.V., Andreevskaya S.G. Platelets: a modern view on the structure and function. *Patogenez (Pathogenesis)*. 2016; 14 (1): 4–13.
4. Ntemou E., Kadam P., Laere S.V., Saen D.V., Vicini E., Goossens E. Effect of recombinant human vascular endothelial growth factor on testis tissue xenotransplants from prepubertal boys: a three-case study. *Reprod. Biomed. Online*. 2019; 39 (1): 119–133. DOI: 10.1016/j.rbmo.2019.02.012.
5. Cross M., Dixelius J., Matsumoto T., Claesson-Welsh L. VEGF-receptor signal transduction. *Trends in Biochemical Sciences*. 2003; 28 (9): 488–494. DOI: 10.1016/S0968-0004(03)00193-2.
6. Pandey A., Singhi E., Arroyo J.P., Ikizler T.A., Gould E., Brown J., Beckman J., Harrison D., Moslehi J. Mechanisms of VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor) Inhibitor-Associated Hypertension and Vascular Disease. *Hypertension*. 2018; 71 (2): e1–e8. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.117.10271.
7. Nakatsu M., Sainson R., Pérez-del-Pulgar S., Aoto J., Aitkenhead M., Taylor K., Carpenter P., Hughes C. VEGF121 and VEGF165 Regulate Blood Vessel Diameter Through Vascular Endothelial Growth Factor Receptor 2 in an in vitro Angiogenesis Model. *Laboratory investigation*. 2003; 83 (12): 1873–1885. DOI: 10.1097/01.lab.0000107160.81875.33.
8. Elmi A., Zannoni A., Govoni N., Bertocchi M., Forni M., Ventrella D., Bacci M.L. Uncovering the Physiological Mechanisms Underlying the Roe Deer (*Capreolus capreolus*) Testicular Cycle: Analyses of Gelatinases and VEGF Patterns and Correlation with Testes Weight and Testosterone. *Animals*. 2020; 10 (3): 444. DOI: 10.3390/ani10030444.
9. Santos T., Cavariani M.M., Pereira D.N., Schimming B.C., Chuffa L.G., Domeniconi R.F. Maternal Protein Restriction Modulates Angiogenesis and AQP9 Expression Leading to a Delay in Postnatal Epididymal Development in Rat. *Cells*. 2019; 8 (9): 1094. DOI: 10.3390/cells8091094.
10. Leung D.W., Cachianes G., Kuang W.J., Goeddel D.V., Ferrara N. Vascular endothelial growth factor is a secreted angiogenic mitogen. *Science*. 1989; 246 (4935): 1306–1309. DOI: 10.1126/science.2479986.

Received 18 October 2021; accepted 21 November 2021.

## Information about the authors

**Demyashkin Grigoriy Aleksandrovich**, Candidate of Sciences (Medicine), Head of the Laboratory of Radiation Pathomorphology, National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of the Russian Federation. 249036, Russia, Obninsk, Korolev St., 4; Leading Researcher, Institute of Translational Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University). 119048, Russia, Moscow, Trubetskaya St., 8; e-mail: dr.dga@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8447-2600>.

**Bondurko Lyubov' Nikolaevna**, Candidate of Sciences (Medicine), Leading Researcher, Laboratory of Radiation Pathomorphology, National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of the Russian Federation. 249036, Russia, Obninsk, Korolev St., 4; e-mail: lyuba37148@yandex.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1649-4319>.

**Fomina Natal'ya Konstantinovna**, Candidate of Sciences (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Radiation Pathomorphology, National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of the Russian Federation. 249036, Russia, Obninsk, Korolev St., 4; e-mail: nkfomina@rambler.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1499-1349>.

**Sevan'kaeva Larisa Evgen'evna**, Researcher, Laboratory of Radiation Pathomorphology, National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of the Russian Federation. 249036, Russia, Obninsk, Korolev St., 4; e-mail: larisa.sevankaeva@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6016-5032>.

**Mikhina Lyudmila Nikolaevna**, Researcher, Laboratory of Radiation Pathomorphology, National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of the Russian Federation. 249036, Russia, Obninsk, Korolev St., 4; e-mail: mikhina1976@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7600-7901>.

**Glushak Valentina Vadimovna**, student, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University). 119048, Russia, Moscow, Trubetskaya St., 8; e-mail: glushak.v.v@inbox.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3007-5498>.

**Shchekin Vladimir Ivanovich**, Assistant-researcher, Laboratory of Radiation Pathomorphology, National Medical Research Radiological Centre, Ministry of Health of the Russian Federation. 249036, Russia, Obninsk, Korolev St., 4; Student, Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University). 119048, Russia, Moscow, Trubetskaya St., 8; e-mail: dr.shchekin@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3763-7454>.

**For citation**

Demyashkin G.A., Bondurko L.N., Fomina N.K., Sevan'kaeva L.E., Mikhina L.N., Glushak V.V., Shchekin V.I. Vliyaniye vaskulyarnogo endotelial'nogo faktora rosta na spermatogenez posle oblucheniya elektronami dozoy 2 Gr [Effect of vascular endothelial growth factor on spermatogenesis after 2 Gy electron irradiation]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskij zhurnal*. 2022; 1: 87–93. DOI: 10.34014/2227-1848-2022-1-87-93 (in Russian).